

**Dr Vesna Rajčević**  
**Dr Čedomir Crnogorac**

**PRAKTIKUM IZ HIDROLOGIJE**  
**(II dio – Limnologija i Okeanologija)**

**Banjaluka, novembar 2011. godine**

**Dr Vesna Rajčević, viši ass.  
Dr Čedomir Crnogorac, red. prof.**

**Praktikum iz hidrologije  
(II dio – limnologija i okeanologija)**

**Izdavač  
GEOGRAFSKO DRUŠTVO REPUBLIKE SRPSKE  
Mladena Stojanovića 2  
Banjaluka**

**Urednik  
Prof. dr Rajko Gnjato**

**Recenzenti  
Prof. dr Stevan M. Stanković  
Dr Radislav Tošić, vanr. prof.**

**Tiraž:  
300 primjeraka**

**Tehnička priprema, korektura i štampa:  
B i N International  
Kostajnica**

**Za štampariju:  
Nikola Japranin, direktor**

*Praktikum i njegovi dijelovi ne smiju se umnožavati, fotokopirati niti na bilo koji način reprodukovati bez pismene saglasnosti izdavača praktikuma*

**Banjaluka, 2011. godine**

**GEOGRAFSKO DRUŠTVO REPUBLIKE SRPSKE**  
**GEOGRAPHIC SOCIETY OF THE REPUBLIC OF SRPSKA**

**POSEBNA IZDANJA**

**KNJIGA 14**

**Dr Vesna Rajčević, viši ass.**  
**Dr Čedomir Crnogorac, red. prof.**

## **PRAKTIKUM IZ HIDROLOGIJE**

**(II dio – Limnologija i Okeanologija)**

**Banjaluka, novembar 2011. godine**

## PREDGOVOR

Jezeru predstavljaju veoma važne i zanimljive hidrografskje objekte koji se nalaze u svim klimatskim oblastima naše planete i na svim nadmorskim visinama. Tačan broj jezera na Zemlji teško je saznati, jer su jezera evolutivni (razvojni) hidrografski objekti – dok jedna nastaju, druga nestaju. Ukupna površina jezera na našoj planeti procijenjena je na približno 2,7 mil. km<sup>2</sup>.

U okviru hidrologije izdvojena je posebna nauka koja se bavi izučavanjem jezera – limnologija (grč. limne – jezero + logos – nauka). Osnivačem savremene limnologije smatra se švajcarski naučnik Fransoa A. Forel. On i više drugih naučnika dalo je različite definicije limnologije i jezera.

*Praktikum* iz limnologije (1. dio Praktikuma iz limnologije i okeanologije), koji je usaglašen sa Nastavnim planom i programom nastavnog predmeta Hidrologija, pomoćni je (ali ne manje bitan) nastavni materijal za studente geografije i studente prostornog planiranja. Uz konsultacije sa predmetnim nastavnikom i saradnikom u nastavi, studentima se omogućuje u okviru predviđenog obima časova vježbi ovladaju potebnim metodima i tehnikama, koji su neophodni u jednoj kvalitetnoj limnološkoj i hidrogeografskoj analizi. *Praktikum* iz limnologije čine slijedeće tematske cjeline:

1. Limnologija – nauka o jezerima
2. Limnološka morfometrija
  - 2.1. Dužina jezera
  - 2.2. Širina jezera
  - 2.3. Dužina obalsake linije
  - 2.4. Razuđenost obalske linije
  - 2.5. Dubina jezera
  - 2.6. Površina jezera
  - 2.7. Koeficijent ostrvnosti
  - 2.8. Zapremina jezera
  - 2.9. Pad jezerskog dna
  - 2.10. Površina dna jezera
  - 2.11. Udaljenost izobate od dna obale, krivina površine jezera, ispućenost površine jezera, protočnost jezera, period seša, oblik jezerskog basena, vodni bilans jezera, toplotni bilans jezera, srednja temperatura vodene mase, toplotna zaliha jezera, providnost jezerske vode, koeficijent providnosti vode, i boja jezerske vode.
3. Kako postaje seš
4. Vještačka jezera svijeta
5. Nekoliko klasifikacija jezera
6. Zaštita jezera

Drugi dio *Praktikuma* odnosi se na Okeanologiju. (Okeanografiju – Geografiju mora). *Praktikum* je definisan u skladu sa Nastavnim planom i programom za studente geografije Prirodno – matematičkog fakulteta, ali i šire za sve zainteresovane geografskih naučnih saznanja. U, ovom, drugom dijelu *Praktikuma* zastupljene su slijedeće tematske cjeline:

1. Nauka o moru – pojam i definicija
2. Podjela okeanologije
3. Civilni instituti za istraživanje mora
4. Odnos površine kopna i mora na Zemlji
5. Okeani – Tihi, Atlantski, Indijski, Sjeverni ledeni okean
6. Reljef dna Svjetskog mora (Svjetskog okeana)
7. Kretanja morske vode

Rješavanje zadataka u *Praktikumu II* olakšano je precizno definisanim uputstvima, i korelacijom sa nastavnim udžbenicima koji se preporučuju kao osnovni fundament u obaveznoj literaturi i izvorima za verifikaciju znanja iz nastavnog predmeta Hidrologije. No, osnovna uloga u samostalnom rješavanju postavljenih zadataka u *Praktikumu II* je mogućnost autotestiranja svakog studenta koliko je, zapravo, u stanju da pojmovno – terminološki sistem teoretskih znanja primijeni u praksi.

Za pristup pojedinim morfometrijskim analizama, teoretski dio je korišten zahvaljujući prof. dr Stevi M. Stankoviću i obimnoj literaturi, usvojenoj u hidrologiji i limnologiji. Praktični dio morfometrijskih karakteristika u *Praktikumu* rezultat je individualnog pristupa i rezultata do kojih su došli autori *Praktikuma II*.

Kod izrade ovog Praktikuma od velikog značaja nam je bila pomoć brojnih eksperata iz oblasti hidrologije, limnologije i okeanologije, odnosno njihovi referentni savjeti i radovi. Dugujemo posebnu zahvalnost recenzentima ovog *Praktikuma* prof. dr Stevanu M. Stankoviću i dr Radislavu Tošiću, doc. na beskrajnom strpljenju, korisnim uputstvima, sugestijama i vlastitim iskustvima koji su pomogli da ovaj Praktikum dobije naučnu, kreativnu i edukativnu vrijednost.

Dr Vesna Rajčević  
Dr Čedomir Crnogorac

## SADRŽAJ

### I. LIMNOLOGIJA

1. LIMNOLOGIJA – NAUKA O JEZERIMA.....	8
2. LIMNOLOŠKA MORFOMETRIJA.....	15
2.1. DUŽINA JEZERA (L).....	18
2.2. ŠIRINA JEZERA (B).....	18
2.2.1. MAKSIMALNA ŠIRINA JEZERA ( $B_{max}$ ).....	18
2.2.2. PROSJEČNA (SREDNJA) ŠIRINA JEZERA ( $B_{sr}$ ; $B_m$ ).....	18
2.3. DUŽINA OBALSKE LINIJE ( $L_o$ ).....	18
2.4. RAZUĐENOST OBALSKE LINIJE (K).....	18
2.4.1. NAGELOV OBRAZAC.....	18
2.4.2. OBRAZAC S. D. MURAVEJSKOG.....	19
2.5. DUBINA JEZERA (H).....	21
2.5.1. MAKSIMALNA DUBINA JEZERA ( $H_{max}$ ).....	21
2.5.2. SREDNJA DUBINA JEZERA ( $H_{sr}$ ; $H_{max}$ ).....	21
2.6. POVRŠINA JEZERA (F; P).....	23
2.6.1. PRISTUP RJEŠAVANJU ZADATKA.....	23
2.7. KOEFICIJENT OSTRVNOSTI ( $C_o$ ).....	25
2.8. ZAPREMINA JEZERA (V).....	26
2.9. PAD JEZERSKOG DNA ( $\alpha$ ).....	29
2.10. POVRŠINA DNA ( $F_d$ ).....	30
2.10.1. UDALJENOST IZOBATE DNA OD OBALE ( $hd$ ).....	30
2.10.2. KRIVINA POVRŠINE JEZERA ( $K_j$ ).....	30
2.10.3. ISPUPČENOST POVRŠINE JEZERA (I).....	31
2.10.4. PROTOČNOST JEZERA (D).....	31
2.10.5. PERIODA SEŠA (P).....	32
2.10.6. OBLIK JEZERSKOG BASENA (C).....	33
2.10.7. VODNI BILANS JEZERA .....	33
2.10.8. TOPLOTNI BILANS JEZERA ( $W_t$ ).....	34
2.10.9. SREDNJA TEMPERATURA VODENE MASE ( $V_t$ ).....	34
2.10.10. TOPLOTNA ZALIHA JEZERA ( $Z_t$ ).....	34
2.10.11. PROVIDNOST JEZERSKE VODE.....	34
2.10.12. KOEFICIJENT PROVIDNOSTI VODE ( $K_p$ ) .....	35
2.10.13. BOJA JEZERSKE VODE.....	35
3. KAKO POSTAJE SEŠ.....	36
4. VJEŠTAČKA JEZERA SVIJETA.....	39
5. NEKOLIKO KLASIFIKACIJA JEZERA.....	45
6. ZAŠTITA JEZERA.....	54

## II. OKEANOLOGIJA

1. OKEANI I MORA.....	58
1.1. NAUKA O MORU.....	58
1.2. PODJELA OKEANOLOGIJE.....	58
1.3. CIVILNI INSTITUTI ZA ISTRAŽIVANJE MORA.....	59
1.4. ODNOS POVRŠINE KOPNA I MORA NA ZEMLJI.....	59
1.4.1. SAVREMENA GEOGRAFSKA KLASIFIKACIJA MORA.....	61
1.5. OKEANI.....	63
1.5.1. TIHI OKEAN.....	63
1.5.2. ATLANTSKI OKEAN.....	64
1.5.2.1. SREDOZEMNO MORE.....	65
1.5.3. INDIJSKI OKEAN.....	66
1.5.3.1. JUŽNI OKEAN.....	66
1.5.3.2. NAJVAŽNIJE LUKE INDIJSKOG OKEANA.....	67
1.5.3.3. PROBLEMI ZAGAĐIVANJA HIDROSFERNOG KOMPLEKSA.....	67
1.5.4. SJEVERNI LEDENI OKEAN.....	82
1.5.4.1.OSTRVA SJEVERNOG LEDENOG OKEANA.....	83
1.5.4.2.MORSKO DNO SJEVERNOG LEDENOG OKEANA.....	83
1.5.5. MORA POLARNIH KRAJEVA NA JUŽNOJ HEMISFERI.....	83
1.5.5.1.LEDENI POKRIVAČ ANTARKTIKA.....	84
1.5.5.2.ANTARKTIČKI SPORAZUM.....	85
1.6. RELJEF DNA OKEANSKIH I MORSKIH BASENA.....	87
1.7. KRETANJE MORSKE VODE.....	89
1.7.1. MORSKI TALASI.....	89
1.7.2. MORSKE STRUJE.....	91
1.7.3. PLIMA I OSEKA.....	93
1.7.4. ZNAČAJ MORA.....	95
LITERATURA I IZVORI.....	99

## 1. LIMNOLOGIJA – NAUKA O JEZERIMA

Jezeru predstavljaju veoma važne hidrografske objekte, koji pojedinim dijelovima naše planete daju posebno obilježje, čineći pojezerja – lavirinte vode na kopnu i kopna u vodi. Neki dijelovi Kanade, Švedske, Poljske i Rusije, poznati su po tome. Jezera su sastavni dio geografske sredine i ima ih u svim klimatskim pojasevima i na različitim nadmorskim visinama. Jezerima u ekvatorijalnoj Africi, poznatoj po svakodnevnim kišama, krajnja su suprotnost jezera u polupustinjskim krajevima istog kontinenta, stepama Rusije, Kirgizije i Mongolije, a svim zajedno, jezera umjerenih, subpolarnih i polarnih širina. Za razliku od Mrtvog mora, slanog jezera na granici između Jordana i Izraela, koje se nalazi 392 m ispod nivoa mora, u nepreglednim prostranstvima Tibeta, Himalaja, Kordiljera i Anda, ima jezera na nadmorskoj visini od preko pet i šest hiljada metara. To znači da na širokim prostranstvima naše planete, postoji veliki broj prirodnih jezera. Kada ovima dodamo sve veći broj vještačkih jezera, hidrografska mreža Zemlje postaje izuzetno složena i specifična. Prirodna jezera su starija, po načinu postanka, dimenzijama i prepoznatljivosti, drugačija od savremenih akumulacija, kojima čovjek više i bolje potčinjava prirodu svojim potrebama. Limnologija kao nauka o jezerima, pojavila se i razvila istražujući prirodna jezera, ali se brojni limnolozi i limnološki instituti uspješno bave vještačkim jezerima, od kojih se neka po dimenzijama mogu uspoređivati samo sa najvećim prirodnim limnološkim objektima.

Bez obzira što su jezera raznovrsna po načinu postanka, vremenu postanka, morfometrijskim pokazateljima, fizičkim i hemijskim osobinama vode, biljnom i životinjkom svijetu, stepenu privredne valorizacije i drugim pokazateljima, ona imaju mnogo zajedničkog. To je od značaja za primjenu metoda komparacije prilikom proučavanja, kako bi se jasnije definisale neke pojave i procesi. Istraživanjima na terenu i analizama topografskih i geografskih karata, dolazi se do zaključka da najviše ima malih slikovitih jezera smještenih u visokoplaninskih predjelima, koji su u prošlosti bili zahvaćeni glacijacijom. Čini se da isto toliko, a moguće i više, jezera ima i pored velikih rijeka, posebno u njihovim aluvijalnim ravnima i deltama. Tačan broj jezera na Zemlji nikada nećemo saznati, jer su jezera evolutivni hidrografski objekti. Dok jedna nastaju, druga nestaju. Mala jezera u cirkovima, kraterima ugašenih vulkana, niskih brana za potrebe navodnjavanja, sa stotinak metara u prečniku i kristalno bistrom vodom, krajnja su kontrast velikim jezerima, od kojih neka po površini i dubini premašuju naka mora, te i sama nose epitet „more“.

Kaspijsko jezero, u stvari Kaspijsko more, po površini odgovara Baltičkom moru na sjeveru Evrope, dok je 2,7 puta prostranije od Jadranskog mora. Bajkalsko jezero je dublje od Baltičkog mora 1.287 m, a od Jadranskog mora 412 m. Raznovrsnost i kontrastnost jezera čini predmet limnoloških istraživanja specifičnim, jer su to jezera velika kao školsko dvorište i jezera veća od mora. Jezero obrazuje u sebi mali svijet, svoj mikrokosmos, u kojem djeluju iskonske sile i u kojem se nastavlja igra života i iščezavanja. Zbog toga, bez obzira na veliki broj jezera u svijetu, ne postoje ni dva ista limnološka objekta.

Ukupna površina jezera na Zemlji procjenjena je na 2.680.000 km<sup>2</sup>. To znači da ona pokrivaju površinu 26,2 puta veću od površine naše zemlje, odnosno 30,3 puta veću os Srbije. Najviše jezera ima bivši Sovjetski Savez. Interesantno je da je na teritoriji ove zemlje, analizom karata, 1940. godine, izbrojano 70.988 jezera. Godine 1958. objavljeni su novi podaci inventarizacije. Po njima ukupan broj jezera iznosi 266.137, ali je napomenuto da to nije konačna cifra, već da je moguće da jezera ima i deset puta više. Pretpostavka se obistinila.

U knjizi „Rijeke i jezera Sovjetskog Saveza“, objavljenoj 1971. godine, zapisano je da na teritoriji ove zemlje ima 2.854.160 jezera i da je njihova ukupna površina 488.440 km<sup>2</sup>.

Od ovako velikog broja jezera samo 159 ima površinu iznad 100 km<sup>2</sup>, a samo 26 površinu veću od 1.000 km<sup>2</sup>. Najveći broj jezera evidentiran je, i na kartama predstavljen, u slivu rijeke Ob. Zahvatajući veliko prostranstvo Zapadno-sibirске nizije, Ob u svom slivu ima 479.233 jezera, čija je ukupna površina 84.825 km<sup>2</sup>. Iz odnosa broja jezera i ukupne površine, zaključuje se da je većina limnoloških objekata malih dimenzija. Velikim brojem jezera ističe se i sliv rijeke Lene, koji se prostire između Srednjo-sibirске visoravni i Verhojanskih planina i ima 314.596 jezera. U slivu rijeke Hatange ima 111.914 jezera, a u slivu Jeniseja 101.941 jezero. Najveće i najznačajnije jezero u slivu Jeniseja je Bajkalsko, čija je otoka Angara, pritoka Jeniseja. Na teritoriji Rusije velikim brojem malih jezera, odlikuju se delte nekih velikih rijeka, predstavljene prostranim naplavnim ravninama. U delti Lene ima 58.728 jezera, Jane 20.059 i Volge 1.680. U Bjelorusiji postoji više od 10.000 jezera, među kojima je najprostranije Naroč ( 79 km<sup>2</sup>). Istraživači Velikog Kavkaza utvrdili su da na ovoj planini i u njenom podgorju postoji 1.600 jezera, ukupne površine 30 km<sup>2</sup>. Na sjevernim padinama planine najviše jezera je na visini između 2.500 i 3.200 m, a na južnim između 2.000 i 2.500 m. Na hladnijim i sjenovitim osojnim stranama nalazi se 96 % svih poznatih jezera Velikog Kavkaza. Ovdje i planine vide. Njihove oči su tirkizi veliki, zapisao je J. K. Efremov.

#### Najveća prirodna jezera Balkanskog poluostrva

Naziv jezera	Zemlja kojoj pripada	Površina u km <sup>2</sup>	Nadmorska visina u m	Dubina u m
Skadarsko	Srbija i Crna Gora, Albanija	369,7	6	44
Ohridsko	Makedonija, Albanija	348,9	695	286
Prespansko	Makedonija, Grčka, Albanija	274,0	853	54
Trihonsko	Grčka	98,3	18	58
Ostrovsko	Grčka	73,8	528	61
Bešičko	Grčka	69,2	73	22
Ajvasilsko	Grčka	50,8	92	8
Karavastase	Albanija	48,0	0	2
Dojransko	Makedonija, Albanija	42,7	148	10
Nartes	Albanija	42,0	0	2

Druga zemlja poznata po velikom broju jezera je Švedska. Ona ima oko 200.000 jezera, od kojih samo tri (Venern, Vetern i Melaren) imaju površinu iznad 1.000 km<sup>2</sup>. Velikim brojem jezera ističe se i Finska. Ova skandinavска zemlja ima 187.870 jezera, od kojih tri sa površinom većom od 1.000 km<sup>2</sup> (Sajma, Pjajans, Inari), a 158 sa površinom većom od 20 km<sup>2</sup>. Nekoliko desetina hiljada jezera nalazi se u sjeveroistočnom dijelu SAD i širokim subpolarnim i polarnim prostranstvima Kanade. Skupina Velikih američkih jezera, zatim, Vinipeg, Vinipegosis, Ropsko i Medvjede jezero, ucrtana su u sve geografske karte. U Poljskoj ima 9.296 jezera, od kojih je 34 sa površinom većom od 10 km<sup>2</sup>. Pomoransko pojezerje na sjeverozapadu Poljske i Mazursko pojezerje na sjeveroistoku Poljske, izdvajaju se kao posebne prostorne cjeline u kojima jezera mnogo znače za niz djelatnosti.

Rumunija ima 3.450 jezera. Ona se nalaze u Karpatima, pored Dunava i u delti ove rijeke. U ravničarskoj i blago zatalasanoj Mađarskoj evidentirano je 1.170 jezera.

Sva ona, sem Balatona, malih su dimenzija. Interesantno je istaći da Australija, iako ogromne površine, ali zbog suvog klimata, ima samo 763 jezera dok, npr. Srbija i Crna Gora ima oko 200 prirodnih i vještačkih jezera. Među prirodnim, veću površinu od 200 km<sup>2</sup>, ima samo Skadarsko, a među vještačkim veću površinu od 20 km<sup>2</sup>, samo Đerdapsko. Broj vještačkih jezera veći je od broja prirodnih jezera.

Različiti podaci o broju jezera u pojedinim zemljama, ili pojedinim predionim cjelinama, po različitim autorima, posljedica su kako nepreciznosti postojećih karata, tako i nedovoljno jasne definicije jezera u smislu dimenzija. Uobičajena definicija, da pod jezerom podrazumijevamo svako udubljenje na kopnu ispunjeno vodom koja se prividno ne kreće, odnosi se i na Kaspijsko jezero na granici Rusije, Azerbejdžana, Turkestana, Kazahstana i Irana i na Crveno jezero u bunarastoj vrtači kod Imotskog.

Bez obzira na dimenzije, a zbog niza elemenata, faktora, pojava i procesa, kao i značaja za život ljudi, jezera su privlačila pažnju naučnika raznih struka. Nauka o jezerima naziva se limnologija, a potiče od grčkih riječi limne – jezero i logos – nauka. Za razliku od drugih hidroloških disciplina, naročito potamologije nauke o rijekama, limnologija je nešto mlađa disciplina i u Rusiji se označava terminom ozerovedenie. Limnologija se počela razvijati krajem prošlog i početkom ovog vijeka, mada je pojedinačnih radova o nekim jezerima bilo i ranije. Više naučnika dalo je različite definicije limnologije. Jednu od najpotpunijih izložio je ruski hidrolog Vladimir Vladimirovič Bogdanov. Po njemu, limnologija je nauka o udubljenjima na kopnu ispunjenim vodom koja se slabo kreće. Pri tome ona izučava istoriju postanka i razvitka ovih objekata, savremene fizičke i hemijske osobine vode, vodni bilans, biohemijske procese, zakonitosti teritorijalnog razmještaja jezera na Zemlji i mogućnosti njihovog iskorišćavanja.

Limnologija obuhvata sve što se odnosi na slatke vode, isticao je Tineman. Od prvih istraživanja F. A. Forela do savremene klasifikacije jezera, pređen je značajan put. Ograničena najprije na hidrološke i hidrogeografske probleme jezera, limnologija je predstavljala čisto geografsku disciplinu. Danas ravnopravno pripada i biologiji, jer jezera kao dijelovi Zemljine površine svojim raznovrsnim živim svijetom, predmet su bioloških istraživanja. U cilju zaštite i valorizacije, jezera se danas istražuju i ekološki, jer su svojevrsan spoj žive i nežive, evolutivne prirode, sa nizom pojava i procesa, koji se moraju poznavati.

Osnivačem limnologije smatra se švajcarski naučnik Fransoa Alfons Forel ( 1841 – 1912 ), profesor Univerziteta u Lozani, čovjek koji je uz jezera, izučavao glacijaciju i ostavio za sobom brojne naučne radove. F. A. Forel je 1885. godine na Međunarodnom geografskom kongesu u Londonu izložio osnovna načela limnologije i ukazao na ciljeve i zadatke ove naučne discipline. Dosljedan teoriji limnologije, ovaj naučnik je dugo i detaljno istraživao Ženevsko ( Lemansko) jezero i o njemu napisao obimnu monografiju. Ova značajna studija ima 538 strana i štampana je 1892. godine. Druga knjiga se pojavila iz štampe tri godine kasnije i ima 651 stranu. Treći dio je publikovan 1904. godine na 715 strana. U međuvremenu, 1901. godine, F. A. Forel je objavio knjigu „Opšta limnologija“, koja ima 425 strana i prvi u svijetu izučavao pojavu seša – specifičnog kretanja jezerske vode izazvanog promjenama vazdušnog pritiska.

O limnologiji F. A. Forela, dragocjene podatke ostavio nam je Jovan Cvijić. Knjigu je prikazao u Geografskim analima, štampanim u Parizu 1901. godine. Istakao je da je Forelova limnologija očekivana sa velikim nadama, jer se problemima jezera niko prije toga s toliko pažnje nije bavio kao pisac knjiga o Lemanskom jezeru. „Najinteresantniji je drugi dio knjige (limnologija u pravom smislu), gdje se raspravljaju pitanja iz hidrologije, hidraulike, hemije, termike, optike, biologije.

Taj dio je najopširniji (str. 46 – 242). Svaka se strana odlikuje tačnošću i jasnoćom. Nemoguće je bolje izložiti i raspraviti limnološke probleme od gospodina Forela.

Poglavlja o jezerskim strujama, sešu, o temperaturi zašlužuju naročiti pomen. Nadmoćnost metode gospodina Forela u proučavanju limnoloških problema leži naročito u tome, što počiva na izvrsnom poznavanju fizike. Sa toga gledišta ovaj glavni dio rada označava veliki napredak za limnologiju i otvaranje plodnih pravaca rada“. Jovan Cvijić savjetuje Forelu da obrati pažnju na periodska i stalna kraška jezera, metode istraživanja i instrumente. Ističe da bi ispitivanje jezerskih terasa i sedimenata omogućilo dalji razvoj limnologije, jer bi se utvrdila geološka istorija postanka jezera i odredila evoluciju njihovih basena u smislu da su jezera prolazni hidrografski objekti.

U dosadašnjem razvoju limnologije – nauke o jezerima, mogu se izdvojiti tri perioda. Oni se razlikuju ne samo po obimu istraživanja i publikovanja naučnih i stručnih radova, već i po širini opštih zahvata i studioznosti prodora u najfinije detalje. Istovremeno je riječ o sve savršenijim instrumentima za limnološka istraživanja i guščoj mreži stacionarnih i pokretnih osmatračkih stanica na prirodnim i vještačkim jezerima širom svijeta.

Prvi period razvoja limnologije traje do devedesetih godina prošlog vijeka. Limnologija se tada razvijala u pravcu geografsko-hidrografskih opisa jezera i pojezerja i hidrobioloških izučavanja živog svijeta. Tada počinju ispitivanja slanih jezera i obrađuju se problemi privrednog ribolova, teretnog i putničkog saobraćaja na jezerima. Početna istraživanja nisu bila sistematska i sinhronizovana. Opisi jezera i izučavanja njihovih vodnih režima uklapaju se u opšta fizičko-geografska istraživanja. U Rusiji se organizuje veći broj ekspedicija i pojavljuju prvi radovi o Ladoškom jezeru, Onješkom jezeru, dalekom Bajkalu i Isik Kulu u vrletnim prostranstvima Tjan Šana. Posebnu pažnju iz ovog perioda privlače radovi N. Stabrovskog o Onješkom jezeru, naročito o pojavi i osobinama seša na njemu. Iz 1875. godine potiče knjiga „Ladoško jezero“ P. A. Andreeva, koja predstavlja osnovu za mnoga kasnija istraživanja. Gotovo jedan vijek ranije publikovana je knjiga Nikolaja Jakovleviča Ozereckovskog pod nazivom „Putovanje po jezerima Ladoškom, Onješkom i oko Iljmenja“. Ova istraživanja uslovlila su postavljanje vodomjera i osnivanje pokretnih limnoloških stanica na poznatijim jezerima. Godine 1724. postavljen je vodomjer na Ladoškom jezeru. Iz 1830. godine potiče prvi vodomjer na Kaspijskom jezeru, a iz 1847. na jezeru Seliger. Moskovsko društvo ljubitelja prirode 1888. godine organizuje prvu osmatračku stanicu na Kosinskim jezerima, što se podudara sa akcijom profesora Friče, koji osniva laboratoriju na Donjem Pečernickom jezeru kod Praga i istražuje niz pojava i procesa

Drugi period razvoja limnologije obilježen je definisanjem ove nauke i konkretnim istraživanjima koje je F. A. Forel obavljao na jezerima Švajcarske i traje do dvadesetih godina našeg vijeka. Ranije prikupljeni materijali sada se obrađuju. Francuski naučnik Delbek 1892. godine objavljuje „Atlas francuskih jezera“, a šest godina kasnije knjigu „Francuska jezera“. Godine 1895. Albreht Penk i Karl Rihter publikuju „Atlas austrijskih alpskih jezera“. Godine 1889. u Rusiji je izdata monografija o jezerima u izvorištu rijeke Volge. O jezerima u gornjem toku Zapadne Dvine 1898. godine objavio je knjigu Dmitrij Nikolaevič Anučin. Za razvoj limnologije od značaja su radovi Leva Semjonoviča Berga. On je 1904. godine objavio monografiju o jezeru Isik Kul, a 1908. odbranio doktorsku disertaciju o Aralskom jezeru.

Za nas je iz ovog perioda posebno interesantan doprinos geografa Jovana Cvijića razvoju limnologije, iako mu to nije bila osnovna naučna preokupacija. U knjizi „Glacijalne i morfološke studije o planinama Bosne, Hercegovine i Crne Gore“ objavljenj 1899. godine, dati su brojni podaci o ledničkim jezerima proučavanog prostora. Originalnošću uočavanja i rješavanja problema ističe se Cvijićevo djelo „Les crypto – dépressions de l'Europe“ objavljeno u Parizu 1902. godine.

U međuvremenu, 1901. godine, u francuskom časopisu „Annales de Géographie“, Jovan Cvijić, na dvije strane, daje naučni prikaz Forelove knjige „La Limnologie Générale“ („Osnovi limnologije“), koja tek što je izašla iz štampe.

Po uzoru na Delbeka, Penka i Rihtera, naš veliki naučnik, 1902. godine, objavljuje „Atlas jezera Makedonije, Stare Srbije i Epira“. Devet proteklih decenija ni malo nije umanjilo značaj Cvijićevih radova iz domena limnologije. Knjige i karte izložene u vitrinama njegovog memorijalnog muzeja u Beogradu i danas plijene originalnošću i širinom naučnog zahvata.

Dvadesetih godina ovog vijeka štampaju se prva upustva za izučavanje jezera. Osniva se sve veći broj stacionarnih i pokretnih limnoloških stanica. Nekoliko naučnika (A. Tineman u Njemačkoj, Ajnar Nojman u Švedskoj, S. A. Sovetov u Rusiji, Berdž i Džedi u Americi) bavi se teoretskim pitanjima limnologije i metodama istraživanja. Posebna pažnja se posvećuje morfometriji jezera, jer su kvantitativni podaci od značaja za poznavanje postanka i evolucije jezerskih basena i vodene mase. Iz tog domena interesantni su radovi Penka, Forela, Šakalskog i knjiga Gleba Jureviča Vereščagina „Metode morfometrijskih karakteristika jezera“.

Treći period razvoja limnologije počinje dvadesetih godina ovog vijeka i traje do naših dana. Pred limnologiju se postavljaju novi i sve složeniji zadaci. U svojim proučavanjima ona se razvija do najfinijih detalja. Usavršavaju se instrumenti i detaljno kartiraju mnoga jezera. Uz klasične topografske karte, koriste se avionski i satelitski snimci. Posebnu primjenu našao je skener konstruisan za izučavanje hidrografskih objekata. Savremenom aparaturom određuju se temperatura vode, providnost, količina suspendovanih čestica, brzina vodenih struja, rast planktona, a spektralnom analizom hemijski sastav vode. Rezultati dobijeni elektronskim instrumentima upoređuju se sa onima dobijenim konkretnim terenskim radom i tako do detalja iznalaze uzroci i prognoziraju brojne pojave i procesi u jezerima. Iz 1922. godine potiče knjiga dr Wilhelma Halbfaša sa Univerziteta Jena „Di Seen der Erde“ („Jezera svijeta“). Na 169 strana autor daje osnovne morfometrijske podatke o jezerima sa svih kontinenata. Tablice sa 23 različita pokazatelja i danas su uvažavane. Najviše prostora posvećeno je jezerima Njemačke. Pod posebnim naslovima, data su 104 jezera iz različitih dijelova svijeta. U nastavku su predstavljena jezera veća od 1.000 km<sup>2</sup> (ukupno 77), dublja od 200 m (ukupno 69), jezera kriptodepresije više od 100 m ispod nivoa mora (ukupno 40), jezera obalske linije iznad 500 km (ukupno 43) i sl.

Godina 1922. značajna je po osnivanju Međunarodne asocijacije za teorijsku i primijenjenu limnologiju. Ona je ubrzo imala preko 800 članova iz cijelog svijeta. Osnovni zadatak ove institucije bio je organizacija međunarodnih limnoloških kongresa. Na svakom od njih (Njemačka 1922, Austrija 1923, Rusija 1925, Italija 1927, Mađarska 1930, Holandija 1932, Jugoslavija 1934. itd.), nauka o jezerima je višestruko obogaćivana. Interesantno je istaći da je na kongresu u Jugoslaviji, 27. avgusta 1934. godine u sali Kolarčevog univerziteta, uvodni referat imao njemački limnolog A. Tineman, profesor iz Kila. Istakao je značaj Balkana za regionalnu limnologiju Evrope.

Posebna pažnja posvećuje se vještačkim jezerima, kojih je sve više. Pošto se voda vještačkih jezera koristi za različite potrebe (hidroenergetika, navodnjavanje, snabdijevanje industrije, vodosnabdijevanje naselja, privredni ribolog, turizam), različita su po dimenzijama, termičkom režimu, amplitudama vodostaja, stepenu zasutosti basena, kvalitetu vode i drugim pokazateljima, te se istražuju sa različitih aspekata. Kao novostvorene vodene površine, u krajevima gdje ih ranije nije bilo, vještačka jezera izazivaju niz promjena u prostoru. Po pravilu ga oplemenjuju, utičući blagovremeno na klimu, vegetaciju, saobraćaj i privređivanje ljudi.

Za treći period razvoja limnologije karakteristično je osnivanje naučno – istraživačkih instituta na brojnim jezerima. Na njima rade naučnici različitih struka, jer se izučavanje jezera nametnulo kao multidisciplinarnan proces.

Na nekim univerzitetima u SAD, Njemačkoj i Rusiji limnologija se predaje kao samostalna disciplina. U sastavu hidrologije izučavaju se geografi i hidrotehničari, a kroz hidro-biologiju studenti biologije.

Niz elemenata jezera, posebno vještačkih, izučava se na studijama građevine. Ekologija jezera sastavni je dio nastavnih programa geografa, biologa, hidrologa i studenata srodnih disciplina.

Godine 1952. P. S. Velč objavljuje udžbenik limnologije. Od posebnog su značaja istaživanja Henrija Hatčinsona, profesora zoologije na Jelskom univerzitetu u SAD. Predmet njegovog interesovanja bila su brojna jezera Sjeverne Amerike, Afrike, Indije i Tibeta. Bavio se ekologijom jezera, ali i teorijom i metodologijom limnologije. Godine 1956. objavio je rad „Termička klasifikacija jezera“, a 1957. godine obimnu studiju „A Treatise on Limnology – Geography, physics and chemistry“. Ova knjiga monografsko-udžbeničkog karaktera, u skraćenom obimu (592 strane) prevedena je na ruski jezik pod naslovom „Limnologija – geografske, fizičke i hemijske karakteristike jezera“ objavljena u Moskvi 1969. godine. Pored bogatog sadržaja, knjiga plijeni spiskom od 945 bibliografskih jedinica, od kojih je 32 na ruskom jeziku. Iz sadržaja izdvajamo poglavlja o hidromehanici jezera, optičkim i termičkim svojstvima vode, hemizmu jezerske vode, mikroelementima, organskim stvarima u jezerima, ciklusu fosfora, sumpora, azota i silicijuma u jezerskoj vodi.

Limnologija se intenzivno razvija i u Rusiji. Publikovano je nekoliko udžbenika, priručnika i monografija o jezerima. Boris Borisovič Bogoslovski, upravnik limnološke laboratorije Univerziteta u Lenjingradu i Sergej Dmitrijevič Muravejski (1894-1950), dekan Geografskog fakulteta u Moskvi, objavljuje knjigu „Kratak pregled limnologije“ (Moskva, 1955). Istovremeno je publikovana knjiga „Limnološka istraživanja“ Borisa Dmitrijeviča Zajkova, naučnika koji je istraživao vodni bilans Kaspijskog i Aralskog jezera, isparavanje sa vodenih površina i dao klasifikaciju rijeka SSSR. Godine 1960. B.B. Bogoslovski objavljuje u Moskvi udžbenik „Ozerovedenje“. B. I. Baranov se 1962. godine predstavlja knjigom „Limnološki tipovi jezera SSSR“, koja je objavljena u Lenjingradu. Godine 1963. B. A. Piškin objavljuje monografiju „Problemi dinamike obala vještačkih jezera“. Bogatstvom podataka i raznovrsnošću kartografskih priloga odlikuje se „Atlas Bajkala“, koji je objavljen 1969. godine (Irkutsk-Moskva), a rezultat je istraživanja saradnika Limnološkog instituta na Bajkalu koji je dio sibirskog odjeljenja Akademije nauka Rusije. Iz iste godine potiče i velika knjiga „Kaspijsko more“ čiji je urednik Aleksej Dmitrijevič Dobrovoljskij, a izdavač Moskovski univerzitet. Posebno interesantnom čini se knjiga Olge Filipovne Jakuško „Ozerovdenie – geografija jezera Bjelorusije“, štampana 1981. godine u Minsku. Obimnu bibliografiju upotpunjuje knjiga „Vještačka jezera“, objavljena u Moskvi, 1987. godine.

Iz 1988. godine potiče knjiga grupe autora iz AN SSSR, Instituta ozerovedenija, data pod naslovom „Metodološki aspekti limnološkog monitoringa“. Aktuelnošću problematike predstavlja korak dalje u praćenju i proučavanju pojava i proseca na Crvenom jezeru na sjeveru evropskog dijela Rusije. Metode proučavanja imaju univerzalni karakter, te je knjiga višestruko korisna.

Na geografskom prostoru bivše SFRJ, jezerima su se više bavili biolozi nego geografi. Najbolji predstavnik biološkog pravca razvoja limnologije bio je akademik Siniša Stanković, profesor Univerziteta u Beogradu. Godine, 1933. na njegovo zalaganje uređena je biološka stanica sa mrijestilištem za uzgoj pastrmki na Ohridskom jezeru. Poslije proučavanja živog svijeta Ohridskog jezera, koja su trajala gotovo četiri decenije, dr Siniša Stanković je 1957. godine objavio knjigu „Ohridsko jezero i njegov živi svijet“. Dvije godine kasnije ova značajna monografija objavljena je i na makedonskom jeziku, a 1960. je prevedena na engleski jezik i na 357 strana objavljena u Hagu u Holandiji. Naučni doprinos poznavanju Ohridskog jezera daju sadašnji saradnici hidrobiološkog instituta. Sličan postoji i na Skadarskom jezeru.

Proučavanju su više biološke nego geografske sadržine. Poslije višegodišnjeg rada, zajedno sa ekipom naučnika iz SAD, objavljena je knjiga „The biota and limnology of Lake Skadar“ (Titograd, 1981., strana 468).

Pažnju zaslužuju i naučni radovi i knjige o Plitvičkim jezerima, koja se ubrajaju u najbolje proučene limnološke objekte Evrope. Od interesa je i veći broj radova o jezerima geografskog prostora bivše SFRJ, koje je objavio dr Dušan Dukić, profesor Univerziteta u Beogradu. Samo u njegovom udžbeniku „Hidrologija kopna“ ( Beograd, 1984.) jezerima je posvećeno 75 strana.

Savremenu limnologiju čine tri osnovne discipline. To su:

*Geografska limnologija;*  
*Biološka limnologija;*  
*Hemijska limnologija.*

Geografe najviše interesuje i predmet je njihovih proučavanja geografska limnologija. Ona se bavi postankom jezerskih basena, oblikom i veličinom, evolucijom basenam, karakteristikama obala, termičkim režimom vode i pojavom leda, vodostanjem i vodnim bilansom, valorizacijom jezera za različite potrebe, mogućnostima zaštite, promjenama pejzaža pod uticajem vještačkih jezera, uticajem jezera na klimu okoline i sličnim problemima, ubrajajući u ove i aktuelne pojave prekomjernog zagađivanja jezerske vode. Poseban značaj geografskih proučavanja ogleda se u limnološkoj rejonizaciji pojezerja, klasifikaciji jezera po različitim pokazateljima za potrebe prostornog planiranja i razvoja privrednih i društvenih djelatnosti u slivovima jezera.

Profesor Univerziteta u Lindu (Švedska) Ajnar Nojman, ističe da je limnologija racionalna nauka o jezerima i da pokazuje sve veću težnju da postane skup regionalnih studija o pojezerjima, jer za to u mnogim zemljama, posebno u njegovoj, postoji obimna građa. Ističe da „Regionalna limnologija proučava varijacije u sastavu jezerskih i drugih slatkih voda, kao i rasprostranjenje različitih organizama koji te vode naseljavaju. Čak i na osnovu sasvim elementarnih proučavanja lako je utvrditi da se pojedina stanja jezerske sredine, na prvi pogled vrlo raznolika, mogu svesti na relativno ograničen broj osnovnih tipova. Ko poznaje prost i jasan sklop južne Švedske, lako će razumjeti što se upravo u toj oblasti mogla prvi put pojaviti regionalna limnologija“.

Potrebno je istaći da je geografski način mišljenja i proučavanja jezera moguće najbolje izraziti kroz regionalnu limnologiju, jer ona potencira komparativni pregled više objekata na određenom prostoru, ili više pojezerja iz različitih predionih cjelina. Regionalna limnologija je izraz geografskog pristupa nauci o jezerima. Utvrđivanje specifičnosti različitih tipova jezera i objašnjavanje njihovog geografskog rasprostranjenja u zavisnosti od postanka i evolucije reljefa, trajan je zadatak istraživanja regionalne limnologije.

Limnologija kao naučna disciplina usko je povezana sa nizom prirodnih i tehničkih nauka, čije metode rada koristi u izvornom ili izmijenjenom obliku, gradeći na njima sopstvenu metodologiju. Riječ je i o korišćenju instrumenata, koji su na velikim jezerima isti kao kod proučavanja mora, a na malim jezerima se modifikuju prema potrebi. To proističe iz želje limnologa da prodru u sve tajne jezera kao jedinstvenih hidrografskih objekata na Zemlji. To je uslovljeno stalnim razvojem naučnih saznanja o našoj planeti i vodi na njoj. Jezera se moraju posmatrati i proučavati kao sastavni dio geografske sredine u kojoj se susiće čitav niz činilaca.

Od interesa su i riječi akademika Siniše Stankovića da „Slatke i uopšte kontinentalne vode nisu za limnologiju samo dijelovi zemljine površine pokriveni vodom. One su u isto vrijeme i dijelovi životnog prostora ispunjeni živim svijetom koji takođe njima pripada.

U ispitivanju vodenih organizama, njihovih uzajamnih odnosa i odnosa prema uslovima vodene sredine, limnologija se odvajala od geografije u užem smislu i zalazi duboko u oblast biologije.

Jer su odnosi živih bića prema uslovima životnog prostora objekat biologije, specijalno njene discipline ekologije, i limnologija pripada stvarno ekologiji kad ispituje živi svijet slatkih voda“.

Međusobna povezanost i uslovljenost elemenata geografske sredine – vode, kopna, klime, biosfere, čovjeka i ljudskog društva, stavljaju pred limnologiju sve složenije zadatke. Ovo utoliko prije što su jezera veliki rezervoari slatke vode, koja je sve potrebija savremenom čovječanstvu i ima pravu vrijednost samo ako je čista. Poznavanje svih komponenata i pravilno naučno objašnjavanje svih problema, zahtijeva strpljiv rad ne samo pojedinaca, već ekipa naučnika različitih struka. Samo tako limnologija može biti društveno potrebna i korisna naučna disciplina. Ovo se posebno odnosi na planiranje, stvaranje i eksploataciju sve većeg broja vještačkih jezera. Čini se da su zahvati formiranja velikih akumulacija i potapanja znatnih prostranstava obradivog zemljišta nefunkcionalni, te se savremeno čovječanstvo, u borbi za očuvanje zemljišta, mora opredjeljivati za svrsishodna i višenamjenska manja vještačka jezera. Poslijednju riječ o tome moraju dati limnolozi.

Limnologija ima zadatak da sintetizuje u jedinstvenu cjelinu u individualitete višeg reda – slatkovodna, slanasta i slana jezera. Ona izučava anorgansko i organsko, živi svijet i životne uslove u jezerima. To znači da je sintetička nauka koja spaja granične oblasti pojedinih nauka i postavlja mostove između onoga što je nekada izgledalo odvojeno. Teži da se geografsko, geološko, fizičko, hemijsko i biološko izučavanje jezera spoji u limnološku sintezu naučnog i praktičnog značaja.

## 2. LIMNOLOŠKA MORFOMETRIJA

Na Zemlji postoji veliki broj jezera. Ona se međusobno razlikuju po dužini, širini, dubini, nadmorskoj visini, površini, zapremini, nagibu strana basena, razuđenosti obalske linije, krivini i ispupčenosti površine, protočnosti, periodama i amplitudama seša i drugim osobinama. Sve one izražavaju se kvantitativnim – brojčanim vrijednostima i predstavljaju morfometrijske pokazatelje, odnosno, morfometrijske karakteristike. Oni se određuju na terenu, mjere na kartama i planovima i izračunavaju korišćenjem matematičkih obrazaca.

Za brži razvoj limnologije i njenu sve veću kompleksnost bilo je neophodno poznavanje sve većeg broja morfometrijskih pokazatelja. Njihovo izučavanje od velikog je značaja za poznavanje jezera u cjelini, jer oni ukazuju na niz njegovih odlika. Na značaj limnološke morfometrije ukazao je veći broj naučnika. Geograf i hidrobiolog S. D. Muravejski (1894 – 1950) ističe da se morfometrija ne odnosi samo na jezero kao specifičan objekat proučavanja, već se radi i o principima i metodama naučnog istraživanja. Morfometrija se odnosi na jezerske basene i vodenu masu u njima. Samim tim ona odražava proces razvitka basena i karakteristike vode u njemu. Zbog toga je u limnološkim radovima neophodno posvetiti odgovarajuću pažnju morfometriji, jer ona dopušta brojne analize raznih pojava i procesa karakterističnih za jezera. O velikom značaju limnološke morfometrije svjedoče i neki radovi poznatih naučnika. Takvi su: A. Penk – Morfometrija Bodenskoj jezera, 1894; J. Šakalski – Instrukcija za ispitivanje jezera, 1908; F. A. Forel – Uputstvo iz limnologije, Opšta limnologija, 1912; Leonid Leonidovič Rosolimo – Morfometrija Kosinskih jezera, 1925; S. D. Muravejski – Morfometrija Dubokog jezera, 1913. i drugi. U ruskoj limnološkoj literaturi morfometriji jezera posvećene su i dvije velike studije. Prvu predstavlja disertacija E. S. Markova „O metodama ispitivanja jezera“ (1902. god.), a drugu knjiga G. J. Vereščagina „Metode morfometrijskih karakteristika jezera“ (1930. god.).

Interesovanje za limnološku morfometriju u Rusiji proisteklo je iz sve intenzivnijeg proučavanja jezera, iznalaženja mogućnosti njihovog iskorišćavanja i izgradnje vještačkih jezera.

Međutim, i neki ruski istraživači bili su za tzv. „formalnu morfometriju“ koju su zastupali neki naučnici na zapadu, svodeći prirodne forme na geometrijske oblike, što nije naučno opravdano.

Morfometrijski pokazatelji su od naročite važnosti kod izrade katastarsa jezera u pojedinim zemljama, ili manjim cjelinama. Pored toga, kod uporednog proučavanja dva ili više jezera, morfometrijski pokazatelji se mogu na razne načine upoređivati. Komparativni prikaz jezera dopušta analize raznih pojava i donošenje važnih zaključaka. Morfometrija je od značaja i kod proučavanja jednog jezera u različitim vremenskim intervalima. Poznavanje morfometrijskih pokazatelja omogućuje raznovrsne komparacije jezera, odnosno evolutivno sagledavanje nekih pojava i procesa u jednom jezeru. Morfometrijski pokazatelji jezera u neposrednoj su zavisnosti od vodostaja jezera. Zato je kod navođenja morfometrijskih pokazatelja u nekom radu, ili studiji, neophodno navesti i vodostaj na koji se oni odnose. Ukoliko na jezeru nema vodomjerne letve, ili limnigrafa, te vodostaj nije poznat, onda se mora odrediti apsolutna visina jezera u vrijeme proučavanja i prema njoj određivati morfometrijski elementi. Kod malih jezera, u teško pristupačnim planinskim terenima, u slučaju nemogućnosti određivanja tačne apsolutne visine i nepostojanja vodomjerne letve, navodi se tačan dan kartiranja jezera. Terenski određeni, na planu izmjereni, ili matematički sračunati, morfometrijski pokazatelji odnose se na stanje jezera navedenog dana.

Na nekoliko narednih strana, koristeći obimnu literaturu, prikazaćemo metode određivanja osnovnih morfometrijskih pokazatelja, koji se sreću u limnološkim radovima.

**Dužina jezera (L)** predstavlja najkraće rastojanje između dvije najudaljenije tačke na obali jezera, mjereno po površini vode. Na jezerima koja imaju kružan, elipsast, ili izdužen oblik, bez većih preloma, dužina je predstavljena pravom linijom. Međutim, kod jezera izlomljenog ili meandarskog oblika, najduža osa je izlomljena linija, koja nigdje ne izlazi izvan obalske linije. Dužina Kaspijskog jezera iznosi 1.205 km, Tanganjike 650 km, Bajkala 636 km, Gornjeg jezera 616 km, Njase 580 km, Mičigena 495 km, Aralskog 428 km, jezera Iri 389 km, Viktorije 320 km, Titikake 176 km, Kivu 100 km, Balatona 77 km, Ženevskog 72 km, Skadarskog 44 km, Ohridskog 30 km, Prespanskog 28,6 km, Bohinjskog 4,1 km itd.

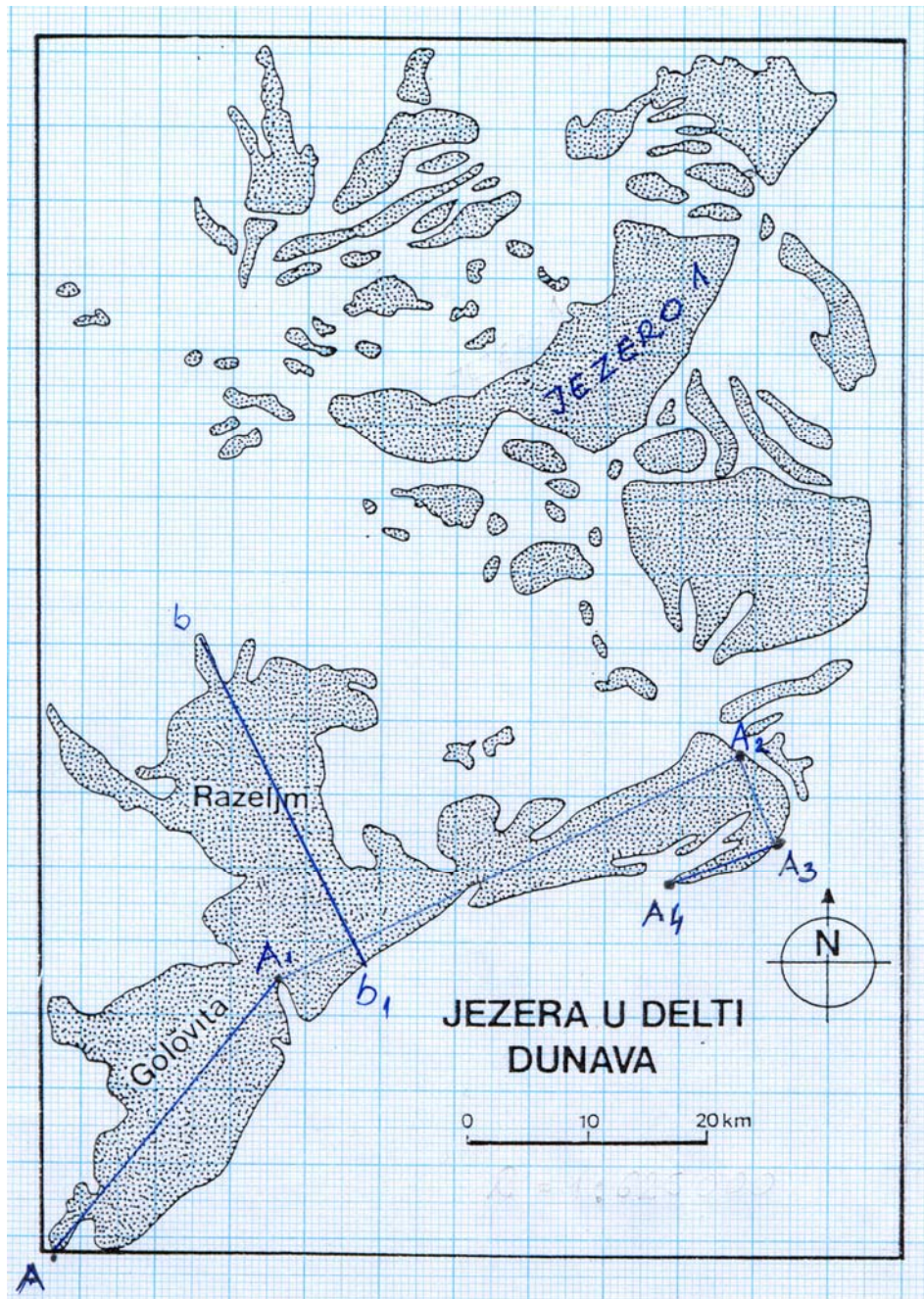
**Širina jezera (B)** može biti maksimalna i prosječna. Maksimalna širina jezera je najveće rastojanje između suprotnih obala jezera, mjereno pod pravim uglom na osu dužine. Obilježava se sa  $B_{max}$ . Prosječna (ili srednja) širina obilježava se sa  $B_{sr}$ , a izračunava se na taj način što se površina jezera izražena u kvadratnim kilometrima (F) podijeli sa dužinom jezera (L) izraženom u kilometrima. Obrazac za izračunavanje prosječne širine jezera glasi:

$$B_{sr} = \frac{F}{L}$$

Maksimalna širina Kaspijskog jezera je 554 km (prosječno 308 km), Hjurona 295 km (prosječna 183 km), Aralskog 284 km (prosječna 154,4 km), Viktorije 275 km (prosječna 215 km), Gornjeg 257 km (prosječna 133,7 km), Mičigena 190 km (prosječna 120,4 km), Iri 92 km (prosječna 65,3 km), Bajkala 79,4 km (prosječna 49,5 km), Tanganjike 72 (prosječna 50,6 km), Prespanskog 16,9 km (prosječna 9,5 km) i Skadarskog 14 km (prosječna 8,4 km).

**Dužina obalske linije ( $L_0$ )** kod malih jezera može se izmjeriti na samom terenu pri njihovom kartiranju. Na kartama i planovima mjeri se pomoću cirkla i kurvimetra, ili jednostavnim pretvaranjem krive obalske linije u određenu dužinu, pomoću uske papirne trake.

Tačnost određivanja dužine obalske linije zavisi od razmjere karte – plana, tj. stepena generalisanja koji je, na njima izvršen. Stepenn generalisanja je veći ukoliko je karta sitnije razmjere i obalska linija razuđenija. Za dužinu obalske linije se često kaže da predstavlja dužinu nulte izobate. Mijenja se sa promjenama nivoa jezerske vode i u najvećem broju slučajeva nije prava linija.



Slika 1. Jezera u delti Dunava (R = 1 : 625 000)

## PRIMJER – VJEŽBA: JEZERA U DELTI DUNAVA

### 2.1. DUŽINA JEZERA (L) - RAZMJER: 1 : 625.000 → 1 mm = 625.000 mm = 625 m

Na karti Jezera u delti Dunava dat je grafički razmjernik koji, numerički prezentiran, iznosi 1 : 625.000 (1 mm na karti = 625 m u prirodi). Ako jezerski sistem Golovita – Razeljm posmatramo kao jedinstven hidrološki (limnološki) objekat, tada je dužina jezerskog basena (L) prava koja povezuje dvije najudaljenije tačke na obali jezera (rastojanje A – A<sub>1</sub> – A<sub>2</sub> – A<sub>3</sub> – A<sub>4</sub>). Na karti je to rastojanje 144 mm, a u prirodi 90.000 m, odnosno 90 km (144 · 625 m = 90.000 m = 90 km).

VJEŽBA : Odredite dužinu limnološkog objekta označenog na karti kao JEZERO 1.

### 2.2. ŠIRINA JEZERA (sistem Golovita – Razeljm)

#### 2.2.1. Maksimalna širina jezera - B<sub>max</sub>

Najveće rastojanje između suprotnih obala jezerskog sistema Golovita – Razeljm, mjereno pod pravim uglom na osu dužine (A – A<sub>4</sub>) je prava b – b<sub>1</sub> (v. sliku 1. Jezera u delti Dunava). Rastojanje na karti iznosi 50 mm, odnosno u prirodi 31.250 m ili 31,25 km (50 · 625 m = 31.250 m = 31,25 km).

#### 2.2.2. Prosječna (srednja) širina jezera – B<sub>sr</sub> (B<sub>m</sub>) (m; lat. medius – srednji)

Srednja širina jezera se izračunava na taj način da se površina (F) jezera (u našem slučaju jezerskog sistema Golovita – Razeljm) podijeli sa dužinom (L) jezera. U našem primjeru to znači da je  $B_{sr} = \frac{F}{L}$ , odnosno  $880,86 \text{ km}^2 : 90,0 \text{ km} = 9,787 \text{ km}$ .

VJEŽBA : Odredite B<sub>max</sub> i B<sub>sr</sub> limnološkog objekta JEZERO 1.

### 2.3. DUŽINA OBALSKE LINIJE (L<sub>o</sub>)

Dužina obalske linije kod jezerskog sistema Golovita – Razeljm određena je šestarom (cirkлом). Sa karte je izmjerena dužina od 574 mm, odnosno u prirodi to predstavlja dužinu od 358.750 m ili 358,75 km (574 · 625 m = 358.750 m = 358,75 km).

VJEŽBA : Odredite dužinu obalske linije limnološkog objekta JEZERO 1.

### 2.4. RAZUĐENOST OBALSKE LINIJE (K)

#### 2.4.1. Nagelov obrazac

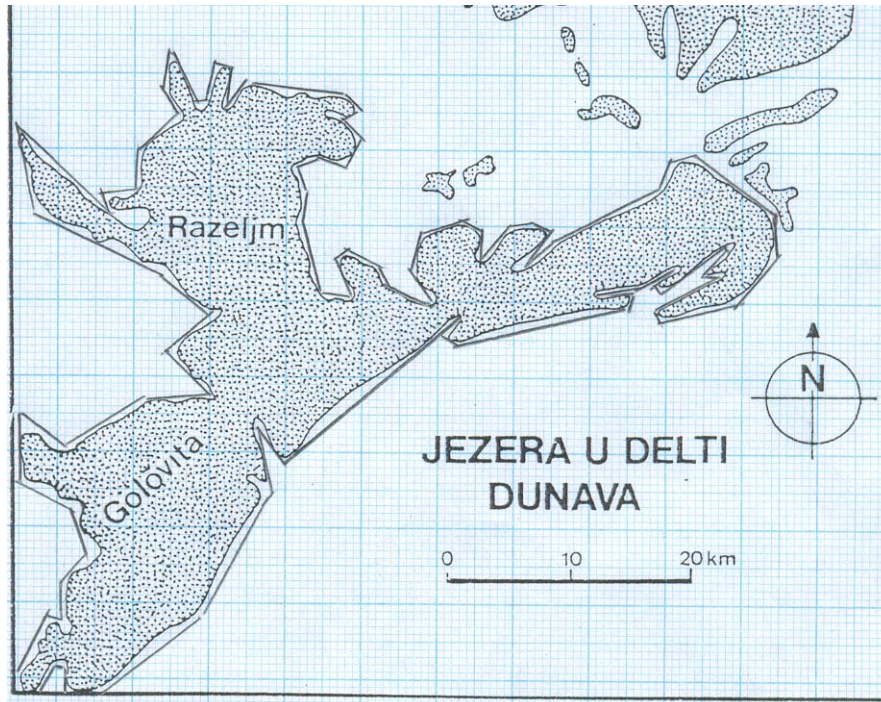
$$K = \frac{L}{2r\pi} ; \text{Površina kruga : } F = r^2 \pi, \text{ pa slijedi: } r^2 = \frac{F}{\pi} \rightarrow r = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$$

Kada u jednačinu  $K = \frac{L}{2r\pi}$  uvrstimo vrijednost  $r = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$  dobijemo slijedeći obrazac:

$$K = \frac{L}{2r\pi} = \frac{L}{2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} \cdot \pi} = \frac{L}{2 \sqrt{\frac{F}{\pi}} \cdot \pi^2} = \frac{L}{2\sqrt{F} \cdot \pi}$$

Primjer jezerskog sistema Golovita – Razeljnj

$$K = \frac{L}{2\sqrt{F \cdot \pi}} = \frac{358,75 \text{ km}}{2\sqrt{880,86 \text{ km}^2 \cdot 3,14}} = \frac{358,75 \text{ km}}{2\sqrt{2765,9 \text{ km}^2}} = \frac{358,75 \text{ km}}{105,183 \text{ km}} = 3,41$$



Slika 2. Odnos stvarne dužine obalske linije i dužine izlomljene linije

#### 2.4.2. Obrazac S.D. Muravejskog

$K = \frac{L_0}{L_1}$ , pri čemu je  $L_0$  stvarna dužina obalske linije, a  $L_1$  dužina izlomljene linije koja obuhvata akvatoriju (Slika 2.). Kod jezerskog sistema Golovita – Razeljnj  $L_0 = 358,75$  km, a  $L_1 = 296,875$  km, iz čega slijedi :

$$K = \frac{L_0}{L_1} = \frac{358,75 \text{ km}}{296,875 \text{ km}} = 1,20$$

Dužina obalske linije Velikih američkih jezera je 15.450 km, od čega 8.700 km pripada SAD i 6.750 km Kanadi. Velikom dužinom obale ističe se Kaspijsko jezero (6.400 km). Obala Tanganjike dugačka je 1.900 km, Onjege 1.542 km, Kivu 570 km, Edvardovog jezera 280 km, Skadarskog jezera 207 km i Ohridskog jezera 86,1 km od čega u Makedoniji 50,4 km i Albaniji 35,7 km. Od ukupne dužine obale Ohridskog jezera 63,1 km čine strmi krečnjački dijelovi Galičice i Jablanice, a 23 km niski zamočvareni tereni i pješčane plaže.

**Razuđenost obalske linije (K)** je značajan morfometrijski pokazatelj. Ovu veličinu prvi je uveo u geografsku literaturu član Berlinske akademije nauka Karl Ritter (1779 – 1859) 1822. godine u radu o topografiji Afrike. On je za izračunavanje koeficijenta razuđenosti obalske linije predlagao dva načina. Prvi predstavlja odnos dužine obalske linije i površine ograničene tom linijom ( $L : P$ ), a drugi, odnos površine ograničene obalskom linijom i geometrijske slike nazvane „jezgro“, ili „ostrvo“ ( $p : P$ ). U drugoj polovini XIX vijeka ovi odnosi nazvani su „Ritterovim koeficijentima“.

Nešto kasnije (1835. godine) srednjoškolski nastavnik iz Ulma, Nagel, postavio je novi obrazac izračunavanja koeficijenta razuđenosti obalske linije. On se danas upotrebljava u slijedećem obliku:

a) Nagelov obrazac

$$K = \frac{L}{2r\pi}$$

U ovom obrascu  $L$  je dužina obalske linije jezera, a  $2r\pi$  obim kruga čija je površina jednaka površini jezera. To znači da je razuđenost obalske linije odnos dužine obalske linije jezera prema obimu kruga čija je površina jednaka jezerskoj. Upoređenje sa krugom uzeto je iz razloga što krug, u odnosu na ostale geometrijske slike, iste površine, ima najmanji obim. Koeficijent razuđenosti obalske linije računat po obrascu Nagela uvijek je veći od jedinice, jer nema jezera koja imaju oblik matematički pravilnog kruga. Nedostatak ovog obrasca je u tome što po njemu i jezera koja imaju oblik matematički pravilne elipse, kvadrata, pravougaonika i dr. imaju izvjesnu razuđenost. Ona se u geografskom smislu ne može uvažiti.

Interesantno je da na obrazac Nagela niko nije obraćao pažnju i on je bio gotovo zaboravljen. To je donekle posljedica bojazni protivurjeđenja postavkama Rittera i raširenog mišljenja da je to pitanje davno riješeno. Tek 1885. godine Sigmund Ginter, matematičar i geograf, ukazuje na izvjesne prednosti zaboravljenog obrasca. U međuvremenu u njemačkom časopisu „Petermans Mitteilungen“ razvila se živa diskusija o problemu razuđenosti obalske linije. Naravno, kao i ranije, to se nije odnosilo isključivo na jezera, ali je za limnologiju bilo od velike važnosti. Izvjesni Kober kritički se osvrnuo na shvatanje Rittera, a F. Bote predlaže obrazac sličan Nagelovom i prvi jasno upotrebljava izraz „Koeficijent razuđenosti obalske linije“. Šuman je 1863. godine u potpunosti ponovio obrazac koji je mnogo ranije dao Nagel. Slične prijedloge dalo je još nekoliko naučnika. S. Ginter 1882. godine predlaže da se kod izračunavanja koeficijenta razuđenosti obalske linije uvažava i ispupčenost površine o kojoj je riječ. Danas je u upotrebi i obrazac S. D. Muravejskog. On glasi:

$$K = \frac{L}{L_1}$$

U ovom obrascu  $L$  je stvarna dužina obalske linije, a  $L_1$  dužina linije koja okružuje obalsku liniju slično tangenti. Ovaj obrazac daje dobre rezultate kod jezera na čijim planovima nije izvršena znatna generalisanost obalske linije (Vidjeti Sliku 2.).

**Dubina jezera (H)** može biti maksimalna i prosječna – srednja. Maksimalna se određuje mjerenjem na terenu, a obilježava se sa  $H_{max}$ . Za mjerenje dubine manjih jezera upotrebljava se numerisana čelična sajla, sa tegom na jednom kraju. Sajla sa tegom spušta se iz čamca ka dnu jezera i bilježi dubina na kojoj je teg dodirnuo dno. Kod većih jezera za mjerenje dubine koristi se Lukasov dubinomjer.

On omogućava spuštanje tega ka dnu brzinom od 4 km/čas i gotovo dva puta brže izvlačenje. Izvlačenje tega i namotavanje sajle obavlja se motorom. Za mjerenje dubina Lukasovim dubinomjerom potrebno je mnogo vremena, te se on gotovo ne upotrebljava. Danas se dubine većih jezera mjere ultrazvučnim dubinomjerima – eholotima. Za mjerenje dubina ovim instrumentima nije potrebno zaustavljanje broda. Reljef jezerskog dna automatski se iscrtava i na njemu se može odrediti tačka najveće dubine, odnosno dubina na željenom mjestu.

Ultrazvučni dubinomjeri rade na principu kretanja zvuka kroz vodu, njegovog odbijanja sa dna, dolaska do prijemnog uređaja na brodu i pretvaranja u električne impulse koji omogućuju iscrtavanje profila dna. Mjerenje dubine jezera na većem broju mjesta i profila neophodno je za izradu izobatske karte i profila dna.

Za razliku od najveće dubine, srednja ( $H_{sr}$ ) se dobija kada se zapremina jezera ( $V$ ) podijeli sa njegovom površinom ( $F$ ). Obrazac za izračunavanje srednje dubine jezera je:

$$H_{sr} = \frac{V}{F}$$

## 2.5. DUBINA JEZERA (H) – PRIMJER JEZERA DONJE BARE (Slika 3.)

### 2.5.1. Maksimalna dubina jezera - $H_{max}$

Maksimalna dubina se određuje na terenu .

### 2.5.2. Srednja dubina jezera – $H_{sr}$ ( $H_m$ )

Odeđuje se po obrascu:  $H_{sr} = \frac{V}{F}$  ( $V$  = zapremina jezera, odnosno zapremina vode u jezerskom basenu pri normalnom vodostaju koji se definiše nultom izobatom;  $F$  ( $P$ ) – površina vodnog ogledala jezerske vode u nivou nulte izobate).

$$H_{max} = 4,5 \text{ m}$$

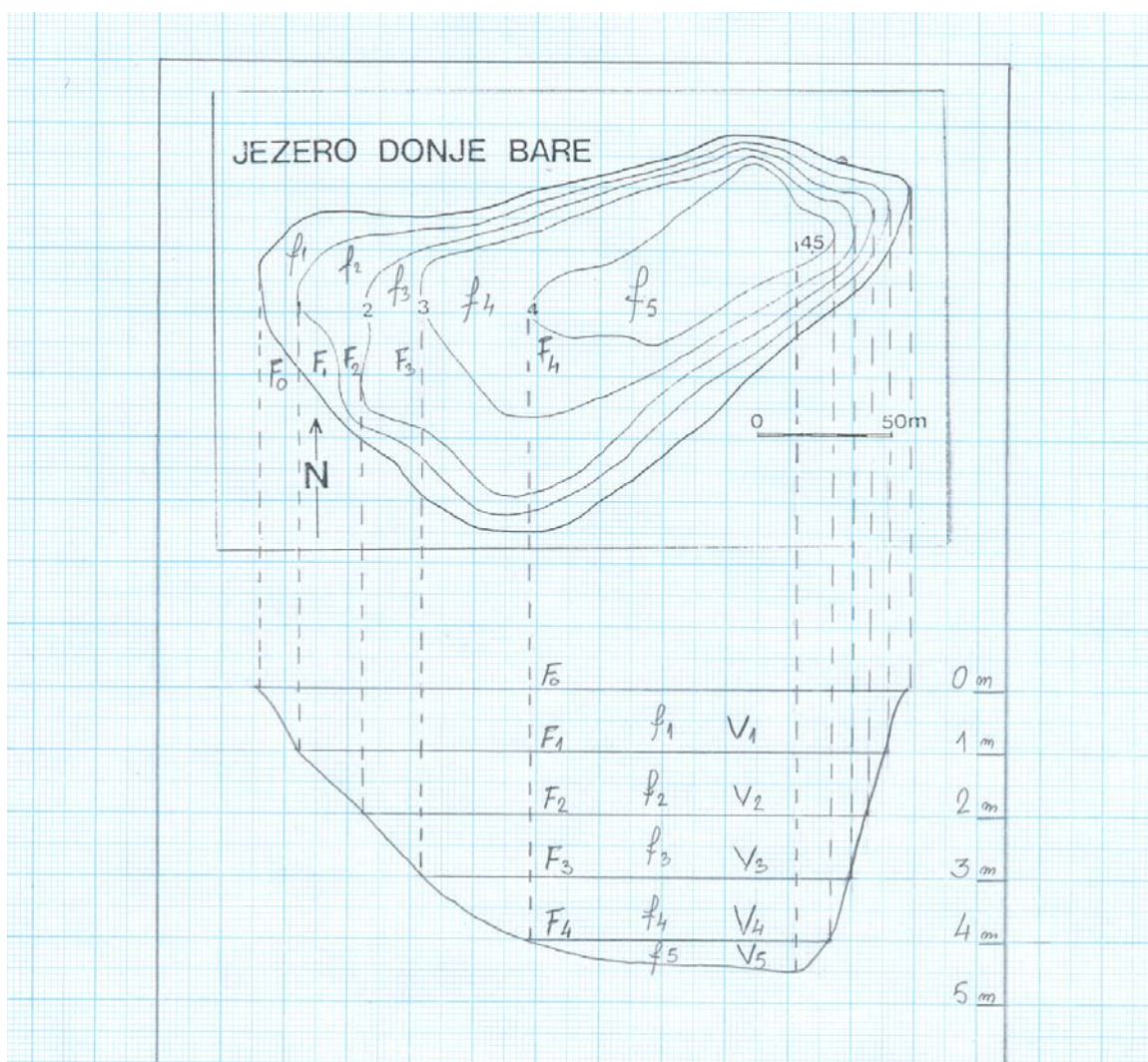
$$H_{sr} = \frac{V}{F} ; V = 57265,625 \text{ m}^3 ; F (P) = 22.600 \text{ m}^2 ;$$

$$H_{sr} = \frac{57265,625 \text{ m}^3}{22600 \text{ m}^2} = 2,53 \text{ m}$$

Maksimalana dubina Bajkalskog jezera je 1.742 m (prosječna 730 m), Tanganjike 1.470 m (prosječna 386 m), Kaspijskog 995 m (prosječna 208 m), Njase 706 m (prosječna 178 m), Gornjeg 397 m (prosječna 143 m), Ohridskog 286 m (prosječna 145 m), Ladoškog 230 m (prosječna 51 m), Aralskog 68 m (prosječna 16 m), Prespanskog 54,2 m (prosječna 18 m), Skadarskog 60 m (prosječna 4 m), Bledskog 30,6 m (prosječna 22 m), Crnog na Durmitoru 49 m (prosječna 16,8 m), Plavskog 9,15 m (prosječna 3,86 m) itd.

**Površina jezera (F)** određuje se na planovima i kartama, a prema datoj razmjeri. Površina manjih jezera pravilnijeg oblika može se odrediti milimetarskom hartijom, takođe prema datoj razmjeri. Ako je plan jezera u razmjeri 1 : 1000, onda svaki kvadratni santimetar na planu predstavlja 100 m<sup>2</sup> u prirodi.

Na topografskoj karti razmjere 1 : 50.000 kvadratni santimetar odgovara 250.000 m<sup>2</sup> u prirodi, a na karti 1 : 100.000 jedan kvadratni santimetar odgovara 1 kvadratnom kilometru u prirodi. Za precizno mjerenje površine jezera koristi se planimetar. Ovim priručnim instrumentom mjere se kvadratni santimetri na planu – karti i računski određuju prave vrijednosti u prirodi, u zavisnosti od razmjere. Ako je mjerena površina jezera koja se nalazi na topografskoj karti razmjere 1 : 100.000, planimetrom dobijeni broj kvadratnih santimetara predstavlja broj kvadratnih kilometara u prirodi. Ako je mjerenje obavljeno na karti razmjere 1 : 50.000, planimetrom dobijeni broj kvadratnih santimetara dijeli se sa 4 i dobijaju kvadratni kilometri u prirodi. Na isti način određuje se površina neposrednog sliva jezera, površina sliva pojedinih jezerskih pritoka i površina ostrva.



Slika 3. Tlocrt i poprečni profil jezera Donje Bare

**PRIMJER JEZERA DONJE BARE** (Slika 3; R = 1 : 2.500)

**POVRŠINA JEZERA: 22600,00 m<sup>2</sup> ; ZAPREMINA JEZERA: 57265,625 m<sup>3</sup>; DUŽINA: 250 m; ŠIRINA<sub>MAX</sub> = 130 m .**

**2.6. POVRŠINA JEZERA (F; P)** – primjer jezera Donje Bare (Slika 3.)

Površina jezera određuje se na planovima i kartama, a prema datom razmjeru. Kod jezera Donje Bare, na osnovu grafičkog razmjernika, utvrđen je numerički razmjer 1 : 2500. Kod izračunavanja površine u datom primjeru to znači da je 1 mm na karti 2,5 m u prirodi, odnosno 1 mm<sup>2</sup> na karti je 6,25 m<sup>2</sup> u prirodi.

**2.6.1. PRISTUP RJEŠAVANJU ZADATKA** (Slika 3.)

Sa priloženog tlocrta jezera vidimo da je riječ o jezeru bez ostrva (površina akvatorije). Za praktične potrebe moguće je odrediti:

- ukupnu površinu jezera, odnosno površinu unutar nulte izobate (0 m n.v.) ili površinu (F<sub>0</sub>) unutar obalske linije;
- površinu jezera unutar pojedinih izobata: F<sub>1</sub> (površina vodnog ogledala unutar izobate od 1 m); F<sub>2</sub> - površina unutar izobate od 2 m; F<sub>3</sub> – površina unutar izobate od 3 m; F<sub>4</sub> – površinu unutar izobate od 4 m.

Za odeđivanje površina unutar pojedinih izobata, kada se koristi metod milimetarskog papira, najefikasniji je pristup izračunavanjem parcijalnih površina – površina isječaka između pojedinih izobata: f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub>, f<sub>4</sub>, f<sub>5</sub>. Površina isječaka između nulte izobate (0 m) i izobate od 1 m na tlocrtu je označena sa **f<sub>1</sub>**; **f<sub>2</sub>** je parcijalna površina između izobata od 1 m i 2 m; **f<sub>3</sub>** je površina između izobata od 2 m i 3 m; **f<sub>4</sub>** je površina između izobata od 3 m i 4 m; **f<sub>5</sub>** je površina unutar izobate od 4m.

Dovodeći u korespodenciju površine jezera unutar pojedinih izobata (F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>) i parcijalne površine između pojedinih izobata, možemo zaključiti da je (v. Sliku 3.) :

$$F_0 = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 (4075 \text{ m}^2 + 3675 \text{ m}^2 + 5250 \text{ m}^2 + 5612,50 \text{ m}^2 + 3987,50 \text{ m}^2 = \mathbf{22.600 \text{ m}^2})$$

$$F_1 = f_2 + f_3 + f_4 + f_5 ( 3675 \text{ m}^2 + 5250 \text{ m}^2 + 5612,50 \text{ m}^2 + 3987,50 \text{ m}^2 = \mathbf{18.525 \text{ m}^2} )$$

$$F_2 = f_3 + f_4 + f_5 (5250 \text{ m}^2 + 5612,50 \text{ m}^2 + 3987,50 \text{ m}^2 = \mathbf{14.850 \text{ m}^2} )$$

$$F_3 = f_4 + f_5 (5612,50 \text{ m}^2 + 3987,50 \text{ m}^2 = \mathbf{9.600 \text{ m}^2} )$$

$$F_4 = f_5 (\mathbf{3987,50 \text{ m}^2})$$

Na tlocrtu jezera, u datom primjeru, parcijalne površine imaju slijedeće vrijednosti:

$$f_1 = 652 \text{ mm}^2 \text{ na karti (tlocrtu), odnosno } 4075 \text{ m}^2 \text{ u prirodi } (652 \cdot 6,25 \text{ m}^2 = 4075 \text{ m}^2 );$$

$$f_2 = 588 \text{ mm}^2 \text{ na karti, odnosno } 3675 \text{ m}^2 \text{ u prirodi } (588 \cdot 6,25 \text{ m}^2 = 3675 \text{ m}^2 );$$

$$f_3 = 840 \text{ mm}^2 \text{ na karti, odnosno } 5250 \text{ m}^2 \text{ u prirodi } (840 \cdot 6,25 \text{ m}^2 = 5250 \text{ m}^2 );$$

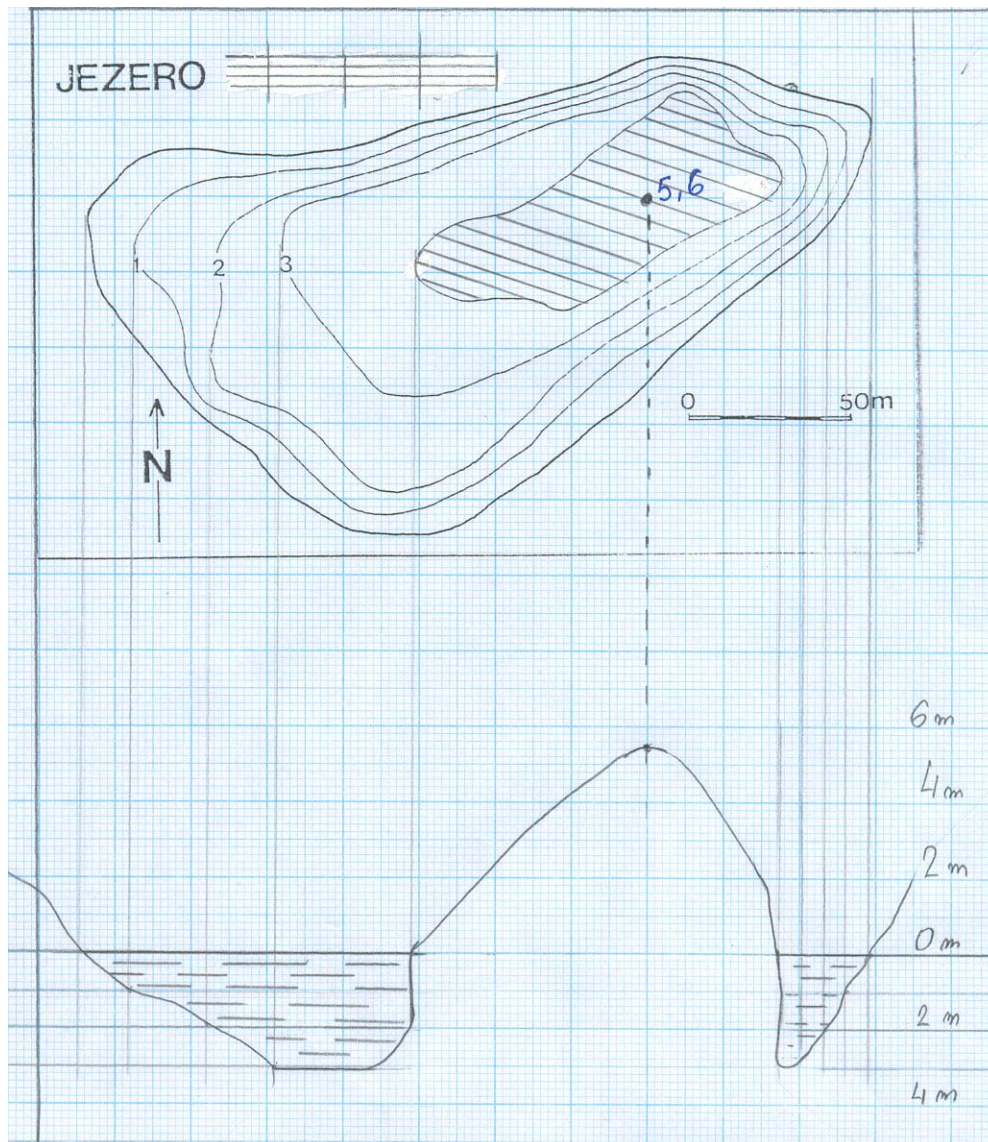
$$f_4 = 898 \text{ mm}^2 \text{ na karti, odnosno } 5612,50 \text{ m}^2 \text{ u prirodi } (898 \cdot 6,25 \text{ m}^2 = 5612,50 \text{ m}^2 );$$

$$f_5 = 638 \text{ mm}^2 \text{ na karti, odnosno } 3987,50 \text{ m}^2 \text{ u prirodi } (638 \cdot 6,25 \text{ m}^2 = 3987,50 \text{ m}^2 ).$$

### **Koeficijent ostrvnosti (C<sub>o</sub>)**

Kod jezera sa ostrvima razlikuju se dvije površine: F – površina jezera zajedno sa površinom ostrva i Fa – površina jezera bez ostrva (površina akvatorije).

Površinu akvatorije izračunavamo kada od ukupne površine jezera oduzmemo površinu svih ostrva koja se u njemu nalaze ( $F_a = F - F_o$ ). Kod jezera sa ostrvima moguće je odrediti još jedan morfometrijski pokazatelj. To je koeficijent ostrvnosti.



Slika 4. Određivanje koeficijenta ostrvnosti ( $R_L = 1:2500$ ;  $R_h = 1:200$ )

On se izračunava na taj način što se ukupna površina svih ostrva ( $\sum F_o$ ), podijeli sa površinom jezera ( $F$ ). Obrazac se može predstaviti u slijedećem obliku:

$$C_o = \frac{\sum F_o}{F}$$

Ako dobijeni broj pomnožimo sa 100 dobijamo procentualni udio ostrva u ukupnoj površini jezera.

## 2.7. KOEFICIJENT OSTRVNOSTI ( $C_o$ ) – Slika 4.

Na tlocrtu limnološkog objekta JEZERO šrafama je označeno ostrvo, čija je visina iznad vodnog gledala jezera 5,6 m.

NAPOMENA: tlocrt jezera sa ostrvom rađen je u razmjeru 1 : 2.500; poprečni presjek sa hipsometrijskim vrijednostima rađen je u razmjeru 1 : 200 ;

U datom primjeru (Slika 4.) površina akvatorije jezera zajedno sa površinom baze ostrva (presjek ostrvske kupe nultom izobatom) –  $F$ , iznosi 22.600 m<sup>2</sup>; površina akvatorije –  $F_a$ , iznosi 18.612,50 m<sup>2</sup> ( $F_a = F - F_o$  ;  $F_a = 22.600 \text{ m}^2 - 3987,50 \text{ m}^2 = 18.612,50 \text{ m}^2$  ;  $F_o$  – površina osnovice ostrva, 3987,50 m<sup>2</sup>).

Na osnovu dobijenih vrijednosti sa tlocrta jezera dobićemo slijedeće vrijednosti  $C_o$  :

$$C_o = \frac{\sum F_o}{F} = \frac{3987,50}{22600} \cdot 100 = 0,1763 \cdot 100 = 17,63\%$$

Možemo zaključiti da je procentualni dio površine jezera koje zauzima ostrvo 17,63%.

Pored površine jezera (površine nulte izobate) na planovima i kartama jezera, sa ucrtanim izobatama, može se mjeriti i površina do određenih izobata. To omogućuje izračunavanje površina između i ispod pojedinih izobata, što je neophodno za konstruisanje hipsografske (batigrafske) krive jezera. Hipsografska kriva je grafički prikaz odnosa površine jezera prema njegovoj dubini. Konstruiše se tako što se na ordinatu nanosi dubina jezera, a na apscisu njegova površina. Hipsografska kriva svojim izgledom ukazuje na oblik jezerskog basena, odnosno, omogućuje iznalaženje površine za bilo koji nivo jezerske vode. Ovo je naročito važno kod jezera koja imaju velike amplitude vodostaja, kao i kod vještačkih jezera koja često mijenjaju površinu.

Za kolebanje nivoa jezerske vode i neke druge osobine od značaja je odnos površine sliva jezera ( $F_s$ ), prema površini akvatorije ( $F_a$ ). Po pravilu, ukoliko je površina sliva veća od površine akvatorije ( $F_s : F_a$ ) utoliko je veća amplituda kolebanja jezerskog nivoa, i obrnuto, manjoj površini sliva u odnosu na jezero odgovara manja amplituda kolebanja jezerskog nivoa.

Površina Kaspijskog jezera iznosi 374.000 km<sup>2</sup>, Gornjeg 82.382 km<sup>2</sup>, Viktorije 68.800 km<sup>2</sup>, Aralskog 66.085 km<sup>2</sup>, Mičigena 59.590 km<sup>2</sup>, Hjurona 58.994 km<sup>2</sup>, Ladoge 17.837 km<sup>2</sup>, Venerna 5.348 km<sup>2</sup>, Veterna 1.868 km<sup>2</sup>, Ženevskog 581 km<sup>2</sup>, Bodenskog 537 km<sup>2</sup>, Skadarskog 369,7 km<sup>2</sup>, Ohridskog 348 km<sup>2</sup>, Prespanskog 274,3 km<sup>2</sup>, Dojranskog 42,7 km<sup>2</sup>, Paličkog 5,76 km<sup>2</sup> itd.

Površina sliva jezera Iljmen je 67.450 km<sup>2</sup>, površina jezera 733 km<sup>2</sup>. Količnik ovih odnosa je 91, a amplituda vodostaja 420 cm. Isti pokazatelji za još nekoliko jezera su slijedeći; Kubensko 15.100 : 378 = 40, amplituda 360 cm; Lače 12.420 : 336 = 37, amplituda 210 cm; Bajkalsko 557.000 : 31.500 = 18, amplituda 120 cm; Belo 13.956 : 1.003 = 14, amplituda 116 cm; Onješko 61.430 : 9.900 = 6, amplituda 64 cm i Plavsko 288 : 1,99 = 144,7, amplituda 236 cm.

Zapremina jezera ( $V$ ) izračunava se sabiranjem zapremina vode po slojevima između dvije susjedne izobate. Obrazac za to je slijedeći:

$$V = \frac{F_o + F_1}{2} \cdot h_1 + \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot h_2 + \frac{F_2 + F_3}{2} \cdot h_3 + \dots$$

U navedenom obrascu  $F_o, F_1, F_2, F_3, \dots$  su površine ravni odgovarajućih izobata, a  $h_1, h_2, h_3$ , vertikalna rastojanja između njih.

## 2.8. ZAPREMINA JEZERA (V) – (v. Slika 3.)

Već je istaknuto da se zapremina jezera izračunava sabiranjem parcijalnih zapremina (zapremina vode po slojevima između dvije susjedne izobate). S obzirom da jezerski baseni, najčešće, imaju sličnosti sa geometrijskim tijelima piramidom i krnjom piramidom, podsjetićemo se na formule za izračunavanje zapremine kod piramida i krnjih piramida.

Formula za izračunavanje zapremine kod piramide i krnje piramide

### I. Piramida

$$V = \frac{B \cdot h}{3}; \quad (V = \text{zapremina}; h = \text{visina piramide}; B = \text{baza (površina baze); } B \equiv F)$$

Simbol  $\equiv$  u matematici znači identično.

### II. Krnja piramida

$$V = \frac{h_1}{3} \cdot (B + B_1 + \sqrt{B \cdot B_1}); \quad (h_1 = \text{visinska razlika između dvije baze (površine)}; B - \text{površina donje baze}; B_1 = \text{površina gornje baze}; B, B_1 \dots \equiv F_0, F_1, \dots)$$

## PRIMJER JEZERA DONJE BARE

U primjeru jezera Donje Bare su data tri načina (tri varijante) za izračunavanje zapremine jezera. Kod varijante 1. i varijante 3. moguća su dva pristupa, kao kod obrasca krnje piramide (objašnjenje i obrasci u nastavku teksta). S obzirom da dobijeni rezultati imaju približne vrijednosti može se koristiti i jedan i drugi matematički postupak

Varijanta 2 ima u ovom slučaju značajna odstupanja, jer je riječ o jezeru sa malom dubinom, tako da je ovaj matematički obrazac moguć samo kod jezera sa velikom dubinom.

### VARIJANTA 1.

Obazac za izračunavanje zapremine glasi :

$$\Sigma V = \frac{F_0 + F_1}{2} \cdot h_1 + \dots + \dots \quad (\text{vidjeti postupak izračunavanja u nastavku teksta})$$

Kod jezera Donje Bare već smo dobili (izračunali) ukupnu površinu  $F_0$  i površine unutar pojedinih izobata (1 m, 2 m, 3 m, 4 m). Zapreminu ćemo dobiti na slijedeći način:

- odredićemo zapreminu vode po slojevima između dvije susjedne izobate tako da ćemo (vidi Sliku 3.) dobiti pet parcijalnih zapremina:  $V_1$  = zapremina sloja vode između izobate 0 m (nulta izobata) i izobate od 1 m;  $V_2$  – zapremina vode između izobate od 1 m i izobate od 2 m;  $V_3$  – zapremina sloja vode između izobate od 2 m i izobate od 3 m;  $V_4$  – zapremina sloja vode između izobate od 3 m i izobate od 4 m;  $V_5$  – zapremina sloja vode između izobate od 4 m i dna jezera ( $h_{\max} = 4,5$  m).

## POSTUPAK IZRAČUNAVANJA

$$V_1 = \frac{F_0 + F_1}{2} \cdot h_1 ; F_0 = 22600 \text{ m}^2 ; F_1 = 18525 \text{ m}^2 ; h_1 = 1 \text{ m} ;$$

$$V_1 = \frac{22600 + 18525 \text{ m}^2}{2} \cdot 1 \text{ m} = \frac{41125 \text{ m}^2}{2} \cdot 1 \text{ m} = \frac{41125 \text{ m}^3}{2} = 20562,5 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot h_2 ; F_1 = 18525 \text{ m}^2 ; F_2 = 14850 \text{ m}^2 ; h_2 = 1 \text{ m} ;$$

$$V_2 = \frac{18525 \text{ m}^2 + 14850 \text{ m}^2}{2} \cdot 1 \text{ m} = \frac{33375 \text{ m}^2}{2} \cdot 1 \text{ m} = \frac{33375 \text{ m}^3}{2} = 16687,5 \text{ m}^3$$

$$V_3 = \frac{F_2 + F_3}{2} \cdot h_3 ; F_2 = 14850 \text{ m}^2 ; F_3 = 9600 \text{ m}^2 ; h_3 = 1 \text{ m} ;$$

$$V_3 = \frac{14850 \text{ m}^2 + 9600 \text{ m}^2}{2} \cdot 1 \text{ m} = \frac{24450 \text{ m}^2}{2} \cdot 1 \text{ m} = \frac{24450 \text{ m}^3}{2} = 12225 \text{ m}^3$$

$$V_4 = \frac{F_3 + F_4}{2} \cdot h_4 ; F_3 = 9600 \text{ m}^2 ; F_4 = 3987,50 \text{ m}^2 ; h_4 = 1 \text{ m} ;$$

$$V_4 = \frac{9600 \text{ m}^2 + 3987,5 \text{ m}^2}{2} \cdot 1 \text{ m} = \frac{13587,5 \text{ m}^2}{2} \cdot 1 \text{ m} = \frac{13587,5 \text{ m}^3}{2} = 6793,75 \text{ m}^3$$

Kod izračunavanja  $V_5$  moguća su dva postupka:

$$\text{I. } V_5 = \frac{F_4 \cdot h_5}{3} ; F_4 = 3987,50 \text{ m}^2 , h_5 = 0,5 \text{ m} ;$$

$$V_5 = \frac{3987,5 \text{ m}^2 \cdot 0,5 \text{ m}}{3} = \frac{1993,75 \text{ m}^3}{3} = 664,58 \text{ m}^3$$

$$\text{II. } V_5 = \frac{F_4 + F_5}{2} \cdot h_5 ; F_4 = 3987,50 \text{ m}^2 ; F_5 = 0 \text{ m}^2 ; h_5 = 0,5 \text{ m} ;$$

$$V_5 = \frac{3987,5 \text{ m}^2 + 0 \text{ m}^2}{2} \cdot 0,5 \text{ m} = \frac{3987,5 \text{ m}^2 \cdot 0,5 \text{ m}}{2} = \frac{1993,75 \text{ m}^3}{2} = 996,875 \text{ m}^3$$

U datom primjeru, jezero Donje Bare, prihvatljiviji je prvi postupak izračunavanja, odnosno realnija je dobijena vrijednost od  $664,58 \text{ m}^3$ .

$$\Sigma V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_{5(\text{I})} = 20562,5 \text{ m}^3 + 16687,5 \text{ m}^3 + 12225 \text{ m}^3 + 6793,75 \text{ m}^3 + 664,58 \text{ m}^3 = \mathbf{56931,33 \text{ m}^3}$$

VARIJANTA 2.

$$\begin{aligned} V &= \frac{h}{3} \cdot (B + B_1 + \sqrt{B \cdot B_1}) + \frac{B_1 \cdot h_1}{3} = \frac{4}{3} \cdot (22600 + 3987 + \sqrt{22600 \cdot 3987,5}) + \frac{3987,5 \cdot 0,5}{3} = \\ &= \frac{4}{3} \cdot (26587,5 + \sqrt{90117500}) + \frac{1993,75}{3} = \frac{4}{3} \cdot (26587 + 9493,02) + 664,58 = \frac{4}{3} \cdot 36080,52 \text{ m}^3 + 664,58 \text{ m}^3 \\ &= \frac{144322,08 \text{ m}^3}{3} + 664,58 \text{ m}^3 = 48107,36 \text{ m}^3 + 664,58 \text{ m}^3 = \mathbf{48771,94 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

VARIJANTA 3.

$$V = \frac{h}{3} \cdot (B + B_1 + \sqrt{B \cdot B_1}) ; (h = \text{visina sloja vode između dvije izobate; } B, B_1, B_2 \dots \equiv F_0, F_1 \dots)$$

$$V_1 = \frac{h_1}{3} \cdot (F_0 + F_1 + \sqrt{F_0 \cdot F_1}) = \frac{1}{3} \cdot (41125 + \sqrt{418665000}) = \frac{1}{3} \cdot (41125 + 20461,3) = \frac{1}{3} \cdot 61586,3 \text{ m}^3 = 20528,76 \dots \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{h_2}{2} \cdot (F_1 + F_2 + \sqrt{F_1 \cdot F_2}) = \frac{1}{3} \cdot (18525 + 14850 + \sqrt{275096250}) = \frac{1}{3} \cdot (33375 + 16586,02) = \frac{1}{3} \cdot 49961,02 = 16653,67 \text{ m}^3$$

$$V_3 = \frac{h_3}{3} \cdot (F_2 + F_3 + \sqrt{F_2 \cdot F_3}) = \frac{1}{3} \cdot (14850 + 9600 + \sqrt{142560000}) = \frac{1}{3} \cdot (24450 + 11939,84) = \frac{1}{3} \cdot 36389,84 = 12129,95 \text{ m}^3$$

$$V_4 = \frac{h_4}{3} \cdot (F_3 + F_4 + \sqrt{F_3 \cdot F_4}) = \frac{1}{3} \cdot (9600 + 3987,5 + \sqrt{38280000}) = \frac{1}{3} \cdot (13587,5 + 6187,08) = \frac{1}{3} \cdot 19774,58 = 6591,52 \text{ m}^3$$

$$V_5 = \frac{h_5}{3} \cdot (F_4 + F_5 + \sqrt{F_4 \cdot F_5}) = \frac{0,5}{3} \cdot (3987,5 + 0 + \sqrt{3987,5 \cdot 0}) = \frac{0,5}{3} \cdot 3987,5 = \frac{1993,75}{3} = 664,58 \text{ m}^3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 = 20528,76 + 166653,67 + 12129,95 + 6591,52 + 664,58 = \mathbf{56568,48 \text{ m}^3}$$

Zapremina jezera je važan morfometrijski pokazatelj, jer od količine vode zavise mnogi fizički i hemijski procesi u jezeru. Poznavanje zapremine jezerske vode između i ispod pojedinih izobata neophodno je za konstruisanje krive zapremine (konsumpciona kriva). Ona grafički prikazuje odnos vodene mase i dubinu jezera. Konstruiše se kao i hipsografska kriva.

Na ordinatu se nanose dubine, a na apscisu zapremine. Na nultoj izobati zapremina jezera je najveća (cjelokupna vodena masa), a u tački najveće dubine zapremina vodene mase jednaka je nuli. Kriva zapremine jasno ukazuje na oblik jezerskog basena i služi za lako iznalaženje zapremine jezerske vode, pri bilo kom nivou. Koristi se naročito kod vještačkih jezera, kod kojih je neophodno poznavati rezerve vode pri svakom stanju jezerskog nivoa. Pri tome se posebno vodi računa o tzv. "korisnim" i "mrtvim" vodama.

Hipsografska i konsumpciona kriva često se konstruišu na istoj osnovi. Ovako kombinovane dopuštaju razna poređenja, analize i praćenje niza pojava.

Zapremina Kaspijskog jezera iznosi 77.000 km<sup>3</sup>, Bajkalskog 23.000 km<sup>3</sup>, Tanganjike 12.700 km<sup>3</sup>, Gornjeg 11.750 km<sup>3</sup>, Hjurona 5.800 km<sup>3</sup>, Njase 5.500 km<sup>3</sup>, Mičigena 4.700 km<sup>3</sup>, Viktorije 2.700 km<sup>3</sup>, Ontaria 1.550 km<sup>3</sup>, Ohridskog 50,53 km<sup>3</sup>, Prespanskog 5,148 km<sup>3</sup>, Skadarskog 1,931 km<sup>3</sup> i Dojranskog 0,287 km<sup>3</sup>.

**Pad jezerskog dna ( $\alpha$ )** određuje se po obrascu S. Finstervaldera i K. Pejкера iz 1890. godine, koji glasi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h\Sigma L}{F}$$

U ovom obrascu h je vertikalno rastojanje između izobata,  $\Sigma L$  ukupna dužina svih izobata i F površina jezera. To znači da se prosječan tangens ugla nagiba dobija kada se proizvod dužine svih izobata i vertikalnog rastojanja između njih podijeli sa površinom jezera. Godine 1894 – 1897. A. Penk je primjenio ovaj metod za izračunavanje nagiba dna Bodenskog jezera, dok je Galbfas to primjenio na Ženevsko jezero. Od tada pa nadalje prosječan pad dna jezerskih basena po Finstervalder – Pejkerovoj metodi određuje se za mnoga jezera. Pored dobrih strana, prikazana metoda ima i znatne nedostatke. Ona zahtijeva tačno mjerenje dužine svih izobata i njihovo obavezno reduciranje po metodi N. M. Volkova. To znači da se kod jednog jezera sa ucrtanim različitim brojem izobata, dobijaju različite vrijednosti.

## 2.9. PAD JEZERSKOG DNA ( $\alpha$ ) – JEZERO DONJE BARE

R = 1 : 2.500; h = 4,5 m; F = 22600 m<sup>2</sup>;  $\Sigma L$  = 24000 m .

Dužina izobata od 0 m ( $L_0$ ), 1 m ( $L_1$ ), 2 m ( $L_2$ ), 3 m ( $L_3$ ) i 4 m ( $L_4$ )

$L_0 = 251 \text{ mm} = 251 \cdot 25 \text{ m} = 6275 \text{ m}$ ;

$L_1 = 227 \text{ mm} = 227 \cdot 25 \text{ m} = 5675 \text{ m}$ ;

$L_2 = 209 \text{ mm} = 209 \cdot 25 \text{ m} = 5225 \text{ m}$ ;

$L_3 = 162 \text{ mm} = 162 \cdot 25 \text{ m} = 4050 \text{ m}$ ;

$L_4 = 111 \text{ mm} = 111 \cdot 25 \text{ m} = 2775 \text{ m}$ .

$\Sigma L = 6275 \text{ m} + 5675 \text{ m} + 5225 \text{ m} + 4050 \text{ m} + 2775 \text{ m} = 24.000 \text{ m}$

/Nije vršeno reduciranje izobata po metodi N.M. Volkova/

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4,5 \text{ m} \cdot 24000 \text{ m}}{22600 \text{ m}^2} = \frac{108000 \text{ m}^2}{22600 \text{ m}^2} = 4,77876 ; \alpha = 78^\circ 10' 43''$$

S. D. Murajevski je uveo u naučnu literaturu poseban način izračunavanja ugla nagiba jezerskog dna. On se sastoji iz podjele jezera na kvadrate koji se različito šrafiraju u zavisnosti od gustine izobata koje ukazuju na nagibe. Pri tome se uzima da padu od 0 do 1 m odgovara ugao nagiba od 15 minuta, a za svaki metar dalje 30 minuta nagiba više.

**Površina dna (  $F_d$  )** uvijek je veća od površine akvatorije. Može se izračunati ako je poznat prosječan ugao nagiba strana jezerskog basena. Obrazac za izračunavanje površine jezerskog dna ima slijedeći oblik:

$$F_d = \frac{F}{\cos \alpha}$$

U ovom obrascu  $F$  je površina jezera, a  $\alpha$  prosječan ugao nagiba strana jezerskog basena. Ukoliko je površina jezerskog dna znatno veća od površine jezera to znači da je jezero dublje i složenije konfiguracije. Male razlike svih veličina ukazuju na plitka jezera sa zaravnjenim dnom.

## 2.10. POVRŠINA DNA ( $F_d$ ) - JEZERO DONJE BARE

$$F_d = \frac{F}{\cos \alpha} = \frac{22600m^2}{0,20483} = 110335,4 m^2 ; (\cos \alpha = 0,20483)$$

**2.10.1. Udaljenost izobate dna od obale ( $h_d$ )** značajna je samo za veća jezera sa izraženom centralnom jezerskom ravni. Izračunava se po slijedećem obrascu:

$$h_d = \frac{F_o - F_d}{\frac{L_o + L_d}{2}}$$

U ovom obrascu  $F_o$  je površina jezera,  $F_d$  površina izobate dna,  $L_o$  dužina nulte izobate (obalske linije),  $L_d$  dužina izobate dna.

**2.10.2. Krivina površine jezera ( $K_j$ )** određuje se samo za veća jezera. Ona su kao dio sferne površine Zemlje i sama zasvedena. Ova veličina se dobija kada se kvadrat dužine jezera izražen u kilometrima ( $L^2$ ), podijeli sa dvostrukom vrijednošću srednjeg poluprečnika Zemlje ( $2r$ ) koji iznosi 6.371 km. Obrazac ima slijedeći oblik:

$$K_j = \frac{L^2}{2r}$$

**2.10.3. Ispupčenost površine jezera ( I )** je posljedica sferne površine Zemlje kao cjeline. Može se izračunati ako se kvadrat dužine jezera izražen u kilometrima podijeli sa osmostrukom dužinom srednje vrijednosti poluprečnika Zemlje. Obrazac je slijedeći:

$$I = \frac{L^2}{8r}$$

Dobijena vrijednost pokazuje koliko je centralni dio jezera izdignut iznad zamišljene horizontalne ravni koja prolazi kroz najudaljenije tačke jezera. Ovaj morfometrijski pokazatelj izračunava se samo za velika jezera i može se grafički slikovito prikazati na blok dijagramu u tri dimenzije.

**2.10.4. Protočnost jezera ( D )** izračunava se kod jezera sa pritokama i otokama. Za to se koristi obrazac B. B. Bogoslovskog, koji ma slijedeći oblik:

$$D = \frac{V}{W}$$

U ovom obrascu V je zapremina jezerske vode, a W količina vode koja tokom godine otekne iz jezera. Mišljenja smo da obilježavanje ovih elemenata nije odgovarajuće i predlažemo da se zapremina jezerske vode obilježava sa W (volumen), a godišnje oticanje vode iz jezera sa Q (proticaj). U tom slučaju obrazac bi imao slijedeći izgled:

$$D = \frac{W}{Q}$$

Ukoliko jezero ima veliku zapreminu i slabu otoku, njegova protočnost je mala. Voda se u njemu dugo zadržava i uslovljava određene termičke, hemijske, organogene i druge procese i pojave. Jezera čija je zapremina mala, a otoka velika, odlikuju se brzom izmjenom vode. Naravno, sve čestice vodene mase ne učestvuju istom brzinom u protočnosti. Najbrže se mijenja površinski sloj jezerske vode, a najsporije voda dubljih dijelova i uvučenih zaliva. Velika protočnost vode karakteristična je za mnoga vještačka jezera.

Odnos naprijed navedenih elemenata je slijedeći: kod Onješkog jezera  $295 : 18,9 = 15,6$ ; Čudskog  $24,8 : 9,84 = 2,52$ ; Cimljanskog  $23,9 : 23,2 = 1,03$ ; Iljmena  $2 : 18,2 = 0,11$ ; Plavskog  $7.691.380 : 630.720.000 = 0,00102$ . Navedene vrijednosti za ruska jezera su u  $\text{km}^3$ , a za Plavsko u  $\text{m}^3$ . Manjem količniku odgovara veća protočnost i obrnuto, velike apsolutne vrijednosti količnika ukazuju na malu protočnost.

U svom radu o Plavskom jezeru obrazac Bogoslovskog koristili smo u obrnutom obliku. Količniku vode koja otiče iz jezera dijelili smo sa zapreminom jezera. Sa novim znacima taj obrazac ima slijedeći oblik:

$$D = \frac{Q}{W}$$

Ovim obrascem može se utvrditi koliko je puta godišnja količina vode koja otiče iz jezera veća, ili manja, od njegove zapremine. Kod malih jezera sa većom otokom godišnje otiče nekoliko desetina puta veća količina vode od zapremine jezera. To su veoma protočna jezera (riječna, vještačka). Kod velikih jezera sa slabom otokom situacija je obrnuta. Nije nam poznato da li je ovakav obrazac do sada korišćen, ali je sigurno da je značajan za izračunavanje protočnosti jezera, te ga stoga ovdje ističemo. Koristeći predloženi obrazac za neka protočna jezera dobili smo slijedeće podatke: Kubensko  $4,29 : 0,405 = 10,5$ ; Iljmen  $18,2 : 2 = 9,1$ ; Kujbiševsko  $242 : 58 = 4,14$ ; Čudsko  $9,84 : 24,8 = 0,40$ ; Onješko  $18,9 : 295 = 0,064$  i Plavsko  $630.720.000 : 7.691.380 = 82$ . Navedene vrijednosti za ruska jezera su u  $\text{km}^3$ , a za Plavsko jezero u  $\text{m}^3$ .

Dobijene vrijednosti ne pokazuju samo koliko je puta godišnji oticaj veći, ili manji, od zapremine jezere, već i koliko se puta tokom godine obnovi jezerska voda. Tu činjenicu koristili smo za dalju razradu obrasca, pa smo broj dana u godini (znači, vrijeme – T) dijelili sa dobijenim vrijednostima (količnik Q : W). Time smo došli do novog obrasca i predstavili ga u slijedećem obliku:

$$D = \frac{T}{\frac{Q}{W}}$$

Prikazani obrazac omogućuje izračunavanje obnove jezerske vode i za manje vremenske periode od godine, npr. za mjesece. Naravno, tada treba koristiti i odgovarajuće (mjesечne) vrijednosti zapremine i količine vode koja otiče. Računato po ovom obrascu voda Onješkog jezera obnovi se jednom za 5.703 dana ( $635 : 0,064$ ), Čudskog jezera za 912,2 dana ( $365 : 0,40$ ); Kujbiševskog za 87,5 dana ( $365 : 4,17$ ); Kubenskog za 34,7 dana ( $365 : 10,5$ ); Iljmenja za 40,1 dan ( $365 : 9,1$ ) i Plavskog za 4,45 dana ( $365 : 82$ ).

**2.10.5. Perioda seša (P)** izračunava se posebno za jednočvorni, posebno za dvočvorni seš. Obrazac za izračunavanje periode jednočvornog seša je slijedeći:

$$P = \frac{2L}{\sqrt{gh}}$$

U ovom obrascu L je dužina jezera u kilometrima, g ubrzanje sile zemljine teže (9,81 m/s) i h prosječna dubina jezera u metrima.

Obrazac za izračunavanje periode dvočvornog, odnosno, višečvornog seša sličan je prethodnom, s tim što se uvažava i broj čvorova seša (n). Obrazac glasi:

$$P = \frac{2L}{n\sqrt{gh}}$$

**2.10.6. Oblik jezerskog basena (C)** omogućuje upoređivanje jezerskih basena međusobno, kao i komparaciju jezerskog basena proučavanog jezera sa nekim geometrijskim tijelom. Pokazatelj oblika kupe je 1,3 polulopte 1,78 i valjka 2,0. Ukoliko dobijena vrijednost za jezero odstupa od ovih vrijednosti utoliko mu je oblik basena složeniji. Obrazac za određivanje oblika jezerskog basena je slijedeći:

$$C = \frac{Tsr}{So}$$

U ovom obrascu Tsr je prosječna dubina jezera u metrima, So dubina položaja težišta mase vode u jezeru u metrima, a određuje se iz odnosa planimetrisane površine između osa koordinata krive zapremine jezera.

**2.10.7. Vodni bilans jezera** predstavlja se jednačinom slijedećeg sadržaja:

$$X + Q + U + C = Z + Y + R + B \pm FW$$

U navedenoj jednačini X su padavine, Q pritanje vode u jezero površinskim slivanjem, U pritanje vode sublakustrijskih (podjezerskih) izvora, C kondenzacija vodene pare u dodiru sa površinom jezera. Simboli lijeve strane jednačine označavaju hranjenje jezera vodom, tj. pozitivnu komponentu vodnog bilansa. Z je isparavanje vode sa površine jezera, Y površinsko oticanje vode iz jezera, R podzemno gubljenje vode iz jezera, B zahvat vode iz jezera za potrebe stanovništva i privrede. Desna strana jednačine označava negativne komponente vodnog bilansa jezera, odnosno, gubljenje vode iz jezera.

Kada su vrijednosti lijeve strane jednačine veće od vrijednosti desne strane jednačine, jezero ima pozitivan vodni bilans. To znači da se hrani većom količinom vode, te mu se povećavaju površina i zapremina (+ FW). U umjerenim geografskim širinama jezera imaju pozitivan vodni bilans krajem proljeća, kada se otapa snijeg i izlučuju kiše. Tada je pritanje vode obilnije od gubljenja. Za razliku od toga, tokom ljeta, zbog smanjene količine vode koja pritiče jezeru, kao i povećanog isparavanja i korišćenja vode za različite potrebe, jezera imaju negativan vodni bilans. Tada im se smanjuje površina i zapremina (- FW).

Naravno, nemaju sva jezera ovako razvijene jednačine vodnog bilansa, niti su svi elementi u njima podjednako značajni. Bajkalsko jezero 83 % vode dobija od pritoka i 17 % od padavina. Otoka Angarom gubi 95 % vode, a isparavanjem preostalih 5 %. Aralsko jezero pritokama dobija 91 % vode, a padavinama 9 %. Pošto nema otoku, a nije utvrđeno ni podzemno procjeđivanje vode, istu gubi isključivo isparavanjem. Blatno jezero dobija 59 % vode od pritoka i 41 % od padavina. Isparavanjem gubi 59 % vode, a otokom Šio 41 %. Jezero Viktorija u Africi 86 % vode dobija od padavina i 14 % od pritoka. Isparavanjem gubi 82 % vode i oticanjem 18 %. Ženevsko jezero 93,4 % vode dobija pritokama i 6,6 % padavinama. Za razliku od ovih, pozitivnih komponenata vodnog bilansa, negativne čine oticanje (84,4 %), podzemno gubljenje vode (10,4 %) i isparavanje (5,2 %). Ohridsko jezero 88,2 % vode dobija od izvora i 11,8 % od padavina. Otokom Crni Drim gubi 89 % vode, a isparavanjem sa vodene površine 11 %.

**2.10.8. Toplotni bilans jezera (Wt)** izračunava se samo za veće limnološke objekte, koji za vrijeme toplije polovine godine akumuliraju znatnu količinu toplote. Kako istu odaju svojoj okolini za vrijeme zimskih mjeseci, značajna su po blagotvornom uticaju na klimu okruženja. Osnovne komponente toplotnog bilansa jezera su radijacioni bilans, razmjena toplote sa atmosferom i razmjena toplote sa jezerskim dnom. Toplota vode pritoka, sublakustrijskih izvora, utrošak toplote za otapanje leda, zanemarljive su veličine. Jednačina toplotnog bilansa jezera glasi:

$$W_t = W_r - W_e + W_i \pm W_d$$

U navedenoj jednačini  $W_t$  je traženi toplotni bilans jezera,  $W_r$  sumarna sunčeva radijacija koju upija jezerska voda,  $W_e$  efektivna radijacija, koja predstavlja izračivanje toplote iz jezera umanjeno za protivzračenje atmosfere,  $W_i$  je toplota utrošena isparavanjem sa površine jezera,  $W_d$  toplota jezerskog dna, koja je nekada veća, a nekada manja od toplote vodene mase u jezeru.

**2.10.9. Srednja temperatura vodene mase (Vt)** dobija se kada se toplotna zaliha jezera ( $Z_t$ ) podijeli sa zapreminom vode ( $W$ ). To znači da obrazac glasi:

$$V_t = \frac{Z_t}{W}$$

**2.10.10. Toplotna zaliha jezera (Zt)** važan je element termičkog režima i toplotnog bilansa jezera. Uslovljena je toplotnim kapacitetom vode, koji predstavlja količinu toplote potrebne za zagrijavanje jednog kubnog centimetra vode za 1° C. Toplotni kapacitet vode označava se jedinicom. Zbog toga se toplotna zaliha jezera izračunava množenjem zapremine vode sa srednjom temperaturom vodene mase, po obrascu:

$$Z_t = W \cdot V_t$$

Za preciznije određivanje gornjih pokazatelja razrađeno je više jednačina. Iste se primjenjuju u hidrobiološkim istraživanjima kod utvrđivanja optimalnih uslova za razvoj nekih biljnih i životinjskih vrsta u jezerima, posebno za razmnožavanje i uzgoj kvalitetnih vrsta riba.

**2.10.11. Providnost jezerske vode** određuje se Sekijevom pločom. Ona je kružnog oblika i prečnika 30 cm. Numerisanom sajlom spušta se iz čamca ili istraživačkog broda u jezersku vodu, sve dok se ne izgubi iz vida. Tada se na sajli pročita broj metara providnosti. Sekijeva ploča se spušta nešto dublje, a zatim polako izvlači ka površini. U trenutku kada se ponovo vidi u vodi očitava se broj metara. Srednja vrijednost prvog i drugog mjerenja, smatra se tačnom. Među jezerima velikom providnošću vode ističu se Mešju u Japanu (41,6 m), Bajkal u Rusiji (40,2 m) i druga. Po pravilu najveću providnost imaju jezera čija je voda svijetlo plave boje i u kojoj nema suspendovanih čestica. Velikom providnošću odlikuju se i visokoplaninska jezera plavozelenkaste boje. Za razliku od ovih, najmanju providnost imaju jezera bogata planktonom, kao i ona koja se hrane vodom koja ističe iz okolnih močvara.

**2.10.12. Koeficijent providnosti vode (K<sub>p</sub>)** određuje se pomoću fotometra, a predstavlja iznos slabljenja sunčeve svjetlosti sa povećanjem dubine vode. Izračunava se tako što se intenzitet sunčeve svjetlosne energije na površini jezera (I<sub>0</sub>) podijeli sa intenzitetom sunčeve svjetlosne energije na dubini od 1 m (I<sub>1</sub>), po obrascu:

$$K_p = \frac{I_0}{I_1}$$

Koeficijent providnosti jezerske vode od izuzetnog je značaja za živi svijet jezera, posebno za zelene biljke, kojima je svjetlost neophodna za fotosintezu neorganskih u organske materije. Ukoliko svjetlost dublje i više prodire u jezersku vodu utoliko su uslovi za život biljaka i životinja povoljniji, jer se istovremeno dublji slojevi vode više zagrijavaju.

U vezi sa ovim je i osvjetljenost jezerske vode, koja predstavlja količinu svjetlosne energije na 1 cm<sup>2</sup>, a zavisi od visine Sunca na horizontu, vrste oblaka, veličine oblačnosti, doba dana i godišnjeg doba. U sloju jezerske vode do dubine od 1 m, zadržavaju se gotovo svi infracrveni i ultraljubičasti zraci sunčevog spektra. Crveni dio spektra zadržava se u tankom površinskom sloju vode i transformiše u toplotnu energiju, kojom se zagrijava voda. Do većih dubina prodiru jedino kratkotalasni zraci od kojih potiče plavetnilo jezerskih dubina.

**2.10.13. Boja jezerske vode** određuje se korišćenjem Forel – Uleove skale. Sastoji se od 21 epruvete od bezbojnog stakla u kojima se nalaze rastvori različitih boja, i sa kojima se upoređuju istraživana jezera. Epruvete su poređane od tamno-modre, preko zelene i žute, do mrke. U novije vrijeme boja jezerske vode (i morske) vode određuje se upoređivanjem sa bojom standardnih rastvora platinsko-kobaltne skale.

#### **Forel – Uleova skala boje vode u prirodi**

Broj skale	Opis boje	Broj skale	Opis boje
I	Tamno-modra	XI - XII	Žućkasto-zelena
II	Modra	XIII - XIV	Zelenkasto-žuta
III	Tamno-plava	XV - XVI	Mutno-žuta
IV	Plava	XVII - XVIII	Mrkožuta
V - VI	Zelenkasto-plava	XIX - XX	Žućkasto-mrka
VII - VIII	Plavičasto-zelena	XXI	Mrka
IX - X	Zelena		

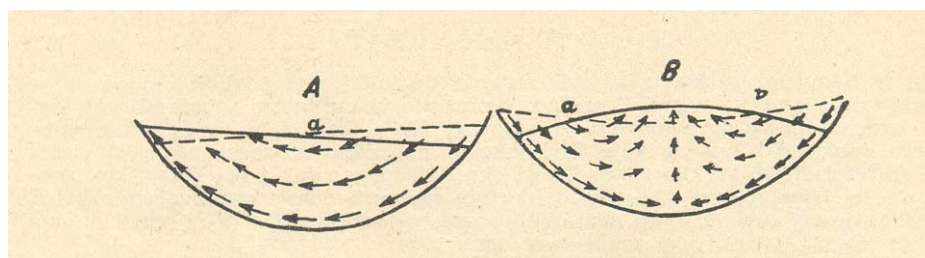
Mjerenje i izračunavanje limnoloških morfometrijskih pokazatelja je relativno jednostavan posao. Dovoljno je imati precizne karte i planove jezera, tačne instrumente, poznavati određene obrasce, jednačine i osnovne matematičke operacije i doći do niza interesantnih pokazatelja. Pošto se jedni morfometrijski pokazatelji određuju korišćenjem drugih, neophodno je poznavanje postupnosti njihovog izračunavanja i predstavljanja. Samo tako može se doći do brojčanih vrijednosti koje mora sadržati svaki rad o jezerima, bilo da tretira fizičko-geografske ili hidrobiološke probleme, čije je poznavanje važno za valorizaciju jezera. U zemljama gdje je limnologija razvijena naučna disciplina, niz elemenata značajnih za poznavanje jezera obrađuje se kompjuterski. Crtaju se karte, rade profili, konstruišu trodimenzionalne predstave jezerskih basena i formiraju banke podataka od interesa za sve one koji se bave jezerima.

### 3. KAKO POSTAJE SEŠ

U udžbenicima geografije, hidrologije i limnologije, pojam jezera objašnjava se veoma kratkom, sažetom, sadržajnom i obuhvatnom definicijom, koja se lako pamti. Pod jezerom se podrazumijeva svako udubljenje na kopnu ispunjeno vodom koja se prividno ne kreće. Naglašena osobina jezerske vode da prividno miruje, sasvim je opravdana, ali ne isključuje činjnicu da se jezerska voda kreće na različite načine, te da su jezera dinamični hidrografske objekti. Ovo posebno važi za jezera sa pritokama i otokama, kao i za vještačka jezera, koja često predstavljaju samo za kratko vrijeme i na određenom sektoru zaustavljenu rijeku, radi boljeg iskorišćavanja njenih vodenih snaga.

Kretanje jezerske vode je složeno. Za utvrđivanje pravilnosti pojave potrebna su višegodišnja istraživanja i odgovarajući instrumenti. Pored jezerskih struja, izazvanih vjetrovima, pritokama i otokama, različitom temperaturom i gustinom vode, talasa koji se javljaju pod dejstvom vjetra i trusnih udara, javljaju se i kompenzacione struje u smjeru suprotnom od duvanja vjetra, poslije njegovog prestanka. Riječ je o složenim turbulentnim kretanjima jezerske vode usljed različite gustine, toplote i saliniteta vode. Posebnu vrstu kretanja jezerske vode predstavlja seš.

**Seš** (po riječi seiches – švajcarskom nazivu za ovu pojavu) je ritmičko izdizanje i spuštanje jezerske površine, slično balansiranju dvokrake vage. Nivo jezerske vode se na jednoj strani basena izdiže, a na drugoj spušta, a zatim na prvoj spušta, a na drugoj izdiže. Ovo balansiranje jezerske vode nastaje usljed naglih promjena vazdušnog pritiska nad pojedinim dijelovima jezera. Povećan vazdušni pritisak nad jednim dijelom jezera, izaziva manje ili veće spuštanje nivoa jezerske vode, uz istovremeno izdizanje nivoa vode na suprotnoj strani jezerskog basena. Nivo jezera oscilira duž jedne linije, odnosno površine, na kojoj nema promjena nivoa, već postoji ravnoteža. Ta površina, odnosno, presjek linija balansiranja vode, naziva se čvor seša. Čvor seša se ne nalazi uvijek na istom mjestu, niti dijeli jezero na pravilno određene cjeline. Ako je balansiranje jezerske vode jednostavno tj. obavlja se oko jedne površine (jednog čvora), naziva se jednočvorni ili uninodalni seš. Ako je raspored vazdušnog pritiska nad površinom jezera takav da izaziva spuštanje nivoa jezera na suprotnim krajevima (povišen pritisak), a izdizanje nivoa u centralnom dijelu (snižen pritisak), takva pojava se naziva dvočvorni ili binodalni seš. Slična pojava se dešava i kada je visok vazdušni pritisak iznad centralnog dijela jezera, te se on spušta, a nizak iznad suprotnih priobalnih dijelova, te se tu nivo izdiže. Pri dvočvornom i višičvornom sešu, nastaje tzv. balansiranje seša, izraženo dugim niskim talasima koji se zapažaju na površini jezera u različitim pravcima i pri tihom vremenu.



Slika 5. Seš. A – jednočvorni (uninodalni) seš; B – dvočvorni (binodalni) seš

Po prestanku dejstva uzročnika seša (promjena vazdušnog pritiska), balansiranje vode se i dalje nastavlja, usljed lake pokretljivosti vode i potrebe da prođe izvjesno vrijeme da se uspostavi ravnoteža koja je postojala prije seša. Balansiranje često dugo traje i postepeno se smiruje. Pravilnost remete ostrva, istureni rtovi, pritoke i otoke jezera. Amplitude između maksimalnog i minimalnog nivoa vode se smanjuju i površina jezera prividno umiruje.

Kod svakog seša razlikuju se dva osnovna elementa. To su perioda seša i amplituda seša. Veličine ovih elemenata zavise od razlike atmosferskog pritiska, morfometrijskih karakteristika jezera, morfologije jezerskog basena, razuđenosti obale, gustine vode, posebno njene dubine i zapremine.

Prosječna perioda seša (T) je vrijeme potrebno za jednu oscilaciju jezerskog nivoa. Perioda seša je srazmjerna dužini i dubini jezera. Na jezerima različitih dubina, a približno istih dužina, perioda seša je duža na plićem, a kraća na dubljem jezeru. To se najbolje zapaža iz uporednog pregleda periode seša na Ženevskom jezeru u Švajcarskoj i Blatnom jezeru u Mađarskoj. Ženevsko jezero ima prosječnu dubinu 173 m, a dugačko je 72 km. Prosječna perioda seša na njemu je 1 čas i 13 minuta. Za razliku od Ženevskog, na Blatnom jezeru, koje je dugačko 77 km i ima prosječnu dubinu od 3,5 m, prosječna perioda seša je 10 do 12 sati.

Za izračunavanje prosječne periode seša u limnologiji se primjenjuje nekoliko obrazaca. Matematičko-teoretske osnove seša postavio je 1904. godine G. Kristal, izražavajući ovu pojavu na jezeru Survej u Škotskoj. Ova pojava je izučavana i na jezeru Garda 1908. godine, kada je utvrđeno da je perioda seša 3 minuta. Na jezeru Vrtern 1926. godine utvrđena je perioda seša od 60 minuta. Seš je bio poznat i osnivaču limnologije F. A. Forelu, kao i ruskom hidrologu N. Stabrovskom, koji se bavio Ladoškim jezerom. Pojavu seša zapazio je i Jovan Cvijić na Ohridskom jezeru, ali ona nije izučena.

Za izračunavanje prosječne periode jednočvornog i višečvornog seša dati su obrasci u odjeljku knjige o morfometrijskim karakteristikama jezera. U njima se operiše sa dužinom jezera, prosječnom dubinom jezera, ubrzanjem sile zemljine teže i brojem čvorova.

Drugi element seša – amplituda kolebanja jezerskog nivoa (vertikalno rastojanje između najvišeg i najnižeg stanja vode), je uglavnom malih iznosa. Kod najvećeg broja seša amplituda varira od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara, te se registruje samo preciznim instrumentima – limnigrafima. Ima i izuzetaka. Na nekim jezerima, pri iznenadnim promjenama vazdušnog pritiska, oscilacije vode dostizale su 2,5 m. Najveća do danas registrovana amplituda seša (250 cm), zabilježena je na jezeru Iri u Sjevernoj Americi.

Velikim amplitudama kolebanja nivoa vode pri pojavi seša odlikuje se i Ženevsko, Aralsko i Kaspijsko jezero. Najveća zabilježena amplituda seša na Ženevskom jezeru iznosi 187 cm i potiče iz vremena kada ga je istraživao F. A. Forel. Apsolutno najveća amplituda zabilježena je 18. juna 1897. godine. Interesantno je napomenuti da su naučnici izračunali, da je sila koja je izazvala ovako veliko kolebanje nivoa vode Ženevskog jezera ravna energiji koja bi se dobila sagorijevanjem 900 tona kvalitetnog uglja. Maksimalna amplituda seša na Aralskom jezeru dostiže 136 cm, a na Kaspijskom jezeru 100 cm. Na jezeru Isik Kul, amplituda seša 31. januara 1932. godine dostigla je 40 cm. Za razliku od toga, na Bajkalskom jezeru amplituda seša iznosi 16 cm.

Do veoma interesantnih zapažanja o pojavi, amplitudi i periodi seša, došli su A. G. Bulavko i V. V. Drozd, proučavajući ovu pojavu na nekim malim jezerima Bjelorusije. Kraj sjeverozapadne obale jezera Naroč, čija je površina 79,6 km<sup>2</sup>, dužina 12,7 km i prosječna dubina 8,9 m, instrumenti limnološke stanice od 1. maja do 31. oktobra 1963. godine, registrovali su 83 jasno izražene serije seša. One su trajale u prosjeku 18 sati i uglavnom imale amplitude manje od 2 cm. Petnaest puta u osmatranom periodu, amplituda seša je premašila 2 cm, tri puta je dostigla 10 cm, a samo jednom 25 cm. Seš amplitude od 25 cm javio se između 29. i 30. juna istovremeno sa jakom nepogodom, koja je nastala kao posljedica nagle promjene vazdušnog pritiska nad jednim dijelom jezera.

Seš nije pojava tipična samo za prirodna jezera. Naprotiv, pojava seša zapažena je na većim vještačkim jezerima. Opservatorija na Cimljanskom vještačkom jezeru, koje je nastalo pregrađivanjem Dona uzvodno od Rostova, zabilježila je seš amplitude 5 do 8 cm, sa periodom od 2 časa do 2 časa i 20 minuta.

Amplitude seša nisu različite samo na različitim jezerima, već i na jednom jezeru u različito vrijeme i u njegovim različitim dijelovima. Na Bajkalskom jezeru, registrovane su serije seša različite periode, počev od 30 minuta do 12 sati. Na Aralskom jezeru, periode seša, zbog male prosječne dubine, veoma su duge i iznose 8,6 do 22,7 sati. Na Bodenskom jezeru periode seša su relativno kratke, nivo jezerske vode oscilira u prosjeku za 15 do 56 minuta.

Kod slanih (mineralizovanih) jezera zbog izražene slojevitosti vode, koja je posljedica različite koncentracije mineralnih materija i znatnog povećavanja pritiska sa dubinom, balansiranje jezerske vode pri pojavi seša, različito je u površinskom i dubljim slojevima jezerske vode. Zbog povećane gustine vode i pritiska u dubljim dijelovima jezera, seš ima dužu periodu osciliranja, nego na površini. Zbog toga se u slanim jezerima javlja dvojako balansiranje vode – površinsko i unutrašnje. Poslije prestanka dejstva izazivača seša, kolebanje površinskog sloja vode, zbog kraćih perioda, prije se završava. U dubljim slojevima osciliranje se produžava čak i pri mirnoj površini jezera. Takvo stanje karakteristično je naročito poslije nepogoda. Kod slatkovodnih jezera unutrašnji seš može nastupiti usljed različite temperature površinskog i dubljeg sloja vode. Javlja se ljeti, kada je površinski sloj vode (epilimnion) topliji od dubljeg u kojem je izražen temperaturni skok (metalimnion), odnosno od donjeg sloja u kojem se temperatura vode neznatno mijenja (hipolimnion). Ovako izazvana pojava balansiranja jezerske vode naziva se temperaturni seš.

#### **Jezera sa najvećom amplitudom seša**

Naziv jezera	Kome pripada	Površina u km <sup>2</sup>	Amplituda u cm
Iri	SAD, Kanada	25.426	250
Ženevsko	Švajcarska, Francuska	581	187
Aralsko	Kazahstan, Uzbekistan	66.085	136
Kaspijsko	Rusija, Azerbejdžan, Iran, Turkestan, Kazahstan	374.000	100
Sevan	Jermenija	1.416	50
Vinipeg	Kanada	24.590	45
Isik Kul	Kirgizija	6.296	40

Pojava seša i dvije osnovne karakteristike ovog neobičnog balansiranja jezerske vode – perioda i amplituda, detaljno su proučavane. Mehanizam nastanka i zavisnost od oblika basena i dubine vode u njemu davno su razjašnjeni. Matematički dobijeni rezultati neznatno odstupaju od vrijednosti dobijenih konkretnim mjerenjem na jezerima. Matematički izračunata perioda seša za Ženevsko jezero pri jednoj pojavi je 35,1 minut, a izmjerena na terenu 35,5 minuta, a pri drugoj pojavi teoretska vrijednost je 74,4 minuta, a ona dobijena mjerenjem na jezeru 73,5 minuta. Na jezeru Vetern jo 1926. godine izračunata je perioda seša od 177 minuta, a izmjerena na terenu je 179 minuta. Na jezeru Garda matematičkim obrascem izračunata perioda seša je 28,5 minuta, a na jezeru izmjerena 28 minuta. Iz teorije ka praksi, rezultati su jasno potvrđeni. Seš nije nepoznata pojava. Limnolozi su davno pronikli u tajnu neobičnog kretanja jezerske vode.

#### 4. VJEŠTAČKA JEZERA SVIJETA

Pored velikog broja tektonskih, ledničkih, riječnih, eolskih i drugih prirodnih jezera, naša planeta svake godine postaje bogatija za 300 do 500 većih vještačkih jezera, te ih danas ima preko 40.000. U krajevima gdje ih ranije nije bilo, ona predstavljaju nov element prostora i uslovljavaju niz novih pojava i procesa. Prema najnovijim saznanjima ukupna površina vještačkih jezera na Zemlji premašuje 700.000 km<sup>2</sup>, što je više od šestostruke površine Jugoslavije. U basenima vještačkih jezera akumulirano je više od 7.000 km<sup>3</sup> vode, koja je sve potrebija za različite ljudske djelatnosti.

Vještačka jezera nastaju izgradnjom brana na potocima i rijekama. Prema osnovnoj namjeni dijele se u slijedeće grupe:

1. Jezera za proizvodnju električne energije;
2. Jezera za vodosnabdijevanje industrije;
3. Jezera za vodosnabdijevanje naselja;
4. Jezera za navodnjavanje obradivih površina;
5. Jezera za zaustavljanje poplavnih talasa;
6. Jezera za zaustavljanje vučenog nanosa rijeka;
7. Jezera za poboljšanje uslova plovidbe;
8. Jezera za privredni ribolov;
9. Jezera za turizam i rekreaciju stanovništva;
10. Jezera za splavarenje drvne građe;
11. Jezera za oplemenjivanje malih voda.

Vještačka jezera koja se koriste za proizvodnju električne energije, po pravilu su veća i vodom bogatija od ostalih. Većina vještačkih jezera ima više namjena, tj. predstavlja polifunkcionalne hidrografske objekte. Eksploatacija zavisi od količine vode, pristupačnosti, razuđenosti obalske linije, termičkog režima, kolebanja nivoa i drugih faktora.

Prva vještačka jezera nastala su u Egiptu, tri hiljade godina prije naše ere. Za vrijeme vladavine faraona Menesa, 20 km uzvodnije od lokacije na kojoj je trebalo podići kraljevski grad, Nil je skrenut izgradnjom 15 m visoke i 450 m dugačke brane Košiš. Iz perioda 2800. do 2500. godine prije naše ere, poznati su radovi na pregrađivanju Vadi-Garavi 30 km uzvodno od Kaira. Brana Sadelj-Kafara bila je visoka 12 m i dugačka 108 m. Interesantno je da je ubrzo poslije izgradnje razorena, jer nije imala odgovarajuće propuste i prelive za višak vode. Oko 2300. godine prije naše ere bilo je izgrađeno znamenito i zagonetno jezero Meris. Nalazilo se 80 km jugozapadno od Kaira i sadržalo je jedan kubni kilometar vode. Hranilo se vodom Nila, posebno izgrađenim kanalom. Poznati historičar Herodot označio ga je jednim od svjetskih čuda.

Znatno kasnije, pregrađivanjem Nila u Egiptu, stvorena su još dva vještačka jezera, oba uzvodno od Asuana. Stara asuanska brana sagrađena je od 1898. do 1902. godine, na prvim kataraktama (brzaci, kaskade) Nila. Rekonstruisana je 1908. i 1929. godine. Dugačka je 2 km i visoka 54 m. Po kruni brane izgrađen je automobilski put. Za ispušt viška vode postoji 180 propusta. Pored proizvodnje električne energije, voda se koristi za navodnjavanje. Brana i jezero su turistički privlačni, te ih sa znatiželjom razgledamo u vrijeme boravka u Egiptu. Naravno, veća brana i prostranije i dublje jezero Naser, nalazi se nešto uzvodnije i plijen veličinom. Brana je visoka 110 m. Dio u koritu Nila dugačak je 550 m, a zajedno sa bočnim stranama i pomoćnim nasipima, preko 5 km.

Sličnih poduhvata bilo je i u Mesopotamiji. Oko 2500. godine prije naše ere, rijeka Tigar je bila pregrađena 12 m visokom branom uzvodno od grada Samara.

Veličinu ovog graditeljskog djela najbolje ilustruje podatak da je pregrađena rijeka čiji je srednji godišnji proticaj  $1.300 \text{ m}^3/\text{s}$ , što odgovara količini vode Tise i Drine zajedno. Jezerska voda je korišćena za navodnjavanje obradivih površina do kojih je tekla 400 km dugim kanalom. Ostaci nekih brana i sistema za navodnjavanje zapažaju se i danas. Godine 1300. prije naše ere, na današnjoj teritoriji Sirije, na rijeci Oront, bila je izgrađena 2 km dugačka brana Homs. Ima podataka da je oko 750. godine naše ere u državi Saba, na prostoru današnjeg Jemena, bila podignuta 4 m visoka i 600 m dugačka brana na rijeci Vadi-Dhana. Iza brane je formirano jezero Marib, koje je Plinije označio Kraljevskim jezerom. Voda je korišćena za navodnjavanje obradivih površina.

Mnoga od najstarijih jezera bila su višenamjenska. Po tome se posebno ističe Bende-Emir u Iranu, koje postoji i danas, a služi za navodnjavanje, mehaničku energiju (mlin), proizvodnju električne energije, vodosnabdijevanje i plovidbu. Iz doba rimskog imperatora Trajana, potiče nekoliko vještačkih jezera na rijekama Iberije, Anatolije i Apeninskog poluostrva. Sličnih poduhvata bilo je i u Kini, Japanu, Indiji i Cejlonu. U slivu rijeke Jancekjang i Hoangho, bilo je, a i danas postoji, veliki broj vještačkih jezera. U Japanu je do 1603. godine izgrađeno 30 brana viših od 15 metara, te su stvorena slikovita jezera. U periodu od 1603. do 1867. godine, Japan je obogaćen sa još 540 vještačkih jezera, sa branama višim od 15 metara. U Indiji se u poznatija ubrajaju jezera Bhojpur i Moti-Talav, čija se voda koristi i danas. Cejlon se ističe velikim brojem malih vještačkih jezera, različite osnovne namjene. Od ineteresa su i značajni hidrotehnički radovi Inka, Acteka i Maja na tlu Centralne i Južne Amerike.

Veća vještačka jezera u Evropi počela su se graditi u vrijeme razvoja rudarstva, metalurgije i prerade drveta. U Čehoslovačkoj, Poljskoj, Njemačkoj i Rusiji, vještačka jezera se počinju intenzivnije graditi u XIV vijeku.

Na teritoriji današnje Njemačke, prve veće akumulacije stvorene su oko grada Frajburga (Grosharmensdorf 1524. godine, Oberer-Hart 1591. godine). Postoje i brojna jezera u Engleskoj, Francuskoj, Švedskoj, Finskoj i drugim zemljama. U najstarija vještačka jezera na tlu Balkana ubraja se Klinje. Nastalo je izgradnjom 26 m visoke brane na rijeci Mušnici, nedaleko od varošice Gacko. Brana je građena od 1892. godine do 1896. godine. Osnovna namjena jezera bila je navodnjavanje Gatačkog polja.

Vrijeme naintenzivnije gradnje brana na rijekama i stvaranja vještačkih jezera, poklapa se sa sve većim potrebama za električnom energijom, tj. sa krajem XIX i početkom XX vijeka i traje do danas. Po vještačkim jezerima manjih dimenzija ističu se Švajcarska, Austrija, Italija, Francuska, Švedska, Jugoslavija, Bugarska i Španija. Za razliku od toga, velikim vještačkim jezerima odlikuju se Rusija, SAD i Kanada. Za posljednjih 30 godina broj vještačkih jezera u Latinskoj Americi se povećao 35 puta, Africi 60 puta i Aziji 90 puta. Predviđa se da će u buduće više od 75 % proticaja svih rijeka svijeta biti regulisano izgradnjom brana i stvaranjem vještačkih jezera, čija će voda više i bolje služiti napretku čovječanstva. Kao poznati primjer navodi se sistem devet velikih i šest malih akumulacija izgrađenih za potrebe vodosnabdijevanja grada Sidneja (3,5 miliona stanovnika) u Australiji. Svakom stanovniku obezbijedeno je 475 litara zdrave, pitke vode na dan. Glavni objekat je jezero Buragorang na rijeci Uoragamba u Plavim planinama.

### Vještačka jezera zapremine iznad 100 miliona m<sup>3</sup>

Kontinent	Do 1900. godine	Od 1900.do 1950.	Poslije 1950.	Stanje 1985.
Evropa	9	104	399	512
Azija	5	47	595	647
Afrika	1	15	99	115
Amerika	26	346	707	1.098
Australija	-	10	60	70
Zemlja	41	522	1.860	2.442

Prilikom stvaranja vještačkih jezera potapaju se brojni i raznovrsni antropogeni objekti, posebno saobraćajnice i naselja. Umjesto potopljenih grade se novi. Prilikom izgradnje Kujbiševskog, Ribinskog, Kremenčugskog, Sanjminjskog i Naserovog jezera, sa svojih staništa iseljeno je po više od sto hiljada stanovnika. Pri stvaranju jezera Volta, Kariba, Bratsk, Krasnojarsk, Mangala, Kosu i druga, iseljeno je po 50 do 100 hiljada ljudi. Prije ujezeravanja vode Kievskog, Cimljanskog, Novosibirskog, Gorkovskog i Đerdapskog jezera, iseljeno je po 25 do 50 hiljada ljudi. Pri stvaranju jezera Kentuki, Noris i Ust-Iljinsk iseljeno je po 10 do 25 hiljada ljudi. Računa se da je svijetu do sada, prilikom stvaranja vještačkih jezera, preseljeno više od 10 miliona ljudi. Samo u bivšem SSSR, prilikom izgradnje dvadesetak većih jezera, izmješteno je više od 300 km željezničkih pruga i desetostruko više puteva.

Prilikom radova na kompleksnom vodoprivrednom uređenju rijeke Tenesi u SAD, izmješteno je 200 km željezničkih pruga i desetak mostova. Posebna pažnja poklanja se istorijski značajnim spomenicima. Mnogi su izmješteni na nove lokacije, izvan dohvata jezerske vode. U Egiptu, prilikom stvaranja jezera Naser, isječen je, premješten i ponovo sastavljen istorijski značajan hram Abu-Simbel. U Indiji su prije punjenja basena jezera Nagardžunasagar, izmješteni stari hramovi Šiva i Višna, kao i stanište učenjaka Nagardžuna. Sa dna vještačkog jezera Keban u Turskoj, izmještene su dvije džamije.

Prije ujezeravanja vode Đerdapskog jezera, zajedno sa stijenom isječena je istorijski značajna Trajanova tabla i postavljena izvan dohvata vode jezera. Da bi bio sačuvan od potapanja vodom jezera Mratinje, kamen po kamen obilježen je i demontiran, a zatim na višu lokaciju sazidan Pivski manastir. Za očuvanje ihtiofaune, u branama vještačkih jezera, grade se riblje staze. Međutim, poremećaji životne sredine su očividni, jer se mijenja niz ekoloških uslova.

Interesantno je da su neka vještačka jezera nastala pregrađivanjem otoka manjih i većih prirodnih jezera. Na taj način znatno se povećava sliv vještačkih jezera, dok im prirodna služe kao osnovni rezervoar vode. Vještačka i prirodna jezera, povezana u jedinstvenu cjelinu, čine složene hidrografske objekte. Omogućuju proizvodnju električne energije, navodnjavanje prostranih površina, služe za plovidbu, sportsku nautiku, turizam, vodosnabdijevanje i druge namjene. Vještačka jezera, koja su nastala na otokama većih prirodnih jezera imaju ujednačen vodni bilans i neznatno kolebanje vodostaja. Zbog toga su veoma povoljna za višenamjensko iskorišćavanje.

Irkutsko jezero na Angari, otoci Bajkala, najbolji je primjer takve akumulacije. Bajkal mu predstavlja neprocjenljivu rezervu vode. Vještačko jezero Globočica u Makedoniji, nastalo je pregrađivanjem Crnog Drima, koji predstavlja otoku Ohridskog jezera. Ovo vodom najbogatije jezero Balkana, svojevrsan je rezervoar vode akumulacije Globočica. Velika jezera Kanade, SAD, Švedske i Afrike, poznata po otokama koje su pregrađene, takođe su dijelovi složene hidrografske mreže. Izgradnjom brane Kvin Fols nedaleko od izlaza Viktorija Nila iz jezera Viktorije, stvoreno je veliko jezero koje čini jedinstvenu cjelinu sa prirodnim.

I jezero Vinipeg u Kanadi, dio je sliva jednog vještačkog jezera, sa korisnom zapreminom vode od 29,8 km<sup>3</sup>. Slično stanje je i sa jezerom Ontario, a samim tim i sa kompleksom Velikih američkih jezera. Pregrađivanjem rijeke Geta-Elb i jezero Venerg u Švedskoj je dio složenog hidrografskog i vodoprivrednog sistema.

Hidrografsko i privredno su posebno interesantne rijeke i njihovi slivovi sa većim brojem brana i vještačkih akumulacija. Ovakvi sistemi su se pokazali višestruko opravdanim i ima ih na više mjesta u svijetu. Na rijeci Tenesi i njenim pritokama u SAD izgrađeno je 40 većih jezera. Sistem prirodnih i vještačkih jezera za hidroelektranu Baj Espuar u Kanadi, obuhvata više od 20 limnoloških objekata. Velejsko-Minski hidrografski sistem ima 16 jezera. Volga i Dnjepar imaju osam, odnosno pet jezera od kojih se neka ubrajaju u najveća na svijetu. Uopšte uzev, u slivu Volge postoji 14 velikih i nekoliko stotina malih vještačkih jezera. Prilikom stvaranja vještačkih jezera, usljed potapanja meandara, rijeke se skraćuju. Sistemom vještačkih jezera, Volga, najduži vodni tok Evrope (3.688 km), skraćena je za 157 km. Od izvorišta ka ušću na Volgi se nalaze slijedeća jezera: Ivankovsko, Ugličko, Ribinsko, Gorkovsko, Čeboksarsko, Kujbiševsko, Saratovsko i Volgogradsko. Ukupna zapremina vode akumulacija na Volgi je 154 kubnih kilometara, od kojih 68 kubnih kilometara čine energetski korisna voda. Po jezerima Volge mogu ploviti brodovi sa gazom od 4,5 m i nosivosti do 5.000 tona. Prije izgradnje jezera, Volga je svakog proljeća plavila svoju dolinu u širini od 3 do 10 km. Otuda njeno ime na starom ruskom jeziku znači vlažna rijeka. Ptolomej je pominje pod imenom Ra, povezujući je sa velikim bogom Sunca starog Egipta.

Na rijeci Taho u Španiji i Portugaliji, izgrađeno je 128 jezera, od kojih je većina male površine i zapremine, jer je nastala pregrađivanjem kratkih i vodom siromašnih pritoka. U slivu Drave, na teritoriji Slovenije i Austrije, postoji više od 20 većih i manjih vještačkih jezera. Na rijeci Krong i njenim pritokama u Vijetnamu, izgrađeno je 16 vještačkih jezera. U prostranom slivu rijeke Gang, koja se uliva u Bengalski zaliv, izgrađeno je više od 30 većih vještačkih jezera.

U centralnom dijelu Indije, već nekoliko godina traju radovi na velikom hidroenergetskom sistemu rijeke Narmada. Predviđena je izgradnja 30 velikih i 41 manjeg vještačkog jezera. Poduhvat zahtijeva potapanje 410.000 hektara zemljišta i iseljavanje više od milion stanovnika. Uz proizvodnju električne energije, dobiće se značajna količina vode za navodnjavanje i vodosnabdijevanje naselja. Među jezerima centralno mjesto ima Indira Sagar. Nešto nizvodnije će biti jezero Sardar Sarovar, za koje je svjetska banka već odobrila kredit od 450 miliona dolara. Interesantno je istaći, da se ovom poduhvatu, uz lokalno stanovništvo, usprotivila i Fondacija za odbranu životne sredine iz Vašingtona. Stručnjaci ove organizacije smatraju da će se stvaranjem jezera pojaviti višak soli i vlage u priobalnom zemljištu, te će štete biti veće od koristi.

Bez obzira na niz sličnosti sa prirodnim jezerima, vještačka imaju brojne specifičnosti. To su objekti kojima od početka planiranja do eksploatacije, čovjek može upravljati do detalja. Zbog toga predstavljaju specifične prirodno-tehničke sisteme, višestruke namjene. Prilikom izgradnje brana i stvaranja vještačkih jezera, dolazi do brojnih i raznovrsnih promjena životne sredine ne samo na lokaciji jezera, već u slivu uzvodno i nizvodno od jezera. Uticaj vještačkih jezera na okolinu i okoline na novostvorenu vodenu površinu, zavisi od površine i zapremine jezera, namjene jezera, protočnosti njegove vode, kolebanja nivoa, termičkog režima, reljefa i geološkog sastava priobalnog pojasa, gustine naseljenosti i drugih pokazatelja. Kako će u budućnosti sve više rijeka biti pregrađeno, hidrografska mreža će dobiti nov izgled, a objekti nove funkcije i odnose sa okolinom. Realizacija projektnih zadataka, uz glavne izaziva i sporedne promjene. One mogu biti i negativne, a tolerišu se samo ako ne narušavaju interese susjednih krajeva i država, ne uslovljavaju kvalitativne izmjene ekoloških odnosa i ekonomski su opravdane odnosom pozitivnih i negativnih dejstava.

Realizacija projekata ne mora biti ista u svim sredinama, što je uslovljeno različitim tehničkim, privrednim i kulturnim razvojem, odnosno, pravnim normama, stvarnim potrebama i stanjem životne sredine. Ovakav stav ne isključuje potrebu razmjene iskustava i informacija, eksperimenata i metodologije istraživanja, projektovanja i korišćenja vještačkih jezera.

### Najveća vještačka jezera svijeta

Jezero	Zemlja	Rijeka	Površina km <sup>2</sup>	Zapremina km <sup>2</sup>
Volta	Gana	Volta	8.480	148,0
Kujbiševsko	Rusija	Volga	5.900	58,0
Smolvud	Kanada	Čerčil	5.708	32,3
Rajndir	Kanada	Čerčil	5.575	17,9
Buhtarmin	Kazahstan	Irtiš	5.490	49,6
Bratsko	Rusija	Angara	5.470	169,3
Naserovo	Egipat	Nil	5.120	157,0
Ribinsko	Rusija	Volga	4.550	25,4
Nipigon	Kanada	Nipigon	4.530	23,0
Kariba	Zambezi	Zambezi	4.450	160,3
Guri	Venecuela	Karoni	4.250	135,0
Sobradino	Brazil	San Francisco	4.200	40,0
La Grand II	Kanada	La Gradn	4.085	150,0
Vud	Kanada, SAD	Vinipeg	3.800	7,6
Misi	Kanada	Čerčil	2.745	10,0
Cimljansko	Rusija	Don	2.700	23,9
Kobora Basa	Mozambik	Zambezi	2.700	63,0
Kamsko	Rusija	Kama	2.580	12,9
La Grand III	Kanada	La Grand	2.460	56,0
Sinminsja	Kina	Hoangho	2.350	35,4
Kremenčug	Ukrajina	Dnjepar	2.250	13,5
Čeboksarsko	Rusija	Volga	2.190	13,8
Kahovsko	Ukrajina	Dnjepar	2.155	18,2
Kanapi	Kanada	Kanapi	2.125	21,2
Krasnojarsko	Rusija	Jenisej	2.000	70,3

Velika vještačka jezera na različite načine utiču na svoju okolinu. Jasne promjene se ispoljavaju u riječnim koritima i dolinama nizvodno od brane, na ušću pregrađene rijeke u drugu rijeku, jezero ili more. Zona neposrednog djelovanja vještačkih jezera na oklinu u sjevernim i umjerenim geografskim širinama je prostranija od zone uticaja jezera stvorenih u južnim stepsko-pustinjskim prostranstvima, posebno kada je u pitanju povećana vlažnost vazduha i niz posljedica koje iz toga proizilaze. Uticaj vještačkih jezera na okolinu osjeća se i oko kanala, kanalskih rijeka i kompenzacionih basena za prebacivanje vode iz jednog sliva u drugi. Kako su u slivove nekih vještačkih jezera uključena veća i manja prirodna jezera, vremenom se uspostavljaju specifični međusobni odnosi. "Iz napred izloženih stavova proizilazi važan zadatak savremene nauke o hidrologiji površinskih voda i njenih veza s kompleksom drugih nauka o Zemlji, a takođe i sa ekonomskim i tehničkim naukama. To je razrada naučnih prognoza o posljedicama međusobnih djelovanja velikih vodoprivrednih sistema i prirodne sredine koja ih okružuje.

Takva prognoza nikako nije jednokratni zadatak. Prognoza mora biti permanentna po sljedećoj šemi etapnog razvoja: 1 – Prethodna prognoza, zasnovana na postojećim opažanjima eksploatacije već postojećih sistema i bazirana u znatnoj mjeri na eksternim ocjenama; 2 – Fundamentalna istraživanja, terenska, eksperimentalna, na modelima i teoretska razrada; 3 – Posljedična precizirana prognoze. Prognoze treba da budu polivarijante, postavljene za 2 do 3 nivoa prirodne osnove u okvirima klimatskih promjena i na osnovu pretpostavljenog razvoja narodne privrede, a u smislu razvoja energetske baze. Treba razlikovati opštu kompleksnu prognozu i specijalizirane prognoze, koje detaljnije razmatraju klimatske, hidrološke i hidrogeološke posljedice, naročito probleme kvaliteta vode, promjene landšafta i ekoloških karakteristika kopna i mora, medicinsko-biološke prognoze i dr. Planovi takvih naučnih istraživanja raščlanjuju se na duži rok, minimum 10 do 15 godina. Mi smatramo da je razrada metodike naučnih prognoza ove vrste i stvaranja banke podataka, pogodnih za veća naučna uopštavanja, stvar međunarodne saradnje, tijesno povezana sa monitoringom za praćenje stanja životne sredine. Takva pozicija, povezana sa shvatanjem fakta da veliki vodoprivredni problemi zahtijevaju povećanu pažnju, je u potpunosti opravdana". (S. L. Vendrov).

### Vještačka jezera Evrope zapremine veće od milion m<sup>3</sup>

<b>Zemlja</b>	<b>1900.</b>	<b>1920.</b>	<b>1950.</b>	<b>1965.</b>	<b>1980.</b>
Austrija	-	3	11	38	70
Albanija	-	-	-	8	21
Belgija	-	-	3	4	10
Bugarska	-	-	4	56	82
V. Britanija	77	116	172	260	297
Grčka	2	2	3	10	12
Danska	-	-	-	3	3
Irska	2	2	7	11	14
Island	-	-	1	2	6
Italija	3	17	127	257	325
Jugoslavija	1	1	8	66	87
Luksemburg	-	-	-	3	3
Mađarska	-	-	2	3	5
Norveška	-	-	18	41	100
<b>Zemlja</b>	<b>1900.</b>	<b>1920.</b>	<b>1950.</b>	<b>1965.</b>	<b>1980.</b>
Poljska	-	3	9	13	43
Portugal	-	-	10	42	58
Rumunija	-	1	1	20	74
Njemačka	4	19	37	67	140
Finska	-	-	8	26	50
Francuska	20	20	112	196	300
Čehoslovačka	4	13	27	63	100
Švajcarska	1	3	30	60	81
Švedska	1	11	8	66	87
Ukupno	135	329	772	1.583	2.347

Pregrađivanje rijeka i stvaranje vještačkih jezera predstavlja značajne graditeljske poduhvate, posebno kada su u pitanju vodom bogati tokovi. Brane od armiranog betona, kamenog nabačaja i zemljanih jezgara, prelivna polja, odvodni tuneli, dovodni kanali, brodske prevodnice, riblje staze, mašinske hale, komandni punktovi, putevi i pruge trasirani preko brana, ubrajaju se u najsloženija graditeljska djela. Ovo utoliko prije, što se grade za dugi vijek korišćenja i moraju biti stabilne i pri najjačim zemljotresima. Sa eksperimenata i modela, manjih gradilišta ka većim, generacije hidroenergetičara, statičara i građevinaca savladavale su sve tajne rijeka i jezera na njima. Stručnjaci u Rusiji su se specijalizirali za izgradnju brana i vodoprivrednih objekata na velikim ravničarskim rijekama. Švajcarci i Francuzi važe za najuspješnije graditelje visokih betonskih brana, od kojih Grand Diksans premašuje 230 m. Uz to, Švajcarci uspješno grade brane i stvaraju vještačka jezera na visinama preko 2.500 m, što je rijetko u svijetu. Amerikanci i Kanađani su poznati po izgradnji složenih, višenamjenskih hidrografskih objekata. Više od drugih, naši građevinci su se specijalizovali za pregrađivanje rijeka u krečnjačkim terenima, koji u sebi kriju niz nepoznatih pojava i procesa. Čini se da je od svih najinteresantnije jezero Mratinje nastalo pregrađivanjem kanjonske doline rijeke Pive 220 m visokom branom.

Veličinu poduhvata izgradnje velikih hidroenergetskih objekata upoznaćemo na primjeru hidroelektrane "Bratsk" na Angari, otoci Bajkalskog jezera u Sibiru. Stručnjaci iz 500 preduzeća, hiljade komsomolaca i radnih ljudi, počeli su 1955. godine radove na pregrađivanju rijeke i izgradnji tada najveće hidroelektrane na svijetu. Radovi su trajali 12 godina. Na ogromnom gradilištu povremeno je bilo zaposleno i do 50.000 ljudi. Gradilište je nadgledano iz helikoptera. Prof. dr S. Stanković o izgradnji HE „Bratsk“ kaže slijedeće: "Prilikom podizanja betonske brane, u čijem se tijelu nalaze mašinske hale, i koje su mi se prilikom posjete činile veće od fudbalskog igrališta, graditelji su morali da otkravljuju vječito zamrznuto zemljište injekcijama vrele vode. Prije izlivanja željenih oblika, beton je zagrijavan pomoću električne struje. Brana hidroelektrane "Bratsk" dugačka je 5 km i visoka 127 m. Uzvodno od brane stvoreno je Bratsko jezero, dugačko 750 km. Uporedo sa branom, građen je 3.000 km dugačak sistem dalekovoda i izrastao grad Bratsk. Surovost prirode ovog dijela Rusije shvatio sam iz riječi jednog prodavca voća u Bratsku. "Kod nas ima kupusa, ali su glavice velike kao jabuka. Ima i jabuka, ali su velike kao trešnja".

## 5. NEKOLIKO KLASIFIKACIJA JEZERA

Prirodna i vještačka jezera su veoma značajni hidrografski objekti na kopnu. Imaju dosta sličnosti i razlika, te su moguće brojne klasifikacije, uopštavanja i komparacije, kako bi se bolje i više istakle specifičnosti. Po načinu i vremenu postanka baseni prirodnih jezera su veoma različiti. Zbog toga je za potrebe nauke, nastave, a i nekih praktičnih djelatnosti važno poznavati genetske tipove jezera, jer od načina postanka basena zavisi niz drugih pokazatelja.

Jezera čiji su baseni nastali radom jednog geomorfološkog agensa, jedne unutrašnje ili spoljašnje sile, nazivaju se monogenetska. Takva su neka lednička erozivna i akumulativna jezera, riječna erozivna jezera i jezera u kraterima vulkana. Ova jezera po pravilu nastaju u jednoj fazi razvoja reljefa, te se nazivaju i monofazna. Za razliku od ovih, jezera čiji su baseni proizvod više sila Zemlje ili spoljašnjih geomorfoloških agenasa, nazivaju se poligenetska. Takva su tektonska rasjedna jezera, kraško-riječna akumulativna jezera, jezera u kraškim poljima, tektonsko-lednička jezera i druga.

Baseni ovih jezera nastaju tokom više faza, te se naziva polifazna. Prepoznaju se po serijama terasa na stranama basena.

### Kratka genetska klasifikacija jezera

	Grupa jezera	Tipovi jezera
I	Tektonska	1. Reliktna
		2. Koltlinska
		3. Vulkanska
		4. Urniska
II	Erozivna	1. Glacijalna (cirkna, valovska)
		2. Riječna (protočna)
		3. Kraška (pećinska, sufoziona)
		4. Eolska
III	Akumulativna	1. Lednička (terminalna)
		2. Riječno-kraška
		3. Primorska (lagune)
		4. Zoogena (koralske lagune)
IV	Vještačka	1. Za hidroenergetiku
		2. Za vodosnabdijevanje
		3. Za turizam i rekreaciju
		4. Za privredni ribolov
		5. Za navodnjavanje
		6. Za poboljšanje plovidbe
		7. Za oplemenjivanje malih voda

Po načinu postanka basena jezera su veoma raznovrsna. Najdetaljniju genetsku podjelu jezera izvršio je američki limnolog G. E. Hatčinson. On izdvaja 11 grupa i 76 tipova jezera.

### Hatčinsonova klasifikacija jezera

	Grupa jezera	Broj tipova
I	Tektonska	9
II	Vulkanska	10
III	Plazinska	3
IV	Ledničko-morenska	20
V	Kraška	5
VI	Riječna	12
VII	Eolska	4
VIII	Primorska	5
IX	Organogena	3
X	Vještačka	3
XI	U meteoritskim karaterima	2

Jezeru su hidrografski objekti kojih ima gotovo na svim dijelovima Zemlje. Ipak, postoje predjeli sa većim i manjim brojem jezera. Po Ferdinandu Pauelu Vilhemu Rihtofenu (1833 – 1905), njemačkom geografu i geologu, članu Berlinske akademije nauka, većina jezera na Zemlji javlja se u 8 različitih predionih cjelina. To su:

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. Obalska područja   | 5. Vulkanske oblasti    |
| 2. Riječne doline     | 6. Glacijalne oblasti   |
| 3. Nabrane planine    | 7. Kraške oblasti       |
| 4. Tektonske potoline | 8. Stepska prostranstva |

L. P. Šubaev je izvršio detaljniju podjelu jezera prema predionim cjelinama u kojima se ova javljaju. Ova klasifikacija obuhvata 20 tipova jezera. To su:

- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1. Jezera tundre             | 11. Anatolijski tip            |
| 2. Kanadsko-karelijski tip   | 12. Australijski tip           |
| 3. Ladoško-laurencijski tip  | 13. Kinesko-floridski tip      |
| 4. Seliger-iljmenski tip     | 14. Afrički tip velikih jezera |
| 5. Jezera tajge              | 15. Bajkal                     |
| 6. Istočno sibirski tip      | 16. Kraški tip                 |
| 7. Azijsko-kaspijski tip     | 17. Jezera riječnih dolina     |
| 8. Pretplaninsko-stepski tip | 18. Primorska jezera           |
| 9. Aralsko-kaspijski tip     | 19. Jezera srednjih planina    |
| 10. Kazahstanski tip         | 20. Jezera visokih planina     |

U zavisnosti od priticanja i gubljenja vode, kao osnove vodnog bilansa, neka jezera imaju veoma promjenljive morfometrijske pokazatelje. Obalske linije su im nestabilne, mijenja se izgled akvatorije, režim plovidbe, izgled pejzaža, način privređivanja u priobalju i na jezeru, karografsko predstavljanje, termički režim, hemijski sastav vode i druge osobine. Po velikim promjenama izgleda ističe se jezero Čad u Africi. Pri maksimalnim vodostajima površina mu je veća od 25.000 km<sup>2</sup>. Usljed dugotrajne suše sedamdesetih godina našeg vijeka, smanjilo se na svega 3.500 km<sup>2</sup>. Slično mu je jezero Ejr u centralnom dijelu Australije. U vlažnom dijelu godine dobija vodu iz nekoliko povremenih tokova. Izrazito vlažnih godina Ejr zahvata površinu od 15.000 km<sup>2</sup>. Međutim, za vrijeme suvog i toplog dijela godine, kao i za vrijeme višegodišnjih sušnih perioda, pretvara se u više manjih vodenih basena, dok je najveći dio dna potpuno suv. Ono je predstavljeno beživotnom korom soli debljine 30 do 100 cm. Po tome su mu slična i obližnja jezera Torens i Gerdner. U literaturi se ističe i Veliko slano jezero u SAD. Ono lagano umire. Godine 1873. površina mu je bila 5.670 km<sup>2</sup>, a danas samo 2.350 km<sup>2</sup>. Na dnu jezera koje je predstavljeno prostranom slanom ravnicom, održavaju se brzinske trke automobila. Dva velika svjetska jezera Kaspijsko i Aralsko, takođe su poznata po velikom i brzom smanjivanju površine.

### Najšira jezera na svijetu

Jezero	$B_{\max} = \text{km}$	$B_{\text{sr}} = \text{km}$	$L = \text{km}$
Kaspijsko	545	308	1.205
Hjuron	295	183	322
Aralsko	284	154	428
Viktorija	275	215	320
Gornje	257	134	616

Jezera su veći i manji rezervoari slatke, slanaste i slane vode. Zapremina zavisi od izgleda i dubine basena, što je posljedica njegovog načina postanka i evolucije. Poznavanje zapremine i dubine jezera je veoma značajno za niz djelatnosti, jer je voda svojevrsna sirovina, resurs bez kojeg čovjek i društvo ne mogu planirati svoju sadrašnjost i budućnost. Značajan pokazatelj je prosječna dubina jezerske vode, te se uz najveću dubinu posebno potencira kod izračunavanja vodnih rezervi u jezerskim basenima.

Kada se uporede površine i zapremine jezera, moguće je izvesti interesantne zaključke. Bajkalsko jezero je 12 puta manje od Kaspijskog, a ima samo 3,3 puta manju zapreminu. Bajkalsko jezero je manje od Viktorije 2,8 puta, ali je 8,5 puta bogatije vodom. Gornje jezero (Superior) je veće od Tanganjike za 49.482 km<sup>2</sup>, a ima 950 km<sup>2</sup> manju količinu vode. Jezero Mičigen je skoro dva puta prostranije od Bajkalskog, ali mu je zapremina manja 4,9 puta. Interesantno je da je u grupi jezera svijeta sa najvećom zapreminom vode samo Kaspijsko slano, Aralsko i Balaško su slanasta, a sva ostala slatkovodna, čineći tako neprocjenjivo bogatstvo zemalja kojima pripadaju.

### Jezera svijeta najbogatija vodom

Jezero	$W = \text{km}^3$	$H_{\max} = \text{m}$	$H_{\text{sr}} = \text{m}$
Kaspijsko	76.000	995	208
Bajkalsko	23.389	1.742	730
Tanganjika	12.700	1.470	386
Gornje	11.750	397	143
Hjuron	5.800	228	98
Njasa	5.500	706	178
Mičigen	4.700	281	80
Viktorija	2.700	80	39

Zavisno od veličine, načina postanka, hemijskog sastava vode, boje dna, osunčanosti i drugih činilaca, boja jezerske vode je različita. Sa bojom se mijenja providnost.

Najveću providnost imaju jezera plave boje. Jezera sa velikom providnošću su duboka i stjenovitih strana. Najveću providnost imaju slijedeća jezera:

- |                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Mešju (Japan).....41,6 m | 5. Talecko.....22,5 m   |
| 2. Bajkal.....40,2 m        | 6. Ohridsko.....21,5 m  |
| 3. Aralsko.....27,0         | 7. Kaspijsko.....20,0 m |
| 4. Kosgol.....25,0 m        | 8. Isik Kul.....20,0 m  |

Evropa je kontinent sa velikim brojem jezera, ali ona nisu tako prostrana kao neka u Aziji, Africi i Americi. Najveća jezera Evrope nalaze se u njenom sjeveroistočnom i centralnom dijelu. Pripadaju većem broju zemalja i odlikuju se dobrom proučenošću i visokim stepenom valorizacije. Gotovo sva su lako pristupačna, te su izazov za brojne domaće i strane turiste. Po tome se posebno ističu jezera Švajcarske, Austrije i Italije, kao i Balaton u Mađarskoj.

### Najveća prirodna jezera Evrope

Jezero	F = km <sup>2</sup>	H <sub>max</sub> = m	Kome pripada
Ladoško	18.400	233	Rusija
Onješko	9.720	115	Rusija
Veneri	5.546	100	Švedska
Vetern	1.868	119	Švedska
Inari	1.230	60	Finska
Melaren	1.163	64	Švedska
Balaton	596	12	Mađarska
Ženevsko	581	310	Švajc., Francuska
Bodensko	538	252	Švajc.,Njem.,Austr.

U odnosu na ukupnu površinu Zemlje, jezera po kontinentima zauzimaju različitu površinu. Najvećim koeficijentom jezernosti, odlikuje se Sjeverna Amerika (2 %). Za njom slijede Azija (1,4 %), Afrika (0,7 %), Evropa (0,6 %), Australija (0,3 %) i Južna Amerika (0,3 %).

Najveću površinu jezera u odnosu na ukupnu državnu teritoriju u svijetu imaju Finska (9,4 %), Švedska (8,6 %) i Nikaragva (7 %). Na Zemlji postoji samo 140 jezera čija je površina veća od 1.000 km<sup>2</sup> od čega 26 na teritoriji bivšeg Sovjetskog Saveza.

### Najveća jezera po kontinentima

Jezero	Država	Površina u km <sup>2</sup>	Najveća dubina u m	Zapremina u km <sup>3</sup>
<b>E v r o p a</b>				
Kaspijsko*	SSSR, Iran	374.000	1.025	78.200
Ladoško	SSSR	17.700	230	908
Onješko	SSSR	9.630	127	295
Venern	Švedska	5.550	100	180
Vetern	Švedska	1.900	119	72
Sajma	Finska	1.800	58	36
Iljmen	SSSR	1.100	10	12
Balaton	Mađarska	596	12	1,9
Ženevsko	Švajcarska,Francuska	581	310	90
Bodensko	Njem.,Švajc.,Austr.	538	252	48
Garda	Italija	370	346	50
Skadarsko	SiCG,Albanija	391	44	1,7
Ohridsko	SiCG,Albanija	348	286	52
Prespansko	SiCG.,Alban.,Grčka	288	54	4,0
Lago Mađore	Italija,Švajcarska	214	372	-
Komo	Italija	146	410	-

<b>A z i j a</b>				
Aralsko*	SSSR	64.100	68	1.020
Bajkalsko	SSSR	31.500	1.620	23.000
Balhaško*	SSSR	18.200	26	112
Tonlesap*	Kambodža	10.000	12	40
Isik Kul*	SSSR	6.200	702	1.730
Duntihu	Kina	6.000	10	-
Rezaje (Urmija)*	Iran	5.800	16	45
Zajsan	SSSR	5.510	8,5	53
Tajmir	SSSR	4.560	26	13
Hanka	SSSR, Kina	4.190	10,6	18,5
Hubsugol	Mongolija	2.620	270	480
Sevan	SSSR	1.230	86	38
Mrtvo more*	Izrael, Jordan	940	400	188
Biva	Japan	688	103	27,5
Telecko	SSSR	223	325	40
<b>A f r i k a</b>				
Viktorija	Tanzanija, Kenija, Uganda	69.000	92	2.700
Tanganjika	Tanzanija, Zair, Zambija, Ruanda, Burundi, Malavi, Mozambik, Tanzanija	32.900	1.435	18.900
Njasa	Malavi, Mozambik, Tanzanija	30.900	706	7.725
Čad	Čad, Niger, Nigerija	16.600	oko 12	44,4
Rudolfovo	Uganda, zair	8.660	73	-
Albertovo	Uganda, Zair	5.300	57	64
Tana (Cana)	Etiopija	3.150	14	28
Edvardovo	Zair, Uganda	2.500	131	78,2
Kivu	Zair, Ruanda	2.370	496	569
<b>S j e v e r n a A m e r i k a</b>				
Gornje	SAD, Kanada	82.680	406	11.600
Hjuron	SAD, Kanada	59.800	229	3.580
Mičigen	SAD	58.100	281	4.680
Veliko Medvjede	Kanada	30.200	137	1.010
Veliko Robovsko	Kanada	27.200	156	1.070
Iri	Kanada, SAD	25.700	64	545
Vinipeg	Kanada	24.600	19	127
Onterio	Kanada, SAD	19.000	236	1.710
Nikaragva	Nikaragva	8.430	70	108
Atabaska	Kanada	7.900	60	110
Veliko Slano*	SAD	4.660	14	19
<b>J u ž n a A m e r i k a</b>				
Marakaibo	Venecuela	13.300	35	-
Titikaka	Peru, Bolivija	8.110	230	710
Popo	Bolivija	2.530	3	2
Lago Argentino	Argentina	1.400	300	-

Australija i Okeanija				
Eir*	Australija	do 15.000	20	-
Amarides*	Australija	8.000	-	-
Torrens*	Australija	5.800	-	-
Taupo	Novi Zeland	611	159	-
Te Anau	Novi Zeland	352	276	-
Uakatipu	Novi Zeland	293	378	-

Znak zvjezdice (\*) kraj naziva jezera ukazuje da je ono slano

Interesantna je i klasifikacija jezera po značenju njihovih naziva. Neka jezera su nazvana po veličini. Bajkal na mongolskom znači velika voda, a na jakutskom jezero bogato ribom. Njasa na bantu jeziku znači velika voda. Čad znači veliko vodeno prostranstvo. Mičigen na jeziku starosjedioaca priobalja znači veliko jezero. Imandra na sami jeziku znači veliko jezero sa razućenom obalom. Dalajnor, jezero u sjevernoj Kini na mongoloskom jeziku znači jezero-more, veliko more. Lago Mađore na italijanskom je veliko jezero. Ima jezera sa imenima izvedenim po osnovnoj boji vode. Karakul, Blek lejk odgovaraju nazivu Crno jezero. Cagan Nur znači bijelo jezero. Kukunor na Tibetu u Kini prevodi se kao jezero golubije boje. Jašilkulj na Pamiru je oznaka za zeleno jezero. Sirikulj je žuto jezero, a Alakulj zlatno jezero. Vinipeg prljava voda, a potiče od obilja nanosa pritoke Saskačevan, čiji naziv znači veliki brzaci. Atabaska glinovito udubljenje. Balhaš na kazaškom izduženo blatno prostranstvo. Isik Kul je toplo jezero, a Ontario lijepo jezero. Tuz je na turskom slano jezero. Onjega u prevodu sa starofinskog jezika znači jezero koje se dimi. Ladoga se u legendama pominje i kao Aljdogo, što se prevodi kao valovito jezero. Naziv označava pravo stanje stvari, jer pri jakim vjetrovima visina talasa na Ladogi dostiže 4 do 6 m. Aral na turmenskom znači ostrvo. Naziv Aralско jezero znači jezero sa mnogo ostrva. Arapski geografi ga nazivaju Horezmskim morem.

U pskovskoj oblasti u Rusiji postoje jezera nazvana po drveću koje raste u okolini (Brezovo, Lipenac, Borovo, Jetovo, Dubec, Ivovo), po vrsti riba (Ukljevo, Somino, Štučino), po pticama koje se tu gnijezde (Jastrebovo, Čajka, Sovino, Gusio, Vrana), kao i po životinjama koje tu žive (Vidrini, Kunino, Vučje, Žablje). Sličnih naziva za jezera ima i u drugim dijelovima svijeta. Biver lejk znači dabrovo jezero, a Bufalo lejk bizonovo jezero.

Jezera Nikaragva i Managva dobili su imena po odgovarajućim pticama. Jezero Van u Turskoj (3.700 km<sup>2</sup>, dubina 145 m) nazvano je tako po starom narodu Van. Kaspijsko po starom narodu Kaspi. Talecko po altajskom narodu Aleuta. Hjuron po indijanskom plemenu. Sevan je naziv koji na jermenskom znači crni manastir. Njih zaista ima oko jezera Sevan, koje je u prošlosti imalo i drugačije nazive (Gergamsko more, Geharkuni, Čekča, Gokča, Daria-Širan, Kukča-Darja, Kukča-Tengiz). Naziv kazahstanskog jezera Aščikol (Gorko jezero) ukazuje na njegovu gorko-slanu vodu. Naziv jezera Šarikol prevodi se kao Žuto jezero, jer ima mutnu vodu. Jezero Sasikol u istočnom Kazahstanu jako je zamočvareno, te mu je voda neprijatnog mirisa i stoga u prevodu znači Gnjiilo jezero. Slično mu je jezero Sasik nedaleko od grada Jevpatorije na Krimu. Jezero Tanganjiku lokalno stanovništvo naziva Msagasa, što znači burna voda.

Po istraživačima su nazvana jezera Šemplen, Ternor, Frobišer i Piter Pond u Kanadi. Jezero Ejr u Australiji nazvano je po Edvardu Džonu Ejru (1815-1901.), istraživaču unutrašnjih prostranstava ovog kontinenta. Jezero Ejr i njegova neposredna okolina proglašeni su nacionalnim parkom, koji je sa 1.228.000 hektara, četvrti po površini u Australiji. Imena istraživača nose i jezera From i Gregori, takođe u Australiji. Jezero Viktorija u Africi nazvano je po engleskoj kraljici Viktoriji. U novijoj literaturi za ovo jezero sreću se i nazivi Uhuru (sloboda), Umožde (jedinstvo) i Širikša (ujedinjenje). Edvardovo jezero je nazvano po sinu kraljice Viktorije. Danas se označava i kao Idi-Amin-Dada.

Rudolfovo jezero nosi naziv po austrougarskom prijestolonasljedniku Rudolfu, a označava se i novim imenom Turkan. Albertovo jezero nosi ime princa Alberta, muža kraljice Viktorije, ali se nazivalo i Mobutu Sese Seko. Leopoldovo jezero je nazvano po belgijskom kralju Leopoldu, a na najnovijim kartama se označava i kao Man-Ndome. Najveće jezero Irana nazvano je Urmija, kao i grad pored njegove obale. U čast šaha Reze Pahlavija nazvano je Rezae. Poslije svrgnuća šaha 1979. godine, ponovo se upotrebljava naziv Urmija.

Čini se da je za istraživanje hidronima najinteresantniji naziv jednog malog jezera u državi Masačuset (SAD). Na jeziku Indijanaca, starosjedioca označava se nazivom Tchargoggagoggmantchauggagogg tchaubunagumgamaugg. Slobodno preveden naziv ovoj jezera ima odlike svojevrsnog ugovora između plemena sa različitih obala jezera jer glasi: Vi lovite ribu na toj obali, mi ćemo loviti ribu na ovoj obali, a u sredini niko neće ništa loviti.

Hemijski sastav jezerske vode veoma je raznovrstan i zavisi od koncentracije rastvorenih mineralnih materija, posebno soli. Po količini rastvorenih soli jezera se dijele u tri grupe:

1. Slatkovodna – salinitet manji od 1 promila
2. Slanasta – salinitet između 1-30 promila
3. Slana – salinitet iznad 30 promila

Prema sadržaju organskih hranljivih materija (zooplankton, fitoplankton, bentos, nekton) kao i mogućnostima za intenzitet organske produkcije, jezera se dijele u tri grupe:

1. Distrofna – bez organske produkcije (Tuz, Van, Mrtvo more)
2. Oligotrofna – siromašna organskom masom (Ohridsko, Bodensko)
3. Eutrofna – bogata organskom materijom (Skadarsko, Viktorija)

Skoro u svakom jezeru postoje vodeni organizmi. Oni se nazivaju zajedničkim imenom hidrobionti. Mnogi od njih su reliktni i endemični, jer su se jezera dugo razvijala kao samostalni vodeni baseni. Najbujniji život je u priobalnom ili litoralnom dijelu jezerskog basena, jer tu ima dovoljno sunca i toplote.

Najprije se javljaju visoke biljke cvjetnice, čije je lišće izvan vode, zatim se nalazi lokvanj, čije lišće pliva na vodi. Iza toga su submerzne biljke, koje su potpuno ispod vode i uspijevaju do granice providnosti jezerske vode. Živi svijet jezera dijeli se u tri osnovne ekološke grupe:

1. Plankton (zoo i fito) – organizmi koji lebde u vodi
2. Nekton – organizmi koji se aktivno kreću – ribe
3. Bentos – organizmi koji žive pričvršćeni za dno

Temperatura jezerske vode mijenja se u zavisnosti od godišnjeg doba i nije ista na svim dubinama. U vezi sa promjenama temperature jezerske vode sa promjenom dubine postoje izvjesne pravilnosti. Na većini jezera razlikuju se tri temperaturna sloja vode:

1. Epilimnion – topli površinski sloj
2. Metalimnion – sloj temperaturnog skoka
3. Hipolimnion – sloj ujednačenih temperatura

Najizrazitije promjene temperature vode odvijaju se na jezerima umjerenih geografskih širina, a znatno manje na jezerima tropskih i polarnih oblasti. U vezi sa tim F. A. Forel je podijelio jezera na polarna, umjereni i tropska. Na polarnim jezerima gotovo tokom cijele godine zastupljena je inverzna (obrnuta) temperaturna stratifikacija vode. To znači da je voda na površini hladnija nego u većim dubinama. To posebno važi za jezera koja su 8 do 10 mjeseci godišnje pokrivena ledom. Kad se on otopi, voda se zagrijava dva do tri stepena, dok se na većim dubinama održava temperatura oko 4<sup>0</sup>C. Na jezerima umjerenih geografskih širina, za vrijeme ljeta postoji normalna (direktna) temperaturna stratifikacija vode. To znači da je voda na površini toplija, nego u dubljim dijelovima. Za vrijeme zime na ovim jezerima zastupljena je inverzna temperaturna stratifikacija vode. Voda je na površini hladnija nego u dubljim dijelovima. Moguće je i pojava leda. U proljeće se površinski sloj vode postepeno zagrijava i u jednom trenutku izjednači sa temperaturom vode dubljih slojeva. To je obično oko 4<sup>0</sup> C, te se uspostavlja homotermija ili izotermija – ista temperatura vode od površine do dna. U jesen se površinski sloj vode hladi i izjednači sa temperaturom vode dubljih slojeva. To je vrijeme jesenje homotermije – iste temperature od površine do dna. Na tropskim i subtropskim jezerima tokom cijele godine postoji direktna termička stratifikacija vode. Površinski sloj vode uvijek je topliji od dubljih dijelova.

Jezeri su prolazni hidrografski objekti. Nastala u davnoj prošlosti mnoga su očuvana i do današnjih dana. Međutim, ima i takvih koja su nastala, ili nestala, pred očima naših savremenika. Najvećom brzinom obrazuju se urinska jezera. Dovoljno je da se sa dolinske starne sruči veća količina materijala na dolinsko dno i pregradi rijeku. Ona se ujezeruje iza brane i zavisno od proticaja rijeke brzo povećava (Zavojsko jezero). Slična ovima su jezera nastala u riječnim dolinama koje pregradi vulkanska lava (Sevan). Zbog snažnog hidrostatičkog pritiska na branu ova jezera brzo nestaju. Po brzom iščezavanju vode slična su im jezera kraških terena. Dovoljno je da se na jezerskom dnu pojavi veći broj pukotina i da se jezerska voda nepovratno izgubi.

Tokom svoje evolucije jezera prolaze kroz četiri osnovna stadijuma. Svaki od njih odlikuje se specifičnom faunom i florom, razuđenošću obalske linije, čistoćom, količinom i bojom vode, reljefom dna i drugim osobinama. Osnovni stadijumi u životu – evoluciji jezera su:

- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| 1. Stadijum mladosti | 3. Stadijum starosti   |
| 2. Stadijum zrelosti | 4. Stadijum izumiranja |

Treba napomenuti da sva jezera ne prolaze kroz sve stadijume, jer ima i takvih koja naglo nestaju. Da nema evolutivnog razvoja u životu jezera i njihovog iščezavanja, hidrografska mreža bi danas sasvim drugačije izgledala.

## 6. ZAŠTITA JEZERA

Stručnjaci koji se bave naučnim i praktičnim problemima pravilnog iskorišćavanja vodnih resursa u svojim proučavanjima uvažavaju sedam postulata, sedam istina, sedam pravila o vodi, toj najraširenijoj materiji na Zemlji bez koje nema života, nema napretka čovječanstva, bez obzira na sve veću moć čovjeka nad prirodom.

Voda je narasprostranjenija materija na Zemlji. Gradi cjelokupnu hidrosferu, ali je u znatnim količinama ima u atmosferi, litosferi i biosferi.

Iako na prvi pogled poznata i dostupna svima, jednostavnog hemijskog sastava, različitih formi pojavljivanja i na različite načine korišćenja, voda ima niz izuzetnih svojstava, koja joj daju karakteristike svojevrzne sirovine. To se često zaboravlja. Voda se neracionalno troši, kao da je ima na pretek.

Prema najnovijim proučavanjima količina vode u hidrosferi je sijedeća: svjetsko more  $1.370.323.000 \text{ km}^3$ , podzemne vode  $60.000.000 \text{ km}^3$ , lednici  $24.000.000 \text{ km}^3$ , jezera  $280.000 \text{ km}^3$ , voda u zemljištu  $85.000 \text{ km}^3$ , vodena para  $14.000 \text{ km}^3$ , voda u rijekama  $1.200 \text{ km}^3$ , ukupno  $1.454.703.000 \text{ km}^3$ .

U niz proizvoda savremene industrije, poljoprivrede i zanatstva voda ulazi kao osnovna ili kao sporedna materija. Kao sirovina, voda je poseban predmet rada i svojevrсна prirodna vrijednost, čija se cijena ljudskim mjerilima ne može iskazati. Voda je veoma važna životna nimirnica. Nedostatak vode ima katastrofalne posljedice po život ljudi i razvoj društva u cjelini. Za vodu se može reći i da je sredstvo za rad, jer služi za plovidbu, navodnjavanje, rastvaranje materija, grijanje, hlađenje, sport, liječenje itd. Ova osobina vode čini je jednim od prvih čovjekovih sredstava za rad. Upoznavajući prostor koji ga je okruživao, čovjek je od najstarijih vremena upoznao i hidrografske objekte u njemu. Nastanjivao se kraj rijeka, jezera, mora, plovio njima i nalazio hranu. Kao takva voda je uvažavana i bila uslov i uzrok razvitka civilizovanog društva.

*Voda je nezamjenljiva materija* i kao takva mora se uvijek i svuda uvažavati. Stiče se utisak da se korišćenje vode za različite potrebe manje planira od korišćenja drugih dobara. To proističe iz činjenice da mnogi vjeruju da vode ima neograničeno mnogo, da su njene rezerve neiscrpne, da je ona prirodom data i da ništa ne košta. Ovakvo pogrešno shvatanje je i čest uzrok prekomjernog zagađivanja vode, jer nje ima na pretek, ona je svačija i ničija.

Za nesmetan i progresivan život ljudi na Zemlji, od posebnog su značaja rezerve slatke vode. Najveće količine slatke (u smislu ne mineralizovane) vode nalaze se u lednicima, stijenama koje grade Zemljinu koru, u prirodnim i vještačkim jezerima, u obradivim zemljištu, u atmosferi u vidu vodene pare i u riječnim koritima.

Prema savremenim procentima zapremina slatke vode na Zemlji je slijedeća: lednici  $24.000.000 \text{ km}^3$ , podzemne vode  $4.000.000 \text{ km}^3$ , jezera  $155.000 \text{ km}^3$ , voda u zemljištu  $83.000 \text{ km}^3$ , vodena para  $14.000 \text{ km}^3$ , voda u rijekama  $1.200 \text{ km}^3$ , ukupno  $28.253.000 \text{ km}^3$ .

*Voda je opšte društveno bogatstvo.* Od najstarijih vremena do danase je javno blago. Još u rimskom zakonodavstvu je isticano da su svi vodotoci javna svojina.

Otuda i poznate izreke "Upotreba vode za piće nikada nikom nije bila ograničena" i "Žednom se voda ne smije prodati". Društvo ima pravo i obavezu da vodama upravlja i da ih koristi na nasvrshodniji načina. Samo plansko i racionalno korišćenje vode i sprečavanje zagađivanja mora, rijeka i jezera, ispravne su koncepcije gazdovanja vodnim resursima. Zbog ograničene teritorije, smanjenog stepena protočnosti i samoregulacije, jezerima je potrebno posvećivati veću pažnju, jer kao "mala mora na kopnu" ona su često značajnija od "velikih mora u okeanu".

*Vodom se raspolaže demokratski*, prema potrebama i željama većine korisnika i interesenata. Ovo se odnosi kako na vodu za piće, tako i na sve druge vidove njenog korišćenja. Demokratsko upravljanje vodom garancija je onemogućavanja pojedinaca i grupa da samovoljno raspolažu vodom i da je neracionalno koriste gledajući samo svoje i samo trenutne interese.

*Vodom se mora upravljati jedinstveno*. Društvo ne može hidrografske objekte ograničavati administrativnim spisima i granicama. Decentralizacija upravljanja vodama, naročito rijekama i jezerima, često je praćena nizom neželjenih posljedica. Pojedine od njih se u svom punom negativnom dejstvu mogu osjetiti znatno kasnije i na drugom mjestu, kao i u drugoj djelatnosti.

*Osnovna vodoprivredna jedinica je sliv*, jer je to najčešće jasno definisana prediona cjelina sa mnogo zajedničkih, ali i različitih osobina. U vezi s tim javlja se problem "uzvodnih i nizvodnih interesa". Razmimoilaženja u tretiranju problema se javljaju i pored poznate činjenice o jedinstvu i celovitosti sliva. Slično rijekama i jezera imaju svoje slivove. Oni su utoliko prostraniji ukoliko jezera imaju brojnije i duže pritoke. Saglašavajući svoje profile ka jezerima, kao donjoj erozivnoj bazi, rijeke višestruko utiču na evoluciju jezera, fizičke i hemijske osobine vode, organsku produkciju, vodostaj i vodni bilans. To znači da dobro poznavanje jezera, podrazumijeva istovremeno i dobro poznavanje njihovih slivova.

*Vodoprivreda je sveobuhvatna djelatnost*. To znači da u rješavanju problema moraju biti uzeti u obzir interesi pojedinih korisnika vode, interesi zajednice u slivu i interesi zajednice u cjelini. Ovakav pristup rješavanju vodoprivrednih problema, garancija je racionalnosti poslovanja i očuvanja maksimalne čistoće vodenih tokova, prirodnih i vještačkih jezera i svjetskog mora u cjelini. Vodoprivreda ima određene metode proučavanja hidrografskih objekata. Kada su u pitanju jezera, vodoprivreda je dala najveći doprinos izučavanju uslova obrazovanja vještačkih jezera na brojnim rijekama. Pregrađivanje rijeka i stvaranje vještačkih jezera dio je nastojanja ljudi da raspoložive vodne snage što više i što racionalnije koriste. Vještačka jezera su nov element prostora i često daju osnovno obilježje u kojem se nalaze. Njihov značaj je veliki i višestruk. Borba za očuvanje čistoće njihove vode, mora biti trajna, jer samo čista voda omogućuje kompleksnu valorizaciju jezera i njihovih priobalnih prostora.

*Upotrebljiva voda je proizvod ljudskog rada*. Ova činjenica je utoliko značajnija ukoliko je prostor urbanizovaniji i industrijalizovaniji, ukoliko se na manjem terenu javlja veći broj korisnika vodnih resursa i veći broj postojećih i potencijalnih zagađivača vode. Voda se javlja kao poseban predmet privređivanja, ona je sve više "proizvod" vodoprivrede i kao takva mora se racionalno, planski i sistematski trošiti. Od posebnog je značaj korišćenje jednom ili dva puta već upotrebljavane vode. Ukoliko je poslije prve upotrebe voda manje zagađena, utoliko se lakše može koristiti drugi, treći i četvrti put.

Sedam postulata o vodi ideja su vodilja racionalnog korišćenja vodnih snaga i očuvanja čistoće vode za sadašnju generaciju i naraštaje koji dolaze. Savremena vodoprivreda i sva nastojanja ljudi na zaštitu i unapređenju životne sredine su istovremeno akcije očuvanja i poboljšanja kvaliteta života ljudi u njoj. Hidrografski objekti, a samim tim prirodna i vještačka jezera, predstavljaju neprocjenjivo bogatstvo naše planete, bogatstvo koje je darovala priroda, ali su ga stvorile vješte ruke graditelja. Dato, ili stvoreno, vodno bogatstvo Zemlje je veliko i raznovrsno i zbog toga ga treba očuvati.

Očuvanje izvornosti životne sredine znači istovremeno očuvanje izvornosti jezera. Sigurno je da urbanizacija i industrijalizacija uslovljavaju povećanu potrošnju vode za različite potrebe. Ovi savremeni procesi nameću potrebu obuhvatnije zaštite prirode, jer štiteći prirodu čovjek štiti sebe. Da bi se realizovala pravilna zaštita prirode, koja se odlikuje složenošću ekoloških odnosa, neophodno je uvažavanje izvjesnih načela, koja su garancija postizanja dugoročnih ciljeva.

Savremena zaštita prirode mora da počiva na koncepciji aktivne zaštite, koja ima sve veći broj pristalica i koja se mora primjenjivati kompleksno i bez kompromisa, kako bi se postigli pravi rezultati. Uvažavajući osnovna načela koncepcije aktivne zaštite prirode, ukazaćemo na njen značaj za očuvanje čistoće jezerske vode, očuvanje izvornosti priobalnih prostora i pravilnu valorizaciju jezera za različite potrebe savremenog društva.

Koncepcija aktivne zaštite prirode ističe da se zaštita prirode ne smije svoditi samo na zaštitu pojedinih prirodnih kompleksa i prirodnih rijetkosti, već se priroda mora štiti u cjelini. Ovakav stav upućuje na više zaključaka. Zaštita jezera ne znači zaštitu samo većih i poznatijih jezera, niti samo prirodnih, ili vještačkih jezera.

Zaštitom moraju biti obuhvaćena sva jezera bez obzira na veličinu, način postanka, sadašnji značaj i mogućnost ekonomske valorizacije. Zaštita prirodnih i vještačkih jezera ne znači njihovo izolovano posmatranje u odnosu na priobalni prostor, sliv u kome se nalaze i prirodu u cjelini. Zaštita jezera mora predstavljati sastavni dio akcija zaštite prirode kao cjeline u kojoj poremećaj jedne karike izaziva promjene u gotovo svim ostalim u dugačkom lancu. Međusobni odnosi jezera, njihove bliže i dalje okoline, površine neposrednog i posrednog sliva su brojni, složeni i komplementarni. Oni su određeni mjestom, vremenom, odnosima žive i nežive prirode i savremenim stepenom evolucije. Ovo znači da se zaštita jezera poistovjećuje sa zaštitom prirode i obrnuto, štiti prirodu znači štiti i jezera u njoj.

Prirodna i urbana sredina nisu izolovane, jer je sredina jedna i može se označiti terminom životna sredina. Stiče se utisak stalne suprotnosti između prirodne i urbane sredine. Urbana sredina se širi na račun prirode, ali je u interesu razvoja čovječanstva njihovo komplementarno, cjelovito i evolutivno razmatranje. Pored nekih jezera postoje i razvijaju se sve veća urbana (gradska) i ruralna (seoska) naselja. U nekim naseljima izgrađen je veliki broj turističko-ugostiteljskih objekata. Na nekadašnjim slobodnim prostorima podignuti su veliki turistički kompleksi. Kao po pravilu svi su neposredno uz obalu i bilježe sve veći promet domaćih i stranih turista. U naseljima pored nekih jezera intenzivno se razvija industrija. To pojačava potrebu preduzimanja odgovarajućih mjera zaštite prirode.

Problemi zaštite jezera čiji su priobalni prostori manje ili više urbanizovani, kraj kojih se razvija industrija, renoviraju stari i grade novi turističko-ugostiteljski objekti, moraju se tretirati saglasno postojećim planovima daljeg razvoja naselja. Naravno, pravilna valorizacija i maksimalno očuvanje čistoće jezerske vode, zahtijevaju i obrnuto posmatranje problema – razvoj naselja mora se planirati zavisno od potrebe očuvanja jezera i neurbanizovanih dijelova njihovih priobalnih prostora. Od posebnog je značaja odnos urbanih i ruralnih prostora kraj onih jezera koja pripadaju većem broju zemalja. Pravilna zaštita jezera, nesmetan razvoj naselja, privredno iskorišćavanje kopnenog i vodenog prostranstva, zahtijeva sinhronizovane akcije i realne planove svih zainteresovanih. Međudržavne granice ne smiju predstavljati smetnju očuvanju čistoće jezerske vode. Naprotiv, potrebno je podići što je moguće veći stepen demilitarizacije granice i kompleksnog rješavanja vodoprivrednih problema, na jezerima i njihovima slivovima koji su na teritoriji dvije, pa i tri susjedne zemlje (Bodensko, Prespansko, Kaspijsko, Ženevsko).

Zaštita prirode se ne može poistovjećivati sa konzervacijom iste. Zaštita prirode mora da bude takva da zaštićena i uređena priroda maksimalno služi osnovnim potrebama ljudi. Ovo znači da zaštita jezera ne smije biti cilj sama sebi.

Zaštita jezera ne znači stvoriti takve limnološke objekte koji će podsjećati na slike u ukrašenim ramovima. Zaštita jezera mora biti takva da omogući njihovo najracionalnije korišćenje, koje neće izazvati štetne posljedice na razvoj ekosistema i favorizovati jednog korisnika vode na račun drugog. Zaštita jezera ne znači njihovo obavezno preinačavanje do te mjere da se prvobitno stanje izgleda, dimenzija, termičkih odnosa, ekoloških proseca i dr. ne mogu prepoznati.

Zaštita je najcjelishodnija ako se ostvari sa najmanje poremećaja prirodne ravnoteže i postojećih zakonitosti. Ovo se može postići samo poslije detaljnih naučnih istraživanja, koja su osnova praktičnih radova na konkretnom terenu. Pri tome se ne preporučuju grandiozni građevinski zahvati sa mnogo gvožđa i betona, koji više nego drugi narušavaju izvornu ljepotu prostora.

Zaštita prirode ne smije posljedično pratiti razvoj privrede i društva. Ona mora da predstavlja planiranje, koje će prethoditi razvoju. Sigurno je da je sprečavanje degradacije jezera kao preventiva mnogo bolja i efikasnija od saniranja posljedica već narušene ekološke ravnoteže.

Planiranje, koje prethodi razvoju, može se kanalisati ka jasno željenim ciljevima korišćenja jezerske vode i realizovati do unaprijed predviđenih detalja. Za razliku od toga, čišćenje već zagađenih jezera, njihova revitalizacija i uspostavljanje prvobitnih ekoloških i limnoloških odnosa, skup je i mukotrpan posao, koji zavisi od čitavog niza nepoznatih stvari. Primjer jezera Palić je najbolja ilustracija nemarnog odnosa prema jednom jezeru. Za obnavljanje Palićkog jezera uložena su ogromna materijalna sredstva, a normalni ekološki uslovi i odnosi žive i nežive prirode u njemu i oko njega, još ni danas nisu do kraja onakvi kakvi bi morali biti. Sličnih primjera ima i kada su u pitanju vještačka jezera. Baseni nekih vještačkih jezera su gotovo u potpunosti zasuti muljem. Jezera su izgubila nekadašnji značaj i funkciju. Preventivno sprečavanje erozije u slivovima zasutih jezera nije izvršeno. Čišćenje jezera od mulja je skoro nemoguće, ali iziskuje znatno veća sredstva od onih koja bi se dala za saniranje erozivnih žarišta. Problem "uzvodnog i nizvodnog sliva" ovdje dolazi do pravog izražaja i potvrđuje načelo o slivu kao osnovnoj i nedjeljivoj vodoprivrednoj jedinici. Erozija i akumulacija, kao dva geomorfološka procesa oblikovanja reljefa Zemlje, dobar su pokazatelj očuvanosti prirode. Veća erozija znači uništavanje zemljišta, neujednačenost proticaja rijeka, pojavu bujičnih tokova i obilje materijla koji se, brže ili sporije transportuje ka rijekama, jezerima i morima. Više materijala znači kraći vijek postojanja jezera, odnosno, njihovo brzo mijenjanje do konačnog uništavanja. Štete se procjenjuju višemilionskim iznosima. To još jednom potvrđuje ispravnost detaljnog izvođenja preventivnih radova, jer je posljedice često nemoguće zaliječiti.

Koncepcija aktivne zaštite prirode svojim stavovima ukazuje na neophodnost detaljnog i dobrog naučnog poznavanja prirode. To je posao ne pojedinaca i pojedinih ustanova, već timova stručnjaka različitih naučnih profila i njihovih naučno-istraživačkih centara. Boriti se za očuvanje čistoće jezerske vode znači poznavati sve tajne limnologije i pravilno uvažavati znanja mnogih srodnih naučnih disciplina i operativnih djelatnosti. Multidisciplinarni pristup problemu zaštite prirode, a samim tim i zaštite prirodnih i vještačkih jezera, je jedini ispravan. Bez detaljnog poznavanja pojedinih elemenata, pojava i procesa, nema i ne može biti jasnih generalisanja i konceptiranja zadataka za konkretan stvaralački rad na terenu. Znanja generacija stručnjaka moraju se uvažavati u svoj njihovoj ispravnosti i kao takva primjenjivati u daljim istraživanjima i vodoprivrednim, hidrotehničkim, urbanističkim i drugim zahvatima na konkretnim primjerima. Stečena znanja moraju se potvrđivati, a svako novo iskustvo dragocjeno je u rješavanju problema očuvanja čistoće jezerske vode i smjelog pogleda u budućnost.

# 1. OKEANI I MORA

## 1.1. Nauka<sup>1</sup> o moru – pojam i definicija

Nauka je cjelovitost sistemskih saznanja i saznanja do kojih su ljudi došli. Budućnost savremenih nauka leži u ostvarivanju sklada između prirode, ljudi i tehnološkog napretka.

Nauka o moru je interdisciplinarna i to joj omogućuje da objasni većinu pojava i procesa koji se dešavaju u Svjetskom okeanu (Svjetskom moru). Svjetsko more predstavlja jedinstvenu prirodnu cjelinu – ogromnu vodenu masu koju čine sva mora i svi okeani.

Za nauku koja proučava mora i okeane postoje, u stručnoj, naučnoj i nastavnoj literaturi dva termina: okeanografija i okeanologija. U većini izdanja za nauku o moru (Svjetskom moru) upotrebljava se termin (ime) „okeanografija“<sup>2</sup>. Prema Dietrichu (1959.), okeanografija je nauka o moru dvostrukog značenja: 1. okeanografija u užem smislu ili fizička nauka o moru obuhvata istraživanje fizičkih i hemijskih pojava i procesa u Svjetskom moru, rezultate istraživanja pomorske meteorologije<sup>3</sup> i reljefa dna mora; 2. okeanografiju u širem smislu (takođe nauka o moru) uključuje, osim navedenog u stavu 1., još i geologiju i biologiju mora.

Dio autora danas daje prednost terminu okeanologija<sup>4</sup> (grč. okeanos – veliko more + logos – nauka, riječ, zakon) smatrajući da termin okeanografija upućuje na deskriptivnu odliku nauke o moru, dok termin hidrologija ukazuje na kompleksno proučavanje pojava i procesa u morima i okeanima.

Prema J. Riđanoviću (2002.) nauka o moru na sadašnjem stepenu tehničkih dostignuća proučava prostorne i vremenske promjene fizičkih i hemijskih osobina mora. To podrazumijeva proučavanje horizontalnog i vertikalnog rasporeda temperature u Svjetskom okeanu (moru), pojavu leda u Svjetskom okeanu (moru), potom gustinu, provodljivost, stišljivost, akustičnost i optičke pojave morske vode, evstatički nivo mora, kretanje morske vode, salinitet morske vode, pojavu gasova u morskoj vodi, razmjenu materije i energije između Svjetskog mora i atmosferskog kompleksa, života u moru i akumulaciju segmenata u basenu Svjetskog mora (okeana).

## 1.2. Podjela okeanologije

Pregled, do sada objavljene litetature iz okeanografije za različite namjene, doveo je do izdvajanja posebnih (naučnih) disciplina o moru: fizika mora, hemija mora, geologija mora, biologija mora (zoologija mora, botanika mora), pomorska (maritimna) meteorologija, dinamička okeanografija, geofizika mora, mikrobiologija mora, more kao životna sredina („the marine environment“<sup>5</sup>), teoretska okeanografija, regionalna okeanografija, biologija mora i paleontologija mora.

<sup>1</sup> Termin nauke odgovara latinskom terminu (pojmu) „scientia“, engl. „science“ i njemačkom „wissenschaft“. Nauka je sistematizovano znanje, odnosno možemo reći :

„Cjelovitost saznanja organizovanih u području istraživanja izvedenih prema logički (racionalno) usvojenim metodima na osnovu opažanja pojava i procesa u prirodi i društvu radi njihovog objašnjavanja i ovladavanja njima“.

<sup>2</sup> grč. okeanos – veliko more + graphein - pisati

<sup>3</sup> Meteorologija se prema grupama korisnika dijeli na slijedeće discipline primijenjene meteorologije: pomorska meteorologija, avijaciona meteorologija, građevinska meteorologija, poljoprivredna meteorologija, medicinska meteorologija i dr.

<sup>4</sup> U njemačkom jeziku iskristalisala su se dva termina: nauka o moru („Merreskunde“) i okeanografija („Ozeanographie“). Nauka o moru, prema kriterijumima svjetske bibliografije, uključena je u geografske nauke („Earth Sciences“), preciznije uključena je u geofiziku. Geofizika je kompleksna i multidisciplinarna nauka koja se najčešće dijeli na: 1. geofizika litosfere, 2. geofizika atmosferskog kompleksa, 3. geofizika hidrosfernog kompleksa.

Okean je najveći dio površine Svjetskog mora s određenim geografsko – geološkim odlikama, hemijsko – fizičkim osobinama, posebnim biološkim uslovima, istorijsko – kulturnim osobenostima i specifičnim društveno – ekonomskim razvojem (vidjeti i definiciju u odjeljku 1.4.1.).<sup>6</sup>

### 1.3. Civilni instituti za istraživanje mora<sup>7</sup>

U istraživanjima mora i okeana učestvuju, još uvijek, okeanografski instituti, okeanografske ekspedicije, okeanografski brodovi, a sve je značajnija i uloga satelita u tim istraživanjima. Među najpoznatije i najopremljenije civilne institucije za istraživanje mora, danas u svijetu, spadaju:

- Scripps Institution of Oceanography u La Jolli, San Diego, Kalifornija, SAD
- Woods Hole Oceanographic Institute, u malom naselju Woods Hole, poluostrvo Cape Codu, SSE od Bostona u američkoj državi Massachusetts.

Međunarodna komisija UN za okeanografiju ( IOC – Intergovernmental Oceanographic Commission), objavila je na četiri svjetska jezika bibliografiju za nauku o moru. To u suštini predstavlja UNESCO-ov program o moru i on obuhvata:

- I. Opšta okeanografija
- II. Biološka okeanografija i ribolov
- III. Fizička okeanografija
- IV. Hemijska okeanografija
- V. Morska geologija i geofizika mora
- VI. Okeanski inženjering i tehnologija okeana
- VII. Polucija i radioaktivnost
- VIII. Pregled knjiga o Svjetskom moru – revijalna izdanja
- IX. Popularna izdanja o okeanografiji
- X. Istorijski razvoj okeanografije i Zakon o moru

### 1.4. Odnos površine kopna i mora na Zemlji

Svjetsko more predstavlja jedinstvenu prirodnu cjelinu – ogromnu vodenu masu koju čine sva mora i svi okeani. Osim termina Svjetsko more, danas je sve češće, u upotrebi i termin Svjetski okean (grč. okeanos – veliko more).

Kopno i more su neravnomojno raspoređeni na površini naše planete, a odnos kopna i mora se u geološkoj istoriji Zemlje često mijenjao. Uslovno možemo prihvatiti da je danas odnos kopna i mora stalan. Površina naše planete iznosi 510 mil. km<sup>2</sup>, od čega 148 mil. km<sup>2</sup> (29,01%) otpada na kopno, a 362 mil. km<sup>2</sup> (70,99%) na Svjetsko more.<sup>8</sup>

Čak i kada se Zemljina površina podijeli na dvije posebne polulopte – **kopnenu i vodenu** (Slika 1.), pri čemu prva obuhvata najveći mogući dio kopna, a druga najveći mogući dio Svjetskog mora – i tada će površina mora biti veća od površine kopna, na obje polulopte.

---

<sup>5</sup> Gierloff-Emden (1977), Moderno istraživano razmatranje Svjetskog mora kao bitan kompleks životne sredine savremenog svijeta

<sup>6</sup> Vidjeti opširnije: J. Riđanović, Geografija mora, Zagreb, 2002, str. 15

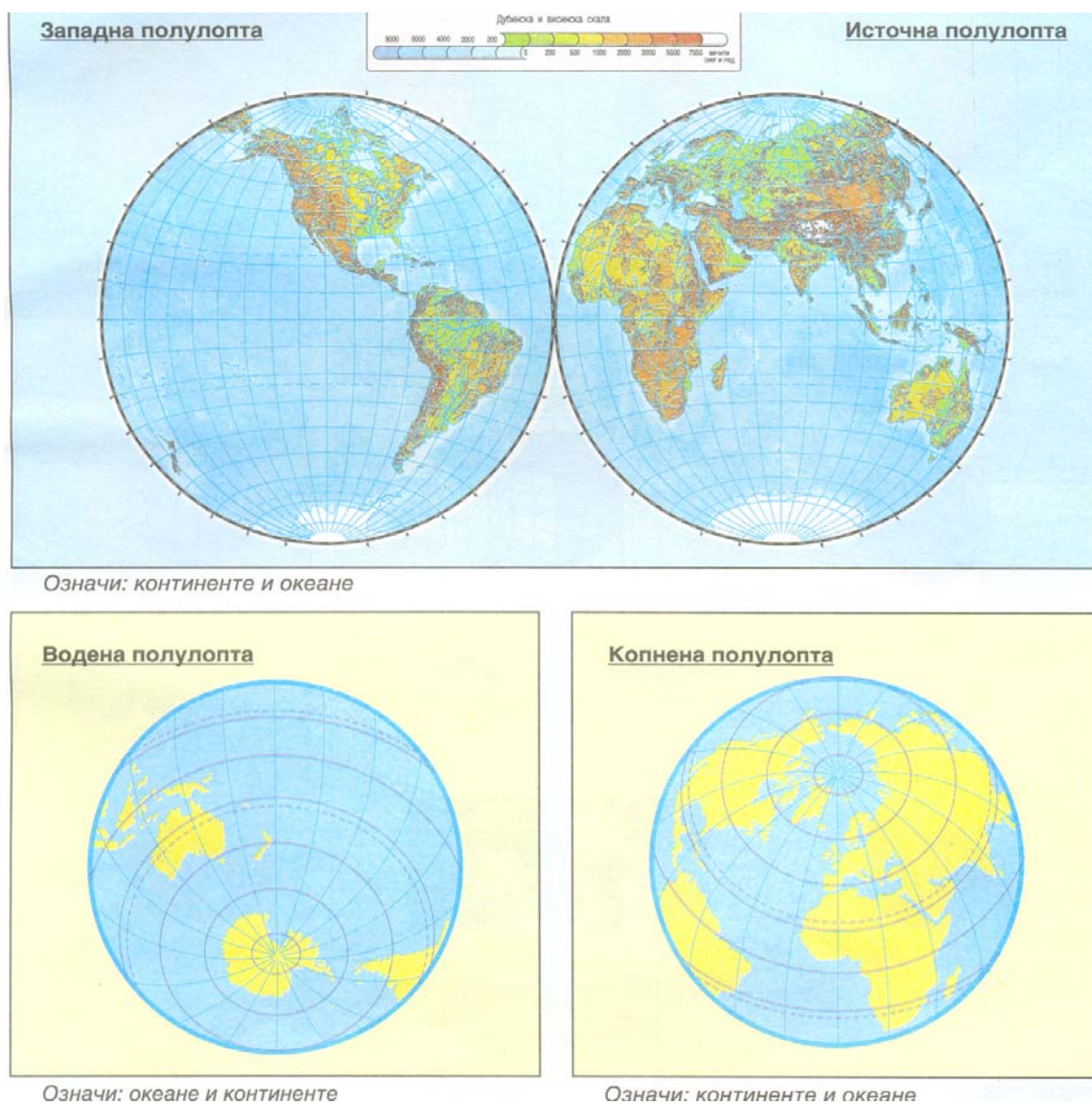
<sup>7</sup> Opširnije pogledati: J. Riđanović, Geografija mora, Zagreb, 2002, str. 15.

<sup>8</sup> Vrijednosti površina kopna i mora su zaokružene na cijele brojeve

Tabela 1. Odnos kopna i mora na Zemljinim hemisferama

Polulopta (Hemisfera)	Površina mora u km <sup>2</sup>	Površina mora u %	Površina kopna u km <sup>2</sup>	Površina kopna u %
Sjeverna	155.000.000	61	100.000.000	39
Južna	207.000.000	81	48.000.000	19

(Izvor: Crnogorac, Č. 2000)



Slika 1. Vodena i kopnena Zemljina polulopte

### 1.4.1. Savremena geografska klasifikacija mora

Prema fizičkim i hemijskim osobinama vodenih masa, njihovom kretanju i odlikama reljefa dna, Svjetsko more je podijeljeno na 4 okeana i 56 mora. Okeani su najveći dijelovi Svjetskog mora, ograničeni više ili manje kontinentima, koji imaju sopstvenu cirkulaciju atmosfere, poseban sistem morskih struja i specifične fizičko – hemijske osobine vode (Crnogorac, 2000.).

Međutim postoje i druge podjele. Mnogi okeanolozi usvajaju podjelu Svjetskog mora na tri okeana: Veliki okean, Atlantski okean i Indijski okean, pri čemu Atlantski okean obuhvata i Sjeverni ledeni okean. U anglosaksonskoj literaturi (zemlje u kojima je službeni jezik engleski) i naročito u atlasima tog govornog područja, prisutna je podjela Tihog (Velikog) okeana, odnosno Pacifika na Sjeverni pacifički okean i Južni pacifički okean. Atlantik se takođe dijeli na Sjeverni atlantski okean i Južni atlantski okean. Peti okean je Indijski okean. U nastavku teksta upoznaćemo još neke podjele.

U hidrološkoj literaturi, kako stručnoj i naučnoj, tako i u onoj naučno – popularnoj i na internetu se nalaze i različiti podaci za površine okeana i pojedinih mora, zbog različitih kriterija kod određivanja (uslovnih) granica između pojedinih okeana i pojedinih mora.

Tabela 2. Glavne morfometrijske karakteristike okeana (Crnogorac, 2000. i Wikipedia, 2005\*.)

Okean	Površina u milionima km <sup>2</sup>			Dubina u metrima	
	ukupna	akvatorij	ostrva	srednja	najveća
Tihi okean	182,6	178,8	3,9	3.976	11.022
*(Wikipedia)	179,0	-	-	-	11.025
Atlantik	92,7	91,7	1,0	3.597	8.742
*(Wikipedia)	106,45	-	-	3332	8.605
Indijski	77,0	76,2	0,8	3.711	7.209
*(Wikipedia)	73,556	-	-	-	7.450
Arktički	18,5	14,7	3,8	1.225	5.527
*(Wikipedia)	12,26	-	-	-	5.449
*Južni okean	≈ 5,0	-	-	-	-
Svjetski okean	370,8	361,3	9,5	3.711	11.022

Znakom \* označeni su podaci koji se nalaze na: [hr.wikipedia.org/wiki/Arkti%C4%8Dki-ocean](http://hr.wikipedia.org/wiki/Arkti%C4%8Dki-ocean)

Tabela 3. Osnovne veličine Svjetskog mora i tri okeana (Dietrich, 1972.)

Okean	Površina u mil km <sup>2</sup>	Zapremina u mil. km <sup>3</sup>	Najveća dubina u m
Veliki (Tihi) okean	181,34	714,41	11.022
Atlantski okean	106,57	350,91	9.219
Indijski okean	74,12	248,61	7.455
Svjetsko more	362,03	1349,93	11.022

Tabela 4. Okeanski bazeni s okolnim morima (Marcinek, Rosenkranz, 1996.)

SVJETSKO MORE	POVRŠINA	ZAPREMINA	DUBINA	SVJETSKO MORE
	mil. km <sup>2</sup>	mil. km <sup>3</sup>	prosjeak (m)	%
<b>Veliki okean</b>	166,24	696,19	4188	-
+ okolna mora	181,34	714,41	3940	50,1
<b>Atlantski okean</b>	86,56	323,37	3736	-
+ okolna mora	94,31	337,71	3575	26,0
<b>Indijski okean</b>	73,43	284,35	3872	-
+ okolna mora	74,12	284,61	3840	20,5
<b>Sjeverno ledeno more</b>	9,48	12,61	1330	-
+ okolna mora	12,26	13,70	1117	3,4
<b>SVJETSKO MORE</b>	<b>362,03</b>	<b>1349,93</b>	<b>3729</b>	<b>100,0</b>

**Mora.** Mora su dijelovi okeana, sa kojima su u široj ili užoj vezi. Dije se na sredozemna, ivična i međuostrvska mora.

**Sredozemna mora (mediterani,** lat. medio – u sredini + terra – zemlja) su skoro sa svih strana opkoljena kopnom i dijele se u dvije grupe. Prvu grupu čine **međukontinentalna (interkontinentalna) mora** koja su smještena između kontinenata (evropsko-afričko-azijsko sredozemno more, australijsko-azijsko sredozemno more i američko – Sjeverna i Južna Amerika – sredozemno more). Drugu grupu čine **kontinentalna ili intrakontinentalna mora** (lat. intra – u, unutra, iznutra), koja sa svih strana opkoljava kopno jednog kontinenta (Jadransko more, Baltičko more i dr.).

**Međuostrvska mora** leže između ostrva. Takva su mora Malajskog arhipelaga: Celebesko more, Javansko more i druga.

**Ivična ili rubna mora** su od okeana odvojena ostrvima i poluostrvima i naslanjaju se većom dužinom svojih obala na kontinente (Sjeverno more, Ohotsko more, Japansko more i dr.).

Jedno od najvećih i najdubljih mora na Zemlji je Koralsko more. Zahvata površinu od 4.790.000 km<sup>2</sup>, a najveća dubina mu iznosi 9.140 m. Ovo more je dio Tihog okeana i leži između Australije, Nove Gvineje i Solomonovskih ostrva.

**Zalivi** su dijelovi mora koji dublje ili pliće zalaze u kopno. Postoje zalivi koji su veći od mnogih mora (na primjer, Bengalski zaliv, Biskajski zaliv, Gvinejski zaliv, Meksički zaliv i dr.). **Zaton** je manji zaliv koji je s morem obično spojen užim prolazom. Po načinu postanka zatoni se dijele na: fjordove, rijase, limane i lagune.

**Fjordovi** (norv. fjord – riječno ušće) su potopljena korita (valovi) nekadašnjih lednika. Najtipičniji fjordovi su u južnom Čileu i Norveškoj.

**Rijasi** (špan. ria – riječno ušće) su zalivi koji postaju potapanjem riječnih dolina duž obala, koje presijecaju planinske vijence pod skoro pravim uglom (sjeverozapadna Španija, jugozapadna Irska, južna Kina).

**Limani** (grč. limen – luka, zaliv) su plitki zalivi koji postaju potapanjem riječnih ušća na niskim i ravnim obalama. Limana ima najviše pored obala Crnog mora.

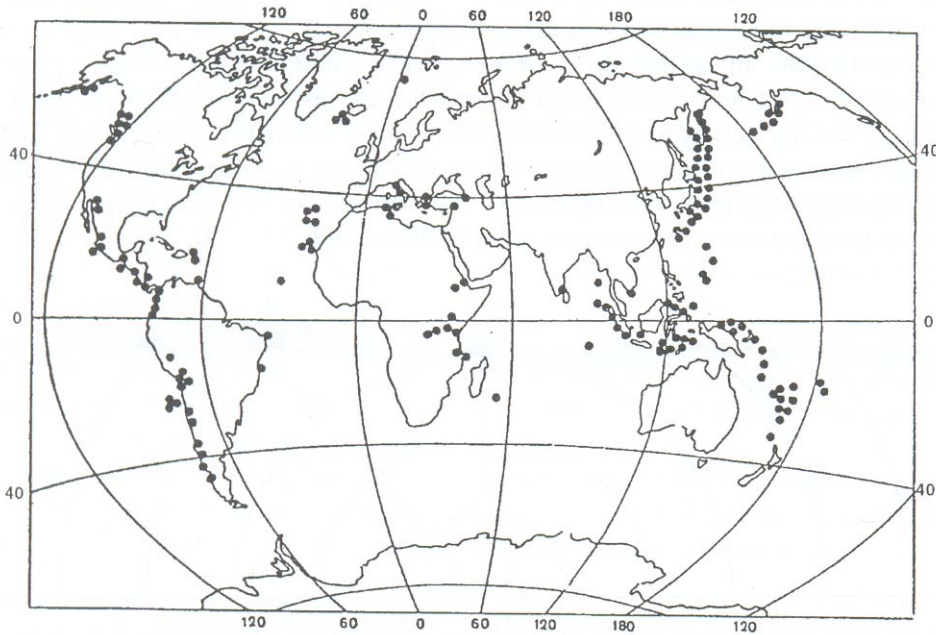
**Moreuzi** su uzani dijelovi morske površine koji spajaju dva mora, a razdvajaju dva kopna (na primjer: Gibraltarski moreuz, Bosfor i Dardaneli, Bab el Mandeb itd.). Moreuzi imaju veliki saobraćajni, ali i veoma važan vojno – strateški značaj (Bosfor).

## 1.5. Okeani

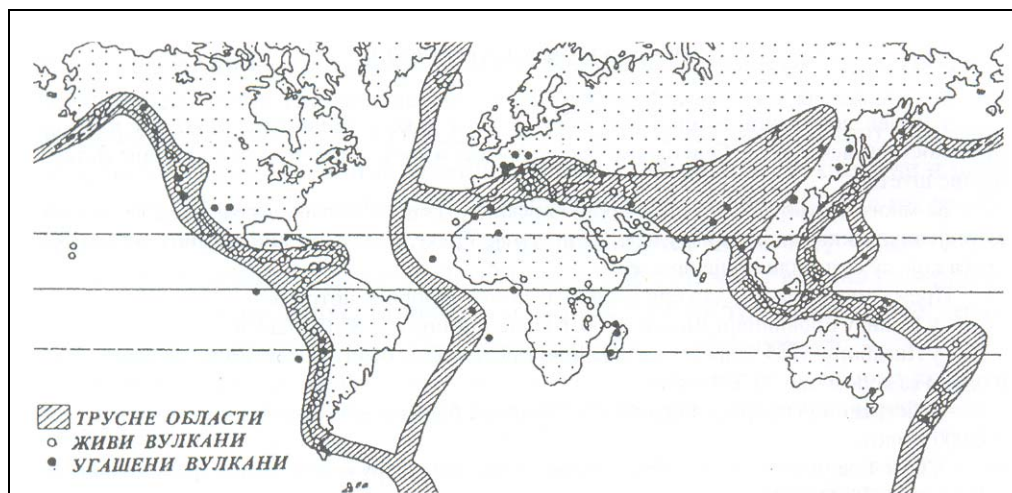
**1.5.1. Tihí okean** (Veliki okean, Pacifički okean ili Pacifik) leži između Azije i Australije na zapadu te sjeverne i južne Amerike na istoku. Sa Sjevernim ledenim okeanom spaja ga Beringov moreuz , sa Atlantskim okeanom Drejkov i Magelanov prolaz, a sa Indijskim okeanom brojni prolazi unutar Malajskog arhipelaga, te Toresov i Basov prolaz. Na jugu se granica između Indijskog i Tihog okeana pruža duž  $147^{\circ}$  λE. Između Tihog i Atlantskog okeana, a prema morima oko Antarktika granica je povučena meridijanom  $67^{\circ}16'$  λW do rta Horn na krajnjem jugu Južne Amerike. Između Filipina i Paname širok je 17.700 km.

Istočna obala Tihog okeana je slabije razuđena od zapadne. Zapadna obala ima mnogobrojne ostrvske grupe i raščlanjena je u niz rubnih (Beringovo, Ohotsko, Istočnokinesko i Južnokinesko more) i sredozemnih mora (Sulusko, Celebesko, Molučko, Cerondovo, Floresko i Toresovo more).

Tihí okean smješten je na najlabilnijem području Zemlje: Cirkum pacifički (Tihookeanski) ili indo-malajsko-japanski trusni pojas, odnosno vulkanska oblast „Vatreni pojas Pacifika“ (360 aktivnih vulkana – v. Slika 2 i Slika 3.)



Slika 2. Geografski razmještaj aktivnih vulkana na Zemlji. Na gornjoj slici označite „Vatreni pojas Pacifika“



Slika 3. Geografski razmještaj žarišta jakih zemljotresa

Za Tihookean značajnu prekretnicu predstavlja prokopavanje Panamskog kanala (1904 – 1914.). Kanal je službeno otvoren 1918. godine, i od tada počinje uključivanje Tihog okeana u međunarodni pomorski saobraćaj.

**1.5.2. Atlantski okean** (Atlantik) drugi je po prostranstvu okean naše planete, a ime mu potiče iz grčke mitologije i znači „Atlasovo more“. U meridianskom pravcu, od sjevera prema jugu, basen Atlantika je izdužen u obliku slova „S“. Neki okeanolozi smatraju paralelu od  $8^{\circ}$   $\varphi$ N linijom koja ovaj okean dijeli na sjeverni Atlantski okean i Južni Atlantski okean.

Granice Atlantskog okeana na zapadu definišu obale Sjeverne i Južne Amerike, na istoku Evrope i Afrike. (Slika 4.)

Bliže razgraničenje Atlantskog okeana u okviru Svjetskog mora (okeana) bazira se na dogovoru ili definiše na bazi dominantnijih elemenata reljefa dna okeanskih basena.

Granica prema Tihom okeanu je, da ponovimo još jednom, povučena meridijanom  $67^{\circ}16'$   $\lambda$ W, od rta Horn na Ognjenoj Zemlji (Južna Amerika) prema morima oko Antarktika. Između Atlantskog i Indijskog okeana postignut je međunarodni sporazum da to bude meridijan od  $20^{\circ}$   $\lambda$ E (linija od rta Igle (Cape Agulhaus) u Južnoj Africi prema morima polarnih prostora južne hemisfere).

Granica sa Sjevernim ledenim okeanom povlači se plićim dijelovima okeanskih basena. To su karakteristična uzvišenja u reljefu dna Atlantskog okeana tako da granica ide od jugoistočnih obala Grenlanda kroz Danski prolaz na Island, pa nastavlja prema (ostrvskoj grupi) Farskim ostrvima i Šetlandskim ostrvima do Skandinavskog poluostrva u blizini Sogne fjorda (Norveška).

Atlantski okean pokriva oko 20 % površine naše planete. Prema novijim podacima ([http://hr.wikipedia.org/wiki/Atlantski\\_ocean](http://hr.wikipedia.org/wiki/Atlantski_ocean)), zajedno sa susjednim morima Atlantski okean obuhvata površinu od oko 106.450.000  $\text{km}^2$ ; a bez njih 82.362.000  $\text{km}^2$ . Zapremina okeana sa susjednim morima je 354.700.000  $\text{km}^3$ , a bez njih 323.600.000  $\text{km}^3$ . Širina Atlantika kreće se od 2.848 km između Brazila i Liberije do oko 4.830 km između SAD i sjeverne Afrike.

Obala Atlantskog okeana je razvedena, s brojnim zalivima i morima: Karipsko more, Meksički zaliv, zaliv Svetog Lorensa (St. Lawrence), Sredozemno more, Sjeverno more, Baltičko more, Norveško more i Vedelovo (Weddelovo) more.

Među ostrvima Atlantskog okeana ističu se Slalbard, Grendland, Island, Velika Britanija, Irska, Veliki i Mali Antili, Fernindo de Noronja, Azori, Madeira, Kanarska ostrva, Zelenortska ostrva, Bermudi, Karibi, Asunsion, Sveta Jelena, Triston da Kunja, Folklandska ostrva i Južna Džordžija.

### 1.5.2.1. Sredozemno more

Sredozemno more je sastavni dio Atlantskog okeana, s kojim je ostvarena prirodna veza preko Gibraltarskog moreuza. Sredozemno more pruža se od Gibraltarskog moreuza na zapadu do najistočnijeg mjesta Crnog mora u dužini oko 3860 km, a najveća meridijanska širina (sjever-jug) između Republike Hrvatske i Libije iznosi 1750 km. Još uvijek nema jedinstvenog podatka o površini Sredozemnog mora<sup>9</sup>, ali je sve više prihvaćen podatak od oko 3,0 mil. km<sup>2</sup> površine Sredozemnog mora i zapreminom od oko 4,4 km<sup>3</sup>. Za najveću dubinu Sredozemnog mora prihvaćena je vrijednost od 5.121 m, jugozapadno od Pelaponeza (Alexander Welt – atlas, 1982.).

Između ostrva Sicilije i Tunisa, prag Aventure može se povući granica između zapadnog i istočnog dijela Sredozemnog mora. Zapadni dio Sredozemnog mora ima površinu od 821.600 km<sup>2</sup><sup>10</sup>, a istočni dio površinu od 2.144.300 km<sup>2</sup>. Obale zapadnog dijela Sredozemnog mora su slabije razvedene, a to područje je pliće sa slabo izraženom dinamikom mora.

Dužina svih obala u Sredozemnom moru iznosi (približno) oko 38.500 km<sup>11</sup>, od čega na kopnene obale otpada oko 25.200 km, a na ostrvske 13.300 km.

*Sredozemno more i Sredozemlje.* U osnovi termina Sredozemlje je Sredozemno more ili Mediteran (lat. medius-srednji + terra-zemlja), odnosno more u središtu kopna. Međutim u naučno-nastavnoj literaturi<sup>12</sup> možemo naći podatak da je odrednica Sredozemlje zajednički naziv za države uz Sredozemno more. Geografi su vrlo brzo zapazili niz nedostataka u identifikaciji termina u pojmove Sredozemlje – Sredozemno more. Bez obzira što svaka suverena država ima pravo da se naziva sredozemnom ako ima izlaz na Sredozemno more, pravom je pokazala da se neke države ne mogu u cjelini definisati kao pretežno sredozemne<sup>13</sup>. S obzirom da, još uvijek, postoje nedoumice da li je Sredozemno more dio pojma Sredozemlje (ili ne), smatramo da je prihvatljiva geografska determinanta da je Sredozemlje (Mediteran), ustvari Sredozemno more sa okolnim (tangirajućim) geografskim prostorom Evrope, Azije i Afrike, kopnenim prostorom koji je usmjeren prema obalama Sredozemnog mora (zajednička prošlost, kulturno-civilizacijski areal, sličan način življenja i dr.). Na ovaj način nisu u potpunosti definisane granice Sredozemlja koje je teško odrediti zbog istorijskih i geopolitičkih promjena.

Sredozemno more je međukontinentalno more (interkontinentalno more), more smješteno između kontinenata : Evrope, Azije i Afrike. U skladu sa navedenom definicijom i neka druga morska područja u Svjetskom moru mogu se nazvati sredozemnim, kao na primjer: Američko sredozemlje, Australijsko sredozemlje. Drugu grupu Sredozemnih mora čine unutarkontinentalna ili interkontinentalna mora, odnosno mora koja sa svih strana opkoljava kopno jednog kontinenta (Jadransko more, Baltičko more) .

<sup>9</sup> 1) oko 3 mil. km<sup>2</sup>, [www.geografija.hr/novosti.asp?id\\_novosti](http://www.geografija.hr/novosti.asp?id_novosti); 2) 2,5 mil.km<sup>2</sup>; Džejn Deloroš:Atlas okeana, Beograd, 2003; 3) 3,02 mil. km<sup>2</sup>, Ridanović. J., Zagreb, 2002.

<sup>10</sup> [www.geografija.hr/novosti.asp?id\\_novosti](http://www.geografija.hr/novosti.asp?id_novosti)

<sup>11</sup> Prema J.Ridanović. (cit.djelo), dužina svih obala u Sredozemnom moru iznosi 38,549 kilometara. Obale na kopnu duge su 25.238 km, a na ostrvima 13.311 km.

<sup>12</sup> Opširnije vidjeti [www.geografija.hr/novosti.asp?id\\_novosti](http://www.geografija.hr/novosti.asp?id_novosti)

<sup>13</sup> Portugalija je u nastavnoj, ali i drugoj literaturi po pravilu država Sredozemlja iako nema izlaz na Sredozemno more.

Prokopavanjem Sueckog kanala (1869.) počinje nova etapa u značenju Sredozemnog mora koje postaje glavni posrednik u pomorskom saobraćaju između brojnih luka na Atlantskom okeanu s(a) lukama na Indijskom okeanu. Do 1967. godine Sredozemnim morem prolazi jedna od najprometnijih pomorskih veza svijeta.

Danas je daleko najvažnija uloga Sredozemnog mora (Sredozemlja) vezana za Suecki kanal. Prokopavanjem Sueckog kanala Sredozemno more postaje veoma bitna pomorska saobraćajnica između vodenih luka na Atlantskom okeanu i velikog broja luka Indijskog i Tihog okeana.

### 1.5.3. Indijski okean

Indijski okean sa svojom površinom od oko 74 mil. km<sup>2</sup> pokriva nešto više od 20 % površine Svjetskog okeana. Sa sjevera Indijski okean je okružen Azijom (Indijski potkontinent), sa zapada Arabijskim poluostrvom i Afrikom, sa istoka malajskim poluostrvom, ostrvskim nizom Sunda i Australijom. Užu granicu Indijskog okeana čini obala Antarktika između meridijana koji prolazi kroz rt Dobre Nade i Saut-Ist-Point.

Od Atlantskog okeana ga, južno od Afrike, dijeli meridijan od 20°λ<sub>E</sub>. Najsjevernija tačka Indijskog okeana je u Perzijskom zalivu, na oko 30°φ<sub>N</sub>. U okeanu se nalaze ostrvske države Madagaskar, Mauricijus, Komorska ostrva, Sejšelska ostrva, Maldivi i Šri Lanka. Okeanska voda zapljuskuje i zapadne obale ostrvske države Indonezije.

Važni plovni putevi su Bab el Mandeb, Hormuški prolaz, Malajski prolaz, Suecki kanal (južni ulaz), Mozambički kanal i prolaz Lombok.

Veći broj, planetarno značajnih rijeka se uliva u Indijski okean: Zambezi, Arvandrud (Shatt – al – Arab, Ind, Gang, Brahmaputra i Irrawaddy).

**Komisija Indijskog okeana.** COI – Komisija Indijskog Okeana (Commission de l' Océan Indien) je međudržavna organizacija između nekih država Indijskog okeana. Organizacija je stvorena u januaru 1984. godine, ugovorom između Madagaskara, Mauricijusa i Sejšela. Nakon dvije godine Komisiji su se pridružili Komorska ostrva i Francuska (sa ostrvima Reunion i Mayotte), a u septembru 2005. godine COI traži status posmatrača u Generalnoj skupštini OUN.

Ciljevi Komisije za Indijski okean su: diplomatska saradnja, ekonomska i pravna saradnja, saradnja u poljoprivredi, morsko ribolovu, očuvanju resursa i ekosistema, zatim zaštita životne sredine, posebno hidrosfernog kompleksa.

U prioritetne ciljeve saradnje spadaju još kultura, nauka, tehnologija, obrazovni sistem i pitanja pravne struke.

(Službena stranica za COI: (<http://www.coi-info.org/> *Napomena:* stranica je na francuskom jeziku).

**1.5.3.1. Južni okean.** *Prema odluci Međunarodne hidrografske organizacije (proljeće 2000.godine) definisan je Južni okean, peti svjetski okean, čime je Indijski okean „izgubio“ svoj južni dio. „Novi“ okean se prostire od obala Antarktika do 60°φ<sub>S</sub>, što se poklapa sa granicom određenom Antarktičkom poveljom ( Antarctic Treaty).*

*U ovom slučaju ukupna površina Indijskog okeana iznosi 68.556.000 km<sup>2</sup>.*

**Značajnija mora i zalivi Indijskog okeana.** Andanamsko more, Arapsko more, Bengalski zaliv, Veliki australijski zaliv, Adenski zaliv, Omanski zaliv, Lakadivsko more, Perzijski zaliv, Crveno more i druge manje vodene mase.

### 1.5.3.2. Najvažnije luke Indijskog okeana.

- Australija: Fremantle,
- Indija: Calcuta (Kalkuta), Chennai (Madras), Mumbaj (Bombaj), Visakhapatnum, Kochi,
- Šri Lanka: Colombo (Kolombo),
- Indonezija: Jakarta (Džakarta),
- Pakistan: Karachi (Karači),
- Južna Afrika: Durban, Richards Bay.

Indijski okean je uključen u svjetski pomorski saobraćaj i međunarodnu trgovinu globalnog značaja tek prokopavanjem Sueckog kanala (1869.). Zahvaljujući ovo kanalu, koji je najprometniji vještački kanal na svijetu, Indijski okean je, uz Sredozemno more, postao važna veza u pomorskom saobraćaju i razmjeni dobara između brojnih luka Atlantskog i Tihog okeana.

Izraelsko – arapski rat (1967. godine) i njegove posljedice, doveli su do osmogodišnjeg prekida saobraćaja kroz Suecki kanal.

### *PITANJA ZA VJEŽBU (ODGOVORI SU DATI U FUS NOTI)*

1. Zatvaranjem Sueckog kanala (1967 – 1975. god.) ukupan prevoz materijalnih dobara se čak uvećao u Indijskom okeanu. Objasnite razloge!<sup>14</sup>
2. Koje luke dobijaju na značaju i povećavaju svoj promet zatvaranjem Sueckog kanala?<sup>15</sup>
3. Zbog čega je nastao i čime se manifestuje gigantizam u brodogradilišnoj industriji?<sup>16</sup>

### 1.5.3.3. Problemi zagađivanja hidrosfernog kompleksa.

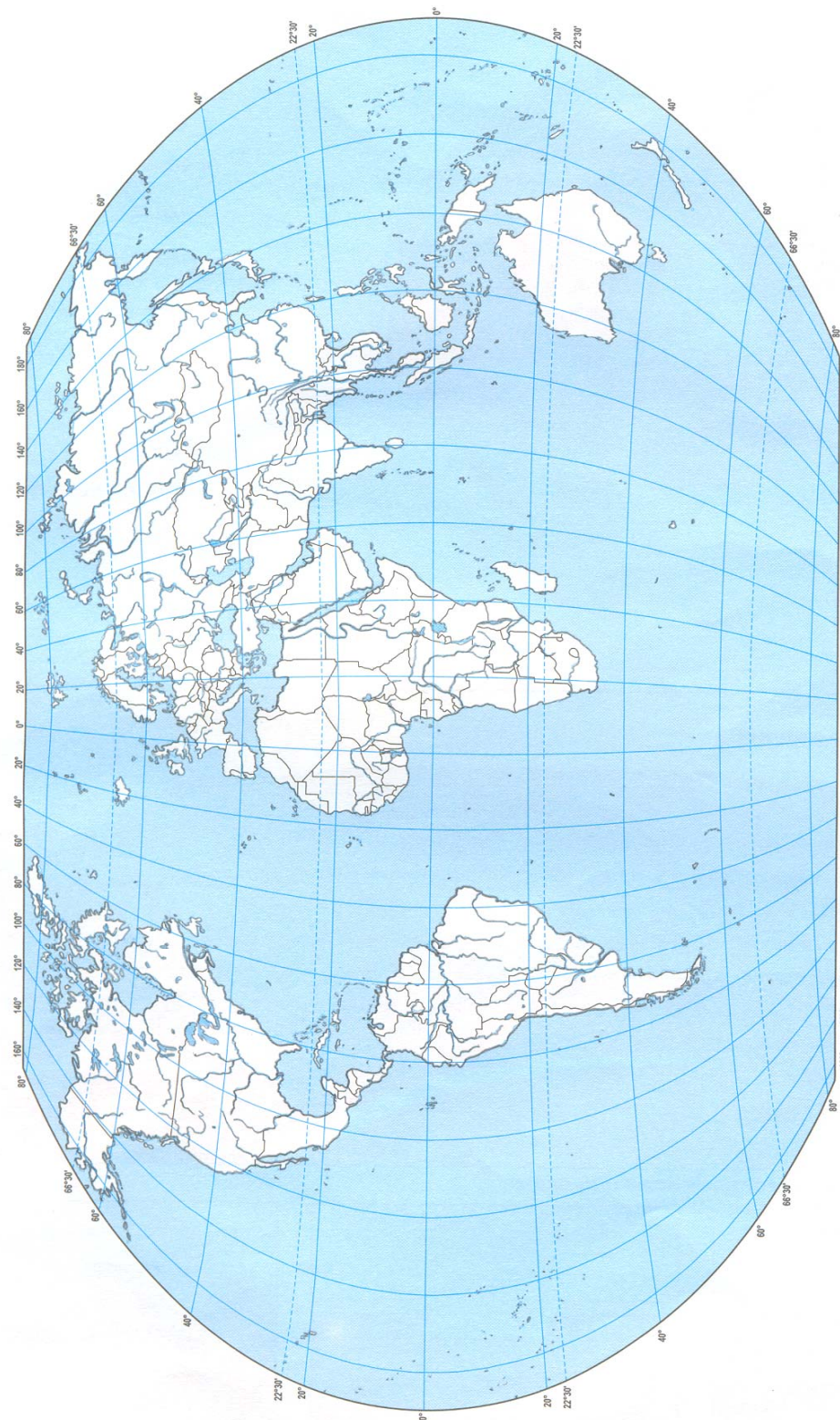
- ugrožene morske vrste: dugong, foke (tuljani), morske kornjače, kitovi,
- zagađivanje naftom: Arapsko more, Perzijski zaliv, Crveno more...
- Navedite još neke značajne zagađivače i opasne polutante za hidrosferni kompleks Svjetskog okeana. Ukoliko niste sigurni u pravilan odgovor, pogledajte knjigu Geografske osnove zaštite životne sredine, autora dr Čedomira Crnogorca (izdavač Prirodno – matematički fakultet, Banjaluka, 2005.).

---

<sup>14</sup> To se objašnjava naglim porastom izvoza nafte iz Perzijskog zaliva.

<sup>15</sup> Zatvaranjem Sueckog kanala dolazi do oživljavanja luka u Južnoj Africi (Cape Town).

<sup>16</sup> Zbog ogromnih zahtjeva za prevozom sve većih količina nafte putem Svjetskog mora (a zatvaranjem Sueckog kanala) javlja se izgradnja supertankera nosivosti 50.000, 100.000 i više BRT (bruto registarskih tona). Danas oni ne mogu da prolaze Sueckim kanalom.



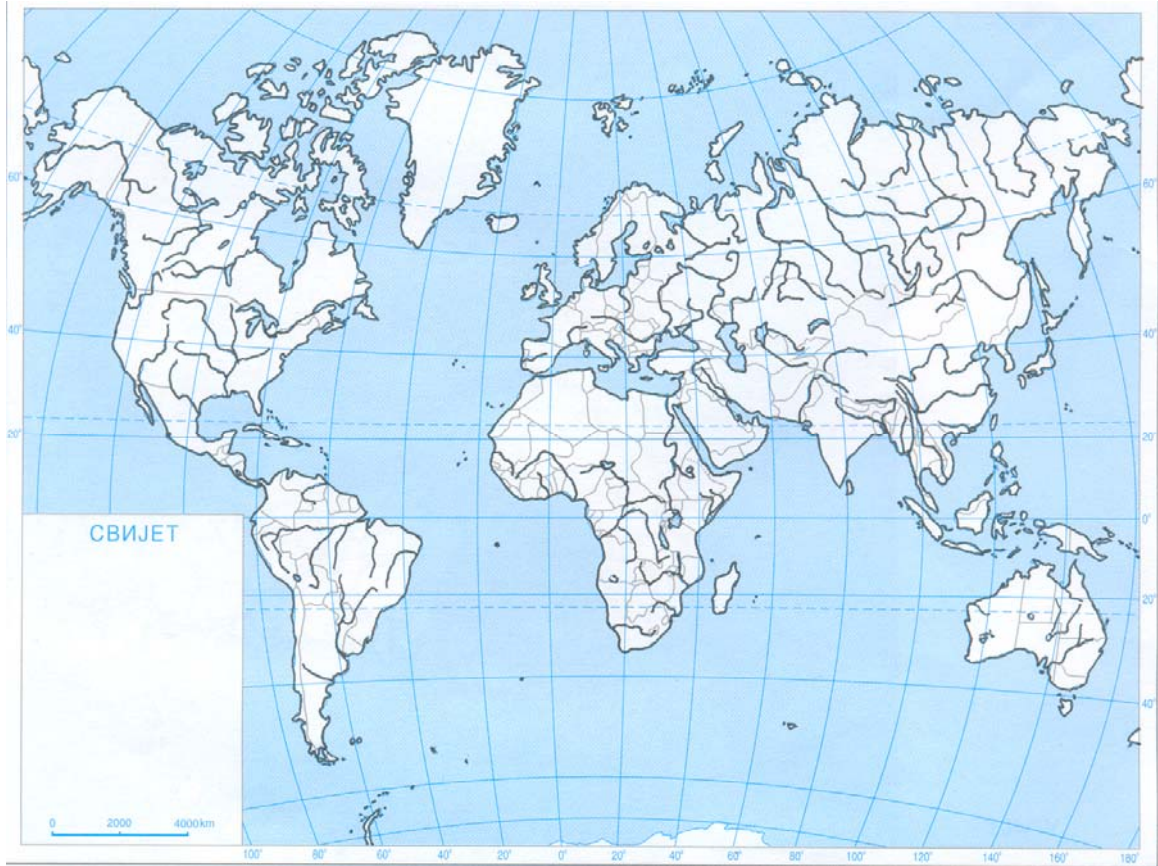
Slika 4. Nijema karta svijeta. Upišite nazive kontinenata i okeana i označite granice između okeana!



Slika 5. Nijema karta svijeta. Upišite nazive najpoznatijih interkontinentalnih mora, intrakontinentalnih mora, međuostrvskih mora i ivičnih (rubnih) mora Svjetskog mora!



Slika 6. Nijema karta svijeta. Označite i upišite nazive najpoznatijih zaliva, fjordova, rijasa i moreuza Svjetskog mora!



Slika 7. Karta svijeta

Odgovarajući broj ispred naziva pojedinih mora i zaliva upišite na kartu (Slika 7.). 1. Sjeverno more; 2. Egejsko more; 3. Azovsko more; 4. Botnički zaliv; 5. Norveško more; 6. Ligursko more; 7. Hadsonov zaliv; 8. Beringovo more; 9. Karipsko more; 10. Omanski zaliv; 11. Andanamsko more; 12. Barenovo more; 13. Ohotsko more; 14. Sijamski zaliv; 15. Tonkinški zaliv; 16. Celebeško more; 17. Koralno more; 18. Tasmanovo more.



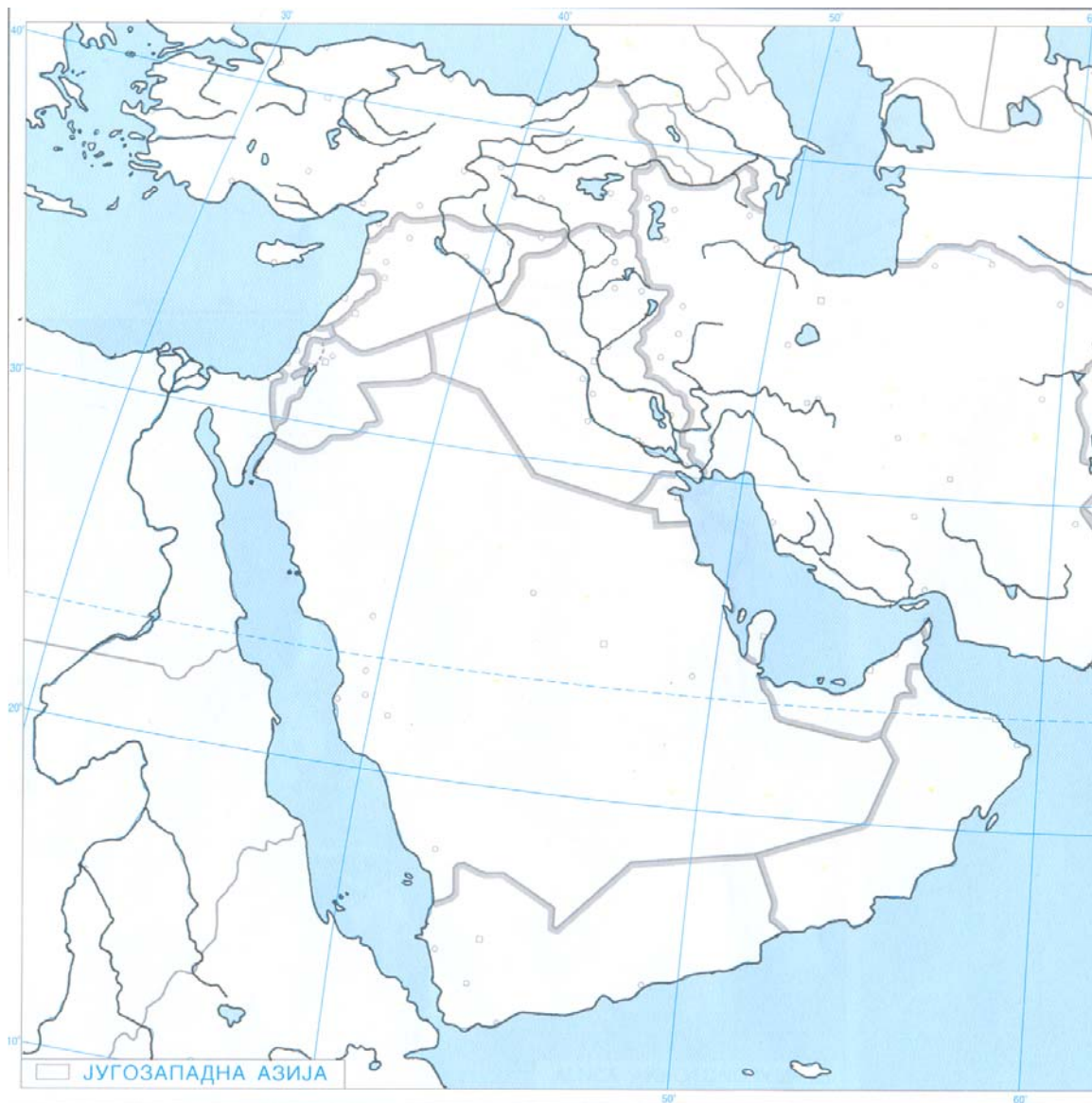
Slika 8. Azija

- I. Upišite nazive okeana koji okružuju azijski kontinent
- II. Navedite države koje imaju izlaz na Južno kinesko more<sup>17</sup>. Ako niste sigurni, pogledajte fus notu 17. Redne brojeve ispred naziva država u fus noti upišite na karti Azije pripadajućoj državi.
- III. Navedite države koje imaju izlaz na Bengalski zaliv<sup>18</sup>. Na karti Azije upišite brojeve ispred naziva država koje izlaze na Bengalski zaliv, a navedene su u fus noti 18.
- IV. Navedite zemlje koje imaju izlaz na Crveno more<sup>19</sup>. Na osnovu brojeva ispred naziva država u fus noti 19, odgovarajuće brojeve za svaku državu koja izlazi na Crveno more upišite na karti Azije.

<sup>17</sup> 1. Malezija, 2. Singapur, 3. Filipini, 4. Tajvan, 5. Kina, 6. Vijetnam, 7. Kambodža, 8. Tajland

<sup>18</sup> 9. Šri Lanka, 10. Indija, 11. Bangladeš, 12. Burma

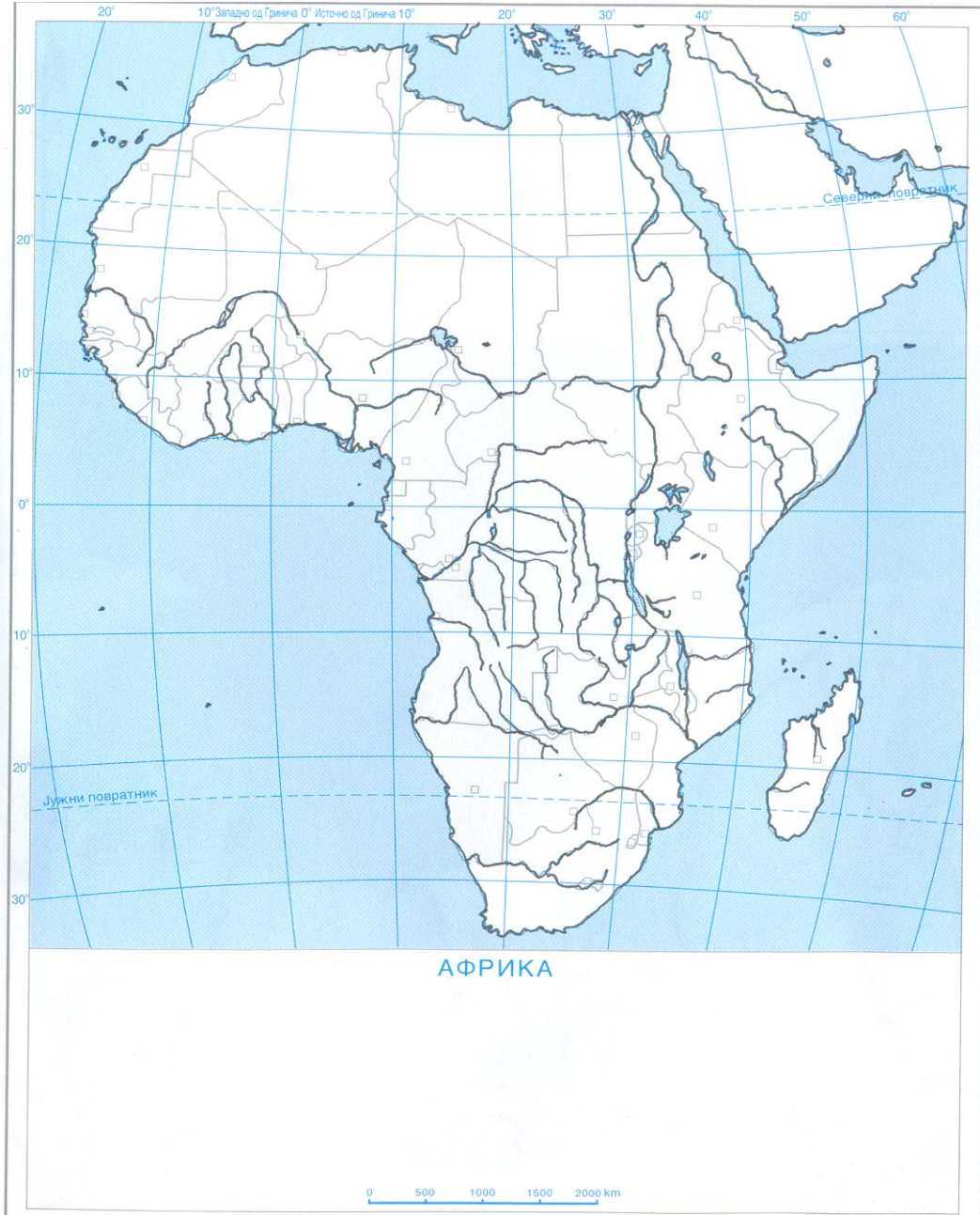
<sup>19</sup> 13. Izrael; 14. Jordan; 15. Saudijska Arabija; 16. Sjeverni Jemen; 17. Egipat.



Slika 9. Države jugozapadne Azije

1. Na karti jugozapadne Azije pronađite i označite Arapsko – perzijski zaliv, a potom upišite nazive država koje izlaze na ovaj zaliv. Ako niste sigurni, pogledajte fus notu 20.<sup>20</sup>
2. Na karti ucrtajte vještački kanal koji spaja Crveno more i Sredozemno more i upišite njegov naziv.

<sup>20</sup> Ujedinjeni Arapski Emirati, Katar, Saudijska Arabija, Kuvajt, Irak, Iran.



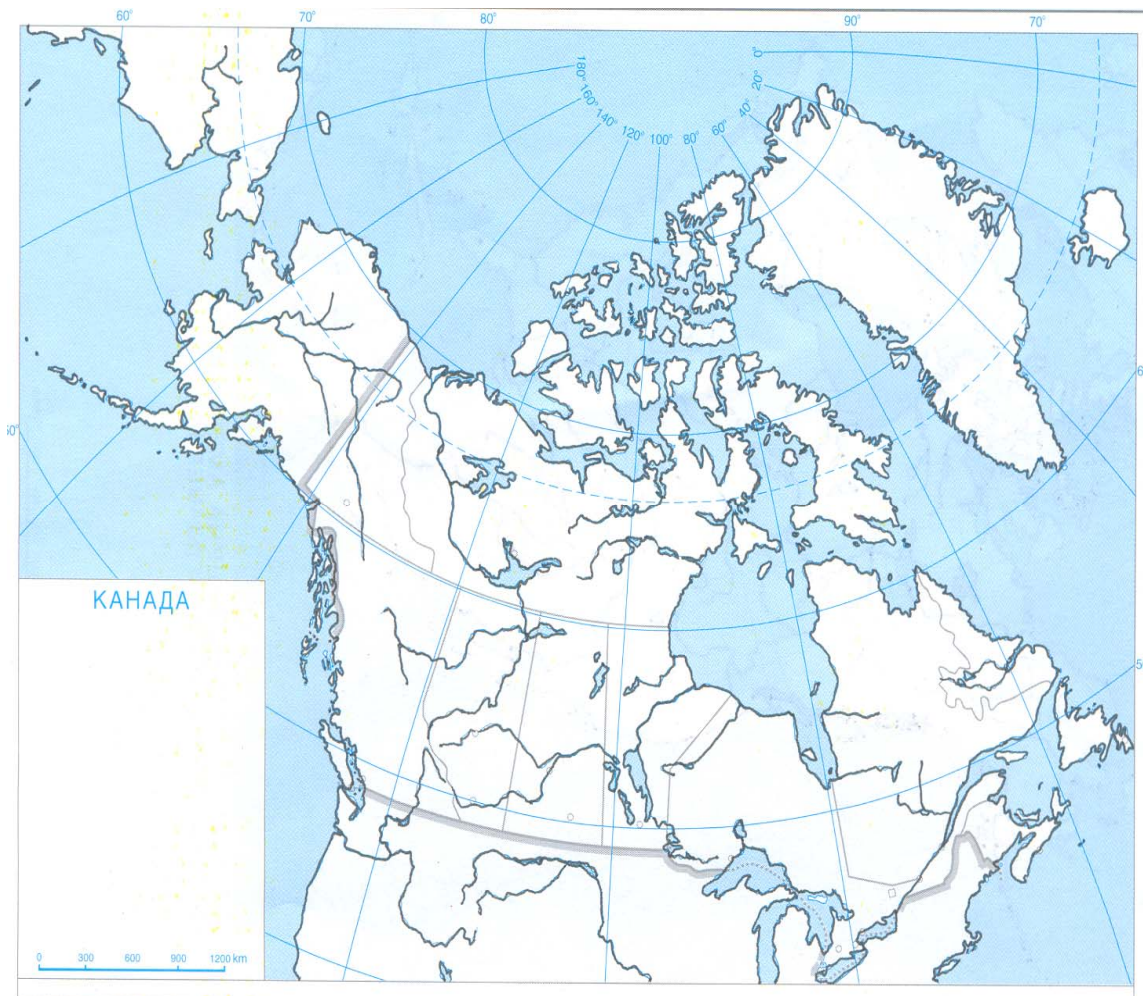
Slika 10. Afrika

- I. Rednim brojevima 1 – 5 označite jezera: Čad, Viktorijino jezero, Tanganjika, jezero Tana i jezero Malawi;
- II. Na odgovarajuće mjesto upišite nazive ostrvskih grupa i ostrvskih država u Indijskom i Atlantskom okeanu: Maskareni, Kanarska ostrva, Madagaskar, San Tome i Prinsipe, Komorska ostrva !
- III. Na odgovarajuće mjesto na karti upišite nazive država koje izlaze na Sredozemno more!



Slika. 11. Sjeverna Amerika

1. Na karti Sjeverne Amerike označite r.b. 1 – Velika američka jezera, r.b. 2 – Veliko Slano jezero;
2. Označite i upišite na karti: Meksički zaliv, Kalifornijski zaliv, zaliv Fandy, poluostrvo Aljaska, poluostrvo Nova Škotska, poluostrvo Labrador, Bafinov zaliv, Arktički arhipelag.



Slika 12. Kanada

- I. Na karti Kanade, kod Velikih američkih jezera upišite odgovarajuće brojeve za svako od ucrtanih jezera: 1. Gornje jezero; 2. Mičigen jezero; 3. Hjuron jezero; 4. Iri jezero; 5. Ontario jezero.
- II. Upišite na karti odgovarajući broj za: Foxeov zaliv (br.6.); Dejvisov prolaz (Davisova vrata – br. 7) Hadsonov prolaz (br. 8.), Bofortovo more (br. 9.).



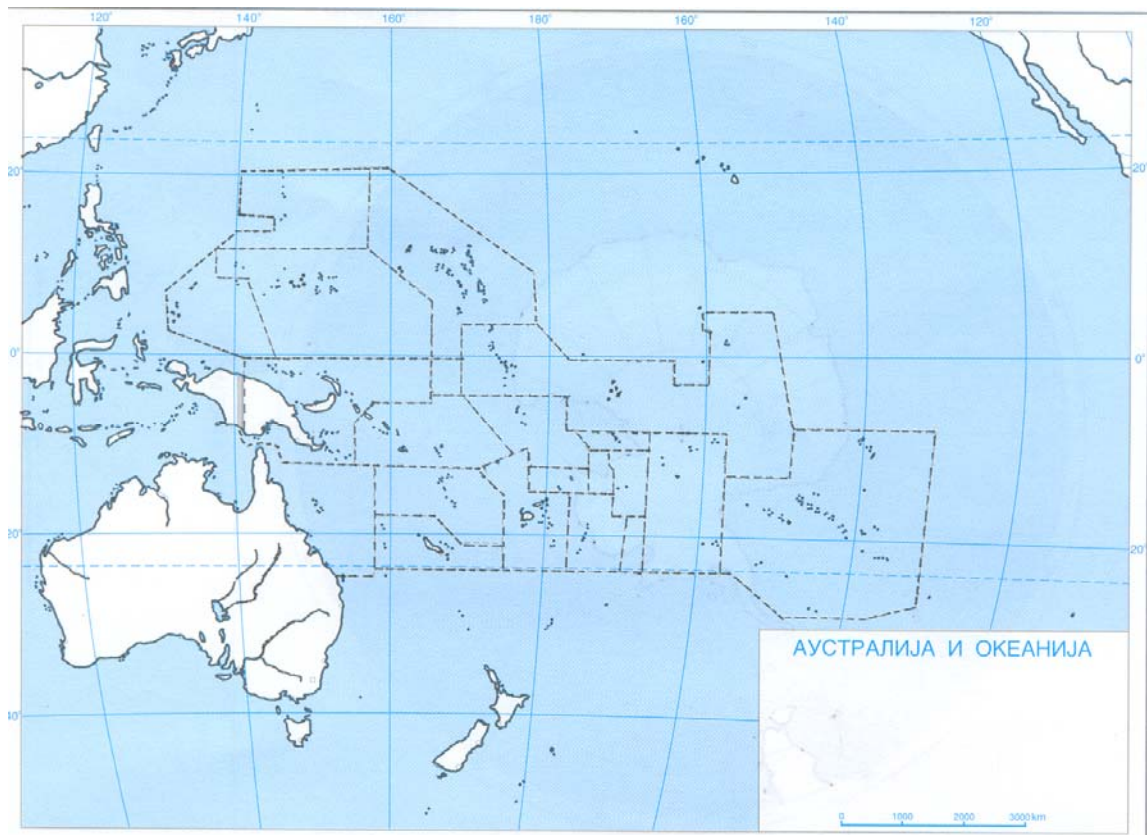
Slika 13. Srednja Amerika

- I. Na odgovarajuće mjesto na nijemoj karti upišite slijedeće nazive: Tihookean, Atlantski okean, Karipsko more, Meksički zaliv, Floridski moreuz, Jukatanski moreuz,
- II. Na odgovarajuće mjesto na nijemoj karti unesite odgovarajući broj koji se nalazi ispred naziva države: 1. Gvatemala, 2. Kolumbija, 3. Honduras, 4. Venecuela, 5. Kuba, 6. Nikaragva, 7. Jamajka, 8. Haiti, 9. Panama, 10. Kostarika, 11. Meksiko, 12. Salvador, 13. Luizijana, 14. Dominikanska Republika,
- III. Zaokružite ostrvsku grupu i upišite odgovarajuća slova: Veliki Antili (VA); Bahamska ostrva (BO); Mali Antili (MA)
- IV. Označite na karti vještački kanal koji spaja Karipsko more i Tihookean.



Slika 14. Južna Amerika

- I. Na nijemoj karti upišite nazive država Južne Amerike i navedite koje države nemaju izlaz na more!
- II. Upišite na odgovarajućem mjestu hidronime: Amazon, Orinoko, Madeira, Parana, Ukajali, La Platu
- III. Označite na karti Magelanov prolaz, Folklandska ostrva, jezero Marakaibo
- IV. Označite glavne gradove južnoameričkih država koji se nalaze na morskoj (oceanskoj) obali.

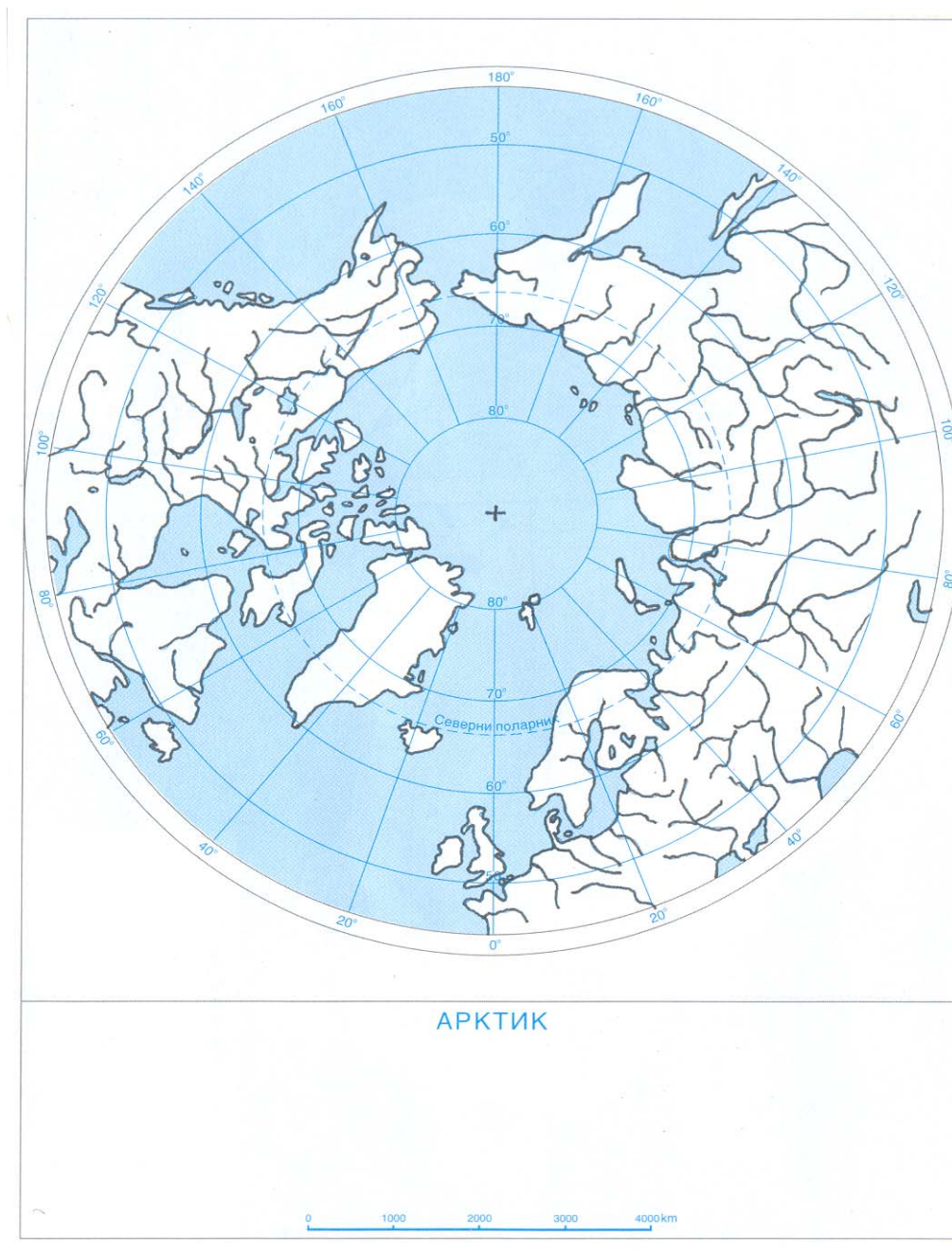


Slika 15. Australija i Okeanija

I. Na nijemoj karti Australije i Okeanije rednim brojevima označite slijedeće države, oblasti i ostrva: 1. Novi Zeland, 2. Tasmanija, 3. Australija, 4. Nova Gvineja, 5. Irian, 6. Nova Kaledonija, 7. Molučka ostrva, 8. Sulavesi (Celebes), 9. Havaji,

II. Na karti pronađite slijedeća mora i zalive, i upišite njihove nazive (ili r.br.) na odgovarajućem mjestu: Tasmanovo more (10), Korralno more (11), Veliki australijski zaliv (12), Timorsko more (13), Bandsko more (14), zaliv Karpentaria (Carpentaria – 15),

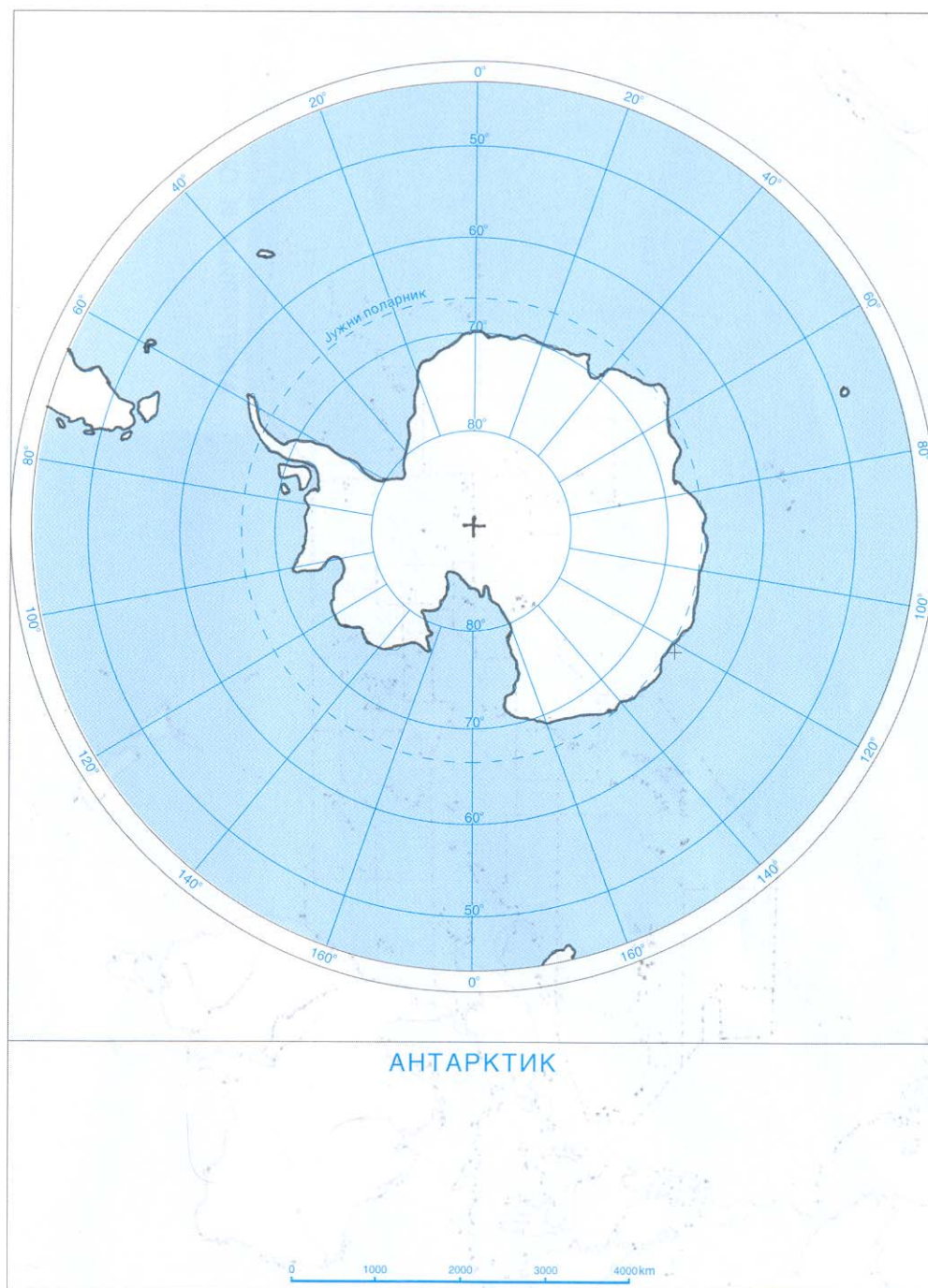
III. Okeaniju čine tri ostrvske grupe : Melanezija, Mikronezija i Polinezija. Na karti Australije i Okeanije zaokružite svaku od ovih ostrvskih grupa i označite je odgovarajućim velikim slovomima: Melanezija (ME), Mikronezija (MI) i Polinezija (PO).



Slika 16. Arktik

- I. Upišite na odgovarajuće mjesto na nijemoj karti toponim Sjeverni pol!
- II. Unesite na karti nazive mora Sjevernog ledenog okeana (Grenlandsko more, Norveško more, Barentsovo more, Murmanskovo more, Pečorsko more, Karsko more, Laptevsko more, Istočnosibirsko more, Čukotsko more, Bofortovo more, Linkolnovo more i Vandelovo more).
- III. Koje države izlaze na Sjeverni ledeni okean?<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Danska (Grenland), Norveška, Rusija, SAD (Aljaska), Kanada, Island



Slika 17. Antarktik

I. Upišite nazive mora oko Antarktika, unutar  $\varphi_S = 60^\circ$  (Južni okean) : Lazarevo more, Vedelovo (Weddelovo) more, Belingshauzenovo (Belingshafenovo) more, Amundsenovo more, Rossovo more, D'Urvilleovo more, Davisovo (Dejvisovo) more.

#### 1.5.4. Sjeverni ledeni okean (Arktički okean, Sjeverno polarno more, Arktik, Arktičko sredozemno more)

U današnjoj stručnoj i naučnoj hidrorafskoj (hidrološkoj) literaturi prisutna je, sve raširenija, dilema: da li je Sjeverni ledeni okean *zaista okean* u savremenoj geografskoj klasifikaciji okeana i mora, ili je more Svjetskog okeana?

Prema klasifikaciji iz 1972.<sup>22</sup> godine Svjetsko more je podijeljeno na tri (3) okeana: Veliki (Tihi) okean, Atlantski okean i Indijski okean. (v. Tabelu 3.). Klasifikacija iz 1996. godine<sup>23</sup> Svjetsko more dijeli na: Veliki (tihi) okean, Atlantski okean, Indijski okean i Sjeverno ledeno more (v. Tabelu 4.).

Sjeverni ledeni okean obuhvata mora polarnih krajeva na sjevernoj hemisferi: Grenlandsko more, Norveško more, Barenovo more, Murmanskoo more, Bijelo more, Pečorsko more, Karsko more, Laptevsko more, Istočnosibirsko more, Čukotsko more, Bofortovo more, Linkolnovo more i Vandelovo more.<sup>24</sup>

- Barenovo more je dobilo ime po holandskom istraživaču sjevernog polarnog pojasa Vilhemu Barenu (Wilhem Barents); površina mu iznosi 1.438.300 km<sup>2</sup> (uključujući i Murmanskoo more);
- Bijelo more je otkriveno veoma davno, u IX vijeku (normanski pomorac Ottar 870. godine). More , smješteno između poluostrva Kola i rta Kanin (vidjeti na karti) ima površinu oko 95.000 km<sup>2</sup>;
- Pečorsko more<sup>25</sup> , povezano je sa Karskim morem;
- Karsko more ima površinu od 850.000 km<sup>2</sup>, nalazi se između poluostrva Jamala i Tajmira;
- Laptevsko more pruža se uz sibirsku obalu, sa pripadajućim Novosibirskim ostrvima; naziv potiče od ruskih istraživača Dimitrija i Haringtona Lepteva;
- Istočnosibirsko more (oko 900.000 km<sup>2</sup>) smješteno je između Novosibirskih ostrva, sibirske obale (v. sliku – kartu 16) i ostrva Vrangela (vidjeti kartu Rusije);
- Čukotsko more se nalazi istočno od ostrva Vrangela, i preko Beringovog moreuza (Beringova vrata) povezuje Arktik sa Tihim okeanom;
- Bofortovo more<sup>26</sup> je smješteno uz obale Aljaske i Kanade i ima površinu od 162.500 km<sup>2</sup>;
- Linkolnovo more se nalazi u kanadskom arhipelagu (Ostrva kraljice Elizabet), a dio voda pripada Danskoj (ostrvo Grenland);
- Vandelovo more je smješteno na krajnjem sjeveru ostrva Grenland (Perijeva zemlja);
- Grenlandsko more je smješteno uz sjeveroistočne obale Grenlanda, iznad sjevernog polarnika (66° 32' 45"), između Norveškog mora i Barenovog mora, odnosno između ostrva Islanda, Grenlanda i Svalbarda.

<sup>22</sup> Dietrich, G. (1972), preuzeto iz: Gierloff – Emden, H.G. (1980.). Geographie des Meeres; Grösse und Gliederung der Ozeane, Teil 1, Berlin – New York

<sup>23</sup> Marcinek, J., Rasenkranz, E., (1996.): Das Wasser der Erde – Eine geograpische Meeres – und Gewässerkunde, Gotha

<sup>24</sup> Opširnije vidjeti: J. Riđanović, Geografija mora, cit. izd., str. 48 – 55.

<sup>25</sup> Nazvano prema istoimenoj rijeci Pečori

<sup>26</sup> More je dobilo ime po engleskom admiralu Francisu Beaufortu (1774. – 1857.), autoru skale za procjenu snage vjetra.

#### 1.5.4.1. Ostrva Sjevernog ledenog okeana

Uz rub Sjevernog ledenog okeana nalazi se više ostrva ili grupe ostrva: 1.ostrvo Banks, 2.Ostrva Kraljice Elizabete, 3.ostrvo Ellesmere, 4.Grenland, 5.Island, 6.Špicberg (norveški: Svalbard), 7.Kolgijev, 8.Zemlja Franje Josipa, 9.Nova Zemlja, 10.Sjeverna Zemlja, 11.Novosibirska ostrva i 12.ostrvo Vrangellov.

VJEŽBA: Brojeve ispred ostrva ili ostrvskih grupa upišite na odgovarajuće mjesto na nijemoj karti (Slika 16. Arktik).

#### 1.5.4.2. Morsko dno Sjevernog ledenog okeana

U Sjevernom ledenom okeanu, odnosno na njegovom dnu nalaze se pragovi, duboki baseni i jedna morska brazda.

U pragove spadaju Flečerov greben, Gakelski greben, Lomonosovljevi – (Harisov) – prag, Istočnosibirski prag i Čukčenski prag. U Sjevernom ledenom okeanu postoje tri duboka basena: Evroazijski (u kojem je i najveća dubina okeana od 5.449 m<sup>27</sup>) basen, Kanadski basen (4.994 m) i Centralnoarktički basen (3.290 m).

#### 1.5.5. Mora polarnih krajeva na južnoj hemisferi

Mora polarnih krajeva imaju drukčije odlike od ostalih mora Svjetskog okeana. Evidentnu distinkciju definišu specifičnosti i fizičko – hemijska svojstva morske vode mora polarnih krajeva i ekonomsko – geografske odlike, uslovljene geografskim položajem i novim razvojnim procesima svjetske privrede.

Postupak za određivanje pripadnosti polarnim geografskim prostorima, samim tim i određivanje mora polarnih krajeva objavljen je u kompleksnoj geografskoj metodi na osnovu indeksa polariteta.<sup>28</sup>

To su:

**1.** geografska širina, **2.** ljetna temperatura, **3.** godišnja temperatura, **4.** vrste zaleđenosti u moru i kopnu, **5.** količina padavina, **6.** biljni pokrivač, **7.** pristupačnost morskim i kopnenim putevima, **8.** povezanost vazдушnim saobraćajem, **9.** uticaj stanovništva, **10.** stepen privredne aktivnosti.

Prvih šest indeksa su fizičkogeografski, a četiri posljednja su ekonomskogeografski kriteriji.

Mora polarnih krajeva na južnoj hemisferi su pod direktnim i konstantnim uticajem najvećeg ledenog pokrivača na našoj planeti. Prema nekim izvorima<sup>29</sup> Antarktiku (zajedno sa zaleđenim plicakom) obuhvata 28,6 mil. km<sup>3</sup> leda, a poslije azijskog kopna najprostranija je kopnena cjelina na Zemlji. Hidrolozi smatraju da je na Antarktiku 90% leda i 70% zaliha slatke vode na našoj planeti. Antarktiku je najhladnije područje naše planete. Pol hladnoće je „Vostok“, istraživačka stanica nekadašnjeg SSSR-a, gdje je izmjerena do sada najniža temperatura od -91,5°C.<sup>30</sup>

<sup>27</sup> <http://hr.wikipedia.org/wiki/Arkti%C4%8Dki-ocean>

<sup>28</sup> Hamelin, L.E. (1968.): Un indice circumpolaire, Annales de géographie, Nr. 422, str. 414-430, Québec.

<sup>29</sup> Riđanović, J., cit. djelo, str. 40.

<sup>30</sup> Po Enciklopedijskom leksikonu – Mozaik znanja, tom 18, str. 32, „pol hladnoće“ je -88,3°C.

Mora oko Antarktika, unutar  $55^{\circ}\phi_S$  najprihvatljiviji je naziv za mora polarnih krajeva na južnoj hemisferi.<sup>31</sup> Mora oko Antarktika su:

- Amundsenovo more ( $98.000 \text{ km}^2$ , maksimalna dubina od 4.792 m) nazvano je prema Norvežaninu Rualu (Roaldu) Amundsenu (1872 – 1928.), čuvenom istraživaču polarnih oblasti i osvajaču Južnog pola (14. decembar 1911. god.). Prošao je cijeli Sjeverozapadni prolaz, sjeverno od S.Amerike (1903 – 1906.) i Sjeveroistočni prolaz, sjeverno od Evrope i Azije (1918 – 1921.). Amundsen je odredio položaj sjevernog magnetnog pola (1904.) i preletio Sjeverni pol (1923. god.). Poginuo je na Arktiku 1928. godine u avionskoj nesreći, tragajući za italijanskom polarnom ekspedicijom generala Nobilea. Po njemu je i jedno od ivičnih mora Tihog okeana, u vodama Antarktika, dobilo ime Amundsenovo more.
- Bellingshausenovo more (5.318 m) nalazi se između  $68^{\circ}$  i  $100^{\circ}\lambda_W$ . Nazvano je prema Fadeju Fadejeviču Beligshafenu (1778 – 1852.), istraživaču, ruskom admiralu i vođi ekspedicije po južnim morima.<sup>32</sup> Godine 1820. zajedno sa M.P. Lazarevim otkrio je Antarktiku, koji je do tada zbog velike udaljenosti od ostalih kontinenata i pomorskih puteva bio nepristupačan.
- Dejvisovo (Davisovo) more ( $> 3.000 \text{ m}$ ) leži između  $87^{\circ}$  i  $98^{\circ}\lambda_E$ . More je dobilo ime po britanskom istraživaču Džonu Kingu Dejvisu, vođi ekspedicije koja je 1917. istraživala Antarktiku.
- D'Urvilleovo more (3.610 m) leži između  $136^{\circ}$  i  $148^{\circ}\lambda_E$ . Nazvano je prema Francuzu Dimonu d'Urviju, ali je more otkrio australski istraživač Daglas Moson (Douglas Mawson).
- Lazarevo more; ime dobilo po ruskom admiralu Mihailu Petroviču Lazarevu (1783 – 1851.).
- Rosovo (Rossovo) more ( $960.000 \text{ km}^2$ ) je plitko more u tzv. Rosovom kvadrantu. Otkrio ga je 1841. godine Džejms Klark Ros (1800 – 1862.) britanski admiral i polarni istraživač. U okviru Rosovog mora posebno se izdvaja zaleđeni plitki dio (Rosov ledeni šelf) veličine  $527.000 \text{ km}^2$ .
- Vedelovo (Weddell) more ( $8.245.000 \text{ km}^2$ ) smješteno je između  $10^{\circ}$  i  $60^{\circ}\lambda_W$ , odnosno između Južnog Šetlanda, Južnog Orknija, Južnog Sendviča i Grahamove zemlje. More je otkrio Britanac Džejms Vedel (James Weddell, 1787 – 1834.) 1823. godine.

### 1.5.5.1. Ledeni pokrivač Antarktika<sup>33</sup>

Zapremina antarktičkog ledenog pokrivača iznosi 30 mil.  $\text{km}^3$  i sadrži 70 % ukupne slatke vode na Zemlji. Kada bi se led u cjelosti otopio, nivo svjetskog mora podigao bi se za oko 80 m. Cjelokupna Velika Antarktika jedinstven je ledeni pokrivač površine  $10,35 \text{ mil. km}^2$  i prosječne nadmorske visine 2300 m, ali je  $4 \text{ mil. km}^2$  na nadmorskoj visini 3000 – 4000 m, a  $30.000 \text{ km}^2$  čak iznad 4000 m (Južni pol je na n.v. 2804 m). Prosječna debljina ledenog pokrivača iznosi oko 2000 m, a u unutrašnjosti premašuje i 3000 m, dok je nadeblji iza Adelijine zemlje (4776 m). Pod tolikom količinom leda stvara se vrlo visok pritisak, tako da se donji slojevi tope, pa se između leda i stjenovite podloge stvara nekoliko metara debeo sloj vode, ponegdje čak i velika slatkovodna jezera (npr. ispod ruske istraživačke stanice Vostok). Količina leda u ledenom pokrivaču relativno je stabilna, zato jer je topljenje i otplovljavanje (ledena masa koja se gubi survavanjem sa kopna u okeansku vodu) jednako stvaranju leda, koje u unutrašnjosti iznosi oko 3 cm, a uz obale 20 – 40 cm na godinu. Zbog jakog pritiska ledene mase, led se iz unutrašnjosti pomiče prema rubovima kontinenta.

<sup>31</sup> Riđanović, J.(1993.): Hidrografija, II. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, str. 27, Školska knjiga, Zagreb.

<sup>32</sup> Brodovi „Vostok“ i „Mirni“ (1891 – 1921), a dospjeli su do  $70^{\circ}\phi_S$

<sup>33</sup> Natek, K., Natek Marjeta: Države Svijeta, str. 685, Mozaik knjiga, 3. izdanje, Zagreb, 2005.

Za Antarktiku su značajni izuzetno veliki lednici, koji se između planinskih masiva horizontalno spuštaju prema ledenom šelfu ili obali mora brzinom do 1000 m na godinu.

Među najpoznatijima su 200 km dugačak i do 23 km širok Beardmorov lednik, prošaran dubokim ledničkim pukotinama, koji se u donjem dijelu pomiče brzinom od 1 m dnevno, te 700 km dugačak i do 50 km širok Lambertov lednik (brzina pomicanja do 1200 m na godinu). Slični, pukotinama isprepleteni ledeni tokovi, postoje i u unutrašnjosti, široki su do 60 km i do 100 m niži od okolnog ledenog pokrivača.

Posebnost Antarktika jesu ledeni šelfovi, velike ledene plohe na rubnim morima. Na njihovoj vanjskoj strani led je debeo 200 – 300 m, a na obali do 1000 m. Led nastaje dijelom gomilanjem snijega, dijelom se na njih slijevaju lednici iz unutrašnjosti, a do 100 m debeo sloj leda nastaje na donjoj strani leda zamrzavanjem morske vode. Led se pomiče od obale prema otvorenom moru brzinom do 1000 m na godinu. Vanjski rub šelfa ima oblik do 50 m visoke stijene s koje se u proljeće lome veliki pljosnati ledeni bregovi, koje morske struje odnose na otvoreno more. Tako se u martu 1995. godine sa ruba Larsenova ledenog šelfa otrgla 200 m visoka i  $78 \times 37$  km velika ledena ploča. Najveći ledeni šelfovi su Filchner – Ronnejevi ledeni šelf u Wedellovom moru ( $500.000 \text{ km}^2$ ) i Rossov ledeni šelf u Rossovu moru ( $700.000 \text{ km}^2$ ).

Okolna mora prekrivena su plutajućim ledom. Najprostraniji je u septembru ( $19 \text{ mil. km}^2$ ), kada u Atlantskom okeanu dostiže do  $56^\circ \varphi_{\text{S}}$ , a u Tihom okeanu do  $64^\circ \varphi_{\text{S}}$ , dok je najmanji u februaru ( $3,5 \text{ mil. km}^2$ ). Najviše ga ima na tihookeanskoj strani Malog Antarktika i u zapadnom dijelu Wedellova mora, gdje je obala dostupna samo najvećim ledolomcima, dok je ulazak u Rosovo more ljeti relativno lagan i vodi kroz pojas razdrobljenog plutajućeg leda različite širine.

### 1.5.5.2. Antarktički sporazum<sup>34</sup>

Dana 1.12. 1959. u Vašingtonu 12 država koje su Međunarodnoj geofizičkoj godini 1957 – 1958. imale na Antarktiku istraživačke stanice potpisale su Antarktički sporazum. Među njima je bilo i 7 država koje su svojatale 80 % antarktičkog teritorija i koje su svoje zahtjeve iznosile prije II svjetskog rata: Velika Britanija (1908. i 1917.), Novi Zeland (1923.), Francuska (1924.), Australija (1933.), Norveška (1939.), Čile (1940.) i Argentina (1943.). Sporazum je stupio na snagu 23. 6. 1961. i on zabranjuje svako vojno djelovanje na kopnu i na moru, južno od  $60^\circ \varphi_{\text{S}}$ . Teritorijalni zahtjevi velikih potpisnica ostaju zamrznuti do isteka roka sporazuma. Teritorij koji je predmet sporazuma namijenjen je isključivo naučnom proučavanju u miroljubive svrhe i potpuno je demilitarizovan, a zabranjeni su bilo kakvi nuklearni eksperimenti ili ispitivanja oružja, kao i odlaganje radioaktivnog otpada.

Međunarodna zajednica uspjela je sporazumom spriječiti vojno djelovanje na Antarktiku i u okolnim morima, tako da je on postao najstarije demilitarizovano područje, ujedno i bez nuklearnog oružja i bez nuklearnog otpada.

Na konferenciji u Madridu 4. 10. 1991. sve su potpisnice Antarktičkog sporazuma potpisale i tzv. Madridski protokol, tj. protokol o očuvanju životne sredine (stupio je na snagu 3. 10 1992.). Prema njemu, Antarktiku je proglašen „prirodnim rezervatom, posvećen miru i nauci“, u kojem je slijedećih 50 godina izričito zabranjeno bilo kakvo iskorišćavanje rudnog bogatstva, osim u naučne svrhe (2. član protokola).

Nakon isteka tog razdoblja može svaka od 26 potpisnica s pravom glasa zahtijevati promjenu protokola, međutim za opoziv zabrane potrebna je dvotrećinska većina država koje tada budu imele pravo glasa (među njima mora biti svih 26 sadašnjih).

<sup>34</sup> Natek, K. Natek Marjeta, cit. djelo. , str. 687.

Protokol takođe produžuje odluke o demilitarizaciji kontinenta, prava svih država na naučno istraživanje Antarktika i uspostavlja mehanizme za očuvanje životne sredine.

Sporazum je dosada potpisala 41 država, od kojih 26 ima pravo glasa: 12 potpisnica Antarktičkog sporazuma, odnosno njihovih pravnih nasljednica (Argentina, Australija, Belgija, Čile, Francuska, Japan, JAR, Norveška, Novi Zeland, Rusija, Velika Britanija, SAD) te 14 država koje su sporazum potpisale kasnije, a pravo glasa dobile odlukama sporazuma (na kontinentu izvode opširne naučno-istraživačke radove, održavaju istraživačke stanice ili na Antarktiku šalju naučne ekspedicije): Brazil, Ekvador, Finska, Indija, Italija, J. Koreja, Kina, Norveška, Njemačka, Peru, Poljska, Španija, Švedska i Urugvaj.

Sporazum je potpisalo i 15 drugih država koje nemaju pravo glasa: Austrija, Bugarska, Češka, Danska, Grčka, Gvatemala, Kanada, Kolumbija, Kuba, Mađarska, Papua Nova Gvineja, Rumunija, S. Korea, Slovačka i Švicarska.

Članice donose sve odluke na konferencijama, koje se održavaju svake druge godine, a po potrebi održavaju se i vanredne konferencije.

U okviru Antarktičkog sporazuma djeluje i :

1. Udruženje za Antarktiku i južna mora (engl. ASOC, Antarctic and Southern Ocean Coalition). Njegov je cilj očuvanje prirodnih izvora, a okuplja oko 200 organizacija iz 50 država; sjedište joj je u Vašingtonu (SAD).

2. Naučni odbor za proučavanje Antarktika (engl. SCAR, Scientific Committee on Antarctic Research). Čine ga predstavnici 30 država i 7 naučnih udruženja (između ostalih Međunarodna geografska unija). Njihovo je sjedište na Skotovom institutu za polarna istraživanja u Kembridžu (Velika Britanija). U okviru odbora zimi 1997./98. na Antarktiku su radile 42 istraživačke stanice; najviše ih ima Argentina (6), po četiri Rusija, Francuska i Australija, a po tri SAD, Velika Britanija, Čile i JAR.

Antarktičkim sporazumom zamrznuti su svi dotadašnji teritorijalni zahtjevi, dok postavljanje novih ili mijenjanje postojećih zahtjeva nije moguće. Na teritoriji između  $90^{\circ}$  i  $150^{\circ}\lambda_{W}$  ni jedna država nije istakla nikakve teritorijalne zahtjeve, a preostale dijelove svojata sedam država (njihove se teritorije djelimično preklapaju), ali ti zahtjevi nisu međunarodnopravno valjani, pa ih druge države nisu nikada ni priznale.

**1. Argentinska Antarktika** (Antártida Argentina) dio je Antarktika između  $25^{\circ}$  i  $74^{\circ}\lambda_{W}$ , koji za sebe zahtijeva Argentina, a istovremeno ga prisvajaju i Velika Britanija i Čile (proglašena 1943., 1,23 mil.  $\text{km}^2$ ).

**2. Australijski antarktički teritorij** (Austarlian Antarctic Territory), proglašen 7. 2. 1933., obuhvata dio Antarktika između  $45^{\circ}$  i  $160^{\circ}\lambda_{E}$ , osim Adelijine zemlje (5,9 mil.  $\text{km}^2$ ).

**3. Britanski antarktički teritorij** (British Antarctic Territory) obuhvata dio Antarktika između  $20^{\circ}$  i  $80^{\circ}\lambda_{W}$ , veći dio ujedno prisvajaju i Argentina i Čile (1,7 mil  $\text{km}^2$ ). Proglašen je 3. 3. 1962., tako da su u skladu s Antarktičkim sporazumom iz upravne jedinice Falklandska ostrva i ovisni teritoriji izdvojili sve britanske teritorije južnije od  $60^{\circ}\varphi_{S}$ .

**4. Čileanska Antarktika** (Antártida Chilena) dio je Antarktika između  $53^{\circ}$  i  $90^{\circ}\lambda_{W}$ , koji za sebe zahtijeva Čile, a ujedno i Argentina i Velika Britanija (proglašena 1940., 1,21 mil.  $\text{km}^2$ ).

**5. Francuski južni i antarktički teritorij** (Terres australes et antarctiques françaises) obuhvataju Adelijinu zemlju na Antarktiku između  $136^{\circ}$  i  $142^{\circ}\lambda_{E}$ . (432.000  $\text{km}^2$ ) te ostrva i ostrvske grupe Amsterdam, St. Paul, Krozetova ostrva i Kerguelen; proglašeni su 6. 8. 1955.

**6. Rossov teritorij** (Ross Dependency) dio je Antarktika između  $160^{\circ}\lambda_{E}$  i  $150^{\circ}\lambda_{W}$ , koji za sebe zahtijeva Novi Zeland (337.000  $\text{km}^2$ , proglašen 30. 7. 1923.).

7. **Zemlja kraljice Maud** (Dronning Maud Land) dio je Antarktika između  $20^{\circ}\lambda_W$  i  $45^{\circ}\lambda_E$  koji za sebe zahtijeva Norveška (2,5 mil. km<sup>2</sup>, proglašena 14. 1. 1939.).

### 1.6. Reljef dna okeanskih i morskih basena

Razvojem nauke, znanja i predstave o reljefu dna Svjetskog mora postaju sve veći, ali ne i konačni. Silaskom čovjeka u velike dubine okeana pomoću batiskafa (grč. bathos – dubina + skaphoc – brod), mogućnošću fotografisanja morskog dna, obrađivanjem podataka koje su prikupili mnogobrojni instrumenti postavljeni na morskom dnu, nauka je sve sigurnija u tumačenju nastanka i razvoja reljefa dna Svjetskog mora.

Istraživanje reljefa dna Svjetskog mora otpočelo je sa mijenjanjem dubina. Sve do tridesetih godina XX vijeka ovo se obavljalo pomoću užeta ili tanke elastične žice sa tegovima, što je bio jako spor postupak. Da bi se izmjerila dubina 4-5 km bilo je potrebno najmanje dva sata, pod uslovom da brod prilikom mjerenja miruje na jednom mjestu. Stoga nije čudo da su se mjerenja vršila rijetko, a za dno Svjetskog mora se pogrešno smatralo da je, uglavnom, zaravnjeno.

Pronalazak **eholota** (batometar, zvučni dubinomjer) je omogućio da se dubine mora mjere brzo i precizno, pri čemu brod ne mora da miruje. (Slika 19.). Eholot radi na principu odašiljanja (emitovanja) zvučnih talasa od vibratora – otpremnika prema dnu, i na principu njihovog odbijanja do vibratora-prijemnika. Proteklo vrijeme od slanja signala i njegovog povratka registruje se automatski na papirnu traku.

Još značajniji napredak napravljen je kosim postavljanjem uređaja za emitovanje zvučnih signala. Na ovaj način omogućeno je da se morsko dno snima prostorno, pri čemu se raspoznaje reljef morskog dna. Ako se analizira shematski (grč. shema – slika, nacrt, skica) profil reljefa dna okeana, uočava se izvjesna pravilnost (Slika 18.).

Polazeći od kontinenata, dno okeana se postepeno spušta do dubine od približno 200 m. To je kontinentalni **šelf** ili platforma (engl. shelf – površ, platforma), uravnjena površina ispod nivoa mora, različite širine, koja se nastavlja na abrazione površi i terase.

Širina šelfa ispred obale Brazila iznosi oko 100 km. Prelazak oblasti šelfa u veće dubine obilježen je strmim odsjekom, koji se naziva **kontinentalni odsjek**. On dopire do prosječne dubine od 240 m, ispod koje se dalje prostire **okeansko korito**. Okeansko korito je manjim uzvišenjima izdijeljeno na **dubokomorske basene** ili **kotline**. Dubokomorske kotline su veoma uravnjene, malih nagiba, sa podmorskim brežuljcima visokim nekoliko stotina metara, a njihove dubine dostižu i do 7000 m. U kotlinama se nalaze još veća udubljenja – izdužena i relativno uska. To su **potoline** ili **rovovi** (tektonskog porijekla) u kojima su izmjerene najveće dubine Svjetskog okeana (Marijanska potolina, Porto Riko, Filipinska potolina i dr.). Rovovi se još nazivaju i **brazde**, a zahvataju veoma mali dio dna okeana.

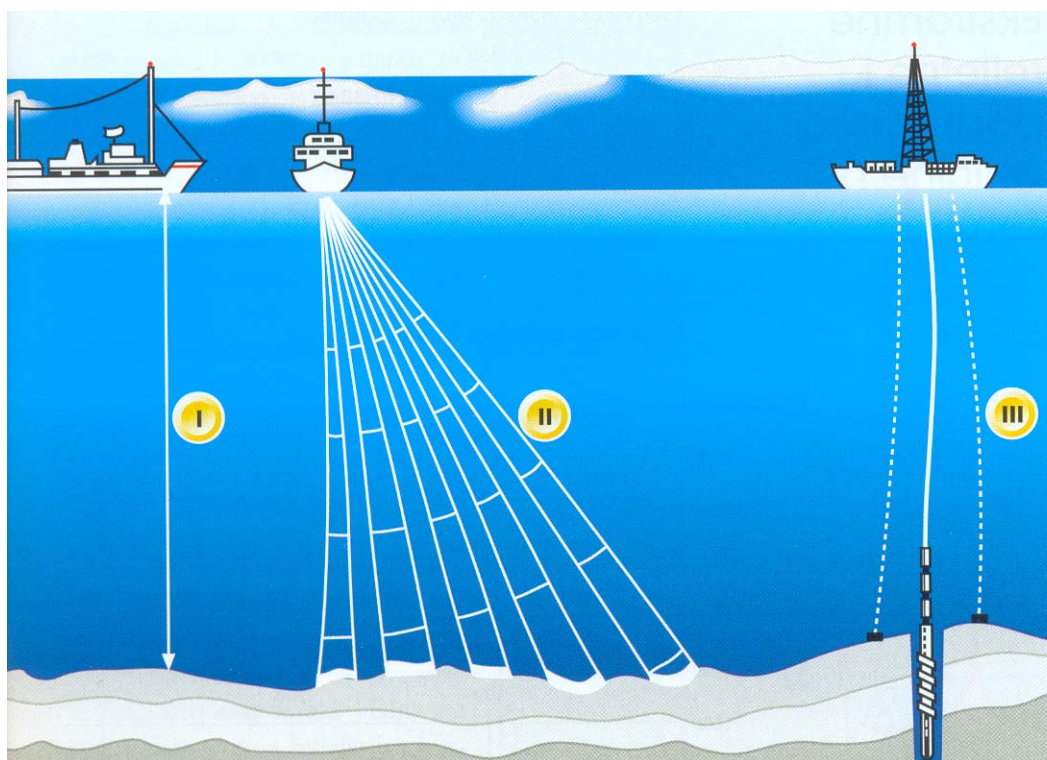
Po dnu okeana se nalaze i oblici koji predstavljaju njegove izdignute dijelove – **podvodni planinski vijenci**. Njihova dužina u svim okeanima dostiže oko 70.000 km. Dostižu visinu od nekoliko hiljada metara, a nekim dijelom izlaze iznad površine mora (Havajska ostrva). Podvodni planinski vijenci ili okeanski vijenci (postoji u starijoj literaturi termin **hrbati**) su najveći planinski sistemi naše planete, a u njima su česti zemljotresi i podvodne vulkanske erupcije, što dovodi so pojava novih vulkanskih ostrva.

Mnogi znaju da je Etna najviši vulkan u Evropi (3.263 m n. v. ). Međutim malo ljudi zna o najvećem podvodnom vulkanu u Evropi – Marsiliju. Podvodni džin Marsili, u odnosu na koji Etna djeluje kao patuljak, nalazi se na pola puta između Stromboli i Napulja i diže se 3.500 m u visinu od mjesta na kojem je Mediteran najdublji. Pokriva površinu od 2.600 km<sup>2</sup>.

Najbolju predstavu o reljefu dna okeana i mora daju **karte izobata** (grč. isos – isti + bathus – dubok) – linije koje, na karti, spajaju sve tačke sa istim dubinama.



Slika 18. Shematski profil reljefa dna okeana



Slika 19. I. Vertikalno snimanje (mjerjenje) dubina; II. Koso snimanje dubina i reljefa dna Svjetskog mora; III. Bušenje i uzimanje uzoraka sa morskog dna.

## 1.7. Kretanja morske vode

Kretanje morske vode može biti trjako: talasi, morske struje i plima i oseka. Pod dejstvom vjetrova, podmorskih potresa i vulkanskih erupcija nastaju na površini mora orbitalna kretanja vodenih čestica, koja se nazivaju *talasi (valovi)*. Međutim, stalni i sezonski vjetrovi su u stanju da izazovu i horizontalno kretanje morske vode, koja po površini mora teče slično vodi u riječnom koritu; takva kretanja morske vode nazivaju se *morske struje*. Pod uticajem privlačne sile Mjeseca i Sunca (a manje ostalih nebeskih tijela) i centrifugalne sile Zemlje nivo mora se u toku 24 sata dva puta izdiže do izvjesne visine, a zatim se spušta. Takvo kretanje se naziva *plima i oseka ili morska doba*.

### 1.7.1. Morski talasi

Talasi predstavljaju kružno (orbitalno) kretanje vodenih čestica, koje nastaju dejstvom vjetra, podmorskih potresa (trusova) i vulkanskih erupcija. Talasi mogu nastati i radom lokalnih vjetrova. Talas se sastoji od uzvišenja – talasni brijeg, i udubljenja – talasna udolina.

Kod svakog talasa treba razlikovati slijedeće elemente:

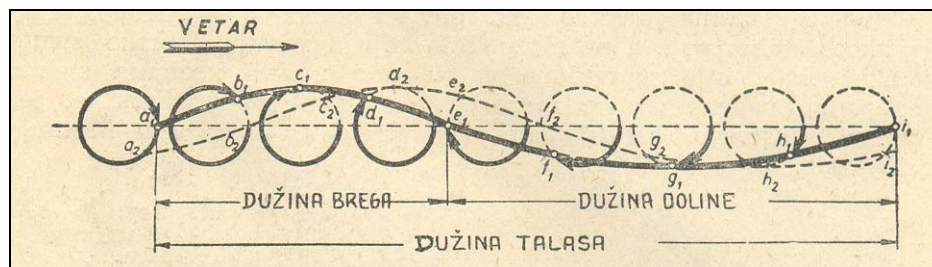
- visina talasa ( $h$ ) – vertikalno rastojanje između vrha talasnog brijega i talasne udoline;
- dužina talasa ( $L$ ) - horizontalno rastojanje između vrhova dva susjedna brijega ili između dna dvije susjedne udoline;
- brzina talasa ( $V$ , m/s) – put koji talasni oblik (na primjer, vrh talasa) pređe u jedinici vremena (u jednoj sekundi);
- talasna perioda ( $T$ ) – vrijeme potrebno za prolaz dva uzastopna vrha talasnog brijega kroz neku tačku ili vrijeme za koje vodene čestice u talasu naprave jedan krug – obrt;
- strmina talasa ( $\alpha$ ) – odnos između visine talasa i polovine talasne dužine; poznavanje strmine talasa je veoma značajno za plovidbu, jer su strmiji talasi manjih visina opasniji za brodove od visokih talasa, ali manjih strmina.

Odnos između brzine ( $V$ ), dužine ( $L$ ) i perioda talasa ( $T$ ) :

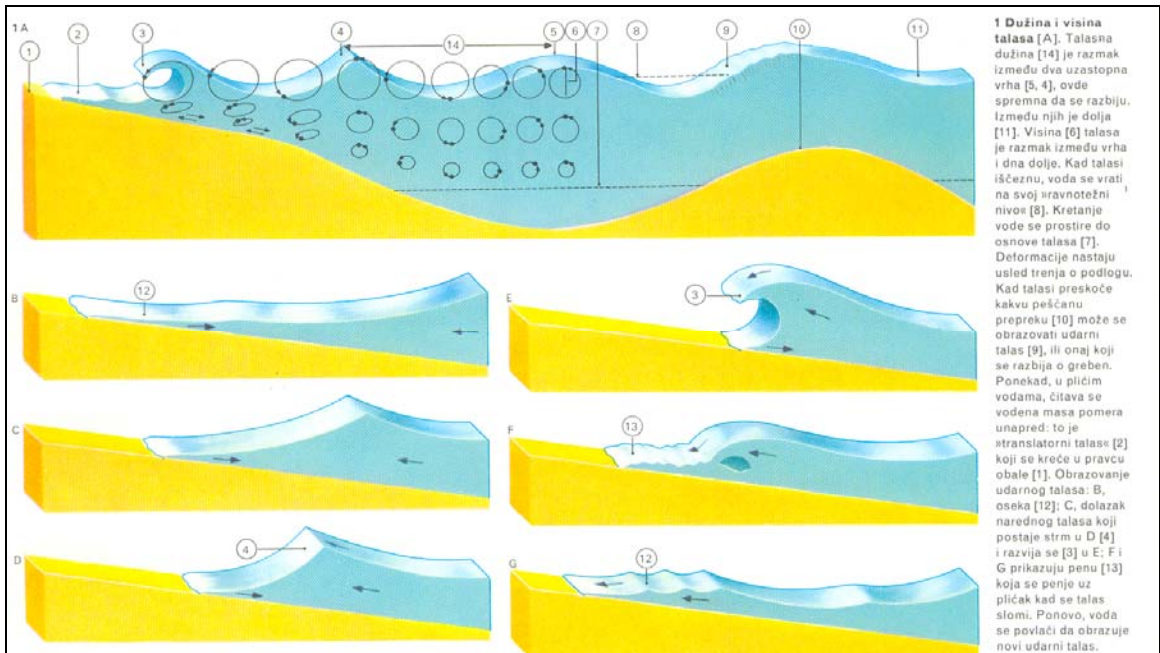
- $V = 1,25 \cdot \sqrt{L} = 1,56 \cdot T$
- $T = 0,8 \cdot \sqrt{L} = 0,64 \cdot V$
- $L = 0,64 \cdot V^2 = 1,56 \cdot T^2$

Ove formule omogućavaju da se saznaju veličine druga dva elementa talasa ako je poznata veličina samo jednog elementa. Visina talasa se ne izračunava, nego se neposredno mjeri. Najtačnije visine talasa dobijaju se obradom stereofotosnimaka zatalasanog mora. Strmina talasa se dobija po obrascu:

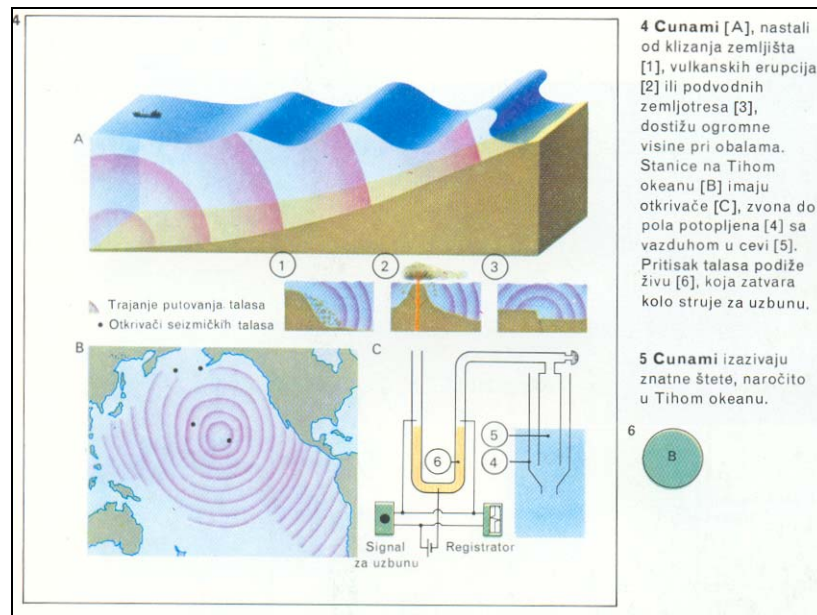
$$\alpha = \frac{2h}{L}$$



Slika 20. Postanak talasnog profila



Slika 21. Dužina i visina talasa



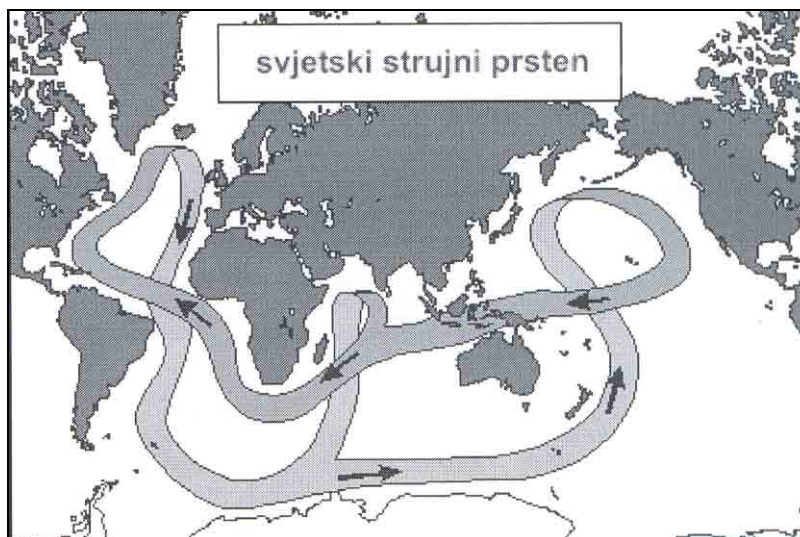
Slika 22. Cunami

### 1.7.2. Morske struje

Morske struje nastaju najčešće pod uticajem stalnih i sezonskih vjetrova, ali i pod uticajem razlike u gustini, salinitetu i temperaturi morske vode, kao i zbog denivelacije nivoa mora.<sup>35</sup>

Glavni sistemi površinskih struja u okeanima posljedica su termohaline<sup>36</sup> cirkulacije i djelovanja vjetra na površini mora. Tako se u ekvatorijalnom području javljaju Sjeverna i Južna ekvatorijalna struja kao posljedica duvanja *pasatnih vjetrova*. U umjerenim geografskim širinama Atlantskog i Tihog okeana strujni sistemi su određeni toplim istočnim strujama (Golfska struja, Kuroshio), te hladnim polarnim strujama (Labradorska struja, Oyashio). Podjela toplih i hladnih struja u tom području, preko evaporacijskih procesa (isparavanja, gubitka vlage) i prenosa toplote i mase između Svjetskog mora i atmosfere, bitno utiče na klimatske odlike okolnih kopnenih prostora. Slični sistemi se nalaze i na južnoj hemisferi, osim u području Antarktika gdje se, zbog komunikacije među okeanima, javlja stalna Antarktička cirkumpolarna (lat. circum – okolo) struja.

Dubinska cirkulacija u okeanima isključivo je rezultat termohaline dinamike. Naime, ohlađena gusta voda, nastala u području sjevernog Atlantika i uz obale Antarktika, tone zbog vertikalne nestabilnosti u duboke i slojeve pri dnu Svjetskog mora, širi se u ostale dijelove okeana, te se miješa sa starim voenim masama. Dio dubokih voda biva podignut na površinu procesima uviranja u nižim geografskim širinama, te se dalje kreće u sklopu površinskih struja sve do područja hlađenja i tonjenja vodenih masa (Slika 21.).



Slika 23. Kruženje vodenih masa u svjetskom strujnom prstenu („global conveyor belt“)

<sup>35</sup> Struje u okeanima, kao i u atmosferi, dominantno su prouzrokovane razlikom u temperaturi mora između olarnih i ekvatorijalnih područja, te vjetrom. Stoga one prenose toplotnu energiju meridijonalno, ali zbog prisustva kopnenih cjelina i djelovanja Koriolisove sile, značajan prenos toplotne energije odvija se i zonalno duž paralela.

<sup>36</sup> Crkulacija (kružno kretanje, kruženje) vode u okeanima i morima zbog razlike u temperaturi i salinitetu (halit, grč.(hals) - so).



**Golfska struja.** Golfska struja je najbolje proučena i veoma značajna struja na Zemlji. Ona nije jedinstvena, nego se sastoji od nekoliko struja, koje zajedno čine „Sistem Golfske struje“. Španski moreplovci su je prvi otkrili, ali su dugo čuvali podatke o njenom pozitivnom uticaju na plovidbu. Tek su Amerikanci krajem XVIII vijeka objavili vrijednost tog otkrića. Golfska struja nastaje spajanjem Antilske i Jukatanske struje u Meksičkom zalivu. Između poluostrva Floride i ostrva Kube, vode ovih struja izlaze iz Meksičkog zaliva kao nova struja – Golfska struja. Prešavši preko Atlantskog okeana Golfska struja dolazi do zapadnih i sjeverozapadnih obala Evrope, koje zagrijava svojom toplom vodom. Zbog toga postoje značajne klimatske razlike između Evrope i Sjeverne Amerike na istim geografskim širinama. Na primjer luka Murmansk ( $68^{\circ} 50'$  sjeverne geografske širine) i more oko Norveške je preko cijele godine bez ledenog pokrivača, dok je sjevernoamerička obala više od pola godine pod ledom, jer pored nje prolazi hladna Labradoriska struja. Dok u Lisabonu nema ni snijega ni leda, i rastu masline i palme, dotle u Njujorku, koji leži gotovo na istoj geografskoj širini, zimi je more u luci pokriveno ledenom korom.

Ukupna dužina sistema Golfske struje iznosi 11.000 km, a širina, na izlazu iz Floridskog moreuza je 150 km. Najveću brzinu u sistemu Golfske struje ima Floridska struja – 2,5 m/s, a najviša temperatura dostiže do  $28^{\circ}\text{C}$ . Po proračunima okeanologa, Golfska struja u sjevernom dijelu Atlantika (tu se naziva Sjevernoatlantska struja), nakon izlaska iz Floridskog moreuza, prenosi u svakoj sekundi oko 55 miliona kubnih metara vode (ili 50 puta više od količine vode koju sve rijeke u istom vremenskom intervalu – jednoj sekundi – unesu u Svjetsko more).

### 1.7.3. Plima i oseka

Plima i oseka je povremeno izdizanje i spuštanje morske površine, dva puta u toku dana, preciznije dva puta u 24 sata i 50 minuta (Mjesečev dan). Mjesec svaki (Zemaljski) dan izlazi prosječno pedeset minuta kasnije od prethodnog dana, pa će isto tako plima (i oseka) nastajati svaki dan za toliko vremena kasnije. Za vrijeme plime more plavi dijelove kopna, a za vrijeme oseke povlači se od obale, ostavljajući pojas različite širine. Obje pojave – plima i oseka se nazivaju zajednički morska doba.

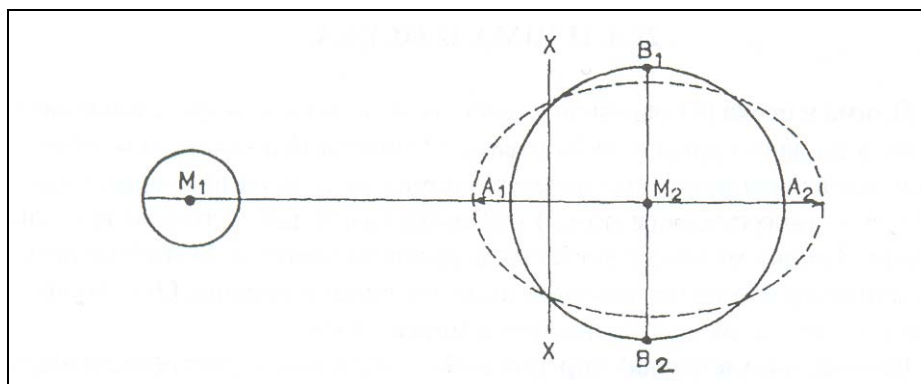
Veličina (amplituda) morskih doba je vertikalno rastojanje između najvišeg nivoa (maksimalni nivo plime) i najnižeg nivoa mora (minimalni nivo oseke). Amplituda morskih doba varira od nekoliko centimetara do nekoliko metara. Najmanja razlika između plime i oseke je na Crnom moru (10 do 15 cm), na Jadranskom moru se povećava od jugoistoka (30 cm) ka sjeverozapadu (86 cm). Visoke plime (6 – 12 m) imaju ljevkasti zalivi kojisu široko otvoreni prema moru, a prema kopnu se sužavaju (obale Francuske prema Atlantiku i obale Engleske). U zalivu Fandi, na atlantskoj obali Kanade, razlika između plime i oseke dostiže oko 21 m.

Veličina morskih doba mjeri se aparatom koji se zove **maregraf** (lat. mare m more; grč. grapho – pišem).

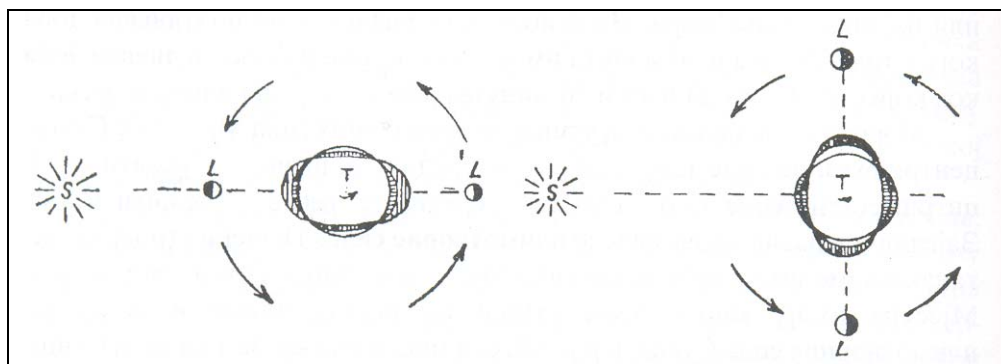
Drugi bitan element morskih doba je period. Pod **periodom plime i oseke** podrazumijeva se vrijeme za koje se pojave dva uzastopna najviša ili najniža stanja mora. Na osnovu toga razlikujemo **poludnevna doba** koja u toku 24 časa i 50 minuta imaju dvije plime i oseke, i **dnevna doba** kod kojih se (u toku 24 časa i 50 minuta) javi samo jedna plima i oseka.

Morska doba nastaju pod uticajem privlačnih sila Mjeseca i Sunca, centrifugalne sile (lat. centrum – središte, fugare – bježati od) i centripetalne sile (lat. centrum – središte, petere – težiti čemu). Zajednički naziv za ove sile je **plimotvorne sile**. Najveći uticaj za nastanak plime imaju privlačne sile Mjeseca i Sunca.

Plimotvorne sile Mjeseca imaju mnogo veći uticaj na pojavu plime i oseke od plimotvornih sila Sunca, jer je Mjesec mnogo bliži Zemlji nego Sunce. Plima se pojavljuje u mjestima u kojima je Mjesec u kulminaciji (u najvišoj tački iznad horizonta – vidik u tom mjestu). Takva plima se zove **zenitalna**.



Slika 25. Pod uticajem privlačne sile Mjeseca (M) na Zemlji se na morima pojavljuje plima u tačkama A<sub>1</sub> (zenitalna plima) i A<sub>2</sub> (nadirna plima), a oseku u B i B<sub>1</sub>. Prava X – X: zajednička osa obrtanja sistema Zemlja - Mjesec



Slika 26. Morska doba u vrijeme sизigija  
S – Sunce (lat. Sol); L – Mjesec (lat. luna);  
T – Zemlja (lat. terra)

Slika 27. Morska doba u vrijeme kvadratura

Međutim, plima se pojavljuje istovremeno i na drugoj, suprotnoj strani Zemlje, kao posljedica centrifugalne sile, koja nastaje usljed rotacije Zemlje. Ova plima se naziva **nadirna**. Oseka se javlja u mjestima koja su pod 90° C geografske dužine udaljena od mjesta u kojima traje plima.

Najviša plima i najniža oseka nastupaju za vrijeme **sizigija** (grč. syzygia – veza, tjesna povezanost), tj. u vrijeme mladog i punog Mjeseca., kada se Sunce, Mjesec i Zemlja nalaze na jednoj pravoj, pa se plimotvorne sile Mjeseca i Sunca sjedinjuju i većom snagom privlače vodenu masu okeana. Plima je najniža u vrijeme **kvadratura** (u astronomiji: položaj dva nebeska tijela pod uglom od 90°C) kada Mjesec, Zemlja i Sunce stoje pod uglom od 90°C. U ovom slučaju je suprotno djelovanje plimotvornih sila Mjeseca i Sunca (Mjesečeva plima poklapa se sa Sunčevom osekom i obrnuto).

#### 1.7.4. Značaj mora

**Živi svijet mora** – Morska, životna sredina, sa mnogobrojnim životinjskim i biljnim vrstama, odlikuje se osobinama koje se dosta razlikuju od osobina životne sredine na kopnu.

Život u moru zavisi od nekoliko značajnih faktora. U te faktore spadaju: temperatura, salinitet, providnost, sadržaj kiseonika, kretanje morske vode i sve veći uticaj čovjeka (antropogeni faktor).

Postoje različiti kriterijumi na osnovu kojih se može podijeliti život u moru, odnosno mogu izdvojiti organizmi u različite grupe. Na primjer, prema sredinama u kojima žive biljke i životinje može se izvršiti podjela u vertikalnom smjeru – prema dubini mora, ali i u horizontalnom smjeru – prema geografskoj širini. Osnovna je podjela organizama u dvije velike grupe: **bentos** (grč. benthos – dubina), odnosno organizmi vezani za morsko dno, i **pelagijal** (grč. pelagos – područje otvorenog mora), odnosno organizmi koji žive u otvorenom moru do 300 m dubine.

U pelagijalu žive dvije osnovne grupe živih bića: **planktoni** (grč. planktos – onaj koji luta) i **nektoni** (grč. nektos – onaj koji pliva). Planktoni su vrlo sitni biljni (fitoplanktoni) i životinjski (zooplanktoni) organizmi koji lebde u moru, a pokretljivost im zavisi od kretanja morske vode. Oni su osnovna hrana većih organizama. Nektoni su organizmi koji se kreću po svojoj volji pomoću određenih organa (na primjer ribe i kitovi).

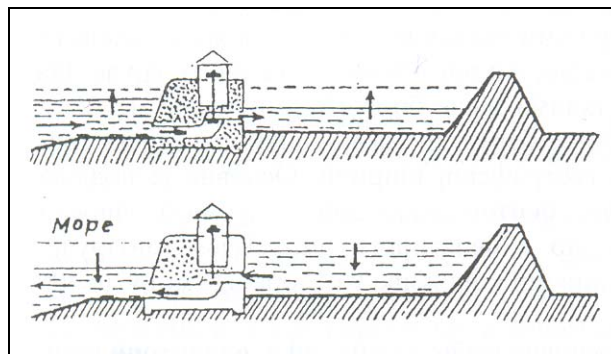
Živim svijetom najbogatija je zona do 400 m dubine (litoralna zona; lat. litoralis – priobalni), tj. dokle dopire uticaj svjetlosti. Ispod dubine 300 – 400 m dubinska ili abisalna zona (grč. abussos – bezdan). Odlikuje se odsustvom Sunčeve svjetlosti – ožuda naziv mračna ili afotična zona (grč. a – bez + phos – svjetlost), velikim pritiskom i stalno niskim temperaturama. Živi svijet je oskudan, sa malim brojem vrsta.

**More – izvor slatke vode** – Pretpostavlja se, ukoliko dođe do „krize vode“, odnosno da rezerve slatke vode na kopnu ne uspiju odmiriti sve veće potrebe stanovništva i privrede, da će čovječanstvo neophodnu slatku vodu obezbijediti **desalinizacijom** morske vode. Metode desalinizacije morske vode su poznate, ali i veoma skupe, pa su dostupne zemljama koje imaju relativno jeftinu energiju (Kuvajt, Saudijska Arabija).

**More – izvor energije** – Svjetsko more raspolaže ogromnom energijom. Kod pojave plime i oseke troše se i oslobađaju značajne količine energije, a danas je već moguće iskorišćavati tu energiju. na pogodnim mjestima, u zalivima, u kojim aje plima visoka, branama se može zadržati voda koja se može „koristiti“ za pokretanje posebno konstruisanih turbina za proizvodnju električne energije. Princip je jednostavan. Za vrijeme plime, voda prodirući s mora u zaliv pokreće turbine elektrane ugrađene u brani. Za vrijeme oseke, voda se iz zaliva vraća moru i ponovo pokreće turbine. Međutim, tek je 1967. godine izgrađena prva takva elektrana u zalivu Sen-Melo, na zapadnoj obali Francuske (Bretanja).

Danas postoji više plimskih elektrana (Rusija, Velika Britanija, Kanada, SAD, ali i dalje prednjači Francuska).

U Japanu je 1978. godine počela sa radom elektrana čije turbine pokreće snaga morskih talasa, dok je u SAD razrađen i tehnički pripremljen projekat za korišćenje morskih struja.



Slika 28. Shema rada plimske elektrane

**More – izvor hrane** – Iako je čovjek od pamtivjeka iskorišćavao morske organizme za hranu, to je iskorišćavanje donedavno bilo vrlo ograničeno. Po proračunima okeanologa, u Svjetskom moru živi 36 milijardi tona nektona i 8 milijardi tona bentosa. More već sada daje više od 25 % bjelančevina životinjskog porijekla. Godišnje se u morima i okeanima ulovi oko 75 miliona tona morskih organizama, od kojh 88 – 90 % čini ulov ribe, 3 – 4 % ulov rakova i 7 – 8 % ulov školjki. SAve su značajnije za proizvodnju hrane i morske alge, čiji je sadašnji ulov godišnje oko milion tona. Ne treba zaboraviti da se ukupna masa morskih algi procjenjuje na milijardu i sedam stotina miliona tona.

I pored svega, Svjetsko more, koje zahvata 71 % površine naše planete, u ukupnoj ishrani stanovništva učestvuje samo sa 2 %. Mogućnosti Svjetskog mora kao jeftinog i perspektivnog izvora hrane su veoma značajne. Međutim, te mogućnosti su neiscrpne. Nekontrolisan izlov kitova ozbiljno je ugrozio opstanak ovih sisara. Zbog toga su uvedene vrlo rigorozne mjere zaštite u cilju očuvanja ove vrste. Isto tako, preduzimaju se mjere koje treba da spriječe zagađivanje morske vode, jer samo čist okean može biti pouzdan i kvalitetan izvor hrane u budućnosti.

**Saobraćajni značaj mora** – Pomorski saobraćaj ima dugu tradiciju i izuzetno značajnu ulogu u međunarodnom prevozu robe. Najveći dio svjetske međunarodne trgovine obavlja se morem, osim između SAD i Kanade, i između zemalja zapadne i centralne Evrope. Najvažniji putevi za tu trgovinu (pomorski putevi) su: sjeveroatlantski pomorski put, mediteransko – azijski plovni put (Suecki kanal), Rt Dobre nade, Panamski kanal, sjeverni pacifički pomorski put i pomorski put između Evrope i istočnih obala Južne Amerike (Brazil i Argentina).

Oko 70 % svjetske razmjene dobara obavlja se pomorskim putem zbog niske cijene prevoza i velike količine tereta koju brodovi prevoze. Prevoz putnika, osim u priobalnom prostoru, je izgubio nekadašnji značaj zbog zarvoja bržih vrsta saobraćaja: avionskog, željezničkog i drumskog (na primjer tunel ispod kanala Lamanša).

U svijetu ima više od 200 morskih luka, od kojih blizu 30 sa godišnjim prometom od preko 50 miliona tona različitog tereta. Gotovo dvije trećine svih luka su na obalama Atlantskog okeana, među kojima i dvije najveće svjetske luke: Rotterdam i Njujork.

**Zaštita svjetskog mora** – Da bi Svjetsko more ostalo puzdan izvor hrane u budućnosti i prostor za odmor i rekreaciju miliona turista, neophodno je zaštititi njegovu vodu i priobalni pojas. Međutim, zagađivanje mora i priobalja sve više zabrinjava čovječanstvo. Najveći zagađivači Svjetskog mora su nafta i njeni derivati, otrovne hemikalije, otpadne vode naselja i industrijskih područja i razni drugi materijali. Probe atomskih bombi na malim nenastanjenim ostrvima i u moru (podmorske probe) uništavaju život i zagađuju mora u dugom vremenskom periodu. Nažalost dosta je mora u kojima je svaki oblik života ugrožen. Iz tih razloga zaštita mora postaje sve veća potreba svjetske zajednice i svakog pojedinca. Cilj je, ne samo da se popravi sadašnje stanje, već i da spriječe nepopravljive greške koje mogu nastati nerazumnim iskorišćavanjem morske sredine i života u moru.

## LITERATURA I IZVORI:

1. Stanković, M., S., Jezera svijeta, sedmo dopunjeno izdanje, Srpsko geografsko društvo, Beograd, 1998.
2. Stanković, M., S., Jezera Balkanskog poluostrva – limnološka monografija, treće izdanje, A.M.I.R., Beograd, 1999.
3. Riđanović, J., Geografija mora, Hrvatski zemljopis, prvo izdanje, Zagreb, 2002.
4. Dukić, D., Opšta hidrologija, Univerzitet u Beogradu, Naučna knjiga, Beograd, 1962.
5. Crnogorac, Č., Pecelj, M., Geografija za I razred gimnazije, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Republike Srpske, Istočno Sarajevo, 2000.
6. Godino Katrin, Atlas okeana, prvo izdanje, Integraf MM, Beograd, Evro, 2003.
7. Natek, K., Natek Marjeta, Države Svijeta, str. 685, Mozaik knjiga, 3. izdanje, Zagreb, 2005.
8. Enciklopedijski leksikon – Mozaik knjiga, tom 18: Geografija, Interpres – Beograd, 1969.
9. Mastilo Natalija, Rečnik savremene srpske geografske terminologije, Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001.
10. Crnogorac, B., Č., Geografske osnove zaštite životne sredine, Prirodno – matematički fakultet, Banjaluka, 2005.
11. [http://skola.gfz.hr/d3\\_1a.htm](http://skola.gfz.hr/d3_1a.htm)
12. [http://hr.wikipedia.org/wiki/Sredozemno\\_more](http://hr.wikipedia.org/wiki/Sredozemno_more)
13. [http://www.geografija.hr/novosti.asp?id\\_novosti=141&id\\_projekta=0](http://www.geografija.hr/novosti.asp?id_novosti=141&id_projekta=0)
14. Ilustrovana enciklopedija ZEMLJA, IRO „Vuk Karadžić“, Beograd, 1982.