

## PRIRODNE KARAKTERISTIKE MORA

UDK 551.46 +551.48 : 574.9

Pregledni rad

### Sažetak

U ovom radu predočeni su procesi u moru koji u biti upućuju na prirodna obilježja. Zapravo, žele se obuhvatiti oni vrlo složeni procesi što se odvijaju u "morskom okolišu" i spoznaje nastale njegovim istraživanjem. Zahvaćena su ova pitanja:

- utjecaj svjetlosti na život u moru;
- cirkulacija hranjivih tvari i kisika;
- utjecaj solarne energije na život u moru;
- fotosintetički procesi;
- cirkulacija vode, uključujući i prijenose topline.

Time je izložen cjelovit proces i prirodne karakteristike "morskog okoliša".

Ključni su pojmovi: utjecaj energije i svjetlosti na život u moru, fotosintetički procesi, cirkulacija dubokih voda, topline, hranjivih tvari i kisika.

### UVOD

Zbog različitosti prirodne sredine mogu se izdvojiti četiri tipa ekosustava (Tivy i O'Hare, 1987): šumski ekosustav, ekosustav zelenih (travnih) područja, puštinjski i morski (sl.1.).

Poznavanje prirodnih karakteristika mora bitno je da bi se sačuvala vrijednosti i zaštitio morski ekosustav. Proces (prirodni) koji se odvijaju u moru u biti su stabilni. Oni odražavaju određene cikluse, bilo kad je riječ o energetske procesima ili cirkulacijama mora (duboke, površinske, toplinske, slanosne i dr.), ili pak prijenosu hranjivih tvari ili kisika.

U ovom radu otvara se šira koncepcija gledana na more kao na "okoliš". Zbog toga, bilo je prijeko potrebnom procese u moru prikazati u relativnom uzajamnom

međuodnosu. Prikazom tih procesa dobiva se cjelovit uvid u prirodne karakteristike mora, tj. "morskog okoliša".

Oceanografija kao studij pomorskih znanosti, uopće, uključuje fiziku, kemiju, fizičku geografiju, hidrologiju, biologiju i druge discipline. Mi ćemo se ovdje zadržati na osnovnim prirodnim uvjetima u moru, svojstvenim i bliskim većini znanstvenih disciplina koje se bave istraživanjem mora.

### Uloga svjetlosti na život u moru

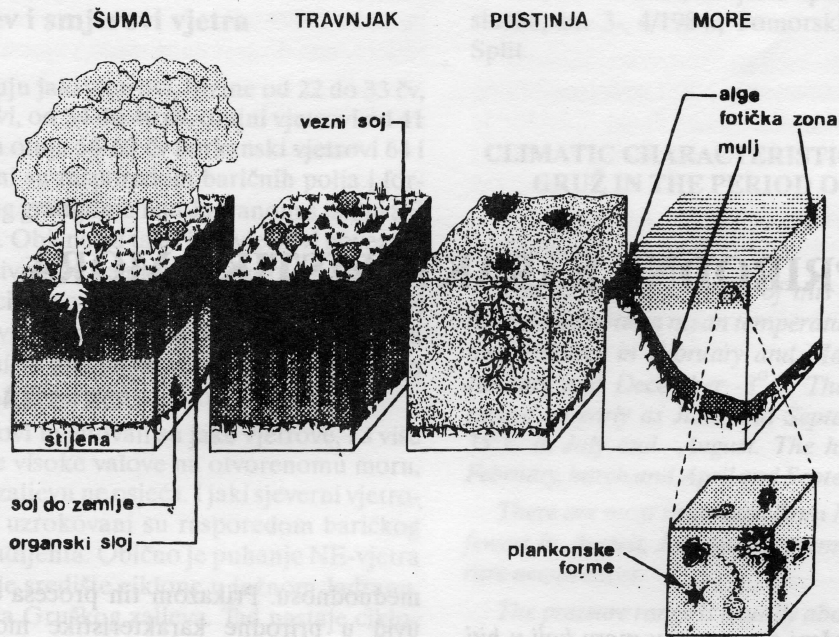
Život morskih organizama ovisi od tri činitelja: o solarnoj radijaciji s obzirom na sezonu i zemljopisnu širinu (od polova do ekvatora), o faktoru dubine i udaljenosti od obale prema otvorenomu moru, koja se često podudara s faktorom dubine. Najistaknutiji od ta tri činitelja jest faktor dubine.

Svjetlost za život u moru ima višestruku ulogu. Tako, najvažnija zona, neposredno uz morsku površinu, obasjana je svjetlošću. Ona iznosi 2,5% prosječne dubine, dok je ostatak od 97,5% zapravo bez svjetlosti.

Zato je "osvijetljenost" mora važan faktor. Na intenzitet svjetlosti koja prodire u moru utječe doba dana, godišnje doba i oblačnost, pa će tako i svaka osvijetljena zona varirati ovisno o intenzitetu svjetlosti i propusnosti vode. Veliki dio svjetlosti razbija se na površini, a dio koji probija tu barijeru biva vrlo brzo apsorbiran, tako da intenzitet svjetlosti logaritamski opada s dubinom.

U najprozirnijim oceanskim vodama, i u uvjetima pune obasjanosti, krajnja dubina fotosinteze je 250 m, u manje osvijetljenim vodama ona je oko 50 m, a u jako mutnim vodama mjeri se u centimetrima. Dakle, sve prvobitne organske tvorevine ovise o procesu fotosinteze, tj. u zoni "osvijetljenosti", o fotičkoj zoni. Dubina zone u kojoj je moguća fotosinteza u obalnim vodama iznosi oko 30 m, a u otvorenom moru ona je oko 150 m. Naravno, to je sve uz pretpostavku da nema onečišćenja

\*Dr. Antonije Đukić  
Pomorski fakultet Dubrovnik  
Dubrovnik



Slika 1. Tipovi ekosustava (Izvor: Tivy i O'Hare, 1987)

mora. Na dubini od oko 1250 m ocean je potpuno mračan, izuzmu li se svijetleći organizmi, koji samo proizvode svjetlost.

Primarna proizvodnost pučinskih zajednica (pelagičnih), koje su najčešće vertikalnom cirkulacijom izvrgnute poniranju ili su vezane uz turbulenciju da bi premostile granicu dovoljnog prodora svjetlosti, može se pokazati različita od onih koju očekujemo na bazi fizikalnih i kemijskih uvjeta površinskog sloja. To je također u funkciji učestalosti i jakosti vertikalnih pomaka s obzirom na godišnje doba. S porastom dubine fotosintetička se proizvodnost postupno smanjuje sve dok se ne dođe do granice u kojoj je velik utrošak energije potreban za disanje. Dubina na kojoj je proizvodnja jednaka potrošnji energije zove se "dubina kompenzacije". Tu je svjetlosna jakost jednaka stotom dijelu one na površini. Zbog ovisnosti o povećanoj svjetlosnoj jakosti prema ljetu dubina kompenzacije pomiče se prema dolje, pa se vraća prema površini na jesen ili u zimu. Najveća dubina do koje stiže sloj kompenzacije u godini definirana je kao kritična dubina koja je najniža granica primarne proizvodnosti (Scossiroli, 1987).

Pri zagrijavanju voda postaje manje gusta, pa se diže, a zamjenjuje ju hladnija. Površinske oceanske vode dobivaju toplinu od sunca. Zbog toga one postaju manje guste i plutaju uz površinu, gdje dobivaju još više topline. Rezultat svega je topla, rijetka voda koja pluta na površini hladne, guste vode.

Predio između njih je zona brze razmjene temperature koja se naziva termoklina. U fotičkoj zoni položaj i magnituda termokline su promjenjivi. Ali budući da voda ima visoku specifičnu toplinu, ona može apsorbirati više topline s relativno malom promjenom temperature, i zadržat će dugo svoju toplinu s temperaturnim

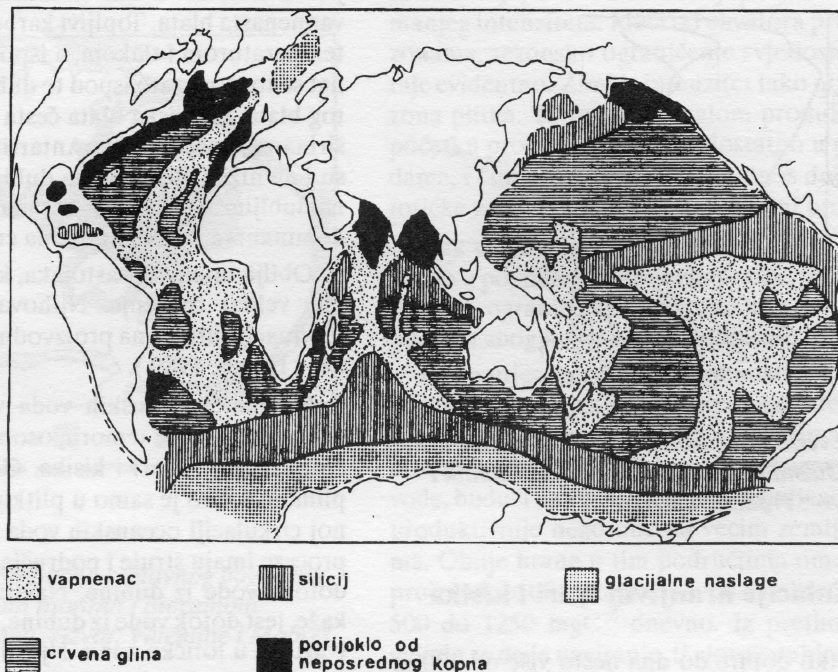
gradijentom. Dnevne promjene temperature vrijede za gornjih nekoliko metara. Na otvorenom moru one iznose oko  $0,3^{\circ}\text{C}$ , a u obalnom području oko  $3^{\circ}\text{C}$ .

Termoklina je zato obilježje gornjih 1000 m, ispod kojih temperatura mora pada s maksimalnih  $5^{\circ}\text{C}$  na između  $0,5$  i  $2^{\circ}\text{C}$ , dok na samoj površini temperatura može varirati od  $-2$  do više od  $28^{\circ}\text{C}$ , ovisno o zemljopisnoj širini. Nasuprot slatkoj vodi, gustoća se morske vode povećava s opadanjem temperature od blizu  $-2^{\circ}\text{C}$ . Termokline su stalno obilježje oceanskoga dubinskog faktora svuda, osim u najvećim zemljopisnim širinama. Njihova veličina ovisi o temperaturnim razlikama između površinskih i dubinskih voda.

Osim stalnih termoklina u srednjim zemljopisnim širinama (u područjima izmjene toplih i hladnih perioda) pojavljuje se plitka i prolazna sezonska termoklina u ljetnom razdoblju.

Zbog razlike u gustoći između površinske i dubinske vode stvara se prepreka u miješanju tih dviju masa. Nerastvorene tvari iz fotičke zone tonu kroz termoklinu zbog gravitacijske sile. Zbog toga vode iznad termokline mogu postati siromašne tim bitnim, nerastvorenim hranjivim tvarima, dok dubinske vode zadržavaju njihove goleme, nedirnuti zalihe.

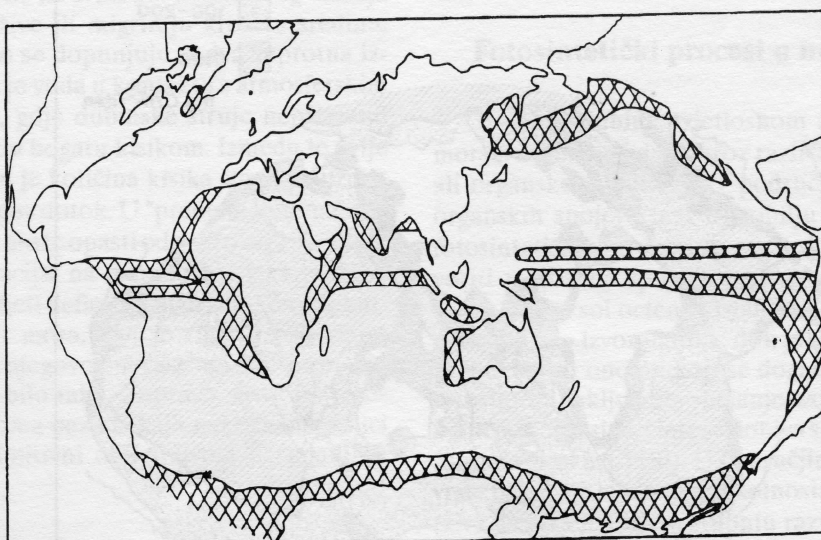
U tim procesima značajan je utjecaj miješanja vode uzrokovanoga vjetrom. Vjetrovi koji pušu iznad morske površine predaju dio svoje energije vodi, stvarajući valove i uzrokujući turbulenciju do dubine od 200 m. Ta potencijalna zona miješanja je dakle unutar potencijalne fotičke zone i privremene termokline u umjerenim širinama. Precizni odnosi između dubina u svako su vrijeme od velike važnosti za potencijalni fotosintetički proces. Ako se miješanje protegne dostatno ispod



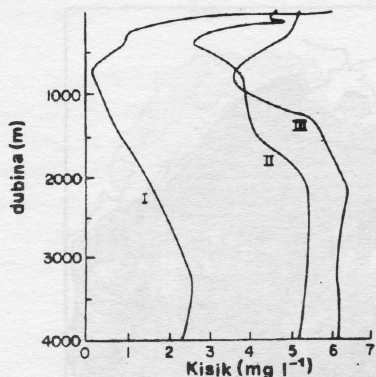
Slika 2. Prostorna zemljopisna distribucija sedimenata oceanskog dna (Izvor: Wright, 1978.)

fotičke zone, fotosintetički organizmi bi morali potrošiti puno više vremena za svoj opstanak ili rast ispod granice svjetlosnog intenziteta nego iznad nje i biti sposobni da postignu produkciju i osiguraju vlastite energetske potrebe. Ako se pak miješanje ne protegne do termokline,

onda fotosintetička produkcija može biti svedena na nisku razinu zbog iscrpljenja hranjivih zaliha.



Slika 3. Globalni prikaz najvažnijih zemljopisnih zona naviranja voda iz dubina u svjetskom oceanu



Slika 4. Prikaz vertikalne distribucije rastopljenog kisika u oceanu: I - Južna Kalifornija, II - Južni Atlantik i III - u Gulfu (Izvor: Frederich, 1965.)

### Uloga cirkulacije hranjivih tvari i kisika

Svjetlost rijetko dopire do dna nešto više od 130 m dubine. Djelovanje vjetrova može pokrenuti vodu do dubine od 200 m. Tad se more dobro izmiješa, pa će osiromašanje koje može rezultirati tonjenjem hranjivih tvari s površine biti puno slabije od onoga u dubljim sustavima.

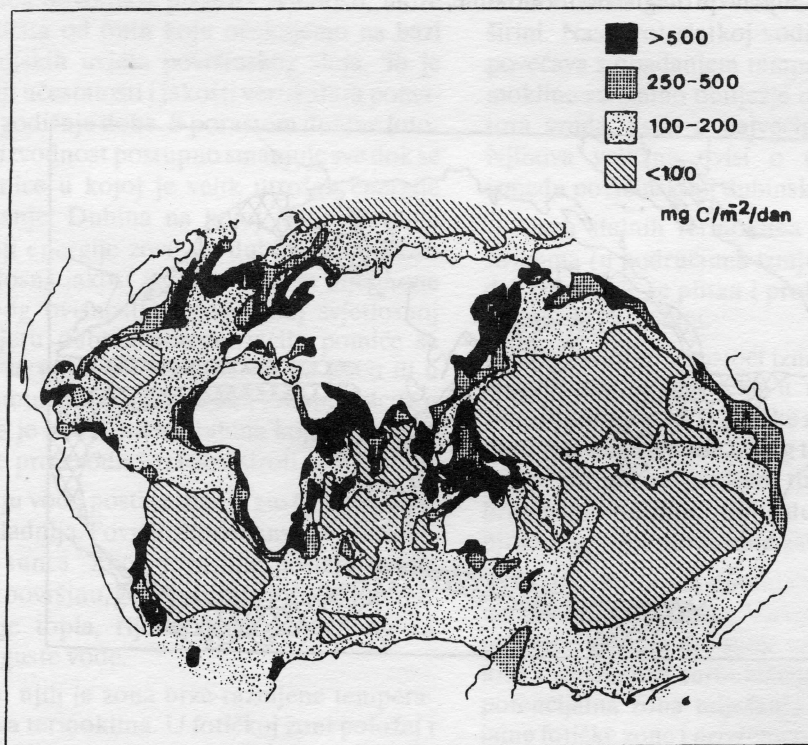
Podmorske plohe koje čine uglavnom naslage pijeska, mulja i gline kopnenog podrijetla, bogate su smravljenim ostacima mekušaca i koralja. Nad većim di-

jelom abisalne ravnine dominiraju do dubine od 4500 m vapnenasta blata. Topljivi karbonatni ion ( $\text{CO}_3$ ) varira s temperaturom i tlakom, a ispod 5000 m kalcijev karbonat se topi, pa zato ispod te dubine nema više vapnenastog blata. Silicijska blata česta su u višim zemljopisnim širinama, posebno oko Antartika, a kao sedimenti važni su i na nižim širinama na dubini od 4000 do 6000 m. U najdubljim dijelovima oceana, ispod 6000 m dubine, dominantan sediment je fina crvena glina (sl. 2.).

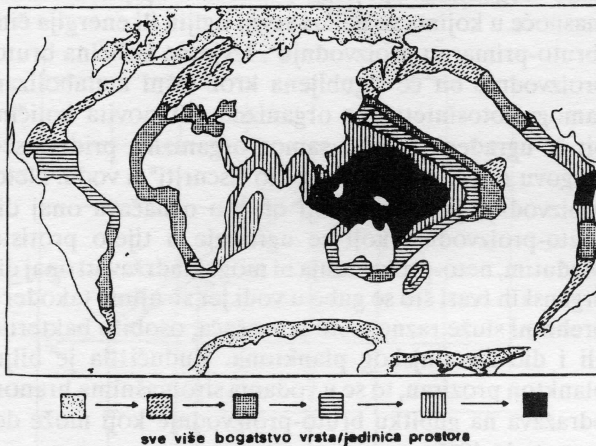
Obilje hranjivih sastojaka, kao što su nitrati i fosfati, ima veliko značenje. Njihova distribucija, količina i fluktuacija utječu na proizvodnost morske sredine (Barnes i Huges, 1989.).

Strujanje oceanskih voda vrlo je važno za brojne ekološke procese u moru, osobito distribuciju i cirkulaciju hranjivih tvari i kisika. Gibanje vode uzrokovano plimom važno je samo u plitkim vodama, dok u globalnoj cirkulaciji oceanskih voda svoj utjecaj na ekološke procese imaju struje i područja naviranja (upwelling), tj. dotoka vode iz dubine. Naviranje, kao što sama riječ kaže, jest dotok vode iz dubine, koja je bogata hranjivim tvarima, u fotičku zonu. Njegova je važnost u tomu što je to jedan od mehanizama kojima se hranjive zalihe iz afotičke zone unose u površinske vode.

Morske struje utječu na procese u moru, za razliku od jezerskih voda, gdje tog utjecaja nema. U jezerskim vodama stalna termoklina je združena s dubinskim vodama bez kisika, dok oceanske struje osiguravaju da rastopljeni kisik s površine bude prenesen u dublji dio mora, uz vrlo malu iznimku s obzirom na dubinu. Iako,



Slika 5. Pregled distribucije primarne proizvodnosti fitoplanktona u svjetskom oceanu (Izvor: Koblezent i Mishke, 1970.)



Slika 6. Zemljopisna distribucija relativnog bogatstva proizvodnosti vrsta u plitkim morima i litoralnom području u svjetskom oceanu (Izvor: Valentine i Moores, 1974.)

u usporedbi sa slatkom vodom, u istomu volumenu morska voda može zadržati manje kisika, ipak u morskoj vodi gotovo uvijek ima dovoljno kisika, koji zadovoljava respiratorske potrebe organizama. Iznimke su zavale, nekoliko u kopnu dobro uvučenih mora, kao što su Crno more ili Kalifornijski zaljev, koji su izolirani od velikih morskih prostranstava, pa u njima, kao i u jezerima, može ponestati kisika u donjim, dubljim slojevima.

I konačno, zona nazvana "predio minimalnog kisika" postoji u oceanu obično na dubini od 400 do 1000 m (sl.4.).

Kisik se troši iz vode na svim dubinama zbog disanja organizama koji tu žive ili migriraju kroz tu sredinu. Količine kisika stalno se dopunjuju iz dva suprotna izvora: s površine, gdje je voda u kontaktu s atmosferskim kisikom, i iz dubina, gdje dubinske struje neprestano unose površinsku vodu bogatu kisikom. Između te dvije nalazi se zona u kojoj je količina kisika što se oduzima iz vode veća nego njegov dotok. U "predjelu minimalnog kisika" koncentracija može opasti od 4 do 6 mg l<sup>-1</sup>, kolika je najčešća koncentracija, na manje od 2 mg l<sup>-1</sup>. Treba istaknuti da su ti predjeli deficita kisika rijetko relevantni faktor u ekologiji mora, kad je riječ o prirodnim uvjetima, izuzme li se njegovo onečišćenje. Pretpostavlja se da to i nije uvijek bilo tako. Zapravo, život je vjerojatno započeo u morima bez kisika, i neki znanstvenici tvrde da i danas primitivni oblici života nastajaju oceanske dubine.

### Utjecaj solarne energije na život u moru

Solarna se energija ne rasprostire podjednako preko površine globusa. U tropskim krajevima dan traje 12 sati, a jednako i noć. Ljeti je u tim predjelima svjetlost

intenzivnija, a u višim zemljopisnim širinama ona je manjeg intenziteta. Idući od ekvatora prema umjerenim zonama, sezonsko ograničenje svjetlosne energije postaje evidentno. Zimi je intenzitet tako nizak da je fotička zona plitka. To rezultira malom produkcijom zimi. Na početku proljeća hrane ima dostatno u površinskim vodama, i čim postane povoljan odnos dubine miješanja i fotičke zone, tad nastupa proizvodni proces.

Čak u većim zemljopisnim širinama, gdje hrane ima stalno u površinskim slojevima vode, pa i svjetlosti za pet mjeseci, ograničenost produkcije svedena je na oko tri mjeseca zbog nepovoljnih dubinskih miješanja.

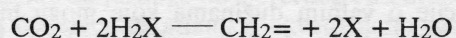
Osim utjecaja rasprostranjenosti solarne energije na produkciju u moru blizina obale također je važna jer je tu stalan dotok voda s hranjivim tvarima. To omogućuje mrtvim vodama da produžavaju proizvodnost. Tropske vode, budući da su više izložene svjetlosti, naravno da su produktivnije nego one na većim zemljopisnim širinama. Obilje hrane u tim područjima omogućuje dnevnu proizvodnost fitoplanktona. Ona se kreće u intervalu od 500 do 1250 mgC<sup>-2</sup> dnevno. Iz prethodnog izlaganja vidjelo se da je naviranje, tj. dotok dubinskih voda, rjeđe u kontinentalnom obalnom području i može biti ili sezonskoga ili sporadičnog karaktera, ovisno o atmosferskim prilikama.

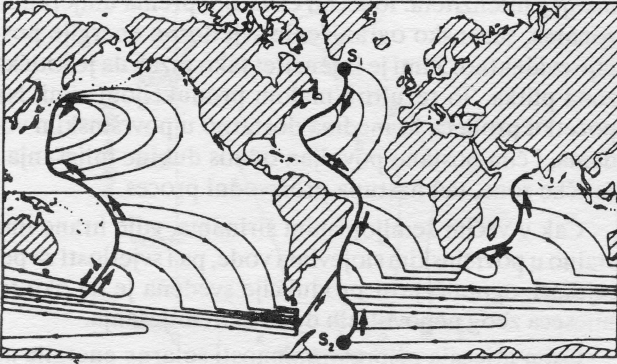
Uzimajući u obzir utjecaj energije dobila se globalna distribucija primarne proizvodnosti fitoplanktona u svjetskom oceanu (sl.5.). Izdvajajući litoralno područje, iako globalno, dobila se distribucija proizvodnosti u pojedinim područjima svijeta (sl.6.).

Karta svijeta (sl.6.) i suviše je mala da bi se precizno mogao vidjeti utjecaj proizvodnosti u litoralnim područjima. Ali, bez obzira na to, ona dovoljno daje globalnu sliku tih procesa.

### Fotosintetički procesi u morskoj sredini

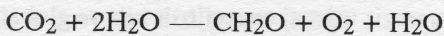
Ovisno o dubini, svjetlosnom se energijom koriste morski organizmi da bi kroz različite procese sintetizirali organske molekule. U područjima gdje otopljenih organskih spojeva ima u izobilju kao rezultat ranijih fotosintetičkih procesa, te organske tvari mogu se pretvoriti u složene spojeve procesom fotoasimilacije. U tom procesu sol octene kiseline služi umjesto ugljičnog dioksida kao izvor ugljika, dok je u ostalim elementima proces sličan onomu koji se događa u fotosintezi. Prva fotosinteza uključuje spajanje vodika s molekulama ugljičnog dioksida, čime se dobiva spoj kojem empirijska formula glasi n(CH<sub>2</sub>O). U područjima s malo kisika neke vrste bakterija, a u nekim okolnostima i različiti protisti (živa bića na najnižem stupnju razvoja), upotrebljavaju spojeve poput vodikova sulfida kao izvor vodika, te tako obavljaju fotosintezu prema formuli:





Slika 7. Model duboke cirkulacije oceana - Stommelov model (Izvor: Warren, 1977.)

Tu  $H_2X$  označava bilo koju reduciranu molekulu izuzevši vodu. Međutim, najčešći je proces u oceanima uopće u kojem biljnoplanktonski protisti, koji se koriste vodom kao izvorom vodika, fotosintetički vezuju ugljik. X se iz prethodne jednadžbe zamjenjuje s O, pa se dobiva izraz:



U procesu se kisik oslobađa, što nije tako kod bakterijske fotosinteze.

Dakle, fotosinteza alga jednaka je procesu kod bilja na kopnu. Važno je međutim napomenuti da su izvedene jednadžbe empirijske simplifikacije, jer ono što se događa u stvarnosti znatno je složeniji proces biokemijskih reakcija, od kojih samo jedna, ona pri kojoj se oslobađa ion vodika i slobodni elektroni, zahtijeva svjetlosnu energiju. Svjetlost valne dužine od 400 do 720 pm, koja inicira prvotnu, bitnu fazu fotosinteze, apsorbiraju razni fotosintetički pigmenti ovisno o karakterističnoj boji biljnog planktona. Kod najčešćih protista, premda ne i kod fotosintetičkih bakterija, najvažniji od pigmenta je klorofil, s najvišom moći apsorpcije svjetlosti valne dužine između 670 i 695 pm. Međutim, biljni plankton sadrži i veliki broj dodatnih pigmenta koji upijaju svjetlost kraćih valnih dužina.

Velika raznolikost pigmenta koji apsorbiraju svjetlost kod planktonskih i bentoskih alga omogućuje da u procesu fotosinteze bude upotrijebljen široki raspon valnih dužina. Različite skupine protista imaju pigmente sposobne (valne duljine) da "hvataju svjetlost" koju ne apsorbiraju druge grupe. Osobito se to odnosi na vrste biljnog planktona koje obitavaju u relativno dubokim dijelovima svjetlosne zone, adaptirane na prevladavanje valne dužine s pomoću točno odgovarajućih pigmenta. Fotosintetičke sposobnosti neke vrste mogu se shematski prikazati na osnovi "akcijskog spektra", što kombinira informacije o valnim dužinama koje mogu biti apsorbirane i informacije o količine ugljika koji se veže po jediničnoj količini svjetlosti što je upija svaki pigment.

To fotosintetičko vezivanje uvjetuje primarno gomilanje organskih spojeva u moru. Ugljikohidrati i masnoće u kojima se nalazi vezni ugljik ili energija čine "bruto-primarnu proizvodnju". Izvjesna količina bruto-proizvodnje bit će izgubljena kroz dišni metabolizam samoga fotosintetičkog organizma. Stanovita količina bit će ugrađena u tkiva samog organizma pridonoseći njegovu rastu, dok će jedan dio "iscuriti" u vodu. Neto-proizvodnja je termin koji obično označava onaj dio bruto-proizvodnje koji se ugrađuje u tijelo protista. Međutim, neto-proizvodnja bi mogla sadržavati onaj dio organskih tvari što se gube u vodi jer se njime također u prehrani služe razne vrste potrošača, osobito bakterije, ali i dio životinjskog planktona. Budući da je biljni plankton proziran, to se u vodama siromašnima hranom odražava na gubitku bruto-proizvodnje koji može dosegnuti do 40%.

### Utjecaj duboke cirkulacije u oceanu na termohalinske procese

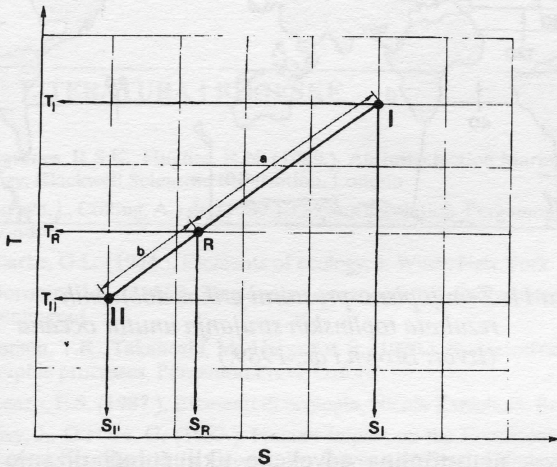
Duboka cirkulacija u oceanu manje je poznat oceanografski fizikalni proces u morskoj sredini od onih gornjih, relativno plitkih slojeva. Zna se da su glavni izvori duboke svježe vode u sjevernom i južnom Atlantiku polarnog podrijetla. Dok se vode iz Norveškog mora prelijevaju preko praga između Grenlanda i Škotske, u južnom Atlantiku voda dotječe iz Weddellova mora, a mogući bi dotok svježe duboke vode u južni Pacifik mogao biti podrijetlom iz Rossova mora.

Slična situacija duboke cirkulacije je i kad vode iz Sredozemnog mora dotječu u Atlantik, kao i vode iz Crvenog mora i Perzijskog zaljeva u Indijski ocean. Te se vode vraćaju u Atlantski, odnosno Indijski ocean, gušće zbog procesa ishlapljivanja, čime mijenjaju svoje fizikalne odlike.

Dubinska cirkulacija u oceanu ima relativno ustaljena gibanja. Stommelov model to najbolje potvrđuje.

U prikazanom modelu duboke cirkulacije (sl. 7.)  $S_1$  i  $S_2$  označavaju regije u kojima dolazi do tonjenja vode. Ovdje se uočava da su glavni pravci duboke cirkulacije polarnog podrijetla. Može se zapaziti da se vode gomilaju na zapadnim granicama. Osim ustaljene prevladavajuće dubinske cirkulacije u južnom Atlantiku, neki put će biti odstupanja. Tako antarktičke vode koje se koncentriraju na zapadnoj strani oceana potiskuju vodu, kako je prikazano zadebljanim strelicama na pravcu  $S_1$ - $S_2$  zakrivljene crte između Antarktika i Arktika. Izvan tih priljeva su blage geostrofične struje koje opskrbljuju lagani priljev prema gore (Wells, 1986.).

Jedan aspekt ovog modela odnosi se na različite snage na površinskim slojevima zapadnih graničnih struja. Tu su dubinske struje suprotne smjeru površinskih (Dorinin, 1986.). Tako snažna Golska struja prema sjeverozapadu u svomu gornjem sloju spaja se s jakim jugozapadnim priljevom duboke vode podrijetla  $S_1$ , dok se manje snažna Kuroshio spaja sa slabijim dubinskim priljevom u Pacifiku, premda termoklinski priljev još



Slika 8. Dijagram temperature ( $T$ ) i slanosti ( $S$ ). Na dijagramu su prikazana dva tipa vode koja se miješaju. Dobivena točka  $R$  s vrijednostima  $T$  i  $S$  određena je relativnim vrijednostima omjera dvaju tipova voda koji se miješaju (Izvor: Brown i dr., 1989.)

povećava Kuroshio na površinskim područjima ovisno o vrijednostima (jačini) vjetra. Relativno slaba južna Brazijska struja u gornjim slojevima južnog Atlantika spaja se s južnim dubinskim priljevom ispod nje.

Kod dubinske oceanske cirkulacije važno je napomenuti da se u Tihom oceanu ona znatno razlikuje od one u Atlantiku i Indijskom oceanu. Duboke vodene mase Pacifika uvjetovane su topografskim preprekama, odnosno reljefom morskog dna. U usporedbi sa sjevernim Atlantikom sjeverni Tihí ocean ima relativno nisku površinsku temperaturu, što se odražava na sposobnost

stvaranja vodene pare, čime je reduciran proces ishlapljivanja. Efekt niske brzine ishlapljivanja limitiran je sadržajem guste morske vode na površini. Osim toga, za sjeverni Tihí ocean paradoksalno je to da topla morska površina sprečava potonuće gornjih slojeva i tako se zbog toga ne stvara "mehanizam" koji bi pokrenuo dubinsku cirkulaciju.

Budući da se vodene mase udaljavaju od svojih izvornih područja, njezina temperatura i slanost se mijenjaju. Te termohalinske promjene ovise o miješanju i o karakteristikama morske sredine u koju dolaze.

Ako je vodena masa potpuno homogena u sadržaju soli i razini temperature, tad će lokacija u određenom području na dijagramu (sl. 8.) biti točka. Točka koja označuje temperaturu i slanost bilo koje vrijednosti mora ležati na prvoj liniji koja spaja dva tipa vode na dijagramu  $T$ - $S$ . Kako slijedi, točke koje izražavaju mješavine vode ( $R$ ) ovise o termohalinskim procesima. Kako se vidi iz dijagrama  $T$ - $S$ , točka  $R$  leži bliže tipu II ( $S_{II}$ ), što će se odraziti na termohalinske karakteristike (promjene) u točki  $R$ .

Dalje, može se promatrati kako se raspodjela temperature i slanoće, tj. miješanja oceanskih voda, odvija kad se miješaju tri vodene mase.

Kad nastupi miješanje triju tipova vode, dobiva se stanje na dijagramu  $T$ - $S$  (sl. 9.). U tom slučaju, točka  $R$  mora ležati unutar trokuta koji nastaje spajanjem točaka I, II. i III., odnosno triju tipova različite vodene mase. Ako se iz mjerenja ustanovi temperatura i slanost u točki  $R$ , relativne proporcije izmiješanih voda mogu se lako odrediti jednostavnim grafičkim postupkom. Služeći se trokutom mjere se segmenti  $a$ - $f$  i uvrstavaju se vrijednosti u izraz:

$$I:II:III = \frac{b}{a+b} : \frac{d}{c+d} : \frac{f}{e+f}$$

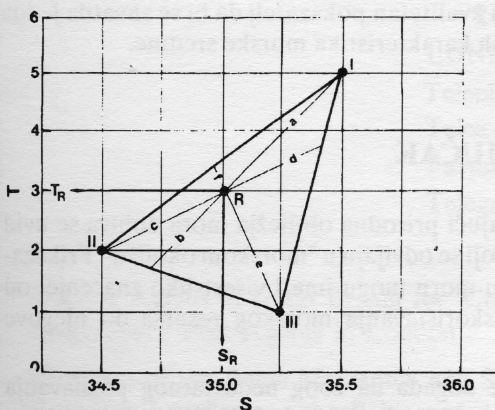
U našem primjeru dobivaju se ove proporcije voda:

$$I:II:III = 0,40 : 0,45 : 0,15 \text{ ili } 40\%, 45\%, 15\%$$

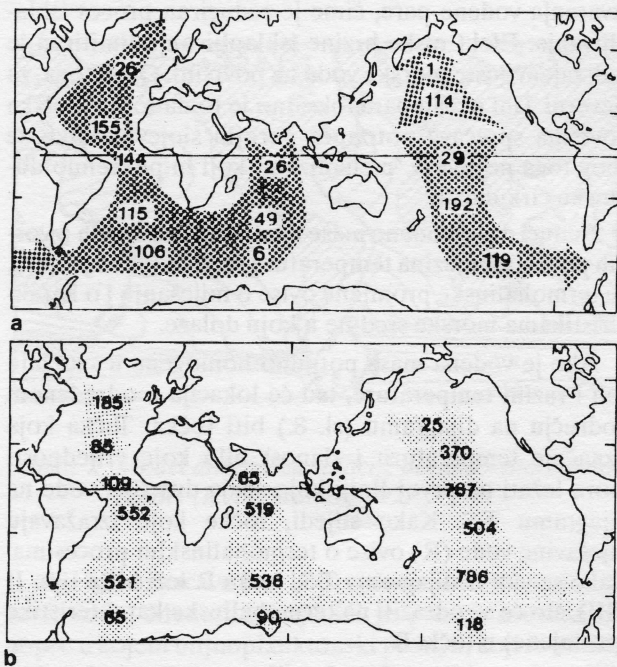
Drugim riječima, voda tipa  $R$  (sl. 9.) rezultat je miješanja otprilike 40% vode I., 45% vode II. i 15% vode III.

### Globalno strujanje tople i hladne vode

Zbog toga što vodene mase nose toplinu s karakterističnim salinitetom, protok topline i soli najčešće se skupa proučavaju. Najznačajniji aspekt u transportu topline u svjetskom oceanu (sl. 10.) jest čisti prijenos topline od južnoga do sjevernog Atlantika. To upućuje na činjenicu da atlantski ekvatorijalni sustav strujanja nije simetričan s ekvatorom, tako da južni ekvatorijalni sustav strujanja nosi velike količine topline s jedne he-



Slika 9. Dijagram temperature ( $T$ ) i slanoće ( $S$ ) pokazuje efekt miješanja triju tipova vode: I, II. i III. (Izvor: Brown i dr., 1989.)



Slika 10. Zemljopisno-prostorni prikaz globalnog transporta: (a) tople (u  $10^{13} W$ ) i (b) hladne vode (u  $10^3 tona/s$ ) površinskih i dubinskih strujanja (Izvor: Brown i dr., 1989.)

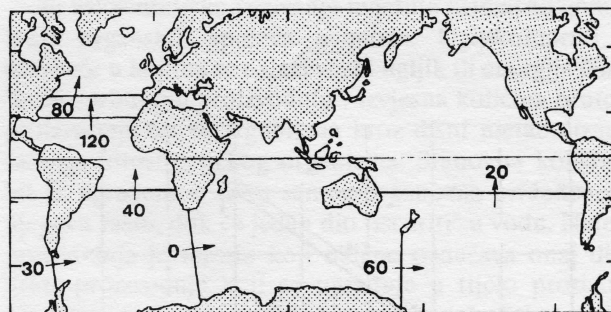
misfere na drugu. Štoviše, vjeruje se da znatne količine tople vode dolaze iz Tihog preko Indijskog oceana u sustav Agulhasove struje. One nalaze svoj put u južni Atlantik vjerojatno preko Agulhasova strujnog prstena i zatim dalje u sjeverni Atlantik.

Procjenjuje se da od oko  $25 \times 10^3$  do  $782 \times 10^3$  tona u sekundi dotječe hladne vode u Tihog ocean, čisti prijenos hladne vode iz Tihoga u Atlantski ocean prikazan na slici 10. nije posljedica njezina izravnog ulaska između tih dvaju bazena. Ulaz hladne vode u sjeverni Atlantik dotokom rijeka i topljenjem leda jest oko  $104 \text{ cm god.}^{-1}$ , a to za sjeverni Tihog ocean iznosi oko  $91 \text{ cm god.}^{-1}$ . Važna razlika u njihovu ishlapljivanju. Za Atlantik ona iznose oko  $10^3 \text{ cm god.}^{-1}$ , a za Tihog ocean oko  $55 \text{ cm god.}^{-1}$ . Rezultirajuće vrijednosti (dotoka voda i ishlapljivanja) za sjeverni Tihog ocean iznose  $36 \text{ cm god.}^{-1}$ , a za sjeverni Atlantik  $1 \text{ cm god.}^{-1}$ . Za sjeverni Atlantik taj proces ne samo da se odražava na transfer hladne svježe vode (iz Atlantika u Tihog ocean) nego također na izmjenu saliniteta. U površinskim vodama Atlantika slanoća je 34,9, a u površinskim vodama Pacifika ona je niža, i iznosi 34,6.

Vrijednosti na slici 10. zasnivaju se na protoku topline zrak - voda procijenjene na temelju meteoroloških motrenja. Drugim riječima, one su zasnovane na protoku koji je izračunan iz:

$$Q_s + Q_v = Q_b + Q_h + Q_e + Q_t$$

$Q_s$  - Sunčeva energija primljena od oceana s površine na kratkoj valnoj radijaciji



Slika 11. Zemljopisno-prostorni prikaz dobivenih rezultata toplinskih strujanja unutar oceana (Izvor: Brown i dr., 1989.)

$Q_v$  - neto-toplina advekcije uključujući dizanje i spuštanje vode i miješanje

$Q_b$  - mreža izgubljene energije s oceanske površine kao dugovalna (povratna) radijacija

$Q_e$  - topline izgubljena ishlapljivanjem s površine

$Q_h$  - neto-vrijednost topline prenesene u atmosferu preko sustava zrak-voda

$Q_t$  - iznos viška topline da povisi temperaturu vode (kad je manjak topline, pojam će biti negativan)

Uspoređujući dobivene toplinske vrijednosti na slikama 11. i 10(a), mogu se uočiti određena odstupanja. Dok su u Atlantiku dobivene na nekim zemljopisnim širinama vrijednosti istog reda veličine, u Tihom oceanu ima odstupanja, odnosno vrijednosti su veće.

Više je razloga za tu pojavu. Ne ulazeći u detalje, jedan od njih bit će način prikupljanja podataka. Osim toga, procijeniti gubitak topline i vode s površine mora zbog turbulencije atmosfere iznimno je teško.

Unatoč tomu dobiveni zemljovidi strujanja topline dostatno su kvalitetan pokazatelj da bi se shvatila jedna od prirodnih karakteristika morske sredine.

## ZAKLJUČAK

Razmatajući prirodna obilježja mora dobiva se uvid u procese koji se odvijaju u "morskom okolišu". Prikazani procesi u moru mogu imati višestruko značenje: od pravilnog iskorištavanja morskog resursa do njegove zaštite.

Često se događa da zbog nedostatnog poznavanja "morskog okoliša" nastaju poremećaji u morskom ekosustavu. Ti mogući poremećaji, posebice u zatvorenim morima i zaljevima, mogu se odraziti na narušavanje života. Zbog toga je bitno poznavati "prirodni sustav" bilo pojedinih mora (regija i sl.), bilo oceana u cjelini.



Također, goleme količine ulova ribe i njegovo ekonomsko značenje obvezuju nas da pratimo kvalitetu "morskog okoliša".

### LITERATURA I BILJEŠKE

- Barenes, R.S.K., Hughes, R.N. (1989.), An Introduction Marine Ecology, Blackwell Scientific Publication, London
- Brown, J., Colling, A. i dr. (1989.), Ocean Circulation, Pergamon Press, London
- Clarke, G.L. (1954.), Elements of ecology, J. Wiley, New York
- Doronin, J.P. (1986.), Regionalna oceanografija, Gidrometeoizdat, Lenjingrad
- Parson, T.R., Takahoshi, M., Hargrave, B. (1990.), Biological oceanographic processes, Pergamon Press, Oxford
- Renzo, E.S. (1987.), Elementi di ecologia, Nicola Zanichelli, Bologna
- Tivy, J., O'Hare, G. (1987.), Human Impact on the Ecosystem: Conceptual Frameworks in Geography, Oliver and Boyd, Edinburgh and New York
- Wells, N. (1986.), The Atmosphere and Ocean: A Physical Introduction, Taylor and Francis, London
- Wright, J.B. (1978.), Oceanography, Open University Press, Milton Keynes

Rukopis primljen: 4.7.1993.

### NATURAL CHARACTERISTICS OF THE SEA

#### Summary

*In this study the processes of the sea are represented which refer to the natural sea characteristics. In fact, very complex processes are encompassed. They are occurring in the "maritime environment". This the study discovers certain facts about the maritime research which are essential for understanding of "the maritime environment". This, the following questions are developed upon:*

- the impact of light upon the life in the sea;
- the circulation of the nutritious matters and oxygen;
- the impact of the solar energy on the life on sea;
- the photosynthetic processes;
- the circulation of mater, including the transfer of temperature.

*By this he wholesome process is being displayed including the natural characteristics of the "maritime environment".*

*Key words: impact of energy and light on life in sea, photosynthetic processes, circulation of the deep-sea-water, temperature variations, nutritious matters and oxygen.*

# ANGLO ADRIATIC SHIPPING AGENCY LIMITED London

## HEAD OFFICE

Epworth House  
25 City Road  
LONDON EC1Y 1AA  
Telephone: 071-588 6167  
Telex: LONDON 881 3053  
Facsimile: 071-588 8054  
Telegrams: angloadriatic

General Agents in Great Britain for Croatian Shipowners. Port Agents in London

Members of the Baltic Mercantile and Shipping Exchange London and the Baltic and International Maritime Conference

Chartering Brokers and Liner Marketing Agents World Wide.

Ship sale and purchase Brokers.  
Freight Forwarders World Wide and Air Brokers.  
Bunkering Agents World Wide.