

OSNOVNE KARAKTERISTIKE JADRANA KAO PRODUKCIONOG BAZENA

BASIC CHARACTERISTICS OF THE ADRIATIC SEA AS A PRODUCTION BASIN

Miljenko Buljan

Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split

I. UVOD

Produktivnost svakog morskog bazena ovisi o njegovim morfometrijskim i hidrološkim svojstvima. Zato je potrebno da dademo sažet prikaz tih svojstava Jadranskog mora da bismo mogli pokušati dati odgovore na pitanje koja se tiču bioloških resursa toga mora, posebno pitanja postojeće biomase i njenog unapređivanja.

2. FIZIOGRAFSKI PROFIL JADRANA

2.1 *Smještaj*

Jadransko more je dio Sredozemnog mora i s njim je u vezi preko Otrantskih vrata. Ako se isključi Crno more, Jadran je najsjeverniji dio Mediterana: dopire sve do 45°47' N. Iz te okolnosti proizlaze neka važna fizička svojstva toga mora, posebno temperature i gustoće, koje mogu biti od značenja za našu temu.

Dužina Jadranskog mora iznosi 783 km. Širina mu nije svugdje jednaka; tako kod poluotoka Istre iznosi 102 km, a kod luke Bara 355 km, dok mu je prosječna širina 248,3 km.

Jadransko more seže na jug do crte koja spaja rijeku Butrint u Albaniji — rt Kargol na otoku Krfu — rt Kephali na istom otoku — rt St. Maria di Leuca u Italiji. Dužina obalne crte kopna Jadranskog mora (jugoslavenskog dijela) iznosi 3737 km, a obalna crta uključujući i otoke iznosi 7867 km.

2.2. *Morfometrija*

Jadran je na jugu odijeljen od Jonskog mora Otrantskim vratima širokim 72 km gdje se nalazi podmorski prag dubok oko 741 m. U srednjem dijelu Jadrana nalazi se Palagruški prag s najvećom dubinom oko 170 m. Između

ta dva praga smjestila se južnojadranska kotlina sa strmim stranama i maksimalnom dubinom od 1330 m, s prosječnom dubinom od 449 m i volumenom od 28.182 km³. Površina južnog Jadrana iznosi oko 59.850 km².

Sjeverno od Palagruškog praga nalazi se Jabučka kotlina s maksimalnom dubinom od 243 m. Ta kotlina pomalo postaje sve plića prema Tršćanskom zaljevu. Srednja je dubina sjeverne polovice Jadrana (sjeverno od Palagruškog praga) 81,5 m, s volumenom od 6.795 km³. Površina mu je oko 78.750 km².

Prosječna je dubina čitavog Jadrana 239 m, površina mu iznosi 138.595 km², a obujam 34.977 km³. Oko 4/5 morskog dna je pliće od 200 m, dakle pripada kontinentskoj podini (šelfu). Ta je činjenica od bitne važnosti za organsku produkciju, posebno za proizvodnju ribe.

2.3 Slanoća

Slanoća se kreće oko 38,30‰, dakle je nešto niža od one u istočnom Mediteranu (oko 39‰), a viša od one u zapadnom Mediteranu (oko 37‰). Utvrđeno je da se u otvorenom južnom Jadranu srednja vrijednost slanoće više godina kretala od 38,48 do 38,60‰, a u Jabučkoj kotlini od 38,22 do 38,57‰. U obalnim područjima Jadrana mnogo je veće kolebanje i opadanje slanoća morske vode. Jadran se ubraja u one dijelove Mediterana kojima je razlika precipitacije (uključivši slatkovodne pritoke) i evaporacije (P—E) pozitivna vrijednost. Odatle je glavni faktor koji čini da se povećava slanoća Jadranske vode, stupanj intenziteta kojim slana mediteranska voda ulazi kroz Otrantska vrata u Jadran. S druge strane su količina slatkovodnih donosa (pretežno u sjevernom Jadranu) te oborine faktor koji čini da opada vrijednost slanoće jadranske vode.

U kolebanju slanoće jadranska voda ima dva godišnja minimuma u veljači i svibnju, i dva maksimuma: u rujnu i ožujku. Jadranski minimum slanoće u svibnju dovodi se u vezu s maksimalnim protokom alpskih rijeka na sjeveru te istodobnim lokalnim oborinama uz našu obalu (odatle alpski minimum), a minimum slanoće u prosincu odgovara maksimalnom protoku krških rijeka istočne obale («krški» minimum) (Buljan, 1961 a).

Raspored slanosti Jadrana po dubini koleba u toku godine, a u kojoj mjeri prikazano je na »normalnom« grafu za klorinitet mora, koji je konstruiran od vrijednosti samih srednjaka za postaju Stončica (Sl. 1).

Vertikalni gradijent slanosti ili slojanje najbolje je uspostavljeno u razdoblju od travnja do kolovoza, dakle gotovo u isto doba kada je razvijena i termoklina. To očito povoljno utječe na razvoj jake piknokline.¹⁾

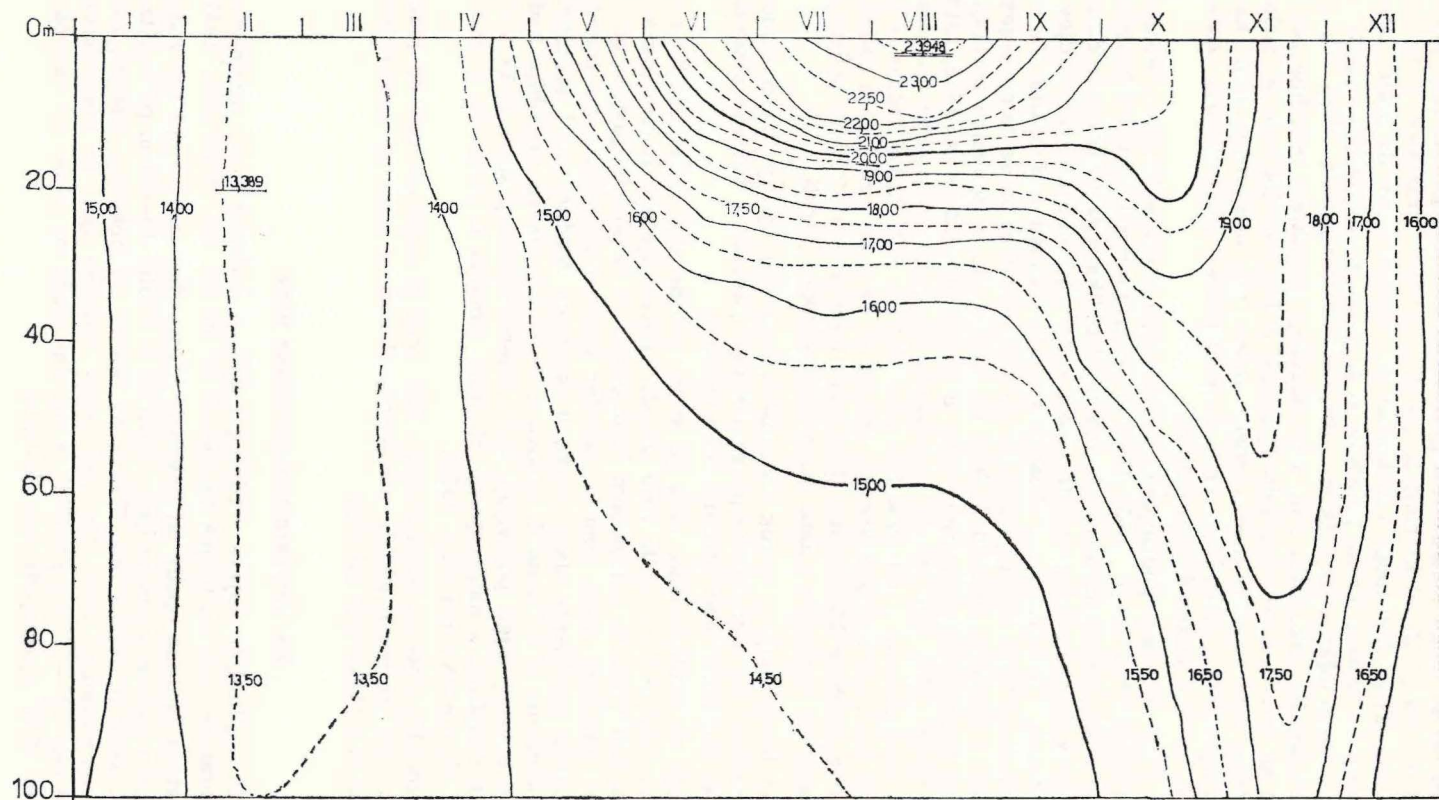
Na temelju tih podataka srednjaka i konkretnih vrijednosti slanosti za pojedine godine dobiju se prikazi anomalija kloriniteta na postaji iz odnosa

$$A = S - v$$

gdje je A = vrijednost anomalije, S = vrijednost srednjaka a v je stvarno nađeni klorinitet u nekom mjesecu na nekom nivou.

¹⁾ Piknoklina je mjesto u stupcu mora gdje je maksimalno dosegnuta vrijednost $\Delta\sigma_t/\Delta z$ (Buljan, 1952).

U istom radu smo dali također novi termin haloklina, za analogan pojam, koji se odnosi na promjene saliniteta morske vode u stupcu mora. Oba su termina kao potrebna i prikladna općenito ušla u oceanografsku literaturu, i našu i stranu.



Sl. 1. Normalni graf temperature ($T^{\circ}\text{C}$) za more na postaji Stoničica (srednji Jadran) dobiven na temelju 20-godišnjih mjerenja.
 Godišnji minimum je smješten u mjesecu veljači (20 m dubine) a maksimum je u kolovozu (na površini mora). Gusto smještene izoterme ljeti ukazuju na dobro razvijenu termoklinu tijekom 5—6 mjeseci u godini. (Buljan).

S pomoću tih se mogu konstruirati grafovi za pojedine godine koji predstavljaju odstupanja (+ ili —) kloriniteta i koji plastično odražavaju karakter pojedinih godina. Ti grafovi mogu biti korisni jer omogućavaju da bolje ocijenimo ponašanje i karakteristiku pojedine godine pa se mogu primijeniti u hidrološkim, klimatološkim, ekološkim i drugim proučavanjima mora. Ta se metoda može uspješno iskoristiti npr. u proučavanju karaktera pojedine godine s obzirom na to radi li se o ingresionoj godini u Jadranu, kada se on zaslanjuje zbog dotjecanja »istočne mediteranske vode« intermedijarnog sloja, kao što je to bilo npr. 1948. i 1957, ili se vršio obrnuti proces, odslanjivanja Jadrana, kao što je to bilo nekih drugih godina.

Mi smo našli da osim godišnjega postoji takovo višegodišnje kolebanje slanosti u Jadranu (Buljan, 1953). Uočeno je da Jadran i susjedni Mediteran uzajamno utječu jedan na drugoga. Jedan od oblika toga utjecaja je da se od vremena do vremena slanija mediteranska voda u jačim količinama ulijeva u jadranski bazen, što uzrokuje podizanje stupnja slanosti u Jadranu. To se osobito odrazi u znatnom zaslanjivanju mora sve do Istre, pa se tamo pojavi voda koja ima vrijednosti više od 21,30‰ Cl. Zna se da se fenomen zaslanjivanja Jadrana (»jadranske ingresije«) vršio u slijedećim godinama: 1876, 1913, 1930, 1939, 1948/49, 1957, 1969. U vrijeme takvih »ingresionih« godina u Jadranu se nađe mora slanosti i od 39‰ Sal (oko 21,60‰ Cl). Kako Jadran nije mjesto gdje se tvori voda visoke slanosti, smatra se da u ta razdoblja u Jadranu prodire voda iz istočnog Mediterana (Levanta), koje je inače jedino područje Mediterana gdje se normalno nalazi voda tako visoke slanosti.

Po našim istraživanjima uzrok jadranskih ingresija djeluje izvan samog Jadrana, a mehanizam ingresija je po svoj prilici povezan s velikim depresijama atmosferskog tlaka nad istočnim Mediteranom.

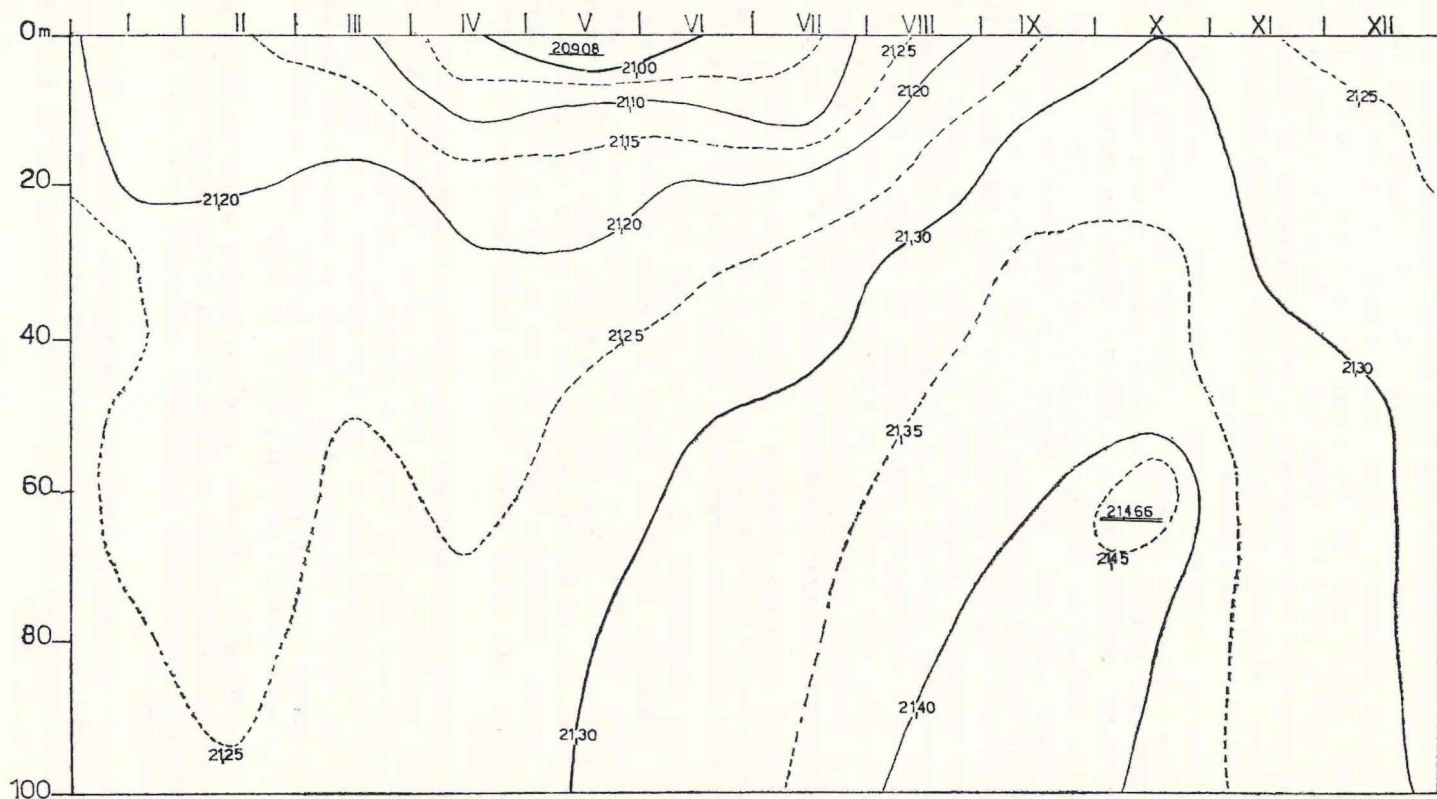
Ispitivanju te problematike dala je svoje znatne doprinose dr Zore-Armanda. Ona je uspostavila vezu između veličina ljetnog zonalnog zraka i jačina etezijskih vjetrova u istočnom Mediteranu te rasporeda gustoće površinskog sloja jadranske vode. Ona je također izravno utvrdila vezu između veličine zonalnog gradijenta tlaka zraka u istočnom Mediteranu i saliniteta u srednjem Jadranu. U toku naših radova utvrđeno je da su razdoblja kada se u Jadranu u većoj mjeri pojavljuje voda intermedijarnog sloja, (»A« voda po Zoreovoj), skopčana s natprosječno hladnim zimama u području Jadrana (Buljan i Zore-Armanda, 1971).

Ipak, razdoblje utjecaja mediteranske »A« vode se osjeća u više od jedne sezone a i u više od jedne godine uzastopno, ako su je neki od spomenutih uzroka stavili u intenzivnije gibanje.

2.4 Temperatura jadranske vode

Vode i iz najdubljih slojeva srednjeg i južnog Jadrana imaju razmjerno visoke temperature, tako su uvijek toplije od 11° do 12° (M. Buljan, 1957).

Temperatura jadrana opada od površine prema dnu (anotermni tip vode). U toplom dijelu godine, posebno ljeti, otprilike u dubini 10—30 m, postoji tzv. temperaturni skok ili termoklina. Tamo, na dubini od nekoliko metara, najbrže opada temperatura vode. Na otvorenom Jadranu ljeti se temperatura obično kreće oko 22°—25° na površini, a pri dnu pada na 11,50° (u Jabučkoj kotlini) ili na 12,70° (južnojadranska kotlina).



Sl. 2. Normalni graf kloriniteta (Cl‰) za more na postaji Stončica (1Nm E od o. Visa, srednji Jadran) dobiven na temelju 20-godišnjih mjerenja. Godišnji minimum je u svibnju i smješten je na površini mora, a maksimum se nalazi u listopadu na 60 m dubine. (B u l j a n).

U jesen nastaje izotermija: voda ima jednaku temperaturu od površine do dna. Izotermija se uspostavlja najprije na visokoj temperaturi (na oko 18° — 19° u južnom Jadranu, na mjestu koje je duboko 70 m), pa ta, zbog zimskog hlađenja, postaje sve niža. Na otvorenom srednjem i južnom Jadranu temperatura ne pada ispod 11° . Blizu obale i u sjevernom plitkom Jadranu hlađenje je mnogo snažnije. Izotermija u Jadranu započinje od obale prema otvorenom moru i od sjevera prema jugu. Uz obalu izotermija počinje u listopadu ili studenom, a katkad i potkraj rujna.

Na površini mora u obalnom području maksimalne su temperature u srpnju i kolovozu, a minimalne u veljači. Na otvorenom moru položaj ekstremnih točaka temperature pomiče se za oko jedan mjesec kasnije, tako da more zaostaje u svojem toplinskom ritmu za ljetom i zimom na kopnu.

Amplituda zabilježenih temperatura površine mora u toku godine uz obalu kraj Splita iznosi $15,0^{\circ}$ — $17,5^{\circ}$. Što se više udaljujemo od obale prema moru ta amplituda godišnjeg kolebanja temperature mora sve se više smanjuje. Godišnja amplituda temperature površine mora van otoka Šolte iznosi tek $11,5^{\circ}$.

Raspored temperature Jadrana koleba po dubini u toku godine. To je prikazano na normalnom grafu (Sl. 2) za temperaturu mora koji je konstruiran na temelju brojnih podataka za srednji Jadran, na postaji Stončica. Iz grafa se vidi da su prva četiri i zadnja dva mjeseca u godini bez gradijenta po dubini, dok se početkom svibnja uspostavlja termoklina. Ona se učvršćuje do rujna kada se počinje razbijati spuštanjem izoterme od 15°C sve do dna (100 m).

U otvorenom sjevernom, srednjem i južnom Jadranu termoklina se ljeti smješta između 10 i 30 m. U obalnom području je pliće smještena, a u srednjem otvorenom Jadranu zna doseći ljeti i dubinu od 35 m (M. Zore, 1969).

Maksimalna temperatura na Sl. 2 ne prelazi $23,86^{\circ}$ (na površini u kolovozu), a minimalna $13,24^{\circ}\text{C}$ (u ožujku na 100 m dubine). Graf otkriva pojavu značajnog zahlađivanja u toku ljeta (kolovoz i rujna) u slojevima na dubini od 20 do 80 m. Slična pojava je nađena kraj postaje Maslinica koja je smještena oko 30 Nm N od Stončice. Ta pojava zahlađivanja vode u dubini i ljetnim mjesecima kazuje da se tu radi o pojavi uzdižuće vode (Upwelling), koja može imati vezu sa bioprodukcijom tog područja (Buljan, 1965).

Horizontalni raspored površinskih temperatura u Jadranu najviše je određen godišnjim razdobljem. Međutim, postoje znatna višegodišnja kolebanja temperature tog mora, koja su ovisna o kolebanju utjecaja Mediterana na Jadran. Pravilo da je južni Jadran topliji od sjevernog i srednjeg Jadrana vrijedi samo zimi. Tada je i otvoreni Jadran topliji od obalnoga. Razlika između površinske temperature sjevernog (Tršćanski zaljev) i južnog Jadrana zimi iznosi oko 8° , a nekih godina i 10°C (Buljan, M., 1957).

M. Zore (1969, b) je našla da i naoblaka donekle utječe na visinu prosječnih zimskih temperatura mora kod Splita. Ona je također proučavala promjenu distribucije temperature površinskih jadranskih voda pod uplivom kretanja jadranskih voda.

Proučavajući višegodišnje kolebanja temperatura otvorenog Jadranskog mora, opazili smo da se u razdoblju jačeg ulijevanja mediteranske vode u jadranski bazen (ingresije) zimi zagrijava voda otvorenog južnog i srednjeg Jadrana (Buljan, 1957).

U isto doba sloj mora s maksimalnom temperaturom se smješta (u južnom Jadranu) blizu površine usprkos zimi. Sloj mora s minimalnom temperaturom spušta se blizu dna. To se dogodilo npr. 1911—1914. god.

Sa slabljenjem upliva mediteranske vode ti slojevi promijene svoj raspored po dubini. Taj fenomen povremenog ugrijavanja jadranskih masa može predstavljati ekološki faktor istaknutog značenja.

2.5 Morske struje

Geomorfološke karakteristike Jadranskog mora, tj. oblik i dubina njegova bazena, u velikoj mjeri utječu na dinamiku vode. To je more s vrlo izraženim kontinentalnim karakteristikama. Razlog tome je što ima uzak i duguljast oblik te što je u velikom dijelu toliko plitko da najveći njegov dio pripada kontinentalnom selfu. Meteorološke prilike također pogoduju stvaranju kontinentalnih karakteristika. Zimi su značajne provale kontinentalnog zraka s burom i vrlo promjenljivo vrijeme zbog čestih prolaza ciklona. Ljeti prevladava suho vrijeme pod utjecajem etezijskog vjetera maestrala.

S obzirom na to da vjetrovi koji pušu na Jadranu nisu stalni, oni također nisu u mogućnosti uspostaviti stalan određen sistem cirkulacije premda inače djeluju na strujanje, osobito u obalnom području. Plima i oseka imaju relativno vrlo male amplitude. Zbog toga su male i brzine plimnih struja i njihov utjecaj na transport vode. Ipak se one osjećaju, osobito u obalnom području i kanalima (Zore-Armanda, 1958).

M. Zore-Armanda je sistem cirkulacije u Jadranu vertikalno razdijelila u tri sloja: površinski, intermedijarni i pridneni. Svaki od ta tri sloja ima nezavisan sistem strujanja, premda oni vrlo utječu jedan na drugoga i u određenim su situacijama samo grane općeg sistema cirkulacije. Površinski sloj u srednjem i južnom Jadranu obuhvaća približno gornjih 40 m. Međutim, dubina površinskog sloja varira u različitim sezonama i godinama.

Buljanovi radovi (1953, 1957) su doprinijeli poznavanju advekcionijskih kretanja jadranskih voda i posebno pojave mediteranske duboke vode u Jadranu konstatiranjem fenomena ingresija.

Međutim istraživanja M. Zore-Armanda (1956, 1963, 1968, 1969) su direktnim metodama znatno nadopunila poznavanje dinamike površinskog sloja. On je karakteriziran velikim sezonskim razlikama temperature, saliniteta i gustoće. Razlike u smjeru gradijenta temperature i saliniteta (gradijenta gustoće) ljeti i zimi uzrokuju da zimi prevladava ulazna (NW) struja u Jadranu a ljeti izlazna (SE) struja. U skladu s ciklonalnim tokom strujnica zimska ulazna struja je naglašenija uz istočnu obalu, a ljetna izlazna struja uz zapadnu. U posebno povoljnim uvjetima može se dogoditi da zimi uopće nema izlaznog kraka a ljeti ulaznoga. Taj sezonski ritam u osnovi uvjetuje sistem gradijentskih struja.

Horizontalni su gradijenti gustoće u proljeće i jesen znatno smanjeni. Zbog toga ne prevladava ni ulaženje ni izlaženje vode iz Jadrana u površinskom sloju.

Izmjena u režimu vjetera takođe pomaže zimsko-ljetni ritam izmjenjivanja glavnog smjera strujanja. Ljeti nad Jadranom prevladava maestral (NW vjeter) i pojačava tendenciju izlaženja vode iz Jadrana, tj. SE strujanje. Zimi u manjoj mjeri analogan utjecaj ima čest vjeter SE (jugo).

Struje su se direktno mjerile prvenstveno u srednjem Jadranu, pa su tu najbolje poznate. Jedan je od glavnih rezultata sistematskog mjerenja na transverzalnom profilu Split-Gargano taj da se uz istočnu obalu smjer površinskog strujanja mijenja u toku godine u smjeru kazaljke na satu, pa zimi prevladava NW smjer, u proljeće N, ljeti SE a u jeseni SW smjer. To pokazuje da tu zimi i ljeti prevladava longitudinalno strujanje (tj. u smjeru osi Jadrana), a u proljeće i jesen transverzalno kako je sve to pokazala M. Zore (1969, a). S obzirom na to da se radi o profilu koji je karakteriziran podmorskim pragom te je tako važan za izmjenu vode sjeverno i južno od njega, znači da je zimi i ljeti uspostavljena izmjena vode između sjevernog i južnog Jadrana, dok je u proljeće i jesen nema.

Brzine gradijentnih struja, tj. struja koje u najvećoj mjeri utječu na ukupan transport vode jer nisu periodične, kreću se od približno 5 do približno 15 cm/sec (0,1 — 0,8 čv.). Tom brzinom strujanja bi jednoj čestici bila potrebna otprilike 3 mjeseca da iz najjužnijeg stigne u najsjeverniji dio Jadrana.

Naravno, prosječna je brzina struje koju možemo naći na nekom mjestu obično veća jer uključuje brzinu plimnih struja vjetrova i struja seša. Te se brzine u srednjem Jadranu kreću od 15 do 25 cm/sec. (0,3—0,5 čv.). Najveća prosječna brzina je nađena u južnom Jadranu, i to na zapadnoj strani Otrantskih vrata. Tu iznosi 42 cm/sec (0,8 čv.).

Maksimalne brzine struja se kreću od 33 do 86 cm/sec. (0,6—1,7 čv.). Ta posljednja je također izmjerena na zapadnoj strani Otrantskih vrata. Svi ti podaci o brzini struja su dobiveni radovima M. Zore - Armanda.

Općenito je strujanje uz istočnu obalu Jadrana sporije nego uz zapadnu.

Intermedijarni sloj. Taj sloj ima najslaniju vodu, a to je posljedica utjecaja mediteranske vode koja se u tom sloju najviše osjeća. To je zato što u tom sloju u toku cijele godine, a najizrazitije ljeti, prevladava ulazna struja u Jadran.

Po mišljenju M. Zore-Armanda ljeti se strujanje u intermedijarnom sloju pojavljuje kao kompenzacijska struja izlaznom SE strujanju u površinskom sloju i može se zajedno s njim shvatiti kao zatvorena cirkulacija, ako se proširi na istočni Mediteran. Tako se manjak vode, koji nastaje pretežnim izlaženjem vode u površinskom sloju, nadoknađuje protustrujom u sloju ispod njega, tj. u intermedijarnom sloju. Zbog takve vertikalne cirkulacije voda se diže u plićim područjima i uz otoke, tj. tamo gdje voda intermedijarnog sloja nailazi na barijere. Već je bilo govora o tome da se u srednjem Jadranu u proljeću u području otoka Visa i Sušca voda diže zbog divergencije na površini. Ljeti se to dizanje nastavlja zbog uvjeta vertikalne cirkulacije vode u cijelom bazenu. Evidencija o takvu dizanju vode postoji i u rasporedu temperatura. Brzina struje intermedijarnog sloja ovisi o intenzitetu opisane vertikalne cirkulacije. Ona se jako mijenja iz godine u godinu jer ovisi o gradijentima tlaka zraka, jačini etezijskih vjetrova nad cijelim istočnim Mediteranom i o horizontalnom gradijentu gustoće morske vode u samom Jadranu (M. Buljan - M. Zore - Armanda, op. cit.).

3. FAKTORI PROIZVODNJE U JADRANU

3.1 Prirodni činioci koji pozitivno utječu na bioprodukciju

3.1.1. Hranjive soli u Jadranu

Za živi svijet Jadrana vrlo je važan sadržaj hranjivih soli, posebno fosfora i dušika. Vode otvorenog Jadrana imaju anorganske fosfata u tragovima, pa sve do 11,6 P-PO₄ mg/t. -

U sjevernom Jadranu su nađene znatne količine tih soli (Faganelli, 1961). Osam postaja s područja Trsta, Venecije, Ravenne i Ancone daju slijedeće srednjake sadržaja hranjivih soli:

Tab. 1

Dubina	P-PO ₄ mg/t
5—15	5,1
20—30 m	3,8
50 m	2,3

Južnije je smješteno 11 postaja i one su slijedeće vrijednosti:

Tab. 2

Dubina u m	P-PO ₄ mg/t
5—15	2,9
20—30	1,7
50	1,9

Srednjak sadržaja fosfata u vodama vani o. Mljeta, približno iznosi 1,77 mg/t, a na području srednjeg Jadrana (na crti Split, Palagruža), 1,60 mg/t. Tu su dakle dijelom uključeni i kanali srednjeg Jadrana (Buljan 1953a). To vrijedi za obalne vode.

Za otvoreni srednji i duboki Jadran imamo nove podatke (Stojanovski, 1972).

Količine P-PO₄ iznose se na slijedećoj tablici br. 3.

Tab. 3. Količina P-PO₄ u otvorenom Jadranu nađene u toku 1971—72. god. (P-PO₄ mg/t)

Postaja	Broj analiza	Srednjak	Maksimalna vrijednost	Dubina postaja (m)
Stončica	77	2,48	7,6	100
Jabučka kotlina	23	3,38	8,5	270
Južnojadranska kotlina	32	3,45	11,5	1100

Time se potvrđuju raniji naši nalazi da je duboki južni Jadran nešto bogatiji fosfatom od srednjeg Jadrana.

U srednjem Jadranu samo se Jabučka kotlina katkada odlikuje povećanom količinom slobodnih fosfata i to pri samome dnu, na oko 250 m. Količine fosfata tamo kolebaju od oko srednjaka 3,38 pa sve do 8,5 mg/t, što je znatna količina, ali to se praktično ograničava na slojeve dublje od 200 m.

Slijedeća tablica br. 4 daje sliku o tome kakvo je stanje zaliha u južnom Jadranu, u bazenu koji potpuno dominira svojim rubnim područjima i srednjim Jadranom. Za usporedbu izneseno je koliko fosfata ima u vodama zapadnog Mediterana, koji je pod utjecajem atlantskih voda s koje tamo trajno ulaze (na alžirskoj obali), s podacima jedne postaje izvan Gibraltara.

Tab. 4. Sadržaj fosfata (P-PO₄) mg u toni vode

Dubina	BIOS*) 1971/2	MGG 15 IX 1957	MGG 17 IX 1958	MGG 15 III 1958	DANA 4136+) VI 1930	DANA 4142++) VI 1930
1	2	3	4	5	6	7
10	1,95	2,1	0,7	0,9	0	0
30	2,00	—	—	—	2,2	0
50	2,75	0,7	1,5	0,7	—	0
75	—	—	—	—	2,2	0
100	2,55	0,7	1,2	0,8	2,2	0
150	—	—	—	—	4,5	13,5
200	—	1,1	2,2	0	4,5	13,5
300	2,10	—	—	—	10,9	19,6
400	—	—	—	—	10,9	21,8
500	1,75	1,0	2,0	1,4	6,5	21,8
600	—	—	—	—	10,9	21,9
800	—	2,4	1,8	1,5	10,9	30,5
1000	1,70	2,3	2,4	—	10,9	26,2
1100	2,30	—	—	2,8	—	—

+) Alžirska obala.

++) Atlantik, 2°W od Gibraltarskih vrata.

*) Juž. Jadran, srednjaci iz 1971/72 god. (V u k a d i n, I, 1972).

Iz tablice se vidi da su u susjednom Atlantiku vode dublje od 100 m bogatije za oko jedan red veličine ili oko 10 puta negoli jadranske vode.

Vrijednost sadržaja fosfata u vodama Britanskog kanala iznose 9,56 mg P-PO₄. Te su vrijednosti dakle opet izrazito više jer se radi o vodama s dubinom manjom od 80 m. Opet je i za gornjih 100 m voda Britanskog kanala bogatija fosfatima za oko 10 puta. Možemo dakle izvesti zaključak da vode južnog i srednjeg Jadrana imaju vrlo nizak sadržaj fosfata, a da su vode sjevernog Jadrana od Istre u gornjih 30 m u tome prosječno bogatije za više od 2 mg/t. Rijeka Po i susjedni tokovi donose te hranjive soli, lokalnog su dakle porijekla.

U sasvim drugom svjetlu se pokazuju obalna područja kao što su duboke uvale, zatvorenije vode, zatvorene vode, riječna ušća i sl. Tu nalazimo vode koje sadrže prilične količine fosfata. U Vranskom jezeru su nađene vrijednosti i od 5,7 mg P-PO₄ u t vode (kod položaja Živače), a u zaljevu Neum — Klek i preko 12 mg P/t. Ta, sasvim obalna područja, svakako su pod utjecajem slatkih voda i stoga mnogo bogatija hranjivim solima. Nešto niže dajemo dodatne nove podatke o kemijskom sastavu nekih jadranskih pritoka u odnosu na sastav morske vode (tab. 5).

Tabela 5. Kemijske analize voda nekih jadranskih pritoka

	Po — ušće	Zrmanja	Krka	Cetina	Neretva	Skadarsko jezero	Bojana	Jabučka kotlina	Južni Jadran	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cl ‰	15,65	7,94	10,53	2,48	1,22	0,00	0,00	21,25	21,18	
Sal ‰	28,27	14,36	19,13	4,51	2,23	0,00	0,00	38,55	38,51	
Alk. mg ekv/l	—	3,593	3,460	3,743	3,910	3,847	3,647	2,668	2,673	
SO ₄ ²⁻ mg/l	—	918	1000	244	216	34,2	118	2984,0 ¹⁾		
SiO ₂ mg/t	—	1350	680	174	140	950	2700	237,0	205,0	
P-PO ₄ ³⁻ mg/t	13,2	5,69	2,68	3,99	4,17	3,26	3,46	2,48	3,28	
P-tot mg/t	—	7,9	4,90	3,95	8,6	4,79	7,21	3,81	3,48	
N-NH ₄ ⁺ mg/t	104,0	55,0	16,5	4,6	16,5	105,0	23,0	25,7	29,6	
N-NO ₂ ⁻ mg/t	2,0	3,33	1,99	2,06	2,74	2,30	2,57	1,47	1,95	
N-NO ₃ ⁻ mg/t	32,0	3,55	0,17	0,32	2,74	4,51	0,55	11,35	12,75	

Opaska: Stupac 2 odnosi se na postaju br. 3 1 Nm vani od ušća rijeke Po (Scaccini-Cicatelli, 1970).

Uzorci za vode pod stupcima 3—8 uzeti u listopadu 1971. god. i to s površinskog sloja na postaji.

Podaci pod stupcima 9 i 10 uzeti iz (Vukadin, 1972.) predstavljaju godišnji srednjak za čitav stupac mora.

¹⁾ Srednjak za siječanj 1971. god. za Stončicu.

U nekim plitkim područjima, gdje se u more ulijevaju slatke vode, kao u Malostonskom i Pirovačkom zaljevu, količine fosfata sežu i do 19 mg P-PO₄/t vode. U dubljim slojevima Rogozničkog jezera kod Šibenika nađeno je i do 120 mg P-PO₄/t. Količine ukupnog P u vodi otvorenog Jadrana iznose oko desetak mg/t P.

Za fosfate imamo dakle slučaj da je srednji otvoreni Jadran u stvari najsiromašniji. Te se soli donose s juga, iz Jonskog mora (v. tab. 4, stupac 2: maksimalne vrijednosti su u dubini od 50—100 m), rijekama u sjevernom Jadranu i slatkovodnim tokovima uz čitavu našu obalu (v. tab. 5).

Sada raspoložemo priličnim pregledom o kretanju u sadržaju dušikovitih soli NH₄⁺, NO₂⁻ i NO₃⁻ (tab. 6) u Jadranu u toku godine. Važno je istaći nalaze I. Vukadina (1972) da su u obim kotlinama 1971—72 god. postojale u dubinskim slojevima jače količine dušikovitih soli negoli u plićim slojevima, i u otvorenom, i u obalnom Jadranu (tab. 7). To potvrđuje nalaz L. Stojanowski (op. cit.) koji je u obje kotline u 1970—71. godini našao velik porast nitrata s porastom dubine.

Tab. br. 6. Godišnji srednjaci sadržaja hranjivih soli u stupcu mora (Vukadin, 1972).

	N-NO ₃ mg/t	N-NO ₂ mg/t	Si-SiO ₃ mg/t
Stončica	7,28	1,03	186
Kaštelanski zaljev	10,10	1,08	202
Jabučka kotlina	11,35	1,47	237
Južnojadrans. kotlina	12,75	1,95	205

Tab. br. 7. Godišnji srednjaci po slojevima za 1971/72. (Vukadin, 1972)

Jabučka kotlina	NO ₃ -N mg-t	Južnojadranska kotlina	NO ₃ -N mg-t
0 m	7,5	0 m	5,9
20 m	7,0	20 m	7,4
50 m	9,0	50 m	8,4
100 m	10,0	100 m	11,0
200 m	16,9	300 m	12,9
260 m	17,4	500 m	15,5
		1000 m	21,0
		1190 m	21,6

Stojanowski (op. cit.) je našao da s porastom saliniteta i sadržaj dušika u kotlinama, pa je zaključeno da su slanije vode iz Mediterana glavni izvor dušika za otvoreni Jadran. Iz radova ta dva mlada autora izlazi da je u dubini kotlina ovakav raspored sadržaja N-soli: najniži je sadržaj nitrata, pa amonijaka, pa nitrata, dok je uz obalu jači amonijak od nitrata.

Time je data geokemijska distinkcija dubinskih voda Jadrana od voda plitkih i obalnih područja. Druga je važna konstatacija o bogatstvu NO₃—N u donjim slojevima kotlina: dubinski slojevi su oko 3 puta bogatiji u nitrata od površinskih slojeva. Južnu jadransku kotlinu možemo smatrati rezervoarom tih soli, toliko važnih za produkciju.

3.2.1. Ingresije

Već smo spominjali fenomen višegodišnjih kolebanja slanosti u Jadranu-jadranske ingresije. Budući da se tu radi o ulasku u jadranski bazen većih količina intermedijarne vode iz istočnog Mediterana s time je skopčan i ulazak većih masa hranjivih soli, posebno nitrata i fosfata, u Jadrna najviše u njegov južni i srednji dio.

Za sjeverni Jadran je značajan trajno viši sadržaj hranjivih soli i niži salinitet. Oboje se dovodi u vezu s utjecajem sjevernotalijanskih rijeka (Po, Brenta, Ečava i dr.). Na taj dio Jadrana malo utječe ingresija slanijih voda iz južnog Mediterana.

Iz analiza podataka o količinama hranjivih soli u Jadranu i u Mediteranu zaključeno je da postoje kolebanja u odnosu hranjivih soli voda iz Jonskog mora. Što više duboke vode iz tog mora ulazi u Jadran, to više hranjivih soli dolazi u naše plitko more. Te pojave su dovedene i u vezu sa znatnim kolebanjima u lovu plave ribe. Tako je nađeno (Županović, 1968) da se lovine plave ribe u viškom području u dvije bogate godine poklapaju s razdobljem dviju jadranskih ingresija DELI (koja se dogodila 1875.) HVAR (koja je dogodila 1948/49.) što se vidi iz slijedeće tablice:

Tab. br. 8. Lov srdjele u viškom području i ingresije (Županović, 1968).

Godina	Lovina	%	Godina	Lovina	%
1876.	11,500	33,14	1949.	18,712	38,45
1877.	9,673	27,87	1950.	11,997	24,65
1878.	5,937	17,14	1951.	5,330	10,95
1879.	2,680	7,72	1952.	5,562	11,42
1880.	2,460	7,09	1953.	5,077	10,45
1881.	2,446	7,04	1954.	1,989	4,09

Vidi se jasno da postoji statistički značajna distribucija lovova ribe sa težištem u ingresionoj godini a zatim slijedi postepeni pad vrijednosti.

Danas s dosta sigurnosti možemo zaključiti da postoji velik i pozitivan utjecaj tih ingresionih ulijevanja slanije vode u jadranski bazen na živi svijet Jadrana, posebno plankton, na produkciji organske materije u Jadranu kao i na više nivoe produkcije u tom moru (Buljan, 1967). Sada o tome stiže potvrda i od drugih autora (M. Zore-Armanda, T. Pucher-Petković I. Kačić, 1971).

Ingresije se geofizički faktor velikih dimenzija i stoga mogu utjecati na velik dio otvorenog Jadrana.

3.1.3. Divegencija

Ima još jedan faktor koji je većeg značenja za produktivnost u nekim djelovima mora a to je divergencija ili upwelling. Na postojanje tog fenomena u srednjem Jadranu (Maslinica, Stončica, Gonoturska) upozorio sam ranijih godina (Buljan, 1964 za Vis, 1964 za Maslinicu, 1965 za Stončicu) na temelju ponašanja godišnjih izoterma na označenim postajama.

Ta se istraživanja nastavljaju (Zore Armanda, 1969). Međutim, do sada nema znaka da bi taj fenomen mogao u Jadranu igrati onu ulogu u di-

namici, pa i u bioprodukciji, koju ima na nekim drugim područjima kao što je zapadna obala obiju Amerika, Arabije i još na nekim mjestima.

Moguće je da je bogatstvo ribolova kod Blitvenice posljedica djelovanja upwellinga duboke vode iz susjedne Jabučke kotline koja je — kao što smo vidjeli — pri dnu dosta bogata hranjivim solima.

Takvi slični uvjeti izgleda, nisu ispunjeni na potezu Korčula — Stončica — Maslinica. Upwelling tamo postoji, ali u blizini nema dubina sa hranjivim solima; tu je plitki prag s najviše stotinjak metara dubine.

3.1.4. Utjecaj slatkih voda

Na Jadran, kao i na većinu okrajnih mora, snažno utječe susjedno kopno, osobito svojim slatkim vodama. Najveću količinu slatke vode ulijeva u Jadran rijeka Pad i neke druge alpske rijeke, osobito u doba topljenja snijega; u ostalo doba godine znatan doprinos daju i rijeke s istočne i zapadne obale. Iako na istočnoj obali Jadrana ne postoje veće rijeke, osim Drima, ipak je zaslađivanje uz obalu znatno, osobito u području sjeverno od ušća Krke, pa u kanalima sve do Istre.

Prilike na mjestima gdje se jadranske rijeke ulijevaju u more, odnosno miješaju s morem, bolje su ispitane na estuarnim dijelovima Krke i Zrmanje. Nađeno je da more duboko prodire kroz riječno ušće koritom rijeke sve do prvih slapova. Istodobno se u gornjem sloju na površini nalazi sasvim slatka voda (M. Buljan, 1969, b).

Područja dokle se morska voda miješa s vodom Krke i Zrmanje istodobno su područja dokle su te rijeke plovne. Slične prilike se mogu očekivati za estuarne dijelove rijeka Cetine, Neretve, Bojane i još nekih drugih. Novi podaci s kemijskim analizama voda nekih jadranskih pritoka, sabrani u tablici br 5, ilustriraju nam razlike između mora i slatkih voda uz Jadran. Kao što se vidi iz tablice količine fosfata što ih nose sobom vode rijeka najvećim su dijelom više od onih koje obično susrećemo u obalnim morskim vodama u Jadranu.

Sadržaj silikata je u prosjeku također viši u vodama rijeka negoli u Jadranu, kao što je i alkalinitet, dakle sadržaj karbonata, viši u vodama rijeka.

U Krki i Zrmanji vrijednosti alkaliniteta i sadržaja silikata voda opadaju od površine prema dubini i od voda niske slanosti idući prema vodama visoke slanosti (M. Buljan 1969b). Sadržaj Si mg/t i vrijednost za alkalinitet u vodama obiju rijeka jest negativna funkcija sadržaja Cl%. Jadranski pritoci istočne obale su po pravilu siromašniji u svim oblicima dušika negoli je to glavnina jadranske vode, tj. ona u kotlinama.

Organske raspadnute tvari (detritus), što ih donose slatke vode, vrlo su važne za održavanje plodnosti morskog područja, ali su isto tako važan faktor zamućivanja i nekad zagađivanja obalnog mora, ako ima i izmeta iz gradova. Detritus ne služi samo kao hrana za razne morske organizme, posebno na morskom dnu, nego omogućava neke važne kemijske procese na mjestu dodira morske vode s morskim dnom: pri tome dolazi do oslobađanja i prijelaza novih količina hranjivih soli iz morskih sedimenata u morsku vodu. Donos je toga organskog materijala na istočnoj obali Jadrana vrlo malen zbog toga što je biljni pokrivač na našoj obali srazmjerno slabo razvijen. Nešto ga ima u blizini ušća Neretva, Krke i Zrmanje. Rjeka Pad je, naprotiv, bogata organskim detritusom i drugim hranjivim tvarima pa time blagotvorno utječe na plodnost sjevernog Jadrana.

Slični procesi izazvani ulogom većih gradova na Jadranu, posebno posljednjih godina, treba tek da se upozna i da se ocijeni stupanj njihova utjecaja. Na taj faktor zagađivanja mora navratit ćemo se opet nešto niže u ovom referatu.

Sadržaj hranjivih soli u bazenu ovisi dijelom o geokemijskom faktoru, to jest o kemijskom sastavu kamenja ili tla koji su u dodiru s vodama bazena ili njegovih pritoka. Tako je eruptivno kamenje bogatije fosfatima nego sedimentno vapneno stijenje. Većina je obale Jadranskoga mora građena od takvog sedimentnog stijena (eruptivno kamenje sadrži oko 1,2‰ fosfora vapnenac oko 0,16‰).

Osim količina anorganskih fosfata koji stižu vodama tekućicama za produkciju je važno i stanje i događaj koji se odigravaju u vodi bazena. Naime, glavni dio fosfata što ga donesu te vode naskoro se veže adsorptivnim vezom na hidrokside trovaljanog željeza i mangana, kojima obiluju slatke vode, pa ti bivaju koagulirani i staloženi na dnu mora i time redovito isključeni iz kruženja u vodi. Tek jedan mali dio donesenih fosfata troši fitoplankton. Oboreni fosfat na morsko dno može ući u biološko kruženje ako postoje uvjeti koji će omogućiti redukciju netopivog trovaljanog željeza na koje je vezan fosfat u mulju, u topivi dvovaljani oblik. Tada skupa sa Fe^{2+} odlazi u otopinu i PO_4^{3-} . Detaljnije o tim procesima je pisano u ranijim radovima M. Buljan (1953b i 1953c).

U oligotrofnim bazenima imamo slijedeću situaciju. Kako je u bazenu malo reduktivnih tvari (uglavnom organskih tvari), praktično se ne vrši redukcija željeznih spojeva u morskom talogu, pa nema ni oslobođenja fosfata. S druge strane, budući da se ne vrši oslobađanje fosfata iz taloga, slaba je produkcija u bazenu, pa se u njemu ne stvara dovoljno reduktivnih tvari koje su proizvod produkcije. Kako vidimo to je verizan proces. Obje pojave su naizmjenično i uzrok i posljedica siromaštva bazena.

3.1.5. Utjecaj šume na proizvodnju

U obalnim područjima veliku ulogu igra donos reduktivnih tvari s kopna, pa izgleda da su bazeni o njima ovisni u velikoj mjeri. Donosom organskih tvari s kopna postizava se ne samo sniženje količine O_2 u dubinskim slojevima nego se i snizuje vrijednost pH zbog proizvodnje ugljične kiseline koja nastaje izgaranjem organskih tvari. Snižavanjem pH vrijednosti vode povećava se i topivost fosfata pa mogu ostati u otopini u većim koncentracijama. Svega toga nema u siromašnom morskom bazenu.

Naprotiv, u jednom bogatom produktivnom morskom zaljevu, kao što je npr. Mljetsko jezero, u toku ljeta u dubljim slojevima pojavljuje se snažna oskudica u kisiku, snizuje se pH vrijednost zbog obogaćenja CO_2 . Tu su tada ispunjeni uvjeti da se reduciraju željezni spojevi mineralnih komponenata dna i da se oslobađa PO_4^{3-} iz mulja u vodu te da se u njoj zadržava.

Takva će dubinska voda iznijeti fosfate i durge oslobođene hranjive soli u gornje slojeve bazena i time ojačati, često bogatiju organsku produkciju.

U zatvorenim morskim bazenima ili u jezerima čija je okolina pokrivena bogatom vegetacijom, npr. šumom ili gustom makijom, voda se neprestano snabdijeva organskim tvarima u obliku lišća, grančica, polena, topivih organskih tvari (uključivši i huminske kiseline), humusa, životinjskih organizama i njihovih otpadaka što sve direktno dolazi u jezero ili zaljev ili biva doneseno

od vode tekućica. Takvi će bazeni sigurno u toku ljetne stagnacije imati na svojem dnu jaku redukcionu sredinu koja će oslobađati hranjive soli iz mulja u vodu. Takvi bazeni su eutrofni i obični bogati ribom. Primjeri su takvog bazena Mljetskog jezero, Limski kanal, Jadrtovac, dio Malostonskog zaljeva, mletačke lagune i još neki položaji.

S druge strane, bazeni koji nemaju šuma i drugog zelenog pokrivača na svojim obalama mogu postati oligotrofni. Njihove vode su trajno prozirne, bogate kisikom, veoma bistre i prozirne.

Kao što vidimo, velika prozračenost, ili bogatstvo dubljih slojeva vode kisikom nije dobro svojstvo bazena i to upravo za životinjski svijet, što je potpuno u suprotnosti s mišljenjem mnogih starijih biologa. Danas poznamo mnoge primjere bazena koji u dubljim slojevima i nemaju kisika, pa čak s vremena na vrijeme imaju u najdubljim slojevima i sumporovodika a sadrže upravo bujan svijet bilja i životinja.

Bazeni bez okolne šume i zelenila obično nemaju mogućnosti za mobiliziranje hranjivih soli s dna i održavanja bogate proizvodnje, pa su oligotrofni. I otvoreni Jadran je oligotrofan. Nije isključeno da su neki morski zaljevi u neku ruku sekundarno postali takvi. Sjećom šuma, koje su nekad opkoljavale te vode, nestalo je izvora korisnih materija koji su snabdijevali te bazene reduktivnim tvarima (organskim otpacima), pa je nestalo i nekadašnje povoljnije hidrološke strukture koja je pogodovala bujnijem životu.

Čini se da primjer slične degradacije produktiviteta bazena zbog sječe šume imamo uz morski zaljev Telašnicu (Tajer) na Dugom otoku. Sličan je slučaj i sa zaljevom Soline na Dugom otoku.

Nema sumnje da je današnje povoljno stanje ribljih naselja, npr. u zaljevu Pomina, pa u Mljetskom jezeru, u lastovskim uvalama i još na nekim mjestima, u velikoj mjeri uvjetovano borovom šumom i makijom koja se nalazi blizu tih zaljeva. Isto tako možemo lako shvatiti da je sječa šuma do potpunog ogoljenja otoka Paga, niza otoka i kopna u našem sjevernom primorju jako negativno utjecala na susjedna morska područja koja su sigurno imala velike koristi od nekadašnjih šuma i bila bogatija u biomasi negoli su to danas.

Postoji dakle jasna veza između produktiviteta morskih i jezerskih bazena s jedne, te šumskog pokrivača oko tih bazena s druge strane. Zato je i politika provođenja mjera koje pogoduju pošumljavanju naših krajeva (između ostalih i elektrifikacija naših otoka!) vrlo važna i za ribolov u obalnom pojasu.

Faktor šumovitosti obala nije tolikih dimenzija da bi mogao utjecati na čitav Jadran, ali može snažno utjecati na njegov kanalski i obalni dio.

3.2. Umjetni faktori produkcije

3.2.1. Umjetna fertilizacija

U okviru rada ovog Instituta u Splitu više godina se sistematski radilo na problemu fertilizacije morskih zaljeva. Glavni terenski radovi su vršeni u mljetskim jezerima (1951—1954), u Marinskom zaljevu (1962—1965), u Vranskom jezeru (1961—1963), a u suradnji s Institutom u Rovinju i u Limskom kanalu (1959—1961).

O rezultatima je objavljen niz radova a između ostalih i vol. VI-Acta Adriatica je dobrim dijelom posvećen tome.

Rezultati su objavljeni i u publikaciji Generalnog savjeta za ribarstvo Mediterana — FAO u Rimu. U objavljenim radovima izneseni su razni pozitivni rezultati većeg zahvata pa se ovdje neće ići u nabranje čitavog niza podataka i pozitivnih rezultata koji su omogućili stvaranje metodike za obavljanje važne djelatnosti kakva je fertilizacija morskih zaljeva koja vodi podizanju općeg produktiviteta zaljeva u svrhu ekonomskog iskorištavanja. Navest ćemo samo slijedeće: dobivena je evidencija da se dio dodatnog fosfata zadržava na fertiliziranom području gdje biva vezan na organizme i detritus, odakle se opet slijedeće godine regenerira i pojavljuje u otopini. Iz toga je izveden zaključak da je fertilizacija zatvorenih morskih zaljeva praktički izvediva i da ona djeluje povoljno na umnažanje, rast i održavanje školjkaša, ribe i drugih organizama u moru (Buljan 1961, b).

Ovdje dajemo ocjene ekonomičnosti postupka koje smo načinili pred 6 godina. Iako su cijene stare (kao i dinari), međutim odnosi vrijednosti su aktualni i danas.

Na temelju dobivenih hidrografskih podataka, te na temelju sredstava za utrošeni superfosfat i druge ingredijencije mi smo izvršili prve aproksimativne prethodne račune o rentabilitetu zahvata fertilizacije zaljeva splitskim postupkom. Kod računanja smo pretpostavljali da se od dodanog fertilizanta jedan posto pretvori u toku iste godine u ribu i druge jestive organizme putem osnovne organske produkcije i prelaska organske materije iz nižih u više trofičke stepenice (Harvey, H. W., 1955). Uzevši k tome tadašnje cijene sirovina (superfosfata i ribe), došli smo do ovih rezultata.

Na svaki uloženi dinar u toku godine lovom se iz Marinskog zaljeva mogla izvući slijedeća brutto vrijednost u dinarima: 1963 — 7,5; 1964 — 79; 1965 — 71 dinara.

Ovdje dodajemo da nismo uzeli u račun da će u toku slijedećih godina doći do pretvorbe još nekoliko postotaka organske materije u jestive organizme. Taj postupak zahtijeva intenzivno izlovljavanje jer se njime povisuje rentabilnost poduhvata. Ovdje nisu uračunati troškovi brodova, ljudi i uzdržavanja parkova.

U toku 1965. nastavilo se sa smanjenim dodavanjem količina hranjivih materijala po jedinici površine u uspoređivanju s prethodnom 1964. Kako je te godine količina bila smanjena prema onoj iz 1963., to je doza dana 1965. godine bila prilično niska (14,6 kg/ha superfosfata). U stvari, ta količina je 1/8 količine gnojiva koju smo prije upotrijebili u Mljetskim jezerima. Kako se radi o bazenima sličnih dubina, a Marinski zaljev je izrazito reagirao na dodane hranjive materije, to izlazi da smo već sada u mogućnosti da na ekonomičniji način provodimo postupak fertilizacije negoli smo to prije vršili.

Značenje te činjenice je povećano time što se u slučaju Mljetskog jezera radilo o jednom gotovo potpuno zatvorenom morskom bazenu, dok je Marinski zaljev tip dosta otvorene morske uvale. To je važno stoga što dokazuje: prvo, da se dodane hranjive materije brzo fiksiraju u bazenu na morsko bilje, životinje, detritus i morsko dno i ulaze u proizvodnju, i drugo, što takvih zaljeva ima mnogo više negoli onih zatvorenog tipa. Iz svega navedenoga proizlazi da postoji znatna perspektiva da se ta metoda s vremenom primijeni na nizu naših zatvorenijih zaljeva kao sredstvo za ponovno obogaćenje izlovljenih i osiromašenih područja, kao sredstvo za poribljavanje obalnih područja. Isto tako to mogu biti mjesta koja će biti u stanju podržavati bogatu proizvodnju školjkaša u svrhu privredne eksploatacije.

Uza sve izneseno ostaje činjenica da ta metoda stjecajem prilika nije stvarno iskorištena do danas. K tome, uz ostale faktore, igra ulogu i naše još nedovoljno poznavanje ekoloških odnosa u moru, posebno u vezi s katkada povišenim mortalitetom u gojilištima.

Na svaki način umjetna fertilizacija voda je još jedan faktor koji dolazi u obzir u podizanju proizvodnje u moru na srazmjerno manjim površinama.

Na Jadranu ima niz zatvorenih i zatvorenijih područja gdje će taj postupak moći izvršiti svoju korisnu ulogu.

3.2.2. Postepena eksterminacija (P. E.)

Uz ostale prirodne kao i umjetne faktore koji pozitivno utječu ili bi na skoro mogli utjecati na bioprodukciju u moru spomenimo i faktor postepene eksterminacije. Taj smo postupak u svoje vrijeme iznijeli pred znanstvenu javnost kao novu mogućnost (Buljan, 1955) za bolje iskorištenje morskog blaga.

Ovaj postupak ide za racionalnijom podjelom prehrambenih sirovina u moru, za umjetnim pomicanjem ravnoteže broja primjeraka između »korisnih« i »beskorisnih« ili »štetnih« životinja. P. E. znači ubijanje prilova i vraćanje u more sa svrhom pojednostavnjenja biološkog sastava nekog područja, da bi što manji broj organizama, osim onih korisnih, sudjelovao u diobi proizvedenih organskih materija tog područja.

Iz potiskivanja biomase »beskorisnih« organizama rezultira bolji sastav opće biomase u biotopu. Nije potrebno ponovno iznositi predmet na ovom mjestu. Metodi je dao priličnu važnost prof. J. M. P é r è s u svojem udžbeniku: *Océanographie Biologique Marine* (1961), Paris 1961, dr M. A u b e r t u svojoj knjizi: *Cultiver l'Océan*, Paris 1965. i Jacques B e s a n ç o n u knjizi: *Geographie de la pêche* — Paris 1965. Mislimo da i tu postoji jedan dio naših budućih zaliha, kada nas nevolja natjera da ih počnemo iskorištavati.

3.2.3. Zagađivanje mora

To je pojava koje je u Jadranu posljednjih decenija sve češća.

Mi se ovdje nećemo zadržavati na tom fenomenu, ali ćemo opet istaknuti da, koliko se to odnosi na zagađivanje ugljikovodicima i urbanim otpacima organske naravi, uz ostale posljedice nastaje i eutrofizacija morske sredine, koja je prije mogla eventualno imati oligotrofni karakter.

Na taj način polucija mora može nekada čak i povoljno djelovati na organsku proizvodnju (Buljan, 1953. c), pa tu poluciju moramo evidentirati kao jedan od (umjetnih) faktora produktiviteta u moru dakle i u Jadranu.

4. BIOPRODUKCIJA JADRANA

4.1. Povezanost lanca produkcije

Ovdje na jednom jadranskom primjeru želimo opisati način na koji u međusobnoj povezanosti i zavisnosti djeluju (pojedini) geofizički, geokemijski, hidrografski, biološki faktori u cjelokupnom procesu bioprodukcije Jadrana.

Radi se o situaciji koja je dobivena proučavanjima od 1962. do 1967. u srednjem Jadranu.

Sumaran pregled kontrola i opažanja je iznesen u dva kompleksna grafa (br. 3 i 4). Iz njih se vidi slijedeće: temperaturni podaci pokazuju da godišnja amplituda tokom godine neprestano pada (isključivši 1966.). U jednom našem radu (Buljan, 1957) pokazali smo da amplitude godišnjih fluktuacija temperature otvorenog Jadrana opadaju kada nastupi doba jadranskih ingresija. Tamo je također pokazano da važnost advektivnih pokreta vodenih tijela raste za vrijeme perioda ingresije u Jadranu ne samo u površinskim slojevima nego i u dubljim slojevima ovog mora (p. 23).

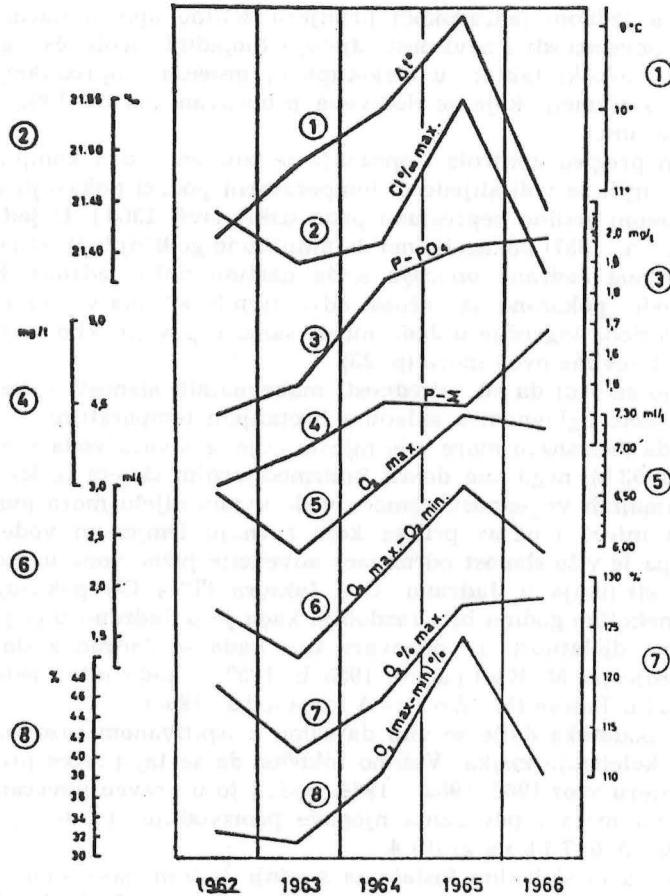
Istodobno se vidi da su vrijednosti maksimalnih slanosti rasle kroz 1962. 1963. i 1964. god. uglavnom u skladu s kretanjem temperature.

Budući da Jadransko more nije mjesto gdje se stvara voda visoke slanosti (Buljan, 1953 b), nego ona dolazi intermedijarnim slojem iz Mediterana, to visina maksimalnih vrijednosti slanosti vode u tom dijelu mora može biti jednim dijelom mjera i odraz prilika koje ravnaju izmjenom vode Jadrana i Mediterana pa je viša slanost odraz jače advekcije južne vode u Jadranu kao i uopće jačih strujanja u Jadranu. Oba faktora (T^0 i Cl) pokazuju da je u posljednjih nekoliko godina bilo razdoblje kada je u Jadranu bila jače razvijena advektivna djelatnost. To odgovara fazi kada se Jadran zaslanjuje (Jadranske ingresije po M. Buljanu, 1953 b, 1957) i kada intermedijarna voda pojačano ulazi u Jadran (M. Zore-Armanda, 1963).

Iz naših podataka dalje se vidi da samo u ispitivanom razdoblju našli na višegodišnje kolebanje kisika. Vidimo također da se taj proces pretežno vršio u jednom smjeru kroz 1962. 1963. i 1964. god., i to u pravcu povećanja prometa O_2 u slojevima mora i povećanja njegove proizvodnje. To se lijepo vidi na krivuljama br. 5, 6, 7 i 8 na grafu 4.

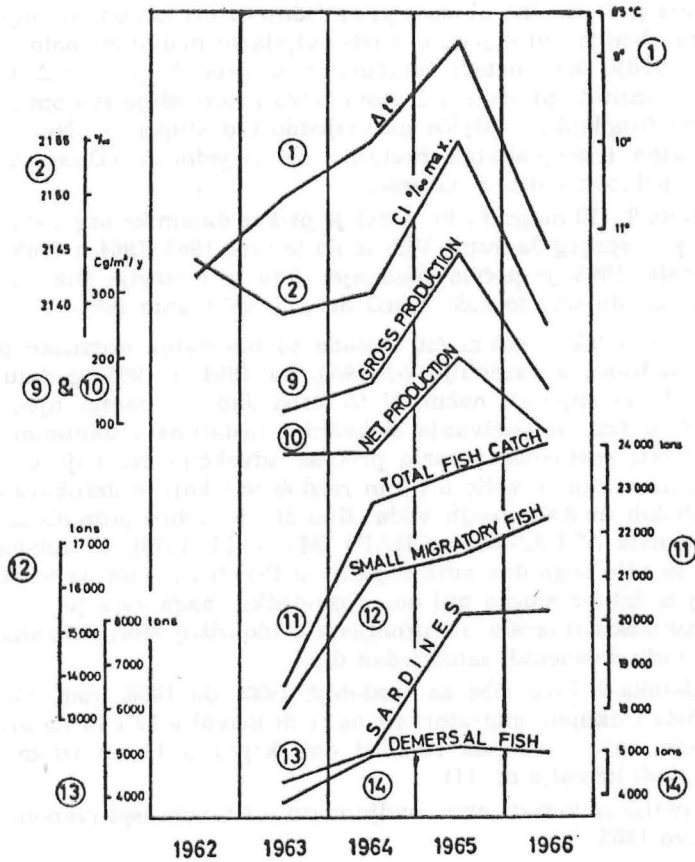
Iz podataka za slobodne fosfate za srednji Jadran našli smo da oni rastu od 1962. god. pa dalje. To je prikazano krivuljom 3 na grafu 4. U jednom našem ranijem radu (Buljan, 1953 a) bavili smo se problemom višegodišnjeg kolebanja fosfata u vodama srednjeg Jadrana. Tada smo taj fenomen pokušali dovesti u vezu s ingresijama mediteranske vode u Jadran. Pojačan donos te vode u Jadran bi mogao biti uzrokom i postepenog obogaćivanja Jadrana fosfatima. Iako se kod vrijednosti fosfata dobivenih u posljednje četiri godine ne radi o većim vrijednostima promjena, one ipak postaju značajne, jer je to trajan trend u nizu godina. Ta okolnost može biti interesantna ne samo kao indikator hidrografskih promjena u Jadranu nego i kao faktor koji djeluje na stupanj bioprodukcije tog područja.

Iz podataka koje smo sabrali za ukupni fosfor i iz rasporeda vrijednosti godišnjih srednjaka vidi se da se kod postaja Pelegrin i Stončica minimalne vrijednosti susreću u 1962. god. i da one rastu sve do svoga maksimuma u 1965. god. Postaja Monte Gargano se ponaša nešto drugačije sa svojim maksimumom u 1964. god. Prilike na profilu su prikazane krivuljom 4 na grafu br. 4.



Sl. 3. Krivulje nekoliko hidroloških parametara koji su proučavani u srednjem Jadranu.

Krivulje predstavljaju: br. 1: godišnji raspon temperature mora ($t^{\circ}\text{max} - t^{\circ}\text{min} = t^{\circ}$); br. 2: godišnji maksimum vrijednosti kloriniteta ($\text{Cl}^{\circ}\text{/}_{\text{0}}$); br. 3: sadržaj P-PO_4 (mg/t) u morskoj vodi; br. 4: sadržaj P-tot (mg/t) u morskoj vodi; br. 5: godišnje maksimalne vrijednosti kisika nađene u moru ($\text{O}_2 \text{ ml/l}$); br. 6: raspon između godišnjeg maksimalnog i godišnjeg minimalnog sadržaja O_2 (ml/l) u moru; br. 7: godišnje maksimalne vrijednosti sadržaja O_2 (ml/l) u moru; br. 8: raspon između godišnjih maksimalnih i minimalnih vrijednosti $\text{O}_2^{\circ}\text{/}_{\text{0}}$ u moru. Sve krivulje (osim br. 3) odnose se na postaju Stončica (oceanografska postaja 9); krivulja br. 3. se odnosi na srednje jadransko područje oceanografske postaje 8, 9 i 12). (B u l j a n, 1969c).



Sl. 4. Krivulje niza parametara proučavanih u srednjem Jadranu u razdoblju 1962—1966 godine. Krivulje predstavljaju: br. 1: (vidi u legendi sl. 3.); br. 2: (vidi u legendi sl. 3.); br. 9: ukupna produkcija na postaji Stončica (u $Cg/m^2/god$); sl. 10: Čista produkcija na postaji Stončica (u $Cg/m^2/god$); br. 11: ukupni ulov na jugoslavenskom ribolovnom području Jadrana; br. 12: lov male ribe selice (t/god); br. 13: jugoslavenski lov srdela (tona/god); br. 14: lov demersalne ribe (t/god). (B u l j a n, 1969c).

Vidimo dakle da se i kod P-tot ponavlja slično opažanje kao i kod slobodnog fosfata: godišnje kolebanje s tendencijom porastu u razdoblju od 1962. do 1966. god.

Iz naših podataka se vidi da je čista produkcija (net production) 1967. godine iznosila pretežni dio ukupne proizvodnje u otvorenom srednjem Jadranu, dok je prethodno dvije godine predstavljala je manje od polovice ukupne proizvodnje. Ovdje kod metode izračunavanja produkcije $P = \Sigma \Delta (O_2 - O_2'')$ na dobivanje rezultata utječu svi članovi lanca proizvodnje svojom prisutnošću i djelatnošću: fitoplankton utječe na vrijednost u stupcima »Net« i »Gross«, bakterioplankton i zooplankton pretežno na vrijednosti »Diss«, a i nekon djeluje na vrijednosti »Diss« i »Gross«.

Krivuljama 9 i 10 na grafu br. 4 dat je prikaz dinamike organske proizvodnje u području srednjeg Jadrana. Vidi se da je kroz 1963. 1964. i 1965. proizvodnja trajno rasla (1966. je počelo opadanje). I tu se ponavlja slika uspona krivulje, slično kao što smo to našli i kod drugih ispitivanih faktora.

Naravno, nije lako rastumačiti otkuda to povećanje organske produkcije u srednjem Jadranu u razdoblju od 1963. na 1964. i 1965. godinu. Mi smo to intepretirali na slijedeći način. U to doba Jadran, barem njegov srednji dio, nalazi se u fazi obogaćivanja slobodnim fosfatima i ukupnim fosforom. To je moglo biti posljedica porasta procesa advekcije, na koji smo se prije kratko osvrnuli, a koji se vršio u istom razdoblju i koji je uzrokovao sve veće unošenje dubokih mediteranskih voda. Kao što je dobro poznato iz podataka ranijih ekspedicija ATLANTIS i CHAIN (Mc Gill, 1970), te duboke mediteranske vode su više nego dva puta bogatije u P- PO_4 i P-tot od voda srednjeg Jadrana. Taj bi faktor mogao biti ona pokretačka snaga koja je svojom djelatvornom prisutnošću izazvala niz promjena u biološkoj sferi Jadrana od kojih smo u ovom radu spomenuli samo jedan dio.

Kod podataka o lovu ribe za razdoblje 1962. do 1966. god. odijeljeno je obrađena srdela i ukupna migratorna riba (vidi krivulje 12 i 13 na grafu br. 4), posebno bukva, gira i ukupna riba od dna (krivulja 14 na istom grafu) te ukupna riba (vidi krivulja br. 11).

Iz tih krivulja se vidi da one i ovdje rastu u čitavom ispitivanom razdoblju ili do uključivo 1965.

Kao što je rečeno rezultati proučavanja svih ispitivanih faktora: abiotskih (temperatura, klorinitet, O_2 ml, $O_2\%$, P- PO_4 , P-tot) kao i biotskih (osnovna organska produkcija, lov ribe) dobro se slažu u pokazivanju da su se u spomenutih nekoliko godina u moru vršili neki procesi koji su povoljno utjecali na cjelokupnu hidrografsku strukturu i odatle na produktivno-biološku strukturu srednjeg Jadrana, a moguće i čitavog Jadranskog mora.

4.2. Zone produktiviteta u Jadranu

Postoje različita pa čak i suprotna mišljenja o stupnju produktivnosti Jadrana. Po jednom mišljenju taj je stupanj dosta visok i dozvoljava mogućnost i veće eksploatacije mora praktičnim ribarenjem negoli danas.

Po drugom mišljenju osnovna je proizvodnja Jadrana niska. Jadransko more kao dio Mediterana, mora siromašnijeg u hranjivim solima, i samo je

oskudno u hranjivim solima, pa će i proizvodnja biti niska. Stoga se ne može računati s nekim znatnijim povećanjem eksploatacije tog mora.

Ovdje ocjenjujemo primarnu proizvodnju na temelju sadržaja hranjivih soli u Jadranu čiji sadržaj uspoređujemo s količinama na drugim područjima.

Na temelju iznesenih podataka o sadržaju voda hranjivim solima, Jadran smo podijelili (M. Buljan, 1964, 1969a) na nekoliko zona koje se međusobno razlikuju po produkciji: pri tomu se uzima da dva faktora igraju odlučnu ulogu: **sadržaj hranjivih soli i dubina voda**. Podijeljen je u 4 zone od kojih svaka ima svoje hidrološke značajke, koje se mogu odraziti na produkciji. Evo tih zona (v. sl. 5).

Zona A

Ona obuhvata čitav južni i glavni dio srednjeg Jadrana sižući otprilike do crte Ancona-Dugi otok, koja teče po izobati 50—70 m. Ova zona isključuje otočni dio Jadrana. To je najmaritimniji dio ovog mora i pokriva otprilike 57% njegove površine. Za nju je karakterističan nizak sadržaj hranjivih soli i slab utjecaj s obale, ali je zato pod snažnim utjecajem Mediterana. Odatle vjerojatno potječe jako djelovanje ingresija na tu zonu. Zona pokriva najveće jadranske dubine pa to smanjuje i mogućnost iskorištavanja. Sadržaj hranjivih soli je tu svugdje nizak, osim što se katkada na dnu Jabučke kotline pojavljuje veća količina fosfata, i do 6 mg/t, kao što je to bilo npr. u ožujku 1958. To je siromaštvo u P u skladu sa stalnom visokom prozračnosti tih voda.

U toku MGG krstarenja dobiveni su podaci po kojima vode južnog, van-jadranskog porijekla u južnom Jadranu imaju više fosfata negoli vode manje slanosti iz srednjeg Jadrana. Radi se o količini od oko 1 mg P/t.

Taj 1 mg/t je u stvari velika količina kada se ima u vidu da 1 km³ ima 1 to P i da Jadran ima 30.000 km³, od toga južni 24.500 km³.

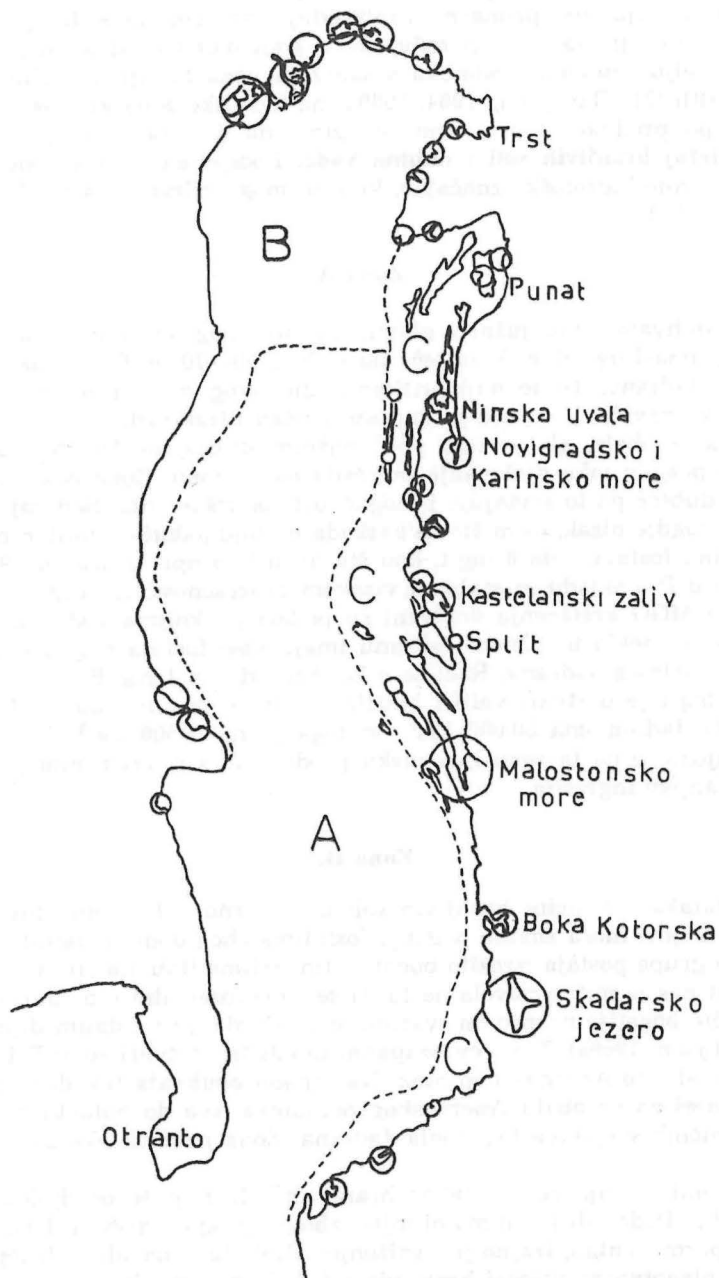
Ocijenjeno je da ta zona ima nisku produkciju s povremenim povišenjem pod djelovanjem ingresija.

Zona B.

Iz podataka o količini hranjivih soli u sjevernom Jadranu vidi se da su površinski slojevi mora znatno bogatiji fosfatima zbog donosa slatkih voda i da je sjeverna grupa postaja izrazito bogatija tim solima (tab. na str. 8 ovog rada). Ta okolnost nas je nužno navela na to da se sjeverozapadni dio Jadrana odijeli kao područje bogatije hranjivim tvarima u uspoređenju s ostalim dijelom toga mora (Buljan, 1969a). Taj sjeverozapadni dio Jadrana tvori zonu B i smješten je sjeverno od crte Ancona-Dugi otok. Na zapadu obuhvata također i plitki dio Jadrana smješten uz obalu Apeninskog poluotoka, sve do poluotoka Gargano, zbog dinamičnih svojstava tog dijela Jadrana. Zona pokriva oko 23% površine Jadrana.

U toj zoni postoje veće količine hranjivih soli, najviše od djelovanja sjevernih rijeka (Pada i dr.), a u maloj mjeri zbog utjecaja ingresija. Kako je utjecaj rijeka permanentan, trajno je i sniženje saliniteta voda tih područja, a tako je trajan i blagotvoran utjecaj hranjivih soli koje donose sjeverne rijeke.

Posljednjih godina se pokazuje da to područje postaje mjesto toliko intenzivnog ribolova da izbija u prvi plan na Jadranu uopće i potiskuje značenje koje je u ribolovu prije imao srednji Jadran. To se dovodi u vezu sa sve većim



Sl. 5. Podjela Jadranskog mora na četiri zone po svom produktivitetu. Zone A, B, C su označene, dok zona D obuhvaća područja opkoljena krugovima uz obale ovog mora. (Buljan, 1964).

količinama hranjivih soli koje potječu od sve jače upotrebe umjetnih gnojiva u intenzivnoj obradi prostranih poljoprivrednih površina područja padske nizine.

F a g a n e l l i (op. cit.) je donio podatke o sadržaju hranjivih soli u vodama srednjeg Jadrana blizu talijanske obale, iz kojih se vidi da su one bogatije od voda otvorenog Jadrana. To bi moglo biti posljedica pokretanja voda iz sjevernog Jadrana, za koje se zna da se na tom putu prema jugu drže zapadne obale. Ima znakova iz kojih se može zaključiti da je to područje dosta bogate produkcije. To je razlogom da je zona B proširena uzduž talijanske obale.

Područje te zone je pliće od 50—75 m pa ta okolnost olakšava proizvodnju i eksploataciju područja. Ocijenjeno je da je tamo visoka produkcija trajna pojava.

Zona C

To je kanalsko područje smješteno unutar otočnog niza. Ono pokriva oko 18% površine Jadrana. Ona je pod snažnim utjecajem kopna ali i otvorenog mora. Većinom se radi o području s dubinom do 70 m koje je pod povremenim utjecajem ingresija. Povoljan bi se utjecaj sa strane mogao povećati pošumljavanjem kopna. Plitkoća područja povoljno djeluje na proizvodnju i na eksploataciju. To je normalno zona priličnog produktiviteta.

Zona D

Ta je zona pod isključivim utjecajem obale, njezinih slatkih voda i biljnog pokrivača. Ona pokriva 1—2% površine Jadrana. Ovdje je važan momenat plitkoća. Često su prisutne značajne količine hranjivih soli i visoka prezasićenja O_2 . To govori da se ovdje radi o području dosta visokog produktiviteta. On se može povećati umjetnim zahvatima, kao što je umjetna fertilizacija, a također i pošumljavanjem obala.

Naša podjela Jadrana na četiri zone dobila je u najnovije vrijeme, zaslugom kolegica T. Pucher-Petković i M. Zore-Armanda, svoju veoma korisnu dopunu (1973). One su zaista za svaku našu zonu posebno izračunale primarnu produkciju/god. Davši ocjenu broja trofičkih stepenica i postotak ekološke efikasnosti, došle su do brojki za godišnju produkciju ribe u tonama.

Ukupna organska proizvodnja u Jadranu, po tim autorima, iznosi $8,7 \times 10^6$ C t/god. To odgovara količini ribe od 295.000 tona/god. Na temelju produkcije na postaji Stončica, izračunate metodom C_{14} , autorke su izračunale proizvodnju u čitavoj zoni C za razdoblje od 1962—1971. godine. Količina proizvedene ribe u zoni C se u tom razdoblju kreće od 37.000—78.000 t/god. sa srednjakom od 50.000 t/god.

Te će brojke vjerojatno biti u odnosu na ostale nešto preniske zbog toga što je postaja Stončica na periferiji zone C (u blizini zone A, koja je siromašnija), a i metoda mjerenja je takva da daje nešto niže rezultate (S o u r n i a, 1972).

Autorice su dale također procjenu mogućih kolebanja proizvodnje ribe u zonama po »siromašnim«, »normalnim« i »bogatim« godinama.

Tako bi ukupna proizvodnja kolebala: od 220.000—47.0.000 t/god. sa srednjakom od 295.000 t/god. ribe.

Našom se podjelom Jadrana na četiri zone Županović (1964) poslužio kod svojega razmatranja o iskorištavanju ribljeg fonda. Autor u tom radu raspravlja — na temelju Cviićevih (1959) izračunavanja bioprodukcije Jadrana — o mogućnosti povećanja za oko 50% lova ribe (od 20.000 t na 40.000 t).

Kako je spomenuto, Cviić (1959) je na temelju razmjerno manjeg broja mjerenja metodom C^{14} također određivao primarnu produkciju u nekim dijelovima Jadrana. Autor je na temelju tih podataka dao i svoje procjene bioprodukcije za čitav Jadran. Ta brojka je oko 5,4 puta viša od novih podataka Pucker-Petkovićeve i Zore-Armanda (op. cit.). Isto tako i proizvodnja ribe u Jadranu je po tom autoru za oko 3 puta više od novih procjena. Moramo uzeti da su Cviićevi podaci imali viši značaj preliminarnog saopćenja i da autor nije, na žalost, iz objektivnih razloga mogao dalje razviti ta istraživanja.

Ovim računanjima odnosno procjenama stock-a ribe u Jadranu dodajmo još i brojke koje je dobila T. Vučetić (usmeno saopćenje) računanjem po jednadžbi koju je dao English, a pri tome se služila gustoćom ribljih jaja u moru, površinom mrijestilišta, fekunditetom i još nekim fiziološkim parametrima. Iz toga je rezultiralo da je proizvodnja srdele 121.000 t/god, a brljuna 190.000 tona/god. za čitav Jadran. Ti su podaci za oko 30% viši od onih koje su dale Pucher i Zore.

Iz jednog našeg rada u pripremi (Buljan, M.) mi ćemo iznijeti neke rezultate koji su od interesa za našu temu. U tom radu je data tablica s podacima bioprodukcije na postaji Stončica. Kada se I stepenice (primarna produkcija) označi indeksom 100, onda iskorišćenje u II stepenici (zooplankton) iznosi 0,10 izračunato po jednom postupku određivanja bioprodukcije (kisikova metoda), odn. 0,26 izračunato po drugom postupku određivanja bioprodukcije (C^{14}).

Iskorišćenje u III stepenici (riba) je 0,02 (preko O_2 metode), odnosno 0,06 (preko C^{14} metode) za sitnu plavu ribu.

Za ostalu ribu nađene su još niže vrijednosti indeksa.

Budući da smo raspolagali podacima za globalnu radijaciju Sunca na površini mora za srednji Jadran: $1,24 \times 10^5$ g cal /m²/ god. te energetskim ekvivalentom za proizvedenu organsku tvar na Stončici: 124,6 g cal /m²/ god., mogli smo izračunati iskorištavanje ukupnog zračenja Sunca na Stončici od strane biološkog aparata u moru u svrhe organske produkcije. To iskorištavanje je iznosilo:

$$\frac{1,246 \times 10^2}{1,24 \times 10^5} = 0,001 \text{ ili } 1\text{‰}$$

po jednoj metodi (O_2 metodi). Iz podataka druge metode (C^{14} metoda) dobiven je rezultat od 0,39% iskorištavanje energije globalne radijacije Sunca na površini mora. To su podaci istog reda veličine. Sličnu vrijednost ali za Sjeverno more dobio je C. Kallé (1943) upotrebom druge metode.

Iskorištavanje viših oblika organske produkcije, npr. zooplanktona, pada u Jadranu na samu 1/1.000.000 ukupne energije zračenja, a za produkciju ribe se iskorištavanje smanjuje za 1—2 potencije.

Analizirajući tok tog procesa našli smo da je iskorištavanje svjetlosne energije 1966. god. na Stončici bilo niže ljeti i zimi a više u prijelaznim sezonama.

Iz naših podataka smo zaključili da je stupanj iskorištavanja svjetla u moru minimalan. Bioprodukcija u moru, generalno uzevši, dakle ne samo na Jadranu, veoma je neefikasan proces za iskorištavanje svjetlosne energije u moru.

Isto smo tako zaključili da bi bilo teško i dalje prihvaćati mišljenje da je svjetlo faktor koji koči proizvodnju u Jadranu.

4.3. *Fluktuacija ribolova i njegovo prognoziranje u Jadranu*

Već se otprije osjetila potreba da se dade nekakva racionalna prognoza ribolova u našem moru.

Kod toga se odmah naišlo na teškoću, koja je posebno vezana uz lov plave ribe, a to je veliko fluktuiranje lova iz godine u godinu.

Vrijedan pokušaj tumačenja fluktuacije lova srdela na istočnim obalama Jadrana izvršio je Županović (1968). On je pronašao koincidenciju bogatih godinama lova srdela s pojavom ingresija, tj. snažne advekcije slanije vode intermedijernog sloja iz Mediterana, kao i pojave slabijeg lova za vrijeme tzv. »zaslađenog aspekta« Jadrana u godinama normalne slanosti. Lov srdela ne zavisi direktno od slanosti mora, nego indirektno preko drugih faktora, kao što su: promjene u formiranju piknokline i termokline, povećanja količine hrane i dr.

Na to fluktuiranje ribe osvrnuo se i povezao ga s ingresijama također i Buljan u nekim svojim radovima (1968, 1969a i c). T. Vučetić, (1971) je analizirala višegodišnja kolebanja makrozooplanktona.

Pokušaj davanja prognoza lova izvršile su u najnovije doba M. Zore-Armanda (1970) te Pucher-Petković i Zore-Armanda (op. cit). Tu se radi u povezivanju intenziteta tvorbe leda u sjevernom Atlantiku, pa preko formiranja i pomicanja ruske anticiklone s tim u vezi i dalje s čestotom puhanja vjetra iz sjevernog kvadranta na istočni Mediteran i odatle na stvaranje količine guste istočnomediteranske vode, koja tamo tone i tvori intermedijarni sloj. Spomenute prilike u Sjevernom Atlantiku utječu također i na formiranje gradijenta atmosferskog tlaka nad istočnim Mediteranom. Sve ovo konačno utječe na ulazak i količinu ingresione vode u jadranski bazen. Tako u njemu nastaju promjene koje utječu na biološku sferu u Jadranu pa tako i na produkciju riba.

Po autorima, taj je lanac takav da je potrebno tri godine vremenskog razmaka od primarnih uzroka (formiranje leda u sjevernom Atlantiku) do konačne posljedice (produkcija). Na toj osnovi autori su postavili svoje trogodišnje prognoze.

ZAKLJUČCI

Ovdje se kratko osvrćemo na one dijelove iz ovog rada koji se odnose na činjenice i nalaze od neposrednog interesa za produktivitet Jadranskog mora.

Okolo 4/5 Jadrana pripadaju kontinentalnoj podini (šelfu). Ta je činjenica pozitivno značajna za organski produktivitet.

Fenomen zagrijavanja cjelokupne mase jadranske vode na nekoliko stupnjeva nekih zima (u ingresionim razdobljima) može predstavljati ekološki faktor istaknutog značenja.

Novi podaci potvrđuju ranije nalaze da su vode južne jadranske kotline za oko 1 mg P-PO₄/t bogatije od voda srednjeg Jadrana. Prije je istaknuta važnost toga jednog miligrama fosfora za bioprodukciju Jadrana.

Nađeno je da se u južnojadranskom bazenu, u sloju od 50—100 m dubine, nalazi maksimum fosfata, što je u neposrednoj vezi s ulaskom vode intermedijarnog sloja koja advekcijom dolazi iz istočnog Mediterana.

Dalje je utvrđeno također u najnovije doba, da u dubljim slojevima obiju jadranskih kotlina postoje veće količine dušikovih soli (nitrati). Raspored dušikovih soli, prevladavanje nitrarnog oblika nad amonijskim (i nitritnim) oblikom može se uzeti kao geokemijske distinkcije dubinskih voda Jadrana, za razliku od plitkih i površinskih voda mora gdje amonijski oblik prevladava nad nitrarnim (i nitritnim) oblikom dušikovih soli. Iz nalaza je izveden zaključak da južnu jadransku kotlinu možemo smatrati rezervoarom nitrata od krupnog značenja za produkciju Jadrana.

Istaknuto je da se blagotvorni utjecaj ingresije (tj. povremenog intenzivnog ulazanja slanijih voda intermedijarnog sloja koje sobom donose više hranjivih soli iz južnog mediteranskog bazena u Jadran) na bioprodukciju osjeća najviše u južnom i srednjem Jadranu. U sjevernom Jadranu je u tom smislu važniji utjecaj Pada i drugih rijeka.

Ukazano je na mogući povoljan utjecaj upwellinga na mjestima divergencije na bioprodukciju nekih ograničenih dijelova naše obale (Blitvenica).

Dat je niz novih podataka za kemijski sastav vode jadranskih rijeka. Značajno je da njihove vode imaju u prosjeku *viši* sadržaj fosfora negoli morska voda, isto tako *više* ugljične kiseline i *više* silikata. U ovome uz organske materije i detritus koji sobom donose vidimo pozitivnu ulogu slatkovodnih pritoka na bioprodukciju u Jadranskom moru. S druge strane sadržaj dušikovih komponenata slatkih voda iz krša u prosjeku je *niži* od onoga u morskoj vodi. To izgleda nije znatniji nedostatak, jer Jadran kao cjelina nije siromašan dušikom, dok se iz omjera N/P vidi da tu postoji oskudica fosfata posebno u otvorenim vodama.

Diskutira se o povoljnom utjecaju pošumljenosti obalnog pojasa na bioprodukciju u rubnim vodama mora.

Raspravlja se o umjetnoj fertilizaciji morskih zaljeva kao faktoru koji u budućnosti može odigrati korisnu ulogu, kao i postupak postepene eksterminacije, na povećanje biološke proizvodnje u Jadranu.

Dodirnut je i proces eutrofizacije mora koji se pojavljuje kao posljedica nekih oblika zagađivanja mora.

Dat je prikaz o međusobnoj povezanosti između niza abiotičkih i bioloških faktora u cjelokupnom procesu bioprodukcije Jadrana.

Diskutira se o četiri zone produktiviteta u Jadranu i za svaku od njih se daju novi brojčani podaci veličine primarne produkcije (Pucher-Petković & Zore-Armanda), te se na osnovi broja trofičkih stepenica i postotka ekološke efikasnosti daje godišnje produkcija riba u tonama.

Raspravlja se i o drugim radovima u određivanju bioprodukcije u Jadranu. Nađeno je da su Cvijićevi podaci, dobiveni C¹⁴ metodom, previsoki. Dati su i podaci koje je T. Vučetić dobila na temelju gustoće ribljih jaja i veličine mrijestilišta.

Izneseni su Buljanovi podaci o bioprodukciji za tri osnovna stupca lanca prehrane. Nađen je velik pad iskorištavanja vezane energije od I stepenice: primarna produkcija (indeks 100) do II stupnja: sekundarne produkcije — zooplanktona (indeks 0,1) i odavle do III stupnja, ribe (indeks 0,02).

Izračunato je da iskorištavanje globalne radijacije Sunca na površini mora kod Stončice iznosi 1‰ (odn. 0,39‰) g cal/m²/god. za primarnu produkciju. Kod sekundarne produkcije to iskorištavanje pada na 1/1.000.000 od sveukupne energije zračenja, dok se kod proizvodnje ribe ono smanjuje za još 1—2 potencije.

Zaključeno je da je bioprodukcija u moru vrlo neefikasan proces za transformaciju svjetlosne energije u moru, također i to da je sada teško prihvatljivo mišljenje da je svjetlo faktor koji koči proizvodnju u Jadranu.

Na koncu se raspravlja o fluktuacijama ribolova u Jadranu i iznose mišljenja o mogućnosti prognoze ribolova u tom moru.

L I T E R A T U R A

- Aubert, M. 1965: *Cultiver l'Océan*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Besançon, J. 1965: *Géographie de la pêche*, Géographie humaine, Galimard Paris
- Buljan, M. 1952: Some notes on the use of term »Thermocline«, *Acta Adriatica* 4 (10): 355—369. Split.
- Buljan, M. 1953, a: The nutrient salts in Adriatic waters. *Acta Adriatica* 5(9); pp. 222—238. Split.
- Buljan, M. 1953, b: Fluctuations of salinity in the Adriatic. *Reports Exped. HVAR*, 2 (2): 1—64 Split.
- Buljan, M. 1953, c: The biochemical circulation of nutrient salts in water basins. *Geochimica et cosmochimica Acta* 4: 209—212, London.
- Buljan, M. 1953, d: The system of biogeochemical circulation of nutrients in water. *Bull. Sci. Cons. Acad. RPF Jugoslav.* Tome I/3: 81—82. Zagreb.
- Buljan, M. 1955: Gradual extermination a new method of developing fisheries in sea channels and bays. *FAO. Gen. Fish. Coun. Medit. III*: 327—333, Rome.
- Buljan, M. 1957: Fluctuation of temperature in the open Adriatic. *Acta Adriatica VIII/7*: 1—26, Split.
- Buljan, M. 1961, a: Temperature and Salinity of the sea water in the Neighbourhood of Split. *Rapp. & proc.-verb. Reun. CIESM* 16 (3): 621—624. Paris.
- Buljan, M. 1961, b: Some results of fertilization experiments carried out in Yugoslav marine bays. *Proc. Gen. Fish. Coun. Mediterran* (6): 237—243. Rome.
- Buljan, M. 1964: Ocjena produktivnosti Jadrana dobivena na temelju njegovih hidrografskih svojstava. *Acta Adriatica*, 11 (4), p. 35—45. Split.
- Buljan, M. 1965: Anomalije temperature i kloriniteta mora na postaji Stončica kod otoka Visa. *Anomalies of Temperature and Chlorinity of sea water on the station Stončica, Middle Adriatic*. Pomorski Zbornik, Društvo za unapređenje i proučavanje pomorstva. *Jugosl. knj.* 3. pp. 949—994. Zadar.
- Buljan, M. 1968: Fluktuacija oceanografskih svojstava srednjeg Jadrana u razdoblju od 1962—1967 g. *Pomor. zbor. knj.* (6), 845—865, Zadar.
- Buljan, M. 1969, a: La produttività dell'Adriatico stimata in base alle sue proprietà idrografiche. *Atti del convegno Italo-jugoslavo*. Aprile 1969. Ente Nazionale per le Tre Venezie, pp. 34—45. Venezia.
- Buljan, M. 1969, b: Neka hidrografska svojstva estuarnih područja rijeka Krke i Zrmanje. »Krš Jugoslavije« *JAZU. Knj.* 6, 303—331. Zagreb.
- Buljan, M. 1969, c: Relation between some factors affecting productivity and fish catch in the central Adriatic area. *Stud. Rev. Gen. Fish. Coun. Medit.*, (41) 25—39. Rome.
- Buljan, M. & M. Zore-Armanda, 1971: *Osnovi oceanografije i pomorske meteorologije*. (II izd.) Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

- Čviić, V. 1959: Produktivnost mora. Morsko ribarstvo, God. XI. Br. 5. Rijeka.
- Faganelli, A. 1961: Primi risultati relativi alla concentrazione dei sali nutritivi nelle acque del Mare Mediterraneo-Centrale e mari adiacenti. Arch. di oceanogr. e limnol. Vol. XII. Fasc. 2. Venezia.
- Harvey, H. W. 1955: The chemistry and fertility of sea waters. The University Press, Cambridge.
- Mc Gill, D. A. 1970: Distribution of nutrient chemical properties in »Mediterranean Sea Atlas«. Woods Hole Oceanogr. Instit. Mass.
- Pérès, J.-M. 1961: Océanographie Biologique et Biologie Marine, Presses Universitaires de France, Paris.
- Pucher-Petković, T. & M. Zore-Armanda, 1973: Essai d'évaluation et pronostic de la production en fonction des facteurs du milieu dans l'Adriatique. Acta Adriatica. 15/1. Split.
- Scaccini-Cicateli, M. 1970: Distribuzione stagionale dei sali nutritivi in una zona dell'alto e medio Adriatico. Boll. di pesca, piscicoltura e idrobiologia. Vol. XXII. (n. s.) Fasc. 1, 49—62. 1967. Roma.
- Sournia, A. 1972: Essai de mise à jour sur la production primaire planctonique en Méditerranée. Analyse des travaux (Redaction provisoire), Paris.
- Stojanski, L. 1972: Dinamika pojavljivanja dušikovih spojeva u vodama srednjeg i južnog Jadrana u toku 1970/71. g. i njihov odnos prema organskoj produkciji. Split (ciklo).
- Vučetić, T. 1971: Fluctuation a lang terme du macrozooplanton dans l'Adriatique centrale: Oeufs de sardine pilchardus Walb. etc. Arch. di oceanografia e limnologia, 17/2. Venezia.
- Vukadin, I. 1972: Uvođenje u automatske analitičke metode pomoću Techniconova Analizatora i tumačenje dobivenih rezultata, Split, (ciklo).
- Zore-Armanda, M. 1963: Les masses d'eau de la mer Adriatique. Acta Adriat. 10/3, Split.
- Zore-Armanda, M. 1956: On gradient currents in the Adriatic Sea. Acta Adriatica 8/5, Split.
- Zore-Armanda, M. 1968: The system of currents in the Adriatic sea. Stud. rev. Gen. Fish. Counc. Medit. (34): 48 p.
- Zore-Armanda, M. 1969, a: Oceanographic conditions in the Middle Adriatic Area. II system of currents in the surface layer and their effect on the temperature distribution. Talassia Jugosl. Vol. V. pp. 465—475, Zagreb.
- Zore-Armanda, M. 1969, b: Temperature condition in the Adriatic Sea. Temperaturni odnosi u Jadranskom moru. Acta Adriatica XIII/. Split.
- Zore-Armanda, M. 1970: Meteorološki uvjeti i mogućnost prognoze ulova male plave ribe u Jadrano. Morsko ribarstvo XXII/4, Zagreb.
- Zore-Armanda, M., Pucher-Petković, I. Kačić, 1971: Klimatski faktori i mogućnost predskazivanja veličine organske produkcije u Jadrano. Pomorski zbornik, knj. 9, Rijeka.
- Županović, Š. 1964: Iskorišćavanje ribljeg fonda Jadrana. Arhiv za poljoprivredne nauke god. XVII. Sv. 55., Beograd.
- Županović, Š. 1968: O uzrocima fluktuacije u lovinama srdela na istočnoj strani Jadrana. Anali Jadranskog Instituta sv. IV. JAZU, Zagreb.

BASIC CHARACTERISTIC OF THE ADRIATIC SEA AS A PRODUCTION BASIN

Miljenko Buljan

SUMMARY

A series of hydro-physical and hydro-chemical properties of the Adriatic Sea are presented in this paper — elements that may be important for the understanding of the ecologic properties of the marine basin concerned, particularly as regards its production (Pucher-Petković & Zore-Armanda); on the basis of trophic artificially created ones.

Here are the conspicuous parts of the paper:

1) About four fifths of the Adriatic basin belong to the continental shelf. This fact has a positive significance for the organic productivity in the basin;

2) The phenomenon of warming up of the entire mass of Adriatic waters by several degrees in some winters (during the periods of so called Adriatic ingressions — the intervals of intense entering in the Adriatic of high saline water Intermediary water of eastern Mediterranean origin may be an ecological factor of especially important significance;

3) Some new proofs are brought forward to confirm an earlier statement to the effect that the waters of the southern Adriatic pit are by about 1 mg P-PO₄/t richer in phosphorus than the waters of the Middle Adriatic. The importance of one additional milligram of phosphorus for the bioproduction in the Adriatic basin has been stated in earlier papers;

4) The results of investigations, carried out in the Adriatic, show that the maximum quantity of phosphate is found in the Southern Adriatic basin, in the water layer lying between the depths of 50 and 100 metres, this fact being closely connected with the inflow of waters belonging to the Intermediary Water entering

5) Considerable quantities of nitrates have lately been found in the deeper layers of the Adriatic pits. The distribution of nitrates, i. e. the fact that the nitrate form exceeds the ammonia (and nitrite) form, may be considered as a geochemical distinction of the Adriatic bottom waters while, on the contrary, the ammonia form prevails in shallow and surface waters over the nitrate (and nitrite) form of nitrogen salts. The conclusion has therefrom been drawn that the Southern Adriatic Pit may be considered as a nitrate reservoir of great importance for the bioproduction taking place in the Adriatic basin.

6) While the waters of the Northern Adriatic are considerably influenced by the River Po and other rivers discharging in that part of the Sea, the waters of the Middle and Southern Adriatic and consequently their bioproduction are in turn exposed to the beneficial influence of Ingressions (i.e. occasional intensive inflow of high saline Intermediary water, carrying nutrient salts from the Southern Mediterranean basin into the Adriatic).

7) The possibility has been discussed of a favourable influence of Upwelling on the bioproduction in some divergence areas belonging to limited parts of the eastern Adriatic shore (Blitvenica).

8) A series of new data has been given concerning the chemical composition of waters of the rivers discharging into the Adriatic. Significantly enough, these waters contain *more* phosphorus, *more* carbonic acid, and *more* silicate than the sea water. This fact reveals the significant contribution of fresh water streams carrying also organic matter and detritus to the marine bioproduction. The quantities of nitrogen components, on the other hand, found in the waters of rivers discharging into the Adriatic, are on an average *smaller* than those occurring in the sea water. This, however, hardly represents a significant insufficiency, since the whole of the Adriatic basin is not poor in nitrogen, while the N/P ratio makes evident an insufficiency of phosphate in the offshore waters.

9) The beneficial influence of afforestation in the littoral area upon bioproduction in the inshore waters has also been considered.

10) The discussion also involved artificial fertilization to be performed in marine bays. This factor can play a significant and useful part in the future, adding to the biologic production in the Adriatic basin. The method of gradual extermination may serve the same purpose.

11) The process of sea water eutrophization, developing as a consequence of some forms of pollution has also been considered.

12) The interconnection of a series of abiotical and biological factors in the general bioproduction process in the Adriatic Sea is presented in the paper.

13) Four productivity zones in the Adriatic Sea have been discussed, and numerical values for each one are given to show the extent of the primary production (Pucher-Petković & Zore-Armanda); on the basis of trophic steps and percentage of ecologic efficaciousness, the annual fish production has been calculated in terms of tons.

14) Papers published by some other authors have been consulted, and the values obtained by the C^{14} method as used by Cvijić have been found rather high. The values obtained by T. Vučetić, on the basis of fish egg density and the size of spawning grounds, are also quoted.

15) M. Buljan's bioproduction data for three basic degrees of the food chain are also presented. A decrease of considerable extent has been found in the exploitation of the tied up energy from the first step: primary production (index 100) to the second step: secondary production — of zooplankton (index 0.1) and thence to the third step: fishes (index 0.02).

The utilization of the solar global radiation by the sea surface near Stončica has been calculated, and the resulting value is 1‰ (or $0,39\text{‰}$ respectively) annually for the primary production. In the case of the secondary production, the utilization value is considerably lower, i.e. $1/1,000.000$ of the total radiation energy. The utilization is still lower in the case of fish production.

16) The conclusion has been drawn that the bioproduction in marine basins is an inefficient process for the transformation of light energy in the sea water. Now it will be hardly acceptable the opinion that the light could be taken as a minimum factor as regards productivity in the shallow Adriatic sea.

17) The paper finally deals with the fluctuation in the field of fisheries in the Adriatic and the possibility of prognostication in this field is discussed.