

## PROCJENA BIOLOŠKIH RESURSA JADRANA NA OSNOVI PLANKTONA

### EVALUATION OF BIOLOGICAL RESOURCES IN THE ADRIATIC SEA BASED ON PLANKTON INVESTIGATIONS

Jožica Karlovac, Tereza Pucher-Petković, Tamara Vučetić i  
Mira Zore-Armanda

*Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split*

Grupa suradnika Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu već duži niz godina prati proizvodnju planktona kako biljnog, tako i životinjskog, i to u prvom redu na području srednjeg Jadrana. Budući da o proizvodnji planktona ovisi bogatstvo mora u svim daljnjim karikama života, napor je bio usmjeren na njegovo svestrano istraživanje. Tražene su zakonitosti koje vladaju unutar planktonske zajednice, njezin odnos prema faktorima sredine, a u posljednje vrijeme osobito odnos prema klimatskim i hidrografskim prilikama. Nastojalo se dobiti odgovor na ova pitanja:

- 1) Kolika je produkcija i biomasa na pojedinačnim karikama planktona;
- 2) Kakve su njegove sezonske fluktuacije u odnosu na faktore sredine;
- 3) Kakve su njegove višegodišnje fluktuacije u odnosu na faktore sredine;
- 4) Kolika je produkcija ribe u odnosu na produkciju planktona i može li se prognozirati ulov.

### PRODUKCIJA I BIOMASA PLANKTONA

Tokom posljednjih devet godina određivana je na stalnim postajama u srednjem Jadranu, uz kontrolu standardnih hidrografskih i meteoroloških faktora, primarna proizvodnja metodom  $^{14}\text{C}$  (Steemann Nielsen, 1952). Podacima o »standing cropu« fitoplanktona s istih postaja raspoložemo za razdoblje od 1956. do danas. U približno istom razdoblju (od 1954. do danas) u istom je području određivana i biomasa zooplanktona, kao i broj jaja i larvi riba, osobito ekonomski važnih, kao što su srdela i brgljun. Nadalje se intenzivno istraživalo mriješćenje srdele u srednjem Jadranu. Stoga je Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu prvi na Mediteranu tako kompleksno obuhvatio tu problematiku.

Velik dio Jadrana je karakterističan po relativno niskoj primarnoj proizvodnji. Samo se sjeverni Jadran i obalno područje odlikuje višom proizvodnošću. Koristeći se podjelom Jadrana na 4 produktivne zone po Buljanu

(1964), koje je on odredio prema količini hranjivih soli i dubini, te svim dosadašnjim podacima o primarnoj proizvodnji na bazi metode  $^{14}\text{C}$ , dajemo u tabeli 1 srednje vrijednosti godišnje primarne proizvodnje pod kvadratnim metrom i totalne godišnje produkcije za pojedine zone. Zona A obuhvaća otvoreni srednji i južni Jadran, zona B plitki sjeverni Jadran i dio zapadne obale, zona C otočno područje istočne obale i zona D lagune i najproduktivnije zaljeve.

Tabela 1

Produkcija ugljika u Jadranskom moru (prema Pucher-Petković, 1974)

| Područje         | Površina<br>km <sup>2</sup> | Srednja<br>proizvodnja<br>g C/m <sup>2</sup> /god. | Proizvodnja<br>cijele zone<br>tona C/god. |
|------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Zona A           | 79 000                      | 55                                                 | $4,4 \times 10^6$                         |
| Zona B           | 31 900                      | 80                                                 | $2,5 \times 10^6$                         |
| Zona C           | 25 000                      | 60                                                 | $1,5 \times 10^6$                         |
| Zona D           | 2 100                       | 150                                                | $0,3 \times 10^6$                         |
| Ukupno<br>Jadran |                             |                                                    | $8,7 \times 10^6$                         |

Na taj je način procijenjeno da prosječna primarna proizvodnja Jadrana iznosi oko 9 milijuna tona ugljika. Ta će brojka vjerojatno daljnjim detaljnim istraživanjem u prostornom smislu biti nešto povećana, osobito zbog doprinosa plitkoga sjevernog Jadrana, gdje i proizvodnja mikrovegetacije i makrovegetacije može biti od stanovitog značenja.

Jedna prijašnja procjena (Cviić, 1959, 1963) daje otprilike pet puta veću ukupnu godišnju produkciju, pa ćemo je zato ukratko razmatrati. Ona je bila učinjena na osnovi po jednog niza mjerenja u travnju ili u rujnu na četiri postaje u srednjem Jadranu (Sušac, Maslinica, Stončica, Kaštelanski zaljev). S obzirom na vrlo velike sezonske i višegodišnje fluktuacije primarne proizvodnje, ti podaci su imali sasvim preliminarno značenje. Za većinu tih postaja do danas raspolažemo nizovima mjerenja dugih deset godina (cca 120 nizova). Iz spomenuta 4 niza mjerenja Cviić kao srednju vrijednost za Jadran uzima  $0,073 \text{ g C/m}^2/\text{dan}$  ( $73 \text{ mg C/m}^2/\text{dan}$ ), odnosno  $27 \text{ g C/m}^2/\text{godinu}$ . To je vrlo niska vrijednost, kakvom se prema našoj procjeni nije mogla klasificirati ni jedna zona na Jadranu, pa njezin autor to more ubraja u najsiromašniju proizvodnu grupu morskih bazena, u koju npr. ulazi Sargaško more. Ako se iz te niske vrijednosti izračuna produkcija za cijelu površinu Jadrana ( $138\,500 \text{ km}^2$ ), dobije se vrijednost od samo 3,7 milijuna tona ugljika, a ne 47 milijuna tona kako navodi autor zbog očite greške u proračunu. Cviić (1964) je poslije na osnovi daljnjih mjerenja dao kao srednjak za Jadran iznos od  $290 \text{ mg C/m}^2/\text{dan}$ , što iznosi godišnje  $106 \text{ g/m}^2$ . Taj je iznos prema prijašnjem od istog autora ( $27 \text{ g C/m}^2/\text{god}$ ) oko 4 puta viši. Prema našem mišljenju, to je precijenjena vrijednost asimilacije ugljika u Jadranu, jer je dobivena na osnovi većeg broja podataka iz obalnog područja, koje ima visoku proizvodnju, kao Kaštela ( $610 \text{ mg C/m}^2/\text{dan}$ ), Gargano ( $210 \text{ mg C/m}^2/\text{dan}$ ), Lim ( $200 \text{ mg C/m}^2/\text{dan}$ ), Rovinj ( $310 \text{ mg C/m}^2/\text{dan}$ ). No, autor i sam naglašava da je to provizorna srednja vrijednost. Prema toj vrijednosti, godišnja bi pro-

dukcija ugljika u Jadranu iznosila oko 14,6 milijuna tona, tj. oko četiri puta više od prijašnje procjene istog autora i više od 1,5 puta više od naše procjene.

Osvrnimo se sada na klasifikaciju svjetskih mora u pet kategorija produktivnosti prema Koblentz-Mishke, Volkovinsky i Kabanovoj (1970) radi usporedbe s Jadranom. Prema tim se autorima mora mogu klasificirati prema vrijednosti dnevne asimilacije C na  $m^2$  ovako:

- I kategorija:  $< 100 \text{ mg C/m}^2/\text{dan}$
- II kategorija:  $100\text{--}150 \text{ mg C/m}^2/\text{dan}$ ;
- III kategorija:  $150\text{--}250 \text{ mg C/m}^2/\text{dan}$ ;
- IV kategorija:  $250\text{--}500 \text{ mg C/m}^2/\text{dan}$ ;
- V kategorija:  $> 500 \text{ mg C/m}^2/\text{dan}$ ;

Koblentz-Mishke i suradnici čitav Mediteran svrstavaju u treću kategoriju s dnevnom proizvodnjom između 150 i 250  $\text{mg C/m}^2$ , s iznimkom sjeverne polovine zapadnog bazena koja pripada četvrtoj kategoriji, s dnevnom proizvodnjom od 250 do 500  $\text{mg C/m}^2$ .

Ako podatke o godišnjoj proizvodnji u 4 zone Jadrana (Tabela 1) preračunamo na dnevnu proizvodnju, vidimo da se zona A (150  $\text{mg C/m}^2/\text{dan}$ ) može svrstati na granicu između II i III kategorije produktivnosti, zona B (219  $\text{mg C/m}^2/\text{dan}$ ) i zona C (160  $\text{mg C/m}^2/\text{dan}$ ) u III kategoriju, a zona D (430  $\text{mg C/m}^2/\text{dan}$ ) u IV kategoriju. Dakle, kako vidimo Jadran se iznosom primarne proizvodnje približava vrijednostima iz Mediterana, dok su izvan njega nađena i područja s mnogo višom proizvodnjom. Uostalom, to se slaže i s nađenom količinom hranjivih soli u odnosu na ostala mora, jer Jadran i u tom pogledu pripada siromašnijim morima, kao i gustoćom fitoplanktonskih i zooplanktonskih populacija.

Navedena raspodjela na 4 produktivne zone vjerojatno bi se mogla potvrditi i podacima o gustoći fitoplanktonskih i zooplanktonskih populacija. Za ilustraciju navodimo podatke samo za neka područja, za koja raspolazemo najvećim brojem mjerenja (Tabela 2).

**Tabela 2**

Višegodišnje kolebanje fitoplanktona u srednjem Jadranu izraženo brojem stanica na litru morske vode (podaci prema Pucher-Petković)

| Godina   | Stončica<br>(zona C) | Pelegrin<br>(zona C) | Kaštelanski zaljev<br>(zona D) |
|----------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| 1956/57. | —                    | 8 375                | 32 996                         |
| 1959/60. | 3 786                | 4 505                | 15 979                         |
| 1961.    | 4 888                | 8 324                | 35 677                         |
| 1962.    | 5 372                | 6 353                | 49 069                         |
| 1963.    | 7 653                | 6 640                | 40 565                         |
| 1964.    | 4 284                | 5 523                | 135 950                        |
| 1965.    | 9 392                | 12 209               | 157 841                        |
| 1966.    | 10 478               | 17 650               | 299 621                        |
| 1967.    | 2 182                | 6 117                | 49 255                         |
| 1968.    | 20 432               | 55 591               | 747 250                        |
| 1969.    | 26 892               | 50 281               | 551 576                        |
| 1970.    | 21 787               | 32 264               | 657 064                        |
| 1971.    | 32 274               | 35 987               | 357 609                        |

U prosjeku se između dviju zona (C i D) zapaža u veličini »standing cropla« veća razlika nego u veličini primarne proizvodnje, jer je odnos veličine »standing cropla« tih dviju zona 15:1, a odnos veličine proizvodnje između tih dviju zona iznosi samo 3:1. U tom odnosu »standing cropla« obalnog područja i otvorenog mora stanovitu ulogu igra i različita dubina područja, tako da bi komparacija vrijednosti po slojevima nešto ublažila te razlike (Pucher-Petković, 1970).

Zooplanktonska produkcija se ne može direktno određivati, jer za to još nije nađena prava metoda, iako se pokusi u tom smislu vrše (SSSR, SAD).

Indirektna metoda svodi se na određivanje biomase ili »standing cropla«. Zatim se posebno određuje brzina rasta i reprodukcije pojedinačnih zooplanktonskih populacija te se iz toga izračunava potrošnja hrane (grazing) i produkcija.

Primarni proizvođači ili fitoplanktonski organizmi mogu vrlo brzo realizirati porast gustoće populacije, jer se npr. dijatomeje dijele prosječno 2,6 puta u jednom danu. Unutar zooplanktona ima organizama koji se dijele vrlo brzo i imaju više dioba dnevno, ali je veći broj onih čiji razvojni ciklus traje nekoliko mjeseci. Tako neki herbivori i omnivori, kao npr. kopelati (apendikularije) imaju brz individualan rast i brzo reagiraju porastom gustoće populacije na porast primarne proizvodnje (Vučetić, 1957a; Vučetić i Pucher-Petković, 1969). Ostali herbivori, kao i prvi karnivori, rastu sporije. Tako npr. kopepodi, organizmi najznačajniji po broju i hranjivoj vrijednosti u lancu ishrane u moru, imaju u polarnim krajevima razvojni ciklus od više mjeseci. U našem moru, kao i u drugim morima umjerenog pojasa, razvojni ciklus traje im 30—60 dana. U toku godine neki kopepodi, kao npr. *Calanus* (Vučetić, 1964), imaju 4—5 generacija. Budući da su oni i u našem moru najbrojniji, u našim smo proračunima pretpostavili pet generacija, tj. faktor 5 za »turnover« organske materije zooplanktona.

U tabeli 3 su dane vrijednosti biomase zooplanktona prema dosadašnjim mjerenjima.

Tabela 3

Biomasa zooplanktona izražena u prosječnim godišnjim vrijednostima suhe težine za 4 produktivne zone i za cijeli Jadran (Vučetić, MS)

| Područje | Površina<br>km <sup>2</sup> | Srednja<br>dubina m | Volumen<br>zone km <sup>3</sup> | Biomasa zooplanktona<br>(suha težina) |                     |
|----------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|          |                             |                     |                                 | na km <sup>3</sup><br>t               | za cijelu<br>t zonu |
| Zona A   | 79 000                      | 350                 | 27 650                          | 1,9                                   | 52 535              |
| Zona B   | 31 000                      | 75                  | 2 325                           | 15,8                                  | 36 735              |
| Zona C   | 25 000                      | 60                  | 1 500                           | 7,2                                   | 10 800              |
| Zona D   | 2 100                       | 30                  | 63                              | 11,2                                  | 706                 |
| Ukupno   |                             |                     |                                 |                                       | 100 776             |

Tabela 3 pokazuje da kvantitativna raspodjela zooplanktona u glavnim crtama potvrđuje zone produktivnosti, samo što je zona B bogatija zooplanktonom od zone D, što nije slučaj s hranjivim tvarima i primarnom proizvodnjom. Ukupna je biomasa zooplanktona (suha tvar) u Jadranu procijenjena na cca 100 000 tona.



U tabeli 4 daju se podaci o biomasi zooplanktona Jadrana i nekih drugih mora, odakle se vidi da Jadran ne karakterizira visoka biomasa zooplanktona u odnosu na sjeverni Atlantik i Sjeverno more.

Tabela 4

Minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti biomase (suhe težine) zooplanktona u tri bazena (prema Vučetić, 1961 b)

| Područje                                | Biomasa zooplanktona |                            |          |
|-----------------------------------------|----------------------|----------------------------|----------|
|                                         | min.                 | mg/m <sup>3</sup><br>maks. | srednjak |
| Jadran<br>(Vučetić, 1961, b)            | 4,7                  | 26,0                       | 13,0     |
| Block Island Sound<br>(Deevey, 1952)    | 0,04                 | 44,0                       | 19,34    |
| Sjeverno more<br>(Wimpenny, 1952, 1957) | 43,0                 | 97,0                       | 59,6     |

Iz biomase zooplanktona u četiri produktivne zone Jadrana, što je prikazano na tabeli 3, procijenjena je produkcija zooplanktona uz pretpostavku da je faktor 5 dovoljno realan za pretvorbu biomase u godišnju produkciju zooplanktona, kao i za pretvorbu suhe u vlažnu težinu (Tabela 5).

Tabela 5

Godišnja proizvodnja zooplanktona u Jadranu (Vučetić, MS)

| Područje | Suha težina<br>u tonama | Vlažna težina<br>u tonama | Produkcija<br>u tonama |
|----------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| Zona A   | 52 535                  | 262 675                   | 1 313 375              |
| Zona B   | 36 735                  | 183 675                   | 918 375                |
| Zona C   | 10 800                  | 54 000                    | 270 000                |
| Zona D   | 706                     | 3 530                     | 17 650                 |
| Ukupno:  | 100 776                 | 503 880                   | 2 519 400              |

Godišnja je proizvodnja zooplanktona na taj način procijenjena na oko 2,5 milijuna tona. Radi usporedbe ona je također izračunata iz primarne proizvodnje uz pretpostavku ekološke efikasnosti od 15% za dvije stepenice (herbivorni i karnivorni zooplankton). Za pretvorbu ugljika u vlažnu težinu zooplanktona upotrijebljen je faktor 10. Poklapanje dobivenih vrijednosti produkcije zooplanktona procijenjene na dva načina jest dobro i daje određenu sigurnost toj procjeni (Tabela 6).

Tabela 6

Proizvodnja zooplanktona u Jadranu

| Biomasa zooplanktona (suha težina)<br>t | Primarna proizvodnja<br>t C/god. | Proizvodnja<br>zooplanktona t/god. |
|-----------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 100 776                                 | —                                | (iz biomase) 2 519 400             |
| —                                       | 8 700 000                        | (iz prim. proizv.) 1 957 000       |

Određivanje biomase ihtioplanktona jest otežano jer je ihtioplankton, kao rezultat reproduktivne sposobnosti pojedinih vrsta riba, znatno neravnomjernije raspodijeljen i ograničen u prostoru i vremenu. Zato se najprije gustom mrežom postaja i određivanjem koncentracije jaja, odnosno larvi (stadij sa žumančanom kesom), nastojalo odrediti mrijestilišta i sezonu mriješćenja riba, u prvom redu ekonomski važnijih. Rezultati ekstezivnih istraživanja ihtioplanktona ukazali su na postojanje četiri, dosta dobro razdvojena, mrijestilišta srdela u Jadranu (Gamulin, 1954; Karlovac, 1955, 1958; Rakaj, 1962; Merker, 1971):

- 1) Na pučini sjevernog Jadrana, zapadno od Dugog otoka;
- 2) U zoni srednjeg Jadrana;
- 3) Na prijelazu srednjeg u južni Jadran kod Palagruže;
- 4) Na pučini južnog Jadrana ispred albanske obale.

Nadalje se pokazalo da se sezona mriješćenja srdela proteže kroz duži vremenski period, te da obuhvaća svršetak jedne i početak druge kalendarske godine, tj. jesen, zimu i proljeće (Gamulin, 1948; Mužinić, 1954; Gamulin i Karlovac, 1956, 1957; Vučetić, 1965, 1971a). Mriješćenje se vrši pri određenim temperaturama u toku nekoliko sati prije ponoći (Gamulin i Hure, 1955). Utvrđeno je da se jaja u toku noći izbacuju u točno određenim vremenskim razmacima (Karlovac, 1967).

Intenzivna istraživanja mriješćenja srdela vršena su samo u zoni srednjeg Jadrana (kanali i otvoreno more) i području Palagruže. Tu je na gustom mreži postaja sistematski praćena raspodjela jaja tokom više sezona mriješćenja, što je omogućilo ne samo praćenje intenziteta i trajanja mriješćenja (Tabela 7), nego i pomicanja većih koncentracija jaja (Gamulin i Karlovac 1956, 1957; Karlovac, 1964a i b, MS).

Tabela 7

Mriješćenje srdela u zoni srednjeg Jadrana i području Palagruže  
(prema Karlovac, 1964a, 1969b, MS)

| Sezona<br>mriješćenja | Zona srednjeg Jadrana |    |                                   | Zona Palagruže        |     |                                   |
|-----------------------|-----------------------|----|-----------------------------------|-----------------------|-----|-----------------------------------|
|                       | trajanje sezone<br>od | do | sred. broj<br>jaja/m <sup>2</sup> | trajanje sezone<br>od | do  | sred. broj<br>jaja/m <sup>2</sup> |
| 1950/51.              | X                     | IV | 63                                | —                     | —   | —                                 |
| 1956/57.              | X                     | IV | 20                                | III*                  |     | 53                                |
| 1960/61.              | XI                    | IV | 86                                | XII                   | IV  | 123                               |
| 1962/63.              | XI                    | V  | 26                                | XII                   | IV  | 22                                |
| 1965/66.              | XI                    | IV | 52                                | XII                   | III | 30                                |

\* radi nevremena se radilo samo u III mjesecu

Mriješćenje u zoni srednjeg Jadrana traje uglavnom od studenog do travnja, a u području Palagruže od prosinca do travnja, odnosno samo do ožujka. Srednja abundancija jaja je u zoni srednjeg Jadrana varirala od 20 do 86/m<sup>2</sup>, a na mrijestilištu kod Palagruže od 22 do 123/m<sup>2</sup>.

Praćenje smještaja i pomicanja većih koncentracija jaja pokazalo je da se tzv. jezgre ( $> 30$  jaja/m<sup>2</sup>) pojavljuju u određeno vrijeme gotovo na istim mjestima. To je dalo mogućnost izbora postaja, koje bi mogle biti reprezentativne pri daljnjim istraživanjima intenziteta mriješćenja. Tako je na profilu Pelegrin — Stončica praćeno kolebanje kvantiteta jaja srdele tokom deset sezona mriješćenja, tj. od sezone 1960/61. do 1969/70. Za ovo razdoblje srednje obilje jaja u kanalskom području iznosi 44 jaja/m<sup>2</sup>, a u otvorenom srednjem Jadranu 48 jaja/m<sup>2</sup>.

## SEZONSKE VARIJACIJE PLANKTONA

Jadran je more s izrazitim sezonskim razlikama hidrografskih svojstava, što se odražava i na planktonskoj zajednici. Važnost studija sezonskih varijacija na svim karikama planktona očljivo je ako se shvati da one nisu nužno paralelne, pa je potrebno znati ima li npr. u doba mriješćenja riba dovoljno hrane. Budući da je studiji sezonskih varijacija u planktonskoj zajednici posvećeno u proteklom razdoblju dosta pažnje (Ercegović, 1936, 1940; Pucher-Petković, 1957, 1966, 1969, 1970; Buljan, Hure i Pucher-Petković, 1973; Vučetić, 1957a, 1961a i b, 1971a i b, Vučetić i Kačić, 1973; Karlovac, 1966, 1969a i b, u tisku; Gamulin, 1954; Hure, 1955), nećemo se na njima duže zadržati, pogotovu jer su za procjenu ribljeg fonda od većeg značenja višegodišnje varijacije. Na temelju dugogodišnjih opažanja izrađeni su tipični sezonski ciklusi pojavljivanja fitoplanktona i zooplanktona.

Na slici 1 prikazan je godišnji hod gustoće fitoplanktonskih populacija na tri postaje srednjeg Jadrana dobiven na osnovi 11-godišnjeg opažanja. Tu se mogu uočiti stanovite sezonske pravilnosti. Najdonja krivulja prikazuje karakterističan ciklus fitoplanktona obalnog područja s snažno naglašenim maksimumom populacije u toku čitave jeseni (X—XII). Drugi karakterističan maksimum fitoplanktona tog područja zahvaća kraj zime i dio proljeća (III—V). Treći je maksimum ljetni (VIII), koji nismo očekivali prema prijašnjim podacima za to područje (Ercegović, 1936; Pucher-Petković, 1966). Tu se vjerojatno radi o pojačanom utjecaju urbane polucije u novije vrijeme. Taj maksimum je spontan i kratkotrajan, jer mjesec dana prije i iza njega nastupa minimum fitoplanktona.

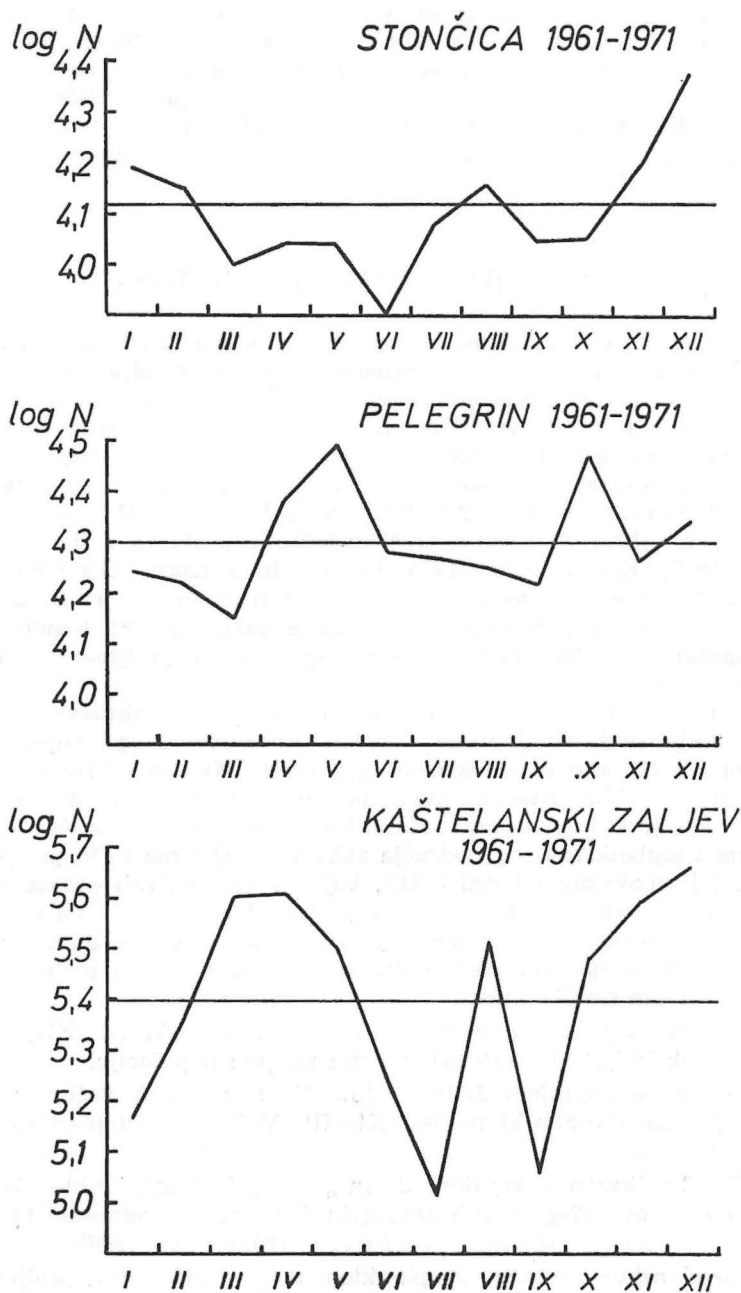
Na Pelegrinu je uočen proljetni (IV—V) i jesenski (X, XII) cvat fitoplanktona, dok je ljeto karakteristično stagnacijom populacija.

U otvorenom srednjem Jadranu (Stončica) relativno većim bogatstvom obilježen je jesensko-zimski period (XI—II). Malo više fitoplanktona zapaža se još u kolovozu.

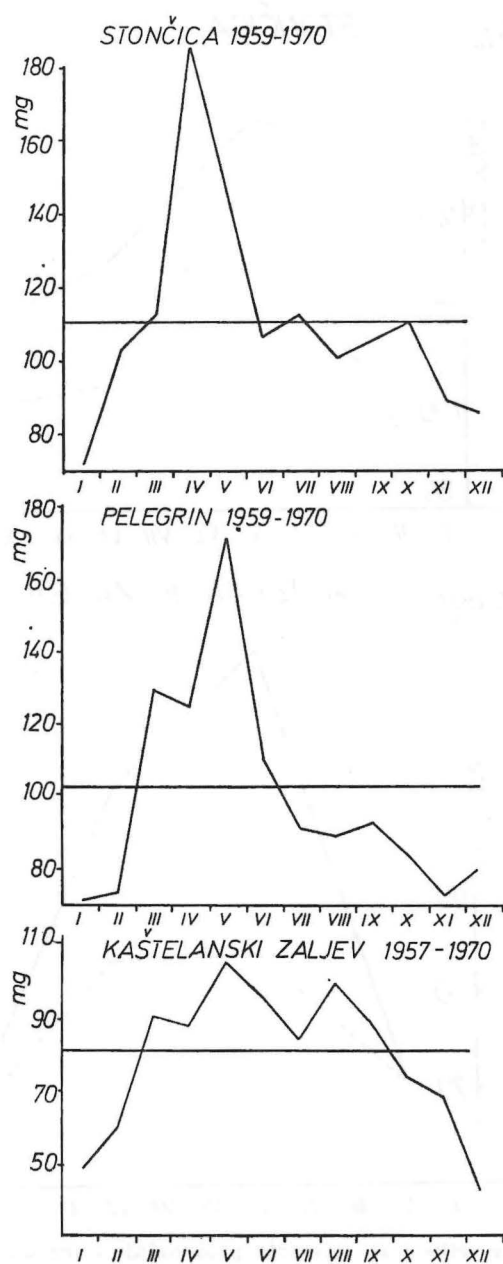
Na slici 2 prikazan je karakterističan godišnji hod zooplanktonske biomase dobiven na osnovi 12-godišnjih (Pelegrin i Stončica), odnosno 14-godišnjih (Kaštelanski zaljev) istraživanja (Vučetić, 1961b, 1965, 1969b, 1970b, 1971b).

U Kaštelanskom zaljevu zooplanktonom je najbogatiji proljetno-ljetni period kada srednja vrijednost suhe tvari iznosi od 101 mg (IV—VI) do 91 mg (VII—IX). Jesenji period (X—XII) karakterističan je po najnižim vrijednostima koje iznose samo 68 mg po potegu. Zimi (I—III) su vrijednosti biomase zooplanktona također niske i iznose 79 mg po potegu.

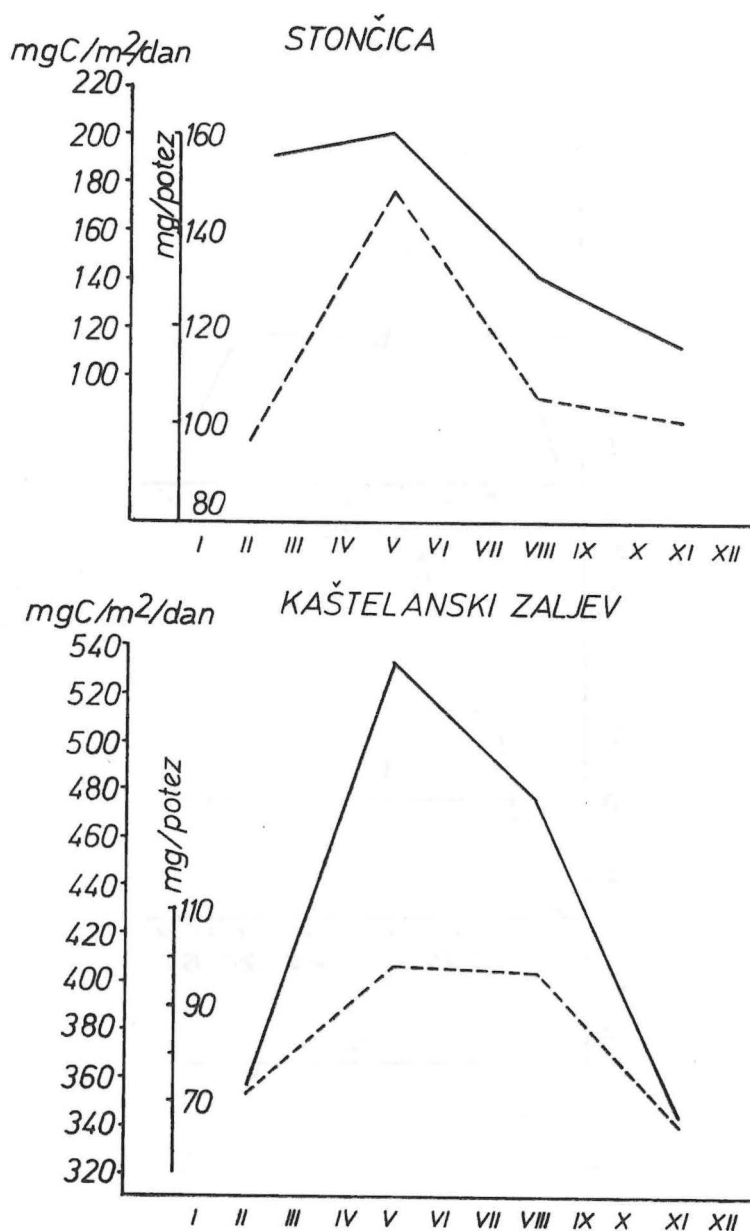




Sl. 1. Godišnji hod gustoće fitoplanktona (broj stanica na litru) na tri postaje srednjeg Jadrana prema 11-godišnjim srednjim mjesečnim vrijednostima. Horizontalna crta označava globalni 11-godišnji srednjak (podaci prema Pucher-Petković).



Sl. 2. Godišnji hod zooplanktonske biomase (u mg suhe tvari po potegu) na tri postaje srednjeg Jadrana prema 14-godišnjim (Kaštelanski zaljev), odnosno 12-godišnjim (Pelegrin, Stončica) mjesečnim srednjacima. Horizontalna crta predstavlja odgovarajući globalni srednjak. (podaci prema Vučetić, 1971b).



Sl. 3. Sezonske srednje vrijednosti primarne proizvodnje u  $\text{mg C/m}^2/\text{dan}$  (puna linija) i biomase zooplanktona u  $\text{mg suhe tvari po potezu}$  (crtkana linija) za dvije postaje u srednjem Jadranu. Na Stončici su korišteni podaci iz razdoblja 1959—1970, a u Kaštelanskom zaljevu za razdoblje 1957—1970. Višegodišnji srednjaci su računati za zimu (I—III), proljeće (IV—VI), ljeto (VII—IX) i jesen (X—XII).



U kanalskom području (Pelegrin) do produktivnog perioda zooplanktona također dolazi u proljeće (III—IV) samo što tu kraće traje nego u Kaštelanskom zaljevu. Prosječna vrijednost suhe težine u proljeće je na Pelegrinu 136 mg po potegu. Biomasa zatim postepeno opada tokom ljeta (84 mg) i jeseni (79 mg) sve do zime (91 mg).

U otvorenom srednjem Jadranu (Stončica) produktivni period je još kraći (III—IV). Prosječni poteg u to doba sadrži 146 mg suhe tvari. Ljeti i u jesen vrijednosti biomase postepeno opadaju (105 i 99 mg po potegu) da bi zimi bile najniže (97 mg po potegu).

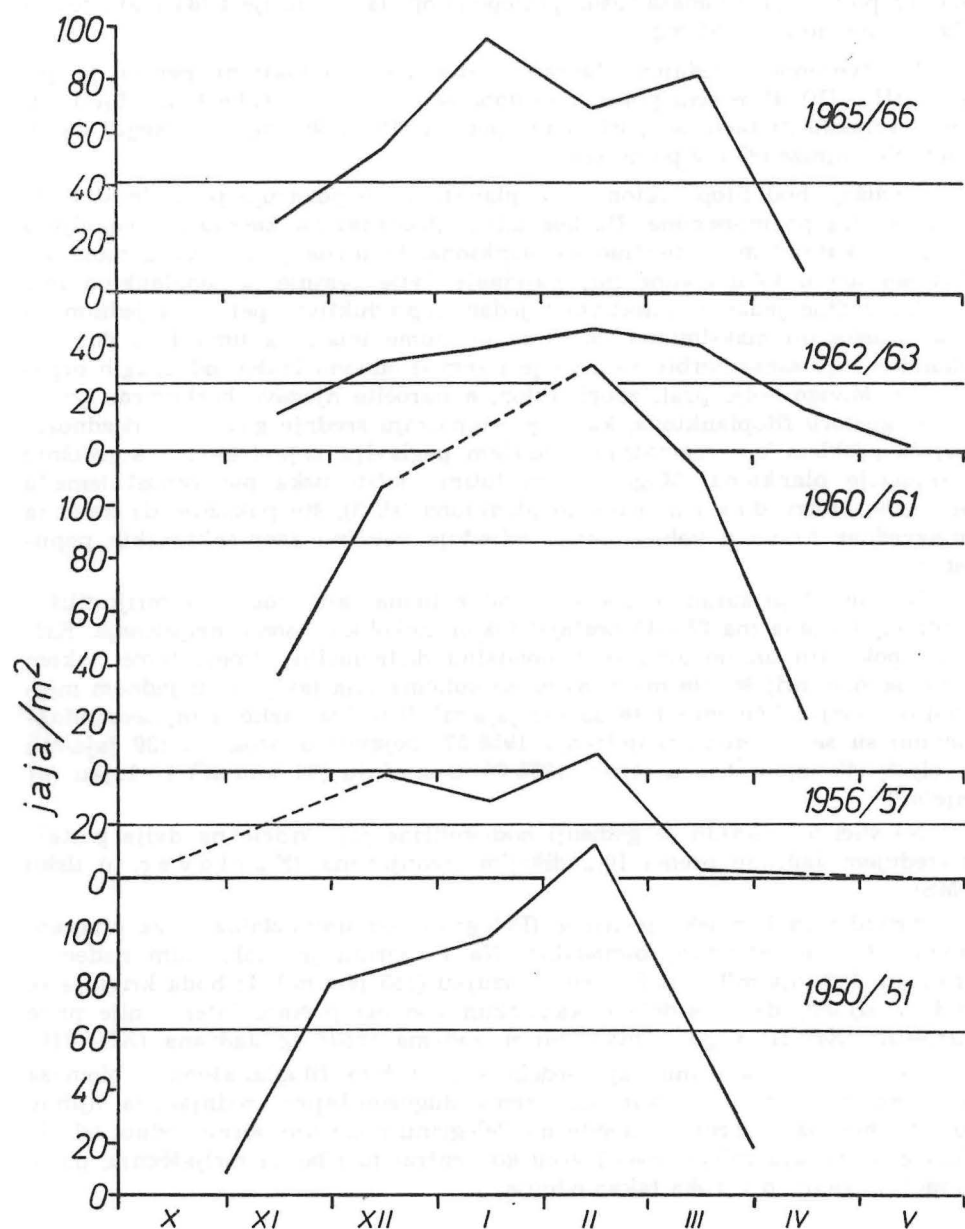
Godišnji hod fitoplanktona i zooplanktona ne pokazuje paralelnost kada se promatra po mjesecima. Uz bogatstvo fitoplanktona katkad se pojavljuju velike, a katkad male količine zooplanktona. Osnovna je razlika u tome što fitoplankton u toku godine ima najmanje dvije cvatnje, a zooplankton ima u toku godine jedan produktivni i jedan neproduktivni period, s jednim ili više uzastopnih maksimuma. Moramo pri tome imati na umu i to da zooplankton nije samo herbivoran, pa je i sam istodobno trošen od drugih organizama. Mnogo bolje prati zooplankton, a naročito njegove herbivorne populacije, gustoću fitoplanktona, kada se promatraju srednje godišnje vrijednosti. Taj će problem biti razmatran u idućem poglavlju koje tretira višegodišnje fluktuacije planktona. Mogla se, međutim, uočiti uska povezanost između primarne proizvodnje i količine zooplanktona (sl. 3), što pokazuje da količina proizvedene hrane u velikoj mjeri određuje veličinu zooplanktonskih populacija.

Na slici 4 prikazan je godišnji hod količina jaja srdele na mrijestilištu srednjeg Jadrana (na 25—45 postaja) tokom nekoliko sezona mriješćenja. Krivulje pokazuju unimodalnu ili bimodalnu distribuciju. Prema tome, tokom jedne sezone mriješćenja maksimalna se količina jaja javlja ili u jednom mjesecu (veljači) količinom od 46 do 152 jaja/m<sup>2</sup> ili u dva različita mjeseca. Maksimumi su se u sezoni mriješćenja 1956/57. pojavili u prosincu (39 jaja/m<sup>2</sup>) i veljači (46 jaja/m<sup>2</sup>), a u sezoni 1965/66. u siječnju (96 jaja/m<sup>2</sup>) i ožujku (81 jaje/m<sup>2</sup>).

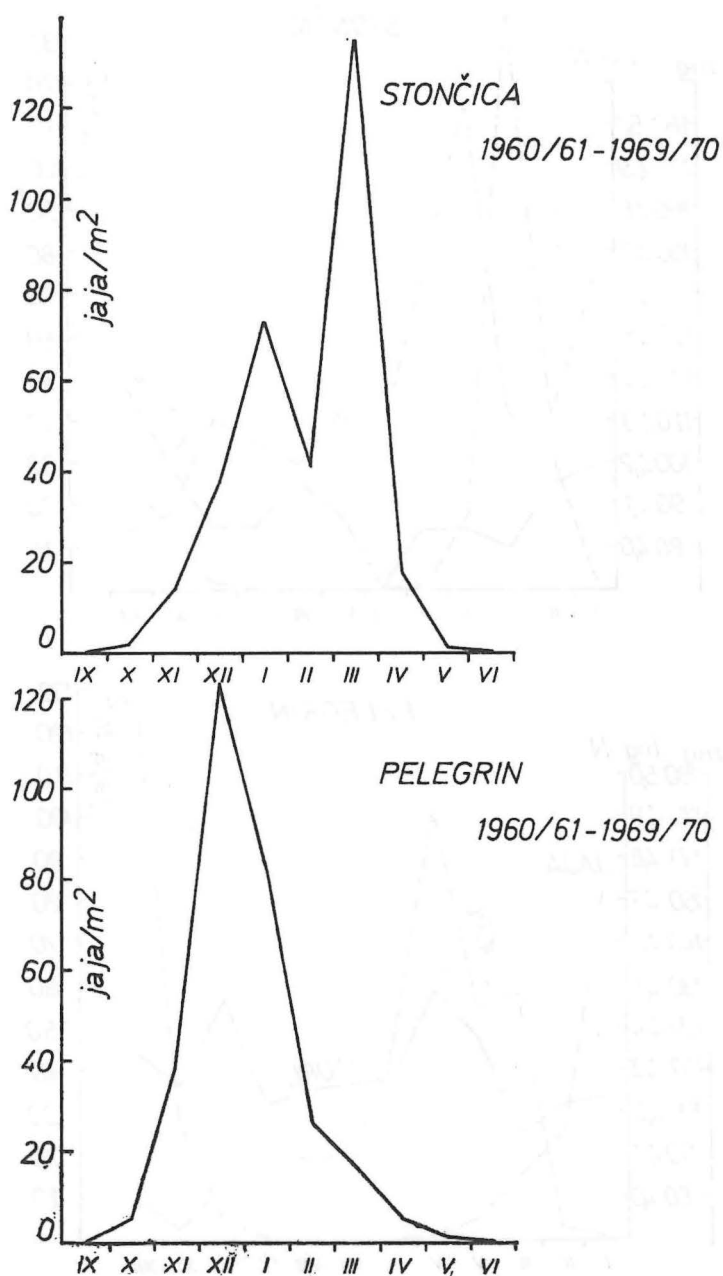
Na slici 5 prikazan je godišnji hod količine jaja srdele na dvije postaje u srednjem Jadranu prema 10-godišnjim srednjacima (Karlovac, u tisku i MS).

Krivulja za kanalsko područje (Pelegrin) jest unimodalna, a za otvoreni srednji Jadran (Stončica) bimodalna. Na Pelegrinu je maksimum nađen u prosincu (123 jaja/m<sup>2</sup>) a na Stončici u ožujku (135 jaja/m<sup>2</sup>). Iz hoda krivulje se može zaključiti da se srdela u kanalskim vodama počinje intenzivnije prije mrijestiti (XI—II) nego u otvorenijim vodama srednjeg Jadrana (XII—III).

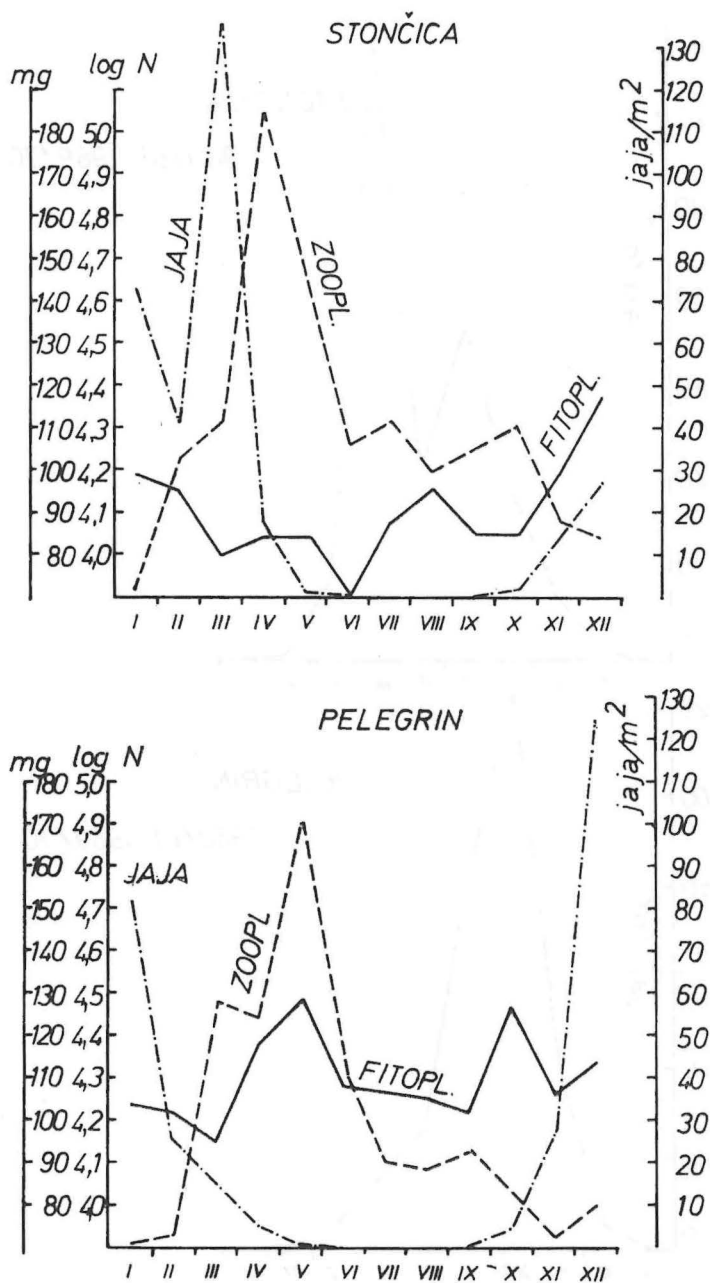
Uspoređujući količinu jaja srdela s gustoćom fitoplanktona i biomasa zooplanktona, može se uočiti da prema dugogodišnjim srednjacima njihov godišnji hod na Stončici, a osobito na Pelegrinu pokazuje obrnut odnos (sl. 6). Veća gustoća jaja srdela znači i veću koncentraciju ribe na mriješćenju, pa je to možda jedan od uzroka takva odnosa.



Sl. 4. Hod obilja jaja srdela ispod 1 m<sup>2</sup> na mrijestilištu u srednjem Jadranu tokom pet sezona mrijješćenja. Srednje mjesečne vrijednosti u sezoni 1950/51 dobivene su iz uzoraka sa 45 postaja, a u ostalim sezonama sa 25 postaja (podaci prema Karlovac).



Sl. 5. Hod obilja jaja srdela ispod 1 m<sup>2</sup> na dvije postaje u srednjem Jadranu prema srednjim vrijednostima za deset sukcesivnih sezona mriješćenja, 1960/61—1969/70. (Podaci prema Karlovac).



Sl. 6. Godišnji hod gustoće fitoplanktonskih populacija kao na sl. 1 (puna linija), zooplanktonske biomase kao na sl. 2 (crtana linija) i broja jaja srdela kao na sl. 5 (crta-točka linija) na dvije postaje u srednjem Jadranu.

## VIŠEGODIŠNJE FLUKTUACIJE PRIMARNE PROIZVODNJE I PLANKTONA U ODNOSU NA KLIMATSKE FAKTORE

U Jadranu su nađene značajne višegodišnje fluktuacije kako primarne produkcije, tako i biomase planktona (Pucher-Petković, 1968, 1970; Pucher-Petković i Vučetić, 1969; Vučetić, 1961a, 1965, 1969b, 1970a i b, 1971a i b; Vučetić i Pucher-Petković, 1969).

U srednjem Jadranu godišnja primarna produkcija varira u odnosu na višegodišnji srednjak za više od 50% (do + 60%, odnosno — 25%), a skokovi iz godine u godinu mogu biti vrlo nagli, pa je npr. na Stončici od godine 1964. na 1965. taj skok iznosio čak nešto više od 100% (Tabela 8).

Tabela 8

Višegodišnje kolebanje primarne produkcije na postaji Stončica i u cijeloj zoni C (prema Pucher-Petković i Zore-Armanda, 1973)

| Godina   | Stončica<br>g C/m <sup>2</sup> /god. | Zona C (ukupno)<br>tona C/god. |
|----------|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1962/63. | 49,6                                 | $1,2 \times 10^6$              |
| 1964.    | 44,4                                 | $1,1 \times 10^6$              |
| 1965.    | 92,2                                 | $2,3 \times 10^6$              |
| 1966.    | 55,9                                 | $1,4 \times 10^6$              |
| 1967.    | 60,6                                 | $1,5 \times 10^6$              |
| 1968.    | 50,7                                 | $1,3 \times 10^6$              |
| 1969.    | 57,0                                 | $1,4 \times 10^6$              |
| 1970.    | 67,1                                 | $1,7 \times 10^6$              |
| 1971.    | 45,6                                 | $1,1 \times 10^6$              |
| Srednjak | 58,1                                 | $1,5 \times 10^6$              |

Promjene u veličini produkcije iz godine u godinu su istog reda veličine kao sezonske promjene, premda na te druge utječu u većoj mjeri i čisto biološki faktori, a i sezonske fluktuacije niza faktora sredine (temperature, saliniteta, vjetrova, naoblake) iste su ili znatno veće od odgovarajućih višegodišnjih fluktuacija.

Višegodišnje promjene biomase zooplanktona istog su reda veličine kao promjene primarne produkcije te imaju maksimalna odstupanja od višegodišnje srednje vrijednosti do + 42%, odnosno — 37% (Tabela 9).

Sezonsko kolebanje zooplanktonske biomase manje je od višegodišnjeg. Prema podacima za tri postaje u srednjem Jadranu (Vučetić, 1971) sezonska odstupanja od godišnjih srednjih vrijednosti iznose u ekstremnim slučajevima + 21%, odnosno — 14%.

To pokazuje da na višegodišnje fluktuacije produkcije u Jadranu djeluje neki regulator koji nije uključen u sezonske promjene fizikalnih karakteristika, nego je znatno perzistentniji jer mu isti trend kretanja traje više godina. Budući da se kod klimatskih faktora ne radi o određenoj perzistenciji, naročito kada je u pitanju međudjelovanje mora i atmosfere, bilo je nedavno razmotreno djelovanje nekih klimatskih parametara na produkciju i nađeno dobro slaganje (Pucher-Petković et al. 1971; Zore-Armanda et al. 1971, 1973; Pucker-Petković i Zoroe-Armanda, 1973).



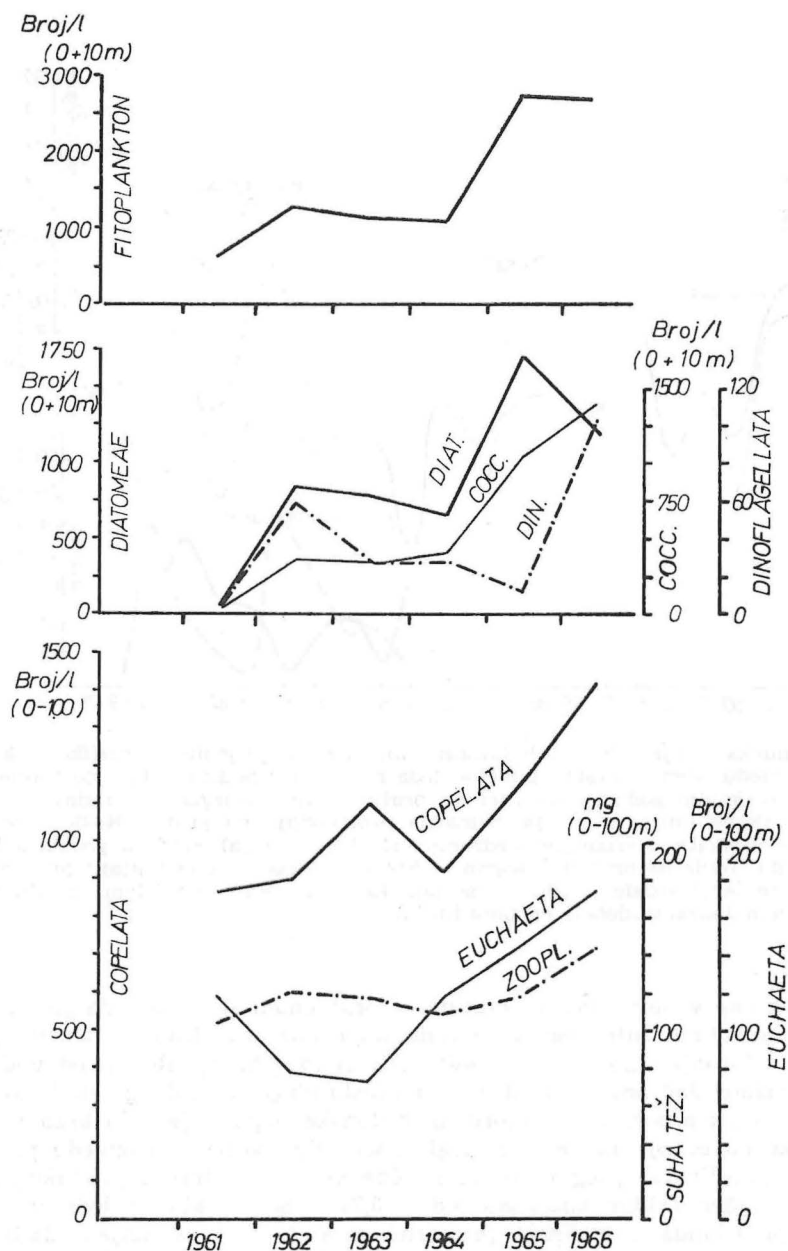
Tabela 9

Višegodišnje kolebanje zooplanktonske biomase na postaji Stončica  
(prema Vučetić, MS)

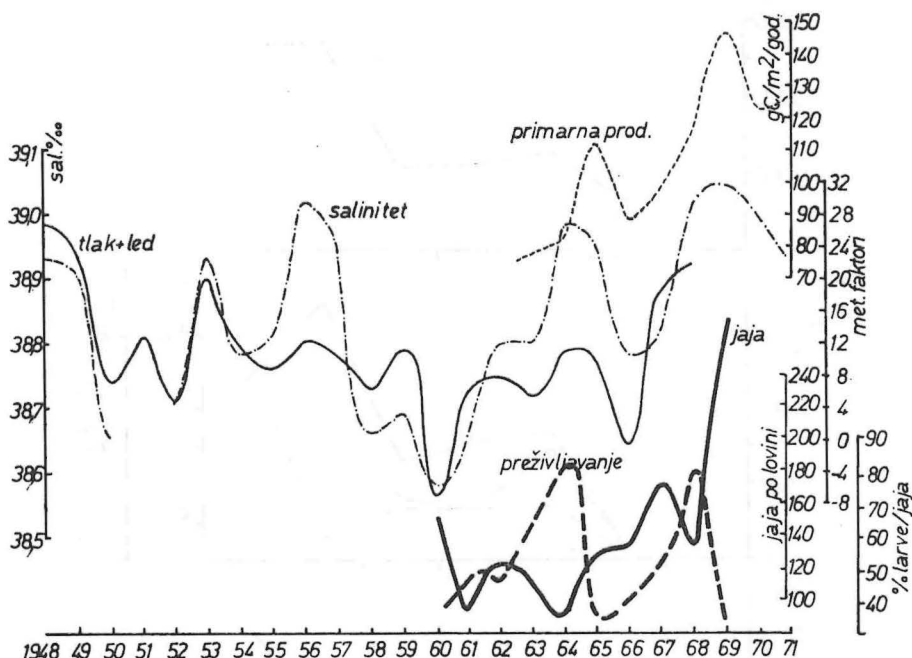
| Godina   | Godišnja srednja vrijednost<br>suhe težine zooplanktona<br>mg/poteg. |
|----------|----------------------------------------------------------------------|
| 1959.    | 74                                                                   |
| 1960.    | 159                                                                  |
| 1961.    | 102                                                                  |
| 1962.    | 120                                                                  |
| 1963.    | 117                                                                  |
| 1964.    | 109                                                                  |
| 1965.    | 118                                                                  |
| 1966.    | 143                                                                  |
| 1967.    | 114                                                                  |
| 1968.    | 122                                                                  |
| 1969.    | 100                                                                  |
| 1970.    | 71                                                                   |
| Srednjak | 112                                                                  |

Buljan (1953, 1964) je prvi uočio da se u Jadranu, kao tipično kontinentalnom moru, pojavljuju značajne godišnje promjene saliniteta i temperature. Zore-Armanda (1969, 1971 i u tisku) je pokušala te promjene protumačiti djelovanjem klimatskih faktora na dinamiku bazena. Pri tome se pokazalo da se djelovanje klimatskih faktora može mnogo bolje uočiti ako se promatraju parametri koji djeluju na širokom geografskome području. Tako je nađeno da količina leda u sjevernom Atlantiku određuje položaj velikih centara, kao islandske ciklone i sibirске anticiklone. Veća količina leda rezultira takvim smještajem tih centara da se na Jadranu i cijelom istočnom Mediteranu češće pojavljuju sjeverni vjetrovi. Učestalost sjevernih vjetrova se pak mogla povezati s temperaturom i salinitetom mora (hlađenje i evaporacija), odnosno intenzitetom formiranja glavnih vodenih masa, koje se pojavljuju u Jadranu. To su istočna intermedijarna voda (formira se na Levantu i strujanjem u intermedijarnom sloju ulazi u Jadran) i pridnena voda (formira se u južnom Jadranu). S druge strane raspored tlaka zraka djeluje i direktno na strujanje, pa se uz veće gradijente tlaka zraka brže izmjenjuje voda između bazena istočnog Mediterana i uđe više istočne vode u Jadran. Zato je bilo moguće odrediti parametre koji se mogu povezati s intenzitetom utjecaja slanije istočne vode u Jadranu, tj. salinitetom u tom moru, a to su količina leda na moru u području Islanda, srednji godišnji položaj središta islandske ciklone i srednje godišnje razlike tlaka zraka između Trsta i Atene ili Trsta i Aleksandrije (sl. 8).

Nedavno je takođe pokazano (Buljan, 1968; Pucher-Petković i Zore-Armanda, 1973) da je količina istočne vode u najvećem dijelu Jadrana regulator njegove produktivnosti (vidi salinitet i primarnu produkciju na sl. 8). Jedino u njegovu plitkom sjevernom dijelu i uz zapadnu obalu na produktivnost više utječu sjevernotalijanske rijeke. Razlog je tome sistem strujanja, jer površinska voda iz sjevernog Jadrana, obogaćena hranjivim materijama rijeka, izlazi u toplom razdoblju godine iz Jadrana uz zapadnu obalu i tu povoljno utječe. Zimi sjevernojadranska voda sudjeluje u formira-



Sl. 7. Petogodišnje kolebanje fitoplanktona i zooplanktona na postaji Stončica u otvorenom srednjem Jadranu. Gornji crtež odnosi se na sveukupan fitoplankton, srednji na njegove pojedine glavne grupe (svi izraženo brojem stanica na litru), a donji na biomasu zooplanktona (mg suhe tvari po potežu) te broj kopepoda *Euchaeta* i planktonske grupe *Copelata* (broj organizama po potežu). Vrijednosti za fitoplankton predstavljaju godišnje srednjake za slojeve 0 i 10 m dubine, a za zooplankton godišnje srednjake za potege od 0—100 m (Vučetić i Pucher-Petković, 1969).



Sl. 8. Indeks stanja klimatskih faktora, koji ujedinjuje godišnje razlike tlaka zraka između Atene i Trsta i količinu leda na moru u području Islanda (puna linija), maksimalni godišnji salinitet na profilu Split—Gargano u srednjem Jadranu (crtkana linija), godišnja primarna proizvodnja na profilu Kaštelanski zaljev—Stončica u srednjem Jadranu (crtka-točka linija), srednja godišnja količina jaja srdela na profilu Pelegrin—Stončica (debela puna linija) i procenat količine larvi srdele u odnosu na jaja (preživljavanje) na istom profilu u srednjem Jadranu (debela crtkana linija).

nju pridnene vode i izlazi iz Jadrana u pridnom sloju, bez da ga obogaćuje hranjivim solima. Intermedijarna voda, koja ulazi u Jadran u intermedijarnom sloju u toku cijele godine, ima nešto viši sadržaj hranjivih soli od vode srednjeg i južnog Jadrana i zato ih u tom smislu obogaćuje. Zbog relativno niskog nivoa hranjivih soli u tom moru, planktonske populacije vrlo brzo reagiraju na svako povećanje, pa se zato mogla naći dobro korelacija između parametara koji reguliraju opseg ulazanja istočne vode u Jadran i produkcije. Tako je npr. nađen faktor korelacije od  $+0,74$  između količine leda u moru u području Islanda i godišnje primarne produkcije u srednjem Jadranu, a faktor korelacije od  $+0,53$  između srednjih godišnjih razlika tlaka zraka između Trsta i Aleksandrije i primarne produkcije u srednjem Jadranu.

Prema tome, gledano Jadran kao cjelinu, na višegodišnja kolebanja njegove produkcije utječe u prvom redu veličina izmjene vode s Jonskim morem, koja se manifestira stanjem saliniteta, a ostale faktore treba smatrati više lokalnim. Tako je nađeno da su npr. naoblaka i vjetar od sekundarnog značenja (Pucher-Petković i Zore-Armanda, 1973).

Višegodišnje kolebanje gustoće zooplanktonskih populacija i biomase prati do stanovite mjere kolebanje gustoće fitoplanktonskih populacija i primarne proizvodnje (Vučetić i Pucher-Petković, 1969; Pucher-Petković i Vučetić, 1969). Naročito to dobro pokazuju herbivorni organizmi iz grupe kopelata i kopepod *Eucheta*. Na sl. 7 je taj odnos prikazan za jednu postaju otvorenoga srednjeg Jadrana. Ta je grupa inače važna u ishrani planktonskih stadija skuše (Karlovac, 1962). Sezonska kolebanja biomase zooplanktona prate količine većih karnivora-ribe (Vučetić i Kačić, 1973), dok višegodišnja kolebanja pokazuju korelaciju u negativnom smislu. To znači da se vezani ugljik kratko zadržava na toj karici jer je brzina proizvodnje i potrošnje izbalansirana.

Primarnu proizvodnju mnogo bolje prate količine jaja, te larve i post-larve srdele, odnosno preživljavanje prikazano indeksom larve/jaja (Karlovac, 1973) ako se promatra cijelo područje srednjeg Jadrana (srednje vrijednosti, sl. 8). Ako se pak posebno promatraju pojedine postaje, vidi se da postoji stanovita alternacija u količini jaja u pojedinim sezonama mriješćenja između kanalskog i otvorenog dijela srednjeg Jadrana (Tabela 10).

Tabela 10

Srednji broj jaja srdele po lovini tokom 10 sezona mriješćenja u području srednjeg Jadrana (podaci prema Karlovac, 1972, MS)

| Sezona<br>mriješćenja | 1960-<br>1961. | 1961-<br>1962. | 1962-<br>1963. | 1963-<br>1964. | 1964-<br>1965. | 1965-<br>1966. | 1966-<br>1967. | 1967-<br>1968. | 1968-<br>1969. | 1969-<br>1970. |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Pelegrin              | 39             | 8              | 58             | 7              | 99             | 34             | 84             | 81             | 19             | 145            |
| Stončica              | 51             | 59             | 39             | 41             | 26             | 38             | 64             | 96             | 140            | 68             |

U kanalskom području (Pelegrin) pojavljuje se određena pravilnost u kolebanju srednjih vrijednosti kvantiteta jaja srdele: veću vrijednost gotovo uvijek slijedi manja vrijednost, osim u uzastopnim sezonama mriješćenja 1966/67. i 1967/68, kada su vrijednosti bile visoke i gotovo jednake (84 i 81 jaje/lovina). Na otvorenom moru (Stončica) kvantitet jaja pokazuje opadanje u prijašnjim sezonama, da bi se od sezone mriješćenja 1965/66. podizao i dosegao maksimalnu vrijednost (140 jaja/lovina) u sezoni 1968/69. Taj porast na Stončici, kao i opetovano visoke vrijednosti na Pelegrinu, upadaju u razdoblje visoke produktivnosti Jadrana (1965—1970).

Prirodno da kolebanju srednjeg kvantiteta jaja srdele u deset sukcesivnih sezona mriješćenja odgovara i stupanj koncentracije odrasle srdele na mriješćenju.

## PROCJENA PRODUKCIJE RIBE I NJEZINO PROGNOZIRANJE

Procjena produkcije ribe učinjena je najprije na osnovi podataka o primarnoj proizvodnji, uz pretpostavku da u Jadranu postoje tri trofičke stepenice od proizvođača do organizma za čovjekovu ishranu, te da je ekološka efikasnost na svakoj stepenici 15% (prema sugestiji Rythera, 1969, za obalna mora). Račun je izveden za četiri produktivne zone i cijeli Jadran (Tabela 11). penice do organizma za čovjekovu ishranu, te da je ekološka efikasnost na svakoj stepenici 15% (prema sugestiji Rythera, 1969, za obalna mora). Račun je izveden za četiri produktivne zone i cijeli Jadran (Tabela 11).

Tabela 11  
Procjena produkcije ribe iz primarne produkcije  
(prema Pucher-Petković i Zore-Armanda, 1973)

| Područje      | Godišnja prim.<br>produkcija<br>tone C | Trofičke<br>stepenice | Ekološka<br>efikasnost | Godišnja produkcija<br>ribe<br>tone |
|---------------|----------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Zona A        | $4,4 \times 10^6$                      | 3                     | 15%                    | 150 000                             |
| Zona B        | $2,5 \times 10^6$                      | 3                     | 15%                    | 85 000                              |
| Zona C        | $1,5 \times 10^6$                      | 3                     | 15%                    | 50 000                              |
| Zona D        | $0,3 \times 10^6$                      | 3                     | 15%                    | 10 000                              |
| Ukupno Jadran | $8,7 \times 10^6$                      |                       |                        | 295 000                             |

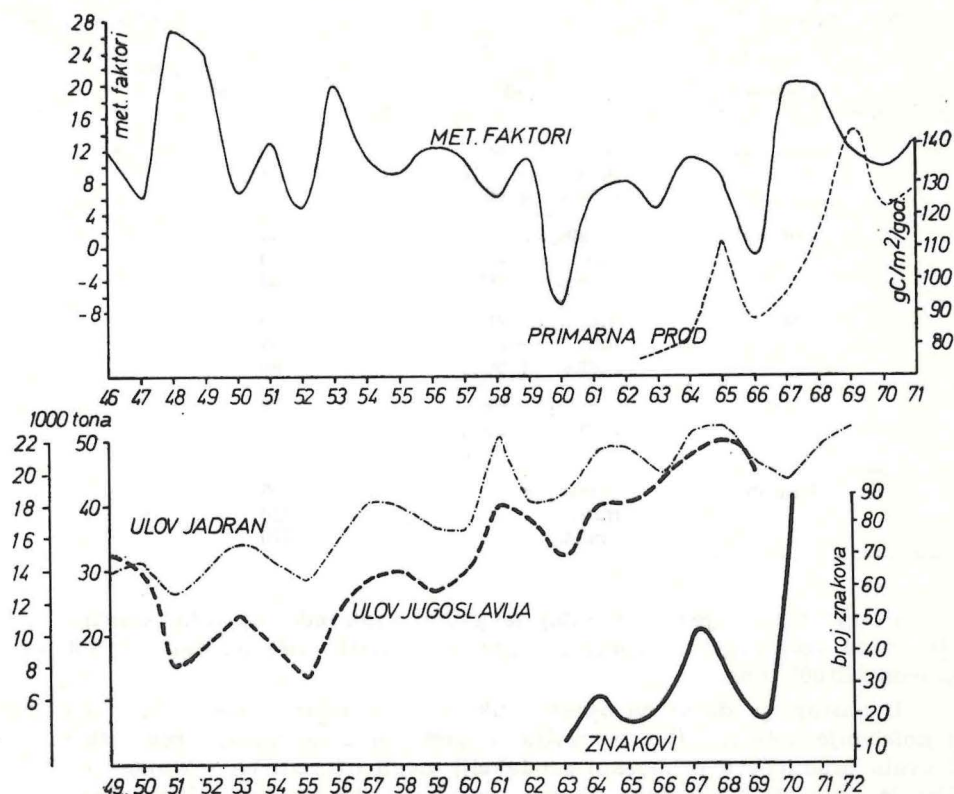
Produkcija ribe procijenjena je također na osnovi podataka o proizvodnji zooplanktona uz pretpostavku jedne trofičke stepenice od karnivornog zooplanktona do ribe i ekološku efikasnost od 15% na toj stepenici (Tabela 12).

Tabela 12  
Procjena produkcije ribe iz produkcije zooplanktona  
(prema Vučetić, MS)

| Područje      | Godišnja proizvodnja<br>zooplanktona<br>(zaokruženo)<br>tone | Ekološka<br>efikasnost | Godišnja proizvodnja<br>ribe<br>tone |
|---------------|--------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Zona A        | 1 313 000                                                    | 15%                    | 197 000                              |
| Zona B        | 918 000                                                      | 15%                    | 138 000                              |
| Zona C        | 270 000                                                      | 15%                    | 40 500                               |
| Zona D        | 18 000                                                       | 15%                    | 2 700                                |
| Ukupno Jadran | 2 519 000                                                    |                        | 378 200                              |

Prema prvom proračunu (Tabela 11) prosječna godišnja proizvodnja ribe u Jadranu dosiže oko 300 000 tona, a bila bi vjerojatno nešto više procijenjena da su se uzeli u obzir još neki prije spomenuti faktori. Drugi proračun (Tabela 12) potvrđuje tu procjenu jer se od prve razlikuje za samo cca 25%. Najuočljivija je razlika između dvije procjene u zoni B (65%), a bilo je već prije napomenuto da je primarna proizvodnja u toj zoni vjerojatno prenisko oci-





Sl. 9. Indeks stanja klimatskih faktora kao na sl. 8 (tanka puna linija), bruto-primarna produkcija u srednjem Jadranu kao na sl. 8 (crtkana linija), ukupan ulov sitne plave ribe za Jadran (crt-točka linija), ukupan ulov sitne plave ribe Jugoslavije (debela crtkana linija) i srednji broj koncentracije pelagične ribe dobivenih ultrazvučnim detektorom u srednjem Jadranu (debela puna linija). (Prema Zore-Armanda et al. 1971. s dopunjenim podacima i novim krivuljama za ulov ribe)

jenjenja, pa su posebno za tu zonu (sjeverni Jadran) potrebna daljnja istraživanja u tom smislu.

Proizvodnja ribe, naravno, ne može biti ekvivalentna potencijalnom ulovu, jer je svakako smanjena zbog prirodnog mortaliteta. Nije još dovoljno istraženo kolik je udio na taj način oduzet čovjeku za eksploataciju. S druge strane, treba također imati u vidu očuvanje prijeko potrebnog dijela za reprodukciju.

Da bi se dobio uvid u opseg višegodišnjih fluktuacija u proizvodnji ribe, izvršena je procjena za jednu godinu niske i jednu godinu visoke produkcije na osnovi poznatih maksimalnih odstupanja godišnje primarne proizvodnje u zonama C i D, za koje raspolazemo s najdužim nizovima podataka (Tabela 13).

Tabela 13

Godišnja produkcija ribe za jednu normalnu (srednju), jednu siromašnu i jednu bogatu godinu (prema Pucher-Petković i Zore-Armanda, 1973)

| Područje | g C/m <sup>2</sup> /god. | Godišnja produkcija riba<br>(u tisućama tona) |
|----------|--------------------------|-----------------------------------------------|
| Zona A   | Srednjak 55              | 150                                           |
|          | min. — 25%               | 110                                           |
|          | maks. + 60%              | 240                                           |
|          |                          |                                               |
| Zona B   | Srednjak 80              | 85                                            |
|          | min. — 25%               | 65                                            |
|          | maks. + 60%              | 133                                           |
|          |                          |                                               |
| Zona C   | Srednjak 60              | 50                                            |
|          | min. — 25%               | 38                                            |
|          | maks. + 60%              | 80                                            |
|          |                          |                                               |
| Zona D   | Srednjak 150             | 10                                            |
|          | min. — 25%               | 8                                             |
|          | maks. + 60%              | 16                                            |
|          |                          |                                               |
| Ukupno   | Srednjak                 | 295                                           |
|          | min.                     | 220                                           |
|          | maks.                    | 470                                           |
|          |                          |                                               |

Prema toj procjeni u bogatoj se godini proizvede otprilike količina ribe dva puta veća nego u siromašnoj godini, tj. nešto više od oko 470 000 tona prema 220 000 tona.

U nastojanju da se na osnovi fluktuacije primarne proizvodnje procijeni i kolebanje količine ribe, postavlja se problem u kojem se vremenskom intervalu promjene u primarnoj produkciji mogu odraziti na sekundarnu. Analiza je statističkih podataka ulova sitne plave ribe i njegova kolebanja u odnosu na klimatske faktore (Zore-Armanda, 1970) pokazala da je razdoblje od tri godine zakašnjenja dovoljno prikladno. Sigurno je da za svaku pojedinu vrstu vrijedi drugi interval, ali dobro slaganje stanja klimatskih faktora (i s tim u vezi primarne produkcije) i ulova tri godine poslije pokazuje da se taj interval može uzeti kao dobar statistički prosjek za ulaženje jedne generacije ribe u ribolovni stok. Još je bolji rezultat postignut kada su s određenim indeksom uvažene klimatske prilike u cijelom razdoblju od tri godine što ukazuje na to da su, u određenoj mjeni, za razvoj male plave ribe važne klimatske prilike u cijelom intervalu.

Poznato je da je pelagična riba podložnija prirodnim fluktuacijama u odnosu na faktore sredine od pridnene ribe. Moglo se, međutim, pokazati (Pucher-Petković i Zore-Armanda, 1973) da se i ukupan ulov ribe dobro slaže s fluktuacijama primarne proizvodnje tri godine prije, te se na taj način spomenuti interval može shvatiti kao dovoljno prikladan statistički prosjek za ulaženje u ribolovni stok, odnosno zakašnjenje fluktuacija sekundarne produkcije u odnosu na primarnu za područje Jadrana.

Želimo još napomenuti da je odnos sekundarne prema primarnoj produkciji bio u srednjem Jadranu uspješno provjeren i direktnim eksperimentom, tj. brojem znakova na ultrazvučnom detektoru, kako se vidi na sl. 9 (Zore-Armanda et al. 1971).

Učinjen je prvi pokušaj procjene stoka srdele i brgljuna u cijelom Jadranu (Vučetić, MS) na osnovi gustoće jaja i veličine područja mriješćenja (Gamulin i Karlovac, 1957; Gamulin i Zavodnik, 1961; Karlovac, 1963, 1964a, 1967; Vučetić, 1957, 1963, 1971). Korištena je formula Englesha preinačena po Štirnu (1969). Pretpostavljeno je da je za srdelu prosječna gustoća jaja  $60/m^2$ , površina mriješćenja  $40\,000\ km^2$  i period mriješćenja 123 dana, a da je za brgljuna prosječna gustoća jaja  $50/m^2$ , površina mriješćenja  $60\,000\ km^2$  i trajanje mriješćenja 123 dana. Proračun daje oko 190 000 tona srdele i oko 190 000 tona brgljuna. Za vrlo grubu usporedbu s proračunatom godišnjom produkcijom ribe iznosimo da, pretpostavili se kako mala plava riba sudjeluje s oko 50% u godišnjoj produkciji ribe, tj. s oko 150 000 tona, te uz radnu pretpostavku da joj je prosječno trajanje života 4 godine, njezina se količina može ocijeniti na cca 600 000 tona. Gornji proračun je za samu srdelu i brgljuna dao 380 000 tona, što je uz smanjenje zbog izlovljavanja i potrošnje od strane drugih predatora (tunj, oslić, dupin, ptice) relativno dobro slaganje.

#### L I T E R A T U R A

- Buljan, M. 1953. Fluctuation of salinity in the Adriatic. Izvješća-Reports, Rib.-biol. Eksp. »HVAR« 1948—1949., 2, 2, pp. 1—63.
- Buljan, M., 1964. Ocjena produktivnosti Jadrana dobivena na temelju njegovih hidrografskih svojstava. Acta adriat., 11, 4, pp. 35—45.
- Buljan, M., 1968. Fluktucija oceanografskih svojstava srednjeg Jadrana u razdoblju od 1962—1967. g. Pomorski zbornik, 6, pp. 845—865.
- Buljan, M., J. Hure i T. Pucher-Petković, 1973. Hidrografske i produkcione prilike u Malostonskom zaljevu. Acta adriat., 15, 2, pp. 1—64.
- Cviić, V., 1959. Produktivnost mora. Morsko ribarstvo, 11, 5, pp. 90—92.
- Cviić, V., 1963. Premières mensurations de la production organique. Bilješke — Notes, 19, pp. 1—4.
- Cviić, V., 1964. Primary organic production, distribution and reproduction of bacteria in the Middle Adriatic euphotic zone. Acta adriat., 10, 9, pp. 1—21.
- Deevey, G. B., 1952. Quantity and composition of the zooplankton of Block Island Sound, 1949. Bull. Bingh. Ocean. Coll., 13, 3, pp. 120—164.
- Ercegović, A. 1936. Etudes qualitative et quantitative du phytoplancton les eaux côtières de l'Adriatique orientale moyenne au cours de l'année 1934. Acta adriat., 1, 9, pp. 1—125.
- Ercegović, A., 1940. Weitere Untersuchungen über einige hydrographische Verhältnisse und über die Phytoplankton-produktion in den Gewässern der östlichen Mitteladria. Acta adriat., 2, 3, pp. 1—40.
- Gamulin, T. 1940. Beobachtung über das Vorkommen der Fischeier in der Umgebung von Split unter besonderer Berücksichtigung der Eier von *Clupea pilchardus* W. und *Engraulis encrasicolus* L. God. O. I., sv. 11, Split.
- Gamulin, T., 1948. Quelques observations sur la ponte de la sardine *Clupea pilchardus* Walb.) dans la zone insulaire de la Dalmatie moyenne. Acta adriat., 3, 4, pp. 1—35.
- Gamulin, T., 1954. Mriješćenje i mrijestilišta srdele (*Sardina pilchardus* Walb.) u Jadranu u 1947—50. Izvješća-Reports, Rib.-biol. Eksp. »HVAR« 1948—1949., 4, 4C, pp. 1—65.
- Gamulin, T. i J. Hure, 1955. Contribution à la connaissance de la ponte de la sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) dans l'Adriatique. Acta adriat., 7, 8, pp. 1—23.
- Gamulin, T. i J. Karlovac, 1957. Données recentes concernant la densité des sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) en Adriatique moyenne en 1950—1951. Acta adriat., 8, 3, pp. 1—47.

- Gamulin, T. i J. Karlovac, 1957. Données recentes concernant la densité des oeufs de sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) sur une frayère de l'Adriatique moyenne. Proc. gen. Fish. Coun. Medit., 4, pp. 219—226.
- Gamulin, T. i D. Zavodnik, 1961. La ponte de la sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) sur la côte ouest d'Istrie (Adriatique nord). Proc. gen. Fish. Coun. Medit., 6, pp. 121—123.
- Hure, J., 1955. Distribution annuelle verticale du zooplancton sur une station de l'Adriatique meridionale. Acta adriat., 7, 7, pp. 1—72.
- Karlovac, J., 1955. Apparition de lavres de Sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) au large de l'Adriatique pendant la croissière du »HVAR« 1948—1949. Proc. gen. Fish. Coun. Medit., 3, pp. 407—416.
- Karlovac, J., 1958. Investigations on the larvae and postlarvae of the sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) in the open waters of the Adriatic Sea. Izvješća-Reports, Rib.-biol. Eksp. »HVAR« 1948—1949, 4, 4D, pp. 1—24.
- Karlovac, J., 1962. Ispitivanje sadržaja probavnog trakta kod planktonskih stadija skuše (*Scomber scombrus* L.) u Jadranu. Izvješća-Reports, Rib.-biol. Eksp. »HVAR« 1948—1949, 4, 4A, pp. 1—16.
- Karlovac, J., 1963. Contribution à la connaissance de la ponte de l'anchois, *Engraulis encrasicolus* L., dans la haute Adriatique. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 17, 2, pp. 320—326.
- Karlovac, J., 1964 a. Mriješćenje srdele (*Sardina pilchardus* Walb.) u srednjem Jadranu u sezoni 1956—1957. Acta adriat., 10, 8, pp. 1—40.
- Karlovac, J., 1964b. Studija ekologije srdele, *Sardina pilchardus* Walb., u planktonskoj fazi njezina života u srednjem Jadranu. Thesis, Prirod.-mat. fakultet Univ., Zagreb, pp. 1—146.
- Karlovac, J., 1966. »Période critique« dans la vie planctonique de la sardine, *Sardina pilchardus* Walb., après son eclosion. Second Int. Oceanographic Congr. Moscow, 1966; Abstracts of papers, 212 — SIIE p. 188.
- Karlovac, J., 1967. Etude de l'écologie de la sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) dans la phase planctonique de sa vie en Adriatique moyenne. Acta adriat., 13, 2, pp. 1—109.
- Karlovac, J., 1969 a. Oceanographic Conditions in the Middle Adriatic Sea. VI. Ichtioplanktologic Investigations with Special Regard to Sardine. Thalassia Jugoslavica, 5, pp. 159—165.
- Karlovac, J., 1969 b. Distribution et densité des oeufs de sardine, *Sardina pilchardus* Walb., en Adriatique moyenne, au cours de la saison 1965—1966. Stud. Rev. Gen. Fish. Coun. Medit., 38, pp. 15—24.
- Karlovac, J., 1969 c. La ponte de la sardine, *Sardina pilchardus* Walb., en Adriatique moyenne, à l'époque de son maximum, au cours de quatre saisons de recherches. Thalassia Jugoslavica, 5, pp. 149—151.
- Karlovac, J., 1970. Neki biološki pokazatelji gibanja vode. Pomorski zbornik, 8, pp. 857—865.
- Karlovac, J., 1973. Oscillation des quantités des stades planctoniques de la sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.), dans l'Adriatique moyenne au cours des saisons de ponte de 1965/66. jusqu'à 1969/70. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 21, 10, pp. 813—815.
- Karlovac, J., (u tisku). L'abondance des oeufs de la sardine *Sardina pilchardus* Walb.) en Adriatique moyenne pendant dix saisons de la ponte (1960/61. à 1969/70). Referirano na 23e Congrès — Assemblée plénière, CIESM, 3—11, Novembre 1972.
- Karlovac, J., MS. Distribucija jaja srdela, *Sardina pilchardus* (Walb.), u srednjem Jadranu u odnosu na areu i sezone mriješćenja 1960/61. do 1969/70.
- Koblentz — Mishke, O. J., V. V. Volkovinsky and J. G. Kabanova, 1970. Plankton primary production of the world ocean. Scient. Explor. of the South Pacific, Standard Book 309-01755-6, National Academy of Sciences, Washington, D. C.
- Merker, K. 1971. Neka preliminarina opažanja na pronalaženju lokaliteta mriješćenja srdele (*Sardina pilchardus* Walb.) na području južnog Jadrana. Studia marina, 5, pp. 3—85.
- McGill, D. A. 1965. The relative supplies of phosphate, nitrate and silicate in the Mediterranean Sea. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 18, 3, pp. 737—744.



- Mužinić, R., 1954. Contribution à l'étude de l'oecologie de la sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) dans l'Adriatique orientale. Acta adriat., 5, 10, pp. 1—219.
- Pucher — Petković, T., 1957. Etude du phytoplancton dans la région de l'île de Mljet dans la période 1951—1953. Acta adriat., 6, 5, pp. 1—56.
- Pucher — Petković, T., 1966. Végétation des Diatomées pélagiques de l'Adriatique moyenne. Acta adriat., 13, 1, pp. 1—97.
- Pucher — Petković, T., 1968. Fluctuations pluriannuelles du phytoplancton en relation avec certains facteurs météorologiques et hydrologiques. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 19, 3, pp. 399—401.
- Pucher — Petković, T., 1969. Note préliminaire à l'étude de la production primaire dans l'Adriatique centrale. Rev. gen. Fish. Coun. Medit., 41, pp. 1—11.
- Pucher — Petković, T., 1970. Sezonske i višegodišnje fluktuacije u srednjem Jadranu. Pomorski zbornik, 8, pp. 847—856.
- Pucher — Petković, T., 1973. Recherches préliminaires sur la photosynthèse du nanoplancton et du microplancton dans les eaux de l'Adriatique moyenne. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 21, pp. 445—448.
- Pucher — Petković, T., (1974). Essai d'évaluation de la production primaire annelle dans l'Adriatique. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 22, 9, pp. 71—72.
- Pucher — Petković, T. i T. Vučetić, 1969. Fluktuacije klimatskih i hidrografskih svojstava i njihov utjecaj na biološku produktivnost Jadrana. Hidrografski godišnjak 1968, pp. 85—91.
- Pucher — Petković, T. i M. Zore — Armanda, 1973. Essai d'évaluation et pronostic de la production en fonction des facteurs du milieu. Acta adriat., 15, 1, pp. 1—37.
- Pucher — Petković, T. M. Zore — Armanda i I. Kačić, 1971. Primary and secondary production of the Middle Adriatic in relation to climatic factors. Thalassia Jugoslavica, 7, 1, pp. 301—311.
- Rakaj, N., 1962. Shtimi i sardeles ne bregdetin et shqipnise (Reproduction des sardines dans les eaux du littoral de l'Albanie). Bull. trav. scient. econom. de pêche, 1, 2, pp. 1—88.
- Regner, S., 1972. Contribution to the study of the ecology of the planktonic phase in the life history of the anchovy in the Central Adriatic. Acta adriat., 14, 9, pp. 1—40.
- Regner, S., (u tisku). The oscillations of the quantity of the anchovy's planktonic phase in the Central Adriatic from 1968 to 1971. Acta adriat., 15, 5.
- Ryther, J. H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. Science, 166, 3901, pp. 72—76.
- Stemann Nielsen, E., 1952. The use of radioactive carbon for measuring organic production in the sea. J. Cons. Int. Explor. Mer, 18, 2, pp. 117—140.
- Stirn, J., 1969. Pelagial severnega Jadrana, njegove oceanološke razmere, sastav in razporeditev biomase tekom leta 1965. Rasprave Slovenske Akad. Znan. in Umetn., XII/2, classes IV, pp. 43—132.
- Vučetić, T., 1957 a. Zooplankton investigations in the seawater lakes »Malo jezero« and »Veliko jezero« on the island Mljet (1952—53). Acta adriat., 6, 4, pp. 1—51.
- Vučetić, T., 1957 b. Quelques observations sur l'écologie de l'anchois (*Engraulis encrasicolus* L.) dans les lacs de l'île de Mljet. Proc. techn. pap. gen. Fish. Coun. Medit., 6, pp. 227—233.
- Vučetić, T., 1961 a. Abundance of zooplankton compared with sardine catch in the central part of the eastern Adriatic. Proc. gen. Fish. Coun. Medit., 6, pp. 245—249.
- Vučetić, T., 1961 b. Some new data on the zooplankton standing crop measurement in the Adriatic. Bilješke — Notes Inst. Oceanogr. Split, 16, pp. 1—7.
- Vučetić, T., 1963. Some data on the spawning of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the open central and north Adriatic. Proc. gen. Fish. Coun. Medit., 7, pp. 203—209.
- Vučetić, T., 1965. Long term observation of the zooplankton fluctuation in the bay of Kaštela. Proc. gen. Fish. Coun. Medit., 8, 37, pp. 261—265.
- Vučetić, T., 1969 a. Oceanographic conditions in the middle Adriatic area — V. Quantitative ecology investigations of zooplankton. Thalassia Jugoslavica, 5, pp. 442—450.



- Vučetić, T., 1969 b. Distribution of *Sagitta decipiens* and identification of Mediterranean water masses circulation. Bull. Inst. oceanogr. Monaco, 69, 1398. pp. 1—12.
- Vučetić, T., 1970 a. Je li moguće prognozirati stanje ili veličinu naselja pelagične ribe i budući ulov. Morsko ribarstvo, 22, 2. pp. 122—126.
- Vučetić, T., 1970 b. Fluktuacije zooplanktona u Jadranu. Pomorski zbornik, 8. pp. 867—881.
- Vučetić, T., 1971 a. Fluctuations à long terme du macrozooplancton dans l'Adriatique centrale: Oeufs de *Sardina pilchardus* Walb., d' *Engraulis encrasicolus* L. et larves de différents poissons. Arch. Ocean. Limn., 17, 2, pp. 142—156.
- Vučetić, T., 1971 b. Long term zooplankton standing crop fluctuations in the Central Adriatic coastal region. Thalassia Jugoslavica, 7, 1, pp. 419—428.
- Vučetić, T., MS. Biomasa i produkcija zooplanktona u Jadranu.
- Vučetić, T., MS Procjena veličine štoka srdele i inćuna na temelju gustoće jaja.
- Vučetić, T. i I. Kačić, 1973. Ultrazvučni detektor — echosonder u ribarstvenim istraživanjima. (Odnos i količina male plave ribe i zooplanktona u srednjem Jadranu. Pomorski zbornik, 2, pp. 335—353.
- Vučetić, T. i I. Kačić, (1973). Seasonal and annual fluctuations of zooplankton and echo traces abundance in the Fishing ground of the Central Adriatic. Stud. Rev. GFCM, (53); 19—38
- Vučetić, T. i T. Pucher — Petković, 1969. Long term observation of plankton fluctuation in the central Adriatic. Stud. Rev. Gen. Fish. Coun. Medit., 41, pp. 13—23.
- Wimpenny, R. S., 1952. The Dry-Weight and Fat Content of Plankton with Estimates from Flagellate Counts. Ann. Biol. 9, pp. 119—122.
- Wimpenny, R. R., 1957. The Weight of Hensen-Net Plankton. Ann. Biol., 14, p. 70.
- Wüst, G., 1960. Die Tiefenzirkulation der Mittelländischen Meere in den Kernschichten des zonischen — und des Tiefenwassers. Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 13, 3, pp. 105—131.
- Zore — Armanda, M., 1963. Les masses d'eau de la Mer Adriatique. Acta adriat. 10, 3, pp. 1—89.
- Zore — Armanda, M., 1969. Water exchange between the Adriatic and the Eastern Mediterranean. Deep-Sea Research, 16, pp. 171—178.
- Zore — Armanda, M., 1970. Meteorološki uvjeti i mogućnost prognoze ulova male plave ribe u Jadranu. Morsko ribarstvo, 22, 4, pp. 157—160.
- Zore — Armanda, M., 1971. Influence of long-term changes in the oceanographic Meteorological conditions in the Nord Atlantic on the Mediterranean. »The Ocean World«, Proc. Joint. Oceanogr. Assembly (Tokyo 1970), pp. 151—154.
- Zore — Armanda, M., (u tisku). Formation of Eastern Mediterranean deep water in the Adriatic. Colloquium »Processes of formation of oceanic deep waters in particular in the Western Mediterranean«, Paris 1972.
- Zore — Armanda, M., T. Pucher — Petković i I. Kačić, 1971. Klimatski faktori i mogućnost predskazivanja veličine primarne produkcije u Jadranu. Pomorski zbornik, 9, pp. 545—559.
- Zore — Armanda, M., I. Kačić i T. Pucher — Petković, 1973. Meteorological conditions and production in the Adriatic. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 21, 10, pp. 809—811.

EVALUATION OF BIOLOGICAL RESOURCES IN THE ADRIATIC  
SEA BASED ON PLANKTON INVESTIGATIONSJožica Karlovac, Tereza Pucher-Petković, Tamara Vučetić  
and Mira Zore — Armanda

## SUMMARY

The results of complex investigations of plankton in the Central Adriatic are given. An estimate of the carbon production in the Adriatic and the classification of this sea in this sense was made possible by the determination of the primary production, which took several years. Four productive zones were quantitatively defined. It was possible to confirm them also by phyto — and zooplankton biomass. The total yearly primary production of the Adriatic was estimated at about 9 million tons of carbon, about 100,000 tons of zooplankton biomass, and the yearly zooplankton production at about two and a half million tons. All this shows that the Adriatic is not a highly productive sea except in a few smaller zones. In the spawning areas of sardine in the Central Adriatic the average amount of eggs in the channel region is 44/m<sup>2</sup> and in the open central Adriatic 48/ m<sup>2</sup>.

The seasonal variations of the phyto-zooplankton are not parallel. Besides the phytoplankton abundance sometimes large and sometimes small quantities of zooplankton occur. During one year phytoplankton has two blooms, and zooplankton a productive and a non-productive period. However, the zooplankton quantity follows closely the yearly fluctuation of the primary production, which shows that the amount of the food produced still determines greatly the size of the zooplankton populations. The quantity of sardine eggs in the Central Adriatic shows the revers yearly trend of the phytoplankton and zooplankton biomass. This might be due to a greater concentration of the spawning fish consuming thus more food.

Considerable year — to — year fluctuations of plankton biomass and production have been found. These fluctuations are connected with some climatic parameters such as the baric situation over a large area of the northern Atlantic, Europe and the Mediterranean. These parameters condition an unequal advection of the eastern water in the Adriatic, which, with the nutrient salts it brings with, has a favourable effect on the production.

The fish production was estimated from the primary production and the zooplankton production. The two values agree fairly well and are about 300,000 and about 380,000 tons per year respectively. The possible deviation is estimated at + 60 an — 25% respectively with a possibility of forecasting based on climatic factors and the primary production. On the basis of the egg quantity the sardine and anchovy stocks in the Adriatic were estimated (at about 380,000 tons) so that the values of the estimated production and stock could be compared.

