

BORIS T. OCEVSKI  
Hidrobiološki zavod, Ohrid

## ORGANSKA PRODUKCIJA FITOPLANKTONA SKADARSKOG JEZERA JULA I AVGUSTA 1975. GODINE

### UVOD

Skadarsko jezero pokriva 391 km<sup>2</sup> i od njegove ukupne površine SR Crnoj Gori pripada 243,1 km<sup>2</sup> (Radulović, 1977). Jezero ima vrlo malu prosečnu dubinu, oko 5 metara i pri srednjem vodostaju njegova površina nalazi se samo 6 metara iznad morske površine. Ono nosi odlike oligotrofnog tipa (Stanković, 1929). Međutim, pojedini delovi Jezera su eutrofnog karaktera (Ivanović, 1969). Radi toga problem organske produkcije Skadarskog jezera i njegova trofička pripadnost pobuđuje posebnu pažnju.

Organska produkcija fitoplanktona Skadarskog jezera bila je predmet proučavanja Gessner-a (1934), Nedeljkovića (1959), Petković-Petković (1969), koji su organsku produkciju izražavali volumetrijskim ili težinskim vrednostima. Međutim, Milovanović (1959) koristila je metod kiseonika belih i tamnih boca, a produkciju preračunavala kao proizvedenu količinu glikoze u volumenu jezerske vode.

Imajući u vidu osnovni značaj organske produkcije fitoplanktona jezera, postavlja se pitanje količine proizvedenog ugljenika u volumenu vode, odnosno m<sup>2</sup> vodenog stuba Skadarskog jezera i njegova trofička kategorizacija, a što je i predmet ovih proučavanja.

### METOD RADA

Za ova merenja organske produkcije fitoplanktona Skadarskog jezera upotrebljavan je metod radioaktivnog ugljenika-14 u svetlim i tamnim bocama (Goldman et al., 1969). Ova proučavanja vršena su krajem jula i početkom avgusta 1975. godine na četiri

radne tačke u jezerskom pelagijalu (sl. 1, na sledećoj str.). Radna tačka 1, locirana u centralnom pelagijalu Jezera imala je najveću dubinu (7 m), a preostale 3 po 3,5 m.

Kolekcioniranje proba kod najdublje tačke vršeno je Friedinger-ovom flašom od 1 litre sa površine Jezera (0—1 m dubine), zatim od 3, 5 i 7 m dubine. Kod preostalih tačaka uzimano je istom flašom, i to: od površine Jezera, od 1, 2 i 3 metara dubine.

Posle kolekcioniranja proba u Winkler-ove bočice od 100 do 150 ml dodavano je po 0,5 ml radnog rastvora anorganskog  $\text{Na}_2^{14}\text{CO}_3$  specifične aktivnosti. Tako pripremljeni i markirani uzorci fitoplanktona eksponirani su 24 h in situ. Posle eksponiranja sadržaj flašica fiksiran je sa Lugol-ovim rastvorom i filtriran kroz SMF № 11406 poroziteta 0,45  $\mu\text{m}$ . Geiger-Müller-ovim detektorom u gasnoj fazi brojana je radijacija ranije obeleženih ćelija fitoplanktona radioaktivnim ugljenikom ( $^{14}\text{C}$ ).

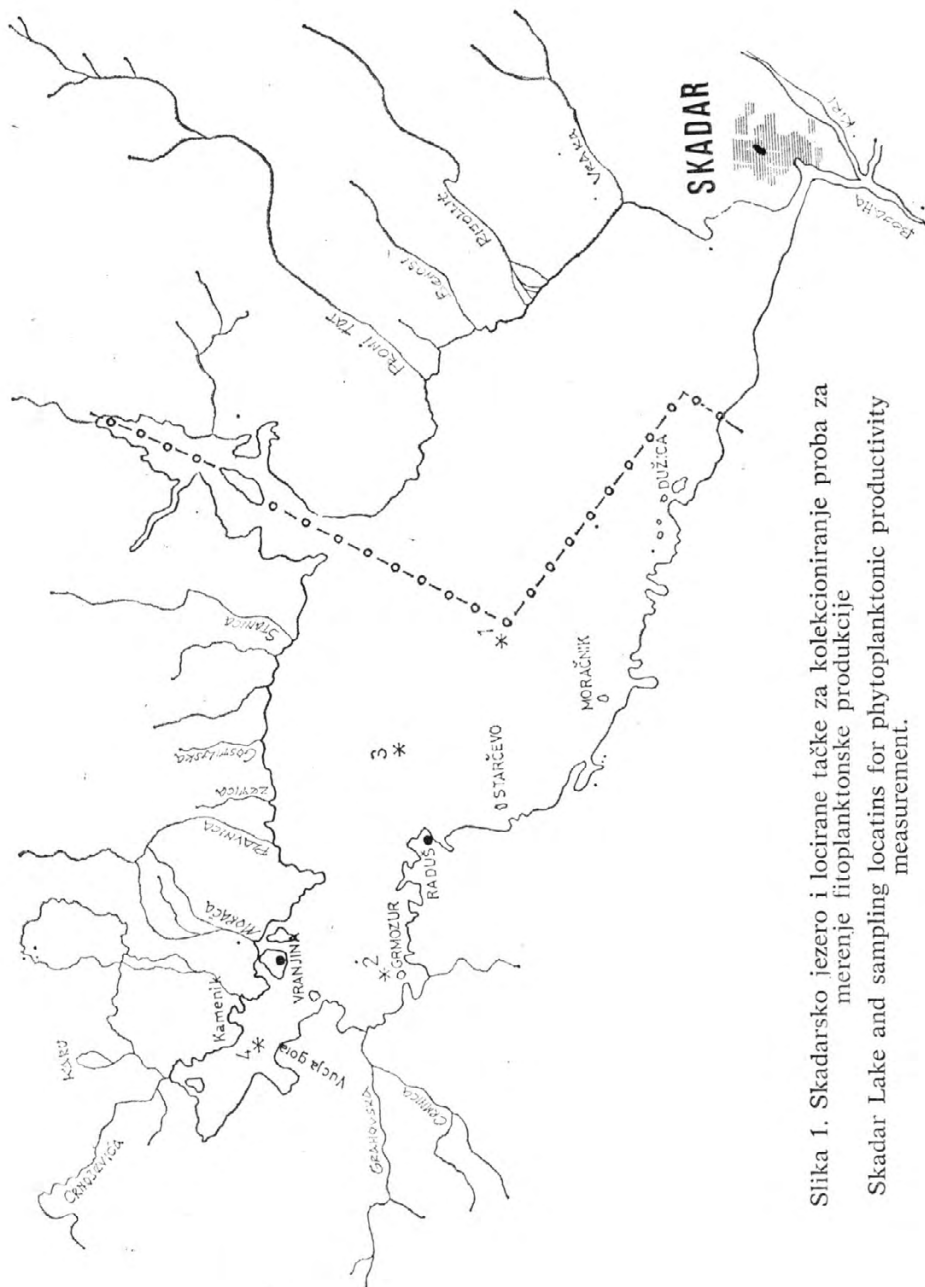
Istovremeno, sa uzimanjem jezerskih uzoraka fitoplanktona za proučavanje njegove primarne organske produkcije, merena je temperatura jezerske vode dubinskim termometrom, a providnost i prodiranje svetlosti u vodi belim Secchi-evim diskom. Merenje i analiziranje pojedinih ekoloških faktora (kiseonika, pH, alkalitet i dr.) vršeno je metodama opisanih kod Golterman-a (1971).

## REZULTATI I DISKUSIJA

### a. Ekološki faktori:

Rezultati temperaturnih merenja na tački 1 (centralni pelagijal) pokazali su da se temperatura vode kreće od 28,5°C, u površinskom sloju Jezera, do 27°C pri dnu (7 m dubine). Na takav način centralni pelagijal Jezera pokazao je slabu termičku stratifikaciju sa temperaturnom diferencijom od 1,5°C. Kod drugih radnih tačaka, gde je dubina vodenog stuba iznosila 3,5 metara, temperatura vode kretala se od 26,55 do 25,80°C. Kod ovih tačaka jezerskog pelagijala temperaturna razlika u vodi kretala se, od površine do dna, 0,20 do 0,50°C i nagoveštavala je termičku cirkulaciju u ovom periodu godine kod plićih delova jezerskog pelagijala. Svakako, u ovom smislu zaključuje i Nedeljković (1959), da se Skadarsko jezero odlikuje čestom termičkom cirkulacijom usled male dubine i rušenja privremeno uspostavljene stratifikacije.

Providnost jezerske vode u periodu ovih proučavanja kretala se od 2 do 3 m dubine. Tako kod tačke 1, u 12 h, iznosila je 2,5 metara; kod tačke 2 izmereno je 3 m, kod tačke 3 providnost je bila isto tako kao kod tačke 1 (2,5 m), a kod tačke 4 izmerena je najmanja providnost Jezera 2 metara.



Slika 1. Skadarsko jezero i locirane tačke za kolekcioniranje proba za merenje fitoplanktonske produkcije  
 Skadar Lake and sampling locatins for phytoplanktonic productivity measurement.

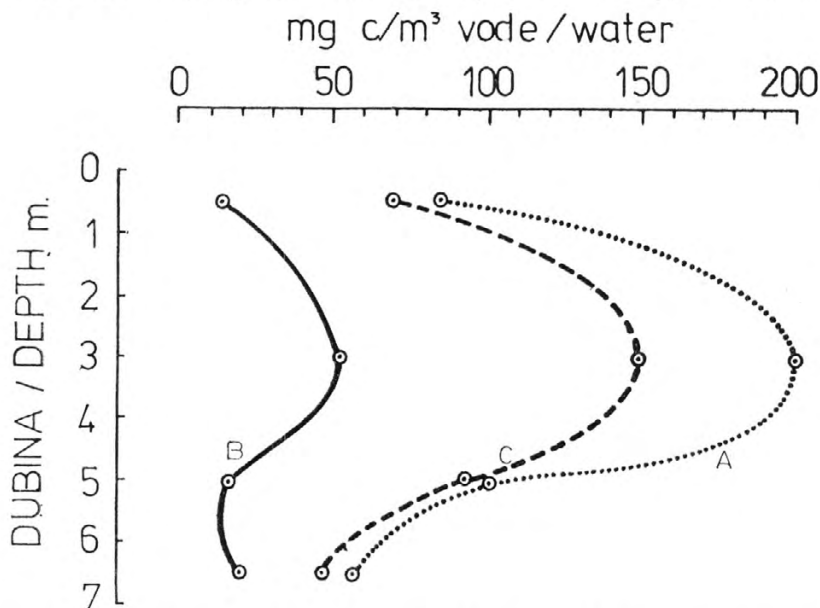
Količina kiseonika u vodi Skadarskog jezera od 29. jula do 7. avgusta 1975. godine bila je vrlo velika, od 10,8 mg na dubini od 1 m kod tačke 4 do 12 mg  $O_2/l$  vode u površinskom sloju vode kod tačke 2.

Reakcija vode Jezera varirala je kod tačke 1 od 8,3 do 8,5 pH. Kod tačke 2 pH je imao najveću vrednost 8,9, a kod tačke 3 nešto niže 8,7. Na četvrtoj tački od površine do 2 m dubine iznosio je 8,6 a u blizini jezerske podloge nešto više, 8,7 pH.

Alkalitet vode Skadarskog jezera u ovo doba godine, kretao se od 136,64 do 137,86 mg  $HCO_3/l$  kod tačke 1 (centralni deo pelagijala Jezera). Kod tačke 2 iznosio je od 137,86 do 139,08 mg  $HCO_3/l$ , kod tačke 3 od 124,44 do 128,10 i kod tačke 4 od 176,90 do 181,17 mg  $HCO_3/l$  jezerske vode.

#### b. Organska produkcija:

Primarna organska produkcija fitoplanktona u centralnom delu pelagijala Skadarskog jezera kod tačke 1 iznosila je 445,92 mg  $C/m^2$  vodenog stuba u centralnom pelagijalu. Najveća produkcija fitoplanktona u ovom delu Jezera dobivena je kod dubine od 3 m u iznosu od 201,34 g  $C/m^3$  vode (sl. 2). Znatno manje količine su



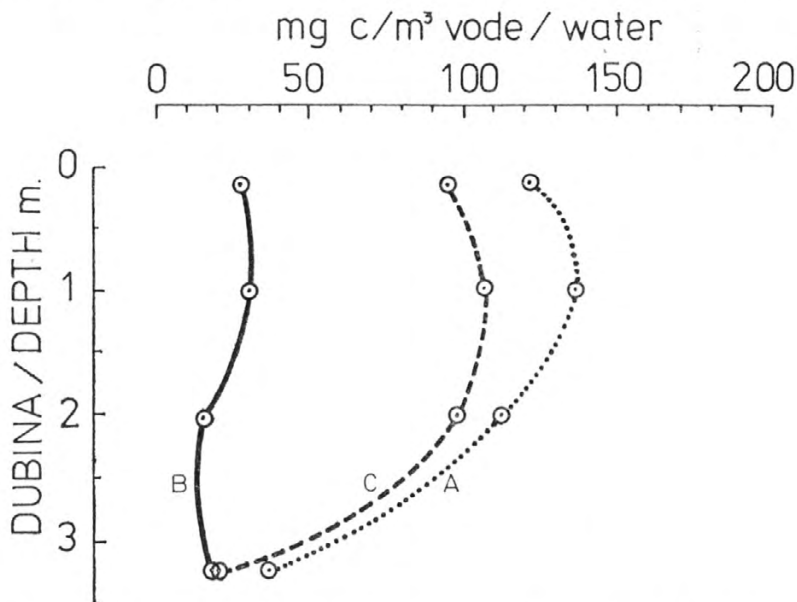
Slika 2. Vertikalni raspored organske produkcije fitoplanktona i respiraciono-destrukcionih procesa u pelagijalu Skadarskog jezera kod tačke 1, 29/30. 07. 1975. god. (A. Bruto produkcija; B. Destrukcija i disanje; C. Neto produkcija).

Vertical distribution of organic production of phytoplankton and respiration/destructive processing during 29/30. 07. 1975 an Lake Skadar, location 1 (A. Total productivity; B. Respiration/destruction; C. Net productivity).

proizvedene u površinskom sloju vode ( $84,14 \text{ mg C/m}^3$ ) i pri dnu Jezera ( $54,96 \text{ mg C/m}^3$  vode). Za destrukcione procese i disanje organizama potrošeno je pri dnu vodenog stuba  $9,26 \text{ mg}$ , a u sredini stuba (3 m dubine) znatno više ( $52,28 \text{ mg C/m}^3$  jezerske vode) ili ukupno  $84 \text{ mg C/m}^2$ . To iznosi  $18,84\%$  od ukupno proizvedenog ugljenika ( $445,92 \text{ mg C/m}^2$ ). Preostala količina organske produkcije od  $81,16\%$  ostaje kao neto proizvod.

U reonu ostrva Grmožur (tačka 2) organska produkcija fitoplanktona bila je nešto niža,  $404,14 \text{ mg C/m}^2$  vodenog stuba Jezera. Najveća količina dobivena je na dubini od 1 m ( $134,34 \text{ mg C/m}^3$  vode), a najmanje pri dnu ( $37,67 \text{ mg C/m}^3$  vode) (sl. 3). U ovom regionu pelagijala za destrukcione procese i disanje organizama iskorišćen je veći procenat,  $21,97\%$  ( $88,77 \text{ mg C/m}^2$ ). Radi toga i produkcija fitoplanktona Jezera kod Grmožura smanjila se za  $3,13\%$  u odnosu na centralni pelagijal i iznosila je  $315,37 \text{ mg C/m}^2$  ili  $78,03\%$  od ukupne količine.

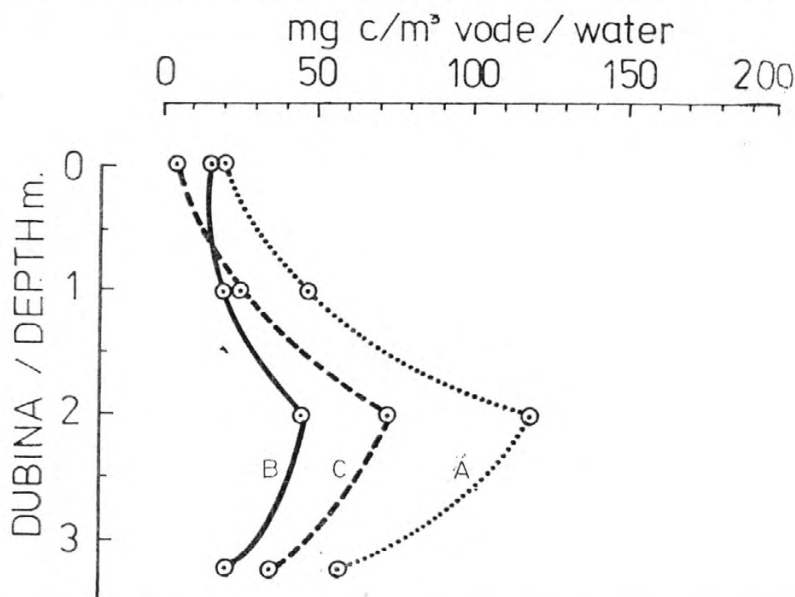
Najmanje količine organske produkcije fitoplanktona Skadarskog jezera evidentirane su u pelagijalnom reonu kod tačke 3 u iznosu od  $237,97 \text{ mg C/m}^2$  vodenog stuba. Vertikalni raspored organske produkcije kod tačke 3 je takav da se najmanje količine



Slika 3. Vertikalni raspored organske produkcije fitoplanktona i respiraciono-destrukcionih procesa u pelagijalu Skadarskog jezera kod tačke 2, 31. 07/1. 08. 1975. godine (A. Bruto produkcija; B. Destrukcija i disanje; C. Neto produkcija).

Vertical distribution of organic production of phytoplankton and respiration/destructivity processing during 31. 07. i 08. 1975 in Lake Skadar, location 2. (A. Total productivity; B. Respiration/destruction; C. Net productivity).

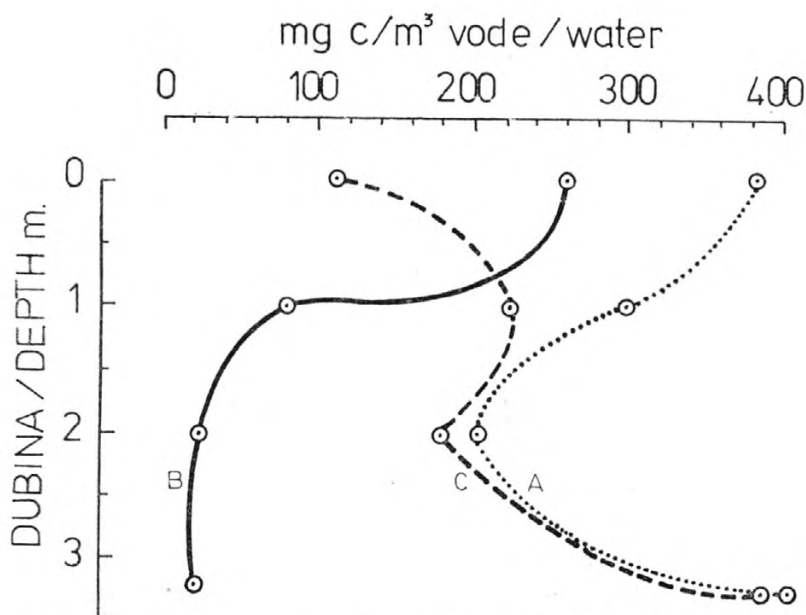
nalaze u površinskim slojevima vode ( $18,73 \text{ mg C/m}^3$ ), a najveće na dubini od 2 m (sl. 4). Od ukupne količine organske produkcije fitoplanktona, u ovom delu Jezera, za destrukciju i disanje potrošeno je  $100,44 \text{ mg C/m}^2$  ili u procentima  $42,21\%$ . Preostalih  $137,53 \text{ mg C/m}^2$  ili  $57,79\%$  ostaju kao neto produkcija fitoplanktona.



Slika 4. Vertikalni raspored organske produkcije fitoplanktona i respiraciono-destrukcionih procesa u pelagijalu Skadarskog jezera kod tačke 3, 4/5. 08. 1975. godine. (A. Bruto produkcija; B. Destrukcija i disanje; C. Neto produkcija).

Vertical distribution of organic production of phytoplankton and respiration/destructive processing during 4/5. 08. 1975 in Lake Skadar, location 3 (A. Total productivity; B. Respiration/destruction; C. Net productivity).

Najveće količine organske produkcije fitoplanktona Skadarskog jezera dobivena su 6/7. avgusta 1975. godine kod tačke 4, locirane između ostrva Kamenik i Vučke Gore, gde je ukupna količina iznosila  $1.288,53 \text{ mg C/m}^2$  vodenog stuba Jezera. Vertikalni raspored na ovoj tački je nepravilan (sl. 5). Maksimalne količine dobivene su pri dnu vodenog stuba ( $406,24 \text{ mg C/m}^3$ ), zatim u površinskom sloju vode ( $375,36 \text{ mg C/m}^3$ ), a najmanje na 2 m dubine ( $202,11 \text{ mg C/m}^3$  vode). Međutim za destrukciju i disanje najviše je potrošeno u površinskom sloju Jezera ( $263,04 \text{ mg C/m}^3$  vode), a najmanje pri dnu vodenog stuba Jezera ( $19,63 \text{ mg C/m}^3$  vode). Ukupna količina potrošene organske materije za destrukcione procese i disanje iznosila je  $30,19\%$  ili  $388,97 \text{ mg C/m}^2$  vodenog stuba. Preostalih  $69,81\%$  ( $899,56 \text{ mg C/m}^2$  vodenog stuba) pretstavljaju neto produkciju.



Slika 5. Vertikalni raspored organske produkcije fitoplanktona i respiraciono-destrukcionih procesa u pelagijalu Skadarskog jezera kod tačke 4, 6/7. 08. 1975. godine (A. Bruto produkcija; B. Destrukcija i disanje; C. Neto produkcija).

Vertical distribution of organic production of phytoplankton and respiration/destructive processing during 6/7. 08. 1975 in Lake Skadar, location 4. (A. Total productivity; B. Respiration/destruction; C. Net productivity).

Intenzitet i količina organske produkcije fitoplanktona Skadarskog jezera, svakako, najviše zavisi od njegovog kvalitativnog i kvantitativnog sastava tokom godine. Tako je Nedeljković (1959) našao da dominantno-kvalitativnu ulogu kod fitoplanktona ovog Jezera imaju *Diatomeae*, koje su dominirale 60—90% od ukupne količine fitoplanktona. Ranija proučavanja Gessner-a (1934) pokazala su da je grupa *Cyclotella* u Skadarskom jezeru imala 250—260 hiljada ind./l vode. Isto tako i proučavanja Petković—Petković (1969) pokazala su da je u grupi *Diatomeae*, *Cyclotella* imala poseban značaj dajući karakteristično obeležje fitoplanktonskoj zajednici Skadarskog jezera, čija je maksimalna vrednost iznosila  $11,7 \times 10^5$  ćelija/l vode u periodu jula/avgusta 1966/67. godine. Takvo izobilje *Cyclotella* — vrste u doba najvišeg razvića, prema Petković—Petković iznosila je oko 0,455 mg/l vlažne težine.

Prva proučavanja organske produkcije Skadarskog jezera (Milovanović, 1959) pokazala su da je u toplom, sušnom periodu maj—oktobar količina organske produkcije fitoplanktona iznosila 917 mg Glikoze/m<sup>3</sup> vode za 5 časova. U takvom slučaju, Milovanović zaključuje da je približna totalna vrednost organske produkcije ukupne vode Skadarskog jezera 1957/58. godine iznosila 1.695.050 kgr proizvedene glikoze i 1.439.300 kgr potrošene glikoze za isti period.

Kod pojedinih istraživača Skadarskog jezera postoji disharmonija kod tipološkog uvrstavanja jezera na bazi njegove produkcije. Tako Stanković (1926) jezeru daje eutrofan karakter na bazi sastava njegove faune dna; sastava mulja i osobito prisustvo larve *Corethra*, koje su karakteristične samo za eutrofna jezera. Kasnije, Stanković (1929) smatra da Skadarsko jezero, čija voda sadrži samo tragove azotnih i fosfornih soli, nosi odlike oligotrofnog tipa. Isto tako i Nedeljković (1959) navodi, da se produkcija planktona i faune dna Skadarskog jezera nalazi u granicama oligotrofije, a u pogledu ribljeg prinosa je identično srednjoevropskim eutrofnim jezerima.

Međutim, na bazi naših proučavanja ukupna primarna organska produkcija fitoplanktona nije mala. Ona je, u proseku, u periodu ovih proučavanja, iznosila 594,14 mg C/m<sup>2</sup> vodenog stuba Jezera, odnosno 5,94 kgr C/ha jezerske površine. Ako se uzme da je površina Skadarskog jezera 391.km<sup>2</sup> (Radulović, 1977) sa prosečnom dubinom od 5 m čija dubina je približno ista prosečnoj dubini radnih tačaka ovih proučavanja, onda je ukupna količina organske produkcije fitoplanktona Jezera, u periodu jula/avgusta 1975. godine, iznosila 232,31 t. ugljenika za celokupni volumen vode Skadarskog jezera. Od ove količine na neto produkciju otpada 167,58 t ili 72,14%, a na destrukciju i disanje 64,73 t ili 27,86%.

Ako se srednja dnevna produkcija fitoplanktona Skadarskog jezera uporedi sa produkcijom Lawrence Lake, čija srednja dnevna produkcija iznosi 112,6 mg C/m<sup>2</sup>/dnevno (Wetzel, 1975) sa produkcijom Ohridskog jezera od 212,7 mg C/m<sup>2</sup>/dnevno (Očevski and Allen, 1977), produkcijom Clear Lake od 437,8 mg C/m<sup>2</sup>/dnevno (Goldman and Wetzel, 1963) i Sevanskog jezera sa 442 mg C/m<sup>2</sup>/dnevno (Kuznecov, 1970), videt ćemo da je fitoplankton Skadarskog jezera u periodu ovih proučavanja bio produktivniji od Lawrence Lake za 5,27, od Ohridskog za 2,79, od Clear Lake za 1,35 i od Sevanskog jezera za 1,34 puta.

Na bazi ove srednjodnevne organske produkcije fitoplanktona Skadarskog jezera, za jul i avgust 1975. godine, koja varira od 251,97 do 1.288,53 ili prosečno 594,14 mg C/m<sup>2</sup>/dnevno, dalje ne može da se ubraja u oligotrofna jezera. Tako, sa svojom visokom organskom produkcijom fitoplanktona Skadarsko jezero može da se uvrsti prema Wetzel-u (1975) u grupi mezotrofnih jezera.

#### ZAKLJUČAK

Proučavana je primarna organska produkcija fitoplanktona Skadarskog jezera u periodu jula—avgusta 1975. godine. Za ova proučavanja korišćen je metod belih i crnih flaša sa dodatkom radioaktivnog ugljenika (<sup>14</sup>C).

Organska produkcija fitoplanktona Skadarskog jezera iznosila je od 18,13 do 375,36 mg C/m<sup>3</sup>/dnevno u površinskim slojevima je-



zerskog pelagijala. Kod dubljih slojeva organska produkcija bila je znatno veća, 37,67 do 406,2 mg C/m<sup>3</sup>/dnevno. Međutim, ukupna dnevna produkcija fitoplanktona ovog Jezera iznosila je od 237,97 kod tačke 1, do 1.288,53 mg C/m<sup>2</sup> vodenog stuba/dnevno kod tačke 4. Neto produkcija bila je znatno niža od 137,53 do 899,56 mg C/m<sup>2</sup>/vodenog stuba jezera/dnevno, ili u proseku 428,59 mg C/m<sup>2</sup>/dnevno neto produkcije.

Na osnovu ukupnog volumena vode Skadarskog jezera, koje pokriva 391 km<sup>2</sup> i ima prosečnu dubinu od 5 m, ili 391 x 10<sup>6</sup> x 5 m<sup>3</sup>, i njegove dnevne produkcije po m<sup>2</sup> vodenog stuba, preračunata je njegova ukupna organska produkcija fitoplanktona, koja iznosi 232,31 tona C dnevno za period jul—avgust 1975. godine.

Na osnovu ove srednjodnevne produkcije (kao bruto ili neto), za period jula—avgusta 1975. godine, Jezero se može uvrstiti, prema Wetzel-u (1975), u grupi mezotrofnih jezera, čija produkcija iznosi od 250 do 1000 mg C/m<sup>2</sup> vodenog stuba jezera dnevno.

#### ZAHVALNOST

Ova proučavanja izvršena su uz finansijsku i materijalnu pomoć Biološkog zavoda u Titogradu i Hidrobiološkog zavoda u Ohridu, za koje se i najlepše zahvaljujem. Isto tako, srdačnu i kolegijsku zahvalnost S. Raičeviću, asistentu Biološkog zavoda u Titogradu za tehničku pomoć, kao i tehničkom saradniku Biološkog zavoda u Titogradu Ž. Vukčeviću, za ukazanu pomoć kod analiranja uzoraka vode za kiseonik, pH i alkalitet.

#### LITERATURA

1. Gessner, F., 1934: Limnologische Untersuchungen am Skadar (Skutari) -See; Glas. Bot. Zov. i bašte Univ. u Beogradu, III 1—2.
2. Goldman, C. R. and Wetzel, R. C., 1963: A study of the primary productivity of Clear Lake, Lake Country, California. Ecology 44: 283—294.
3. Goldman, C. R., Steeman-Nielsen, E., Vollenweider, R. A. and Wetzel, R. C. 1969: The <sup>14</sup>C light and dark bottle technique, pp. 20—23. In: Vollenweider, R. A. ed., A manual on methods for measuring primary production in aquatic environmental. IBP Handbook № 12. Blackwell Sci. Publ., Oxford, England.
4. Golterman, H. L., 1971: Methods for chemical analysis of fresh water IBP Handbook № 8. Blackwell Sci. Publ., Oxford, England.
5. Ivanović, B., 1969: Neka ornitološka zapažanja na Skadarskom jezeru, Zbornik radova, Biološki institut — Titograd, Vol., II 123—148.
6. Кузнецов, С. И., 1970: Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Изд. „Наука“, Ленинград, ст. 440.
7. Milovanović, D., 1959: Organska produkcija Skadarskog jezera (produkcija fitoplanktona). Zbornik radova Biološkog instituta, knjiga 2, № 3.

8. Nedeljković, R., 1959: Skadarsko jezero — Studija organske produkcije u jednom karstnom jezeru. Biološki institut NR Srbije, posebna izdanja, knjiga 4.

9. Ocevski, B. T. and Allen, H. L., 1977: Limnological studies in a large deep, oligotrophic lake (Lake Ohrid, Yugoslavia). Seasonal and annual primary production dynamics of the pelagial phytoplankton. Arch. Hydrobiol. 79: 429—440.

10. Petković, S. m. i Petković, S., 1969: Dinamika brojnosti i količina biomase nekih komponenata planktonske zajednice Skadarskog jezera. — Zbornik radova Biološkog zavoda Titograd, Vol. II, str. 29—40.

11. Radulović, V. L., 1977: Vode SR Crne Gore, njihovi zagađivači i zagađenost, Ekologija, Vol. 12, № 2, 141—171.

12. Stanković, S., 1926: O hidrografskim osobinama Ohridskog, Prespanskog i Skadarskog jezera. Glas. Geogr. društva, Beograd, 12: 139—144.

13. Stanković, S., 1929: Riblja produktivnost južnobalkanskih jezera. Glasnik geogr. društva: 15, Beograd.

14. Wetzel, R. G., 1975: Limnology. — W. B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania. 743 pp.

Boris T. OCEVSKI

Hydrobiological Institute, Ohrid

#### PRIMARY ORGANIC PRODUCTIVITY OF PHYTOPLANKTON IN LAKE SKADAR DURING JULY—AUGUST 1975

##### Summary

Phytoplankton primary production were studied in the pelagial zone of Lake Skadar during July—August 1975. For this intention was used sensitive  $^{14}\text{C}$  light and dark bottle technique.

Phytoplankton productivity rates were between 18,73 to 375,36  $\text{mg C m}^{-3} \text{ day}^{-1}$  in the surface layers of the pelagial zone. Down, in the deeper layers values were commonly 37,67 — 406,24  $\text{mg C m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ . Total daily production rates, integrated through the water column, from the surface layers to the bottom, varied from 237,97 (location 1) to 1.288,53  $\text{mg C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  (location 4), with daily mean rates 594,14  $\text{mg C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ . However, net production of the Lake was some low. It markedly decreased from one location to another, 137,53 to 899,56  $\text{mg C m}^{-2} \text{ water column day}^{-1}$  or the average 428,59  $\text{mg C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ .

So, on the mean daily total or net primary productivity of the phytoplankton (594,14 or 428,59  $\text{mg C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ) during July—August 1975 Lake Skadar may be included in the group of mesotrophic lakes, which production rates varies from 250—1000  $\text{mg C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  as tabled by Wetzel (1975).

Based on total water of Lake Skadar, which cover 391  $\text{km}^2$  with average 5 m depth, and its daily productivity, total values would be calculated 232,31 tons C  $\text{day}^{-1}$  during July—August 1975.