

RAZISKOVANJA PRIMARNE PELAŠKE BIOPRODUKCIJE V TRŽAŠKEM ZALIVU

STUDIES ON PRIMARY PELAGIC BIOPRODUCTION IN THE GULF OF TRIESTE (NORTH ADRIATIC)

Jadran Faganeli, Neda Fanuko, Peter Stegnar*
in Aleksander Vukovič

Inštitut za biologijo Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani
Morska biološka postaja Piran, JLA 65

* *Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana, Jamova 39*

V obdobju od julija 1979 do junija 1980 smo proučevali potek primarne pelaške bioprodukcije na dveh fiksnih postajah, lociranih v Koprskem in Piranskem zalivu z uporabo $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$. Primarna bioprodukcija je na obeh postajah varirala med 1,3 in 23,1 $\text{mgCm}^{-2}\text{ura}^{-1}$. Najvišjo aktivnost smo zasledili na obeh postajah oktobra 1979, najnižjo pa marca 1980. Celoletna izmerjena primarna pelaška bioprodukcija je na obeh postajah znašala približno 42 $\text{gCm}^{-2}\text{leto}^{-1}$, kar je razmeroma nizko ter v nasprotju z do sedaj razširjenim mišljenjem o povišani primarni pelaški bioprodukciji v Tržaškem zalivu.

In the period from July 1979 to June 1980 the course of primary pelagic bioproduction was studied in situ at two fixed sampling points located in the Bays of Koper and Piran (Gulf of Trieste, North Adriatic), by the use of ^{14}C labelled NaHCO_3 . Primary production at both locations varied from 1.3 to 23.1 $\text{mgCm}^{-2}\text{h}^{-1}$. The greatest activity was found at both points in October 1979 and the lowest in March 1980. The yearly average primary production at both locations is about 42 $\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$, which is rather low and in contrast to the present widely held view of an increased primary pelagic bioproduction in the Gulf of Trieste.

UVOD

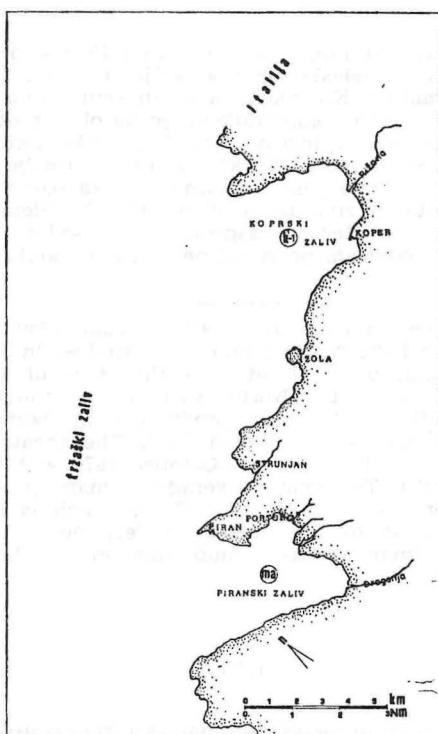
V Jadranskem morju je primarna pelaška bioprodukcija že dokaj dobro obdelana v Srednjem in Južnem Jadranu (Pucher-Petković, 1971) ter tudi v Severnem (Revelante in Kveder, 1971; Franco, 1967). Izjemo predstavlja Tržaški zaliv, najsevernejši predel Jadrana, ki so ga večkrat opisovali kot evtrofirano, pelaško zelo produktivno področje (Keržan, 1976), čeprav do sedaj ni bilo direktnih merjenj primarne pelaške bioprodukcije. Zato smo delavci Morske biološke postaje iz Pirana pričeli na pomlad

1979 sistematično proučevati hitrost in sezonske variacije primarne bioprodukcije z uporabo metode ^{14}C v vzhodnem delu Tržaškega zaliva vzporedno z merjenjem osnovnih hidroloških parametrov ter nekaterih aspektov sekundarne bioprodukcije.

Članek prinaša prve rezultate o hitrosti in sezonski dinamiki primarne pelaške bioprodukcije na dveh fiksnih postajah v vzhodnem delu Tržaškega zaliva vzporedno s časovno in prostorsko porazdelitvijo fitoplanktonske biomase ter nekaterih hidroloških parametrov.

MATERIALI IN METODE

Primarno pelaško bioprodukcijo z uporabo metode ^{14}C (Steeman-Nielsen, 1952) smo proučevali in situ od julija 1979 do junija 1980 z mesečno frekvenco na dveh fiksnih postajah, lociranih v Koprskem (postaja K-1) in Piranskem (postaja MA) zalivu (slika 1). Vzorce smo jemali s plasti-



Sl. 1. Lokacije vzorčevalnih postaj
Locations of sampling stations

čnimi Van Dornovimi vzorčevalnimi posodami iz sledečih nivojev: površina (0,5 m), 5 m, 10 m, 15 m. Obe postaji sta imeli približno enako globino (16 m).

Po 250 ml vzorca smo odmerili v pyrex stekleničke z debelino sten 2 mm ter takoj dodali v vsako po $7,4 \cdot 10^4$ Bq $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ (Amersham, Velika Britanija). Vsebinsko v stekleničkah smo nato pretresli ter inkubirali približno 4 ure v globini vzorčevanja v vodoravnem položaju zaradi večjega vpadnega kota svetlobe. Vedno smo vzorce inkubirali med deveto in trinajsto uro. Na vsakem nivoju smo inkubirali tudi po eno temno stekleničko, ki nam je služila kot kontrolna. Po inkubiranju smo vzorce takoj prefiltrirali skozi filter Millipore HA (velikost por $0,45 \mu\text{m}$) primera 25 mm pri maksimalnem vakuumu $1,33 \cdot 10^4$ Pa. Istočasno smo vzorčne stekleničke, filtracijske nastavke ter filtre večkrat zaporedoma spirali s karbonatno-bikarbonatnim pufrom. Po končnem filtriranju ter izpiranju smo filtre z vzorcem prenesli v polietilenske številne kivete ter dodali po 10 ml Brayeve raztopine. Filter se je po približno 10 minutah popolnoma raztopil. V tako pripravljenih vzorcih smo nato izmerili aktivnost ^{14}C s tekočinskim scintilacijskim števcem Nuclear Enterprises (NELSC 1), ki je bil povezan z analizatorjem (Scaler Ratemeter S 25). Zaradi prisotnosti različnih snovi v vzorcu je nastajalo v njem dušenje emitirane svetlobe ter zato učinkovitost merjenja aktivnosti beta ni bila popolna. Faktor učinkovitosti merjenja smo določili z metodo notranjega standarda.

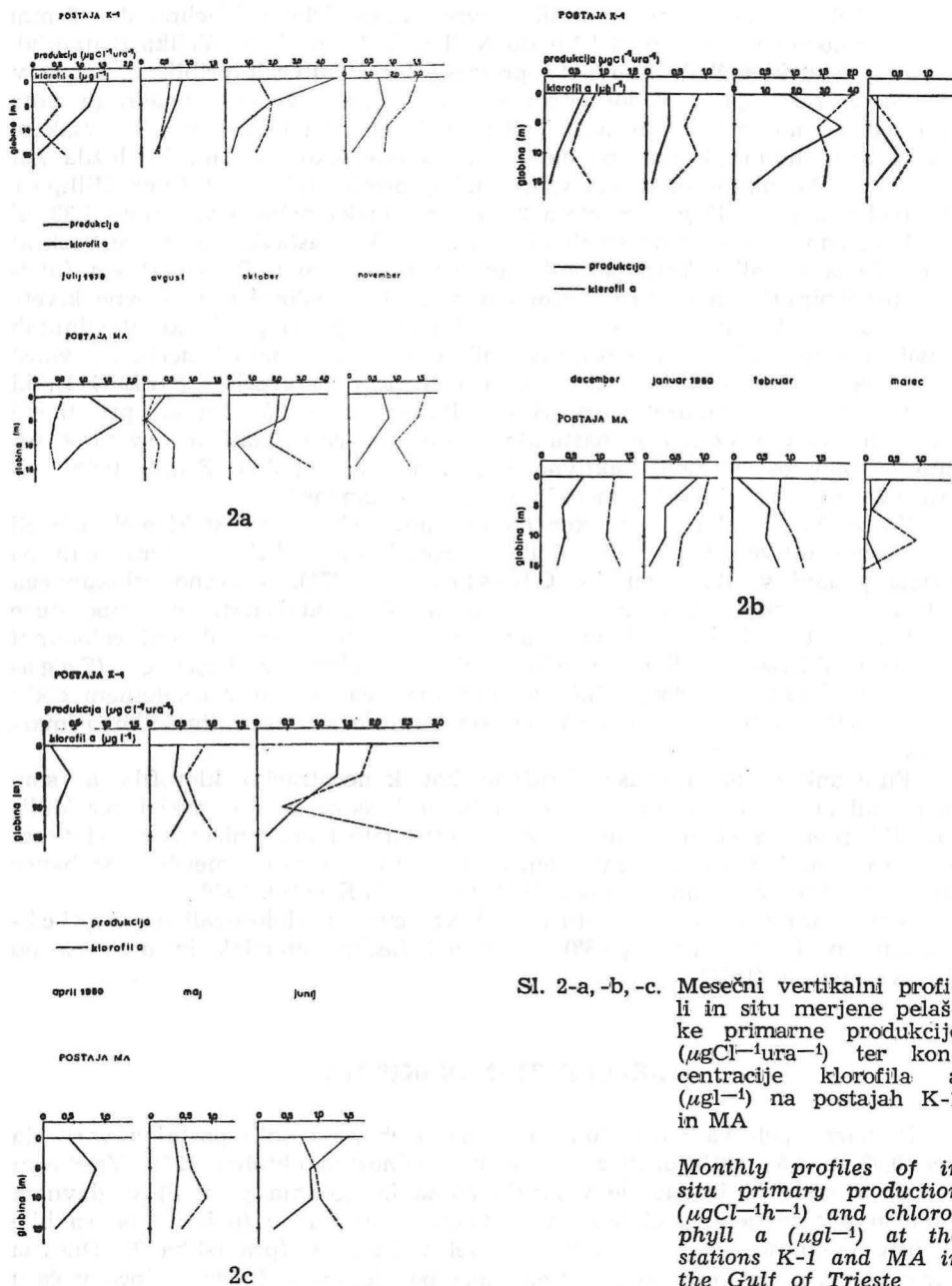
Za izračun rezultatov smo končno aktivnost ^{14}C v temni steklenički odšteli od končne aktivnosti v svetli. Količino asimiliranega ^{14}C smo izračunali po enačbi podani v Rileyu in Chesterju (1971). Množino celokupnega CO_2 v morju smo izražali iz alkalnosti in pH v odvisnosti od temperature in slanosti (Strickland in Parsons, 1968). Tako določeni celokupni CO_2 je v Tržaškem zalivu nekoliko višji od direktno izmerjenega (Faganeli in Tušnik, 1980). Množino asimiliranega ogljika v letošnjem ciklu smo določili z integriranjem ploščine pod krivuljo sezonske dinamike primarne pelaške bioprodukcije.

Fitoplanktonsko biomaso, izraženo kot koncentracijo klorofila a, smo določevali tako, da smo en liter vzorca filtrirali skozi membranski filter Millipore HA premera 47 mm. Filtre z vzorci smo nato homogenizirali z dodatkom 90% acetona, homogenat centrifugirali ter supernatantu izmerili absorbance pri standardnih valovnih dolžinah (SCOR — UNESCO, 1966).

Nitrat, nitrit in fosfat v nefiltriranih vzorcih smo določevali po Stricklandu in Parsonsu (1968), celokupni fosfor, amoniak in ureo pa po Grasshoffu (1976).

REZULTATI IN DISKUSIJA

Primarna pelaška bioprodukcija je na obeh poskusnih postajah variirala med $0,02$ in $4,57 \mu\text{gCl}^{-1}\text{ura}^{-1}$ z najvišjimi vrednostmi oktobra 1979. Vrednosti so bile v obdobju izotermije v morju (zima in zgodnja pomlad) v glavnem enolično porazdeljene z globino, v obdobju stratifikacije (poletje) pa so bile najvišje vrednosti omejene na zgornji del vodnega stolpca (slika 2). Dnevna hitrost primarne bioprodukcije, integrirana po globini vodnega stolpca v času 12 ur (arbitražno), se je v času opazovanj gibala v razponu $15,6 - 277,2 \mu\text{gCm}^{-2}\text{dan}^{-1}$ z najvišjimi vrednostmi oktobra 1979 in najnižjimi marca 1980. Opisane vrednosti so nekoliko nižje od onih, ki sta jih opisala za Severni Jadran pred Rovinjem Revelante in Kveder (1971), vendar moramo pri tem upoštevati plitvost Tržaškega zaliva. V tej luči moramo gledati tudi

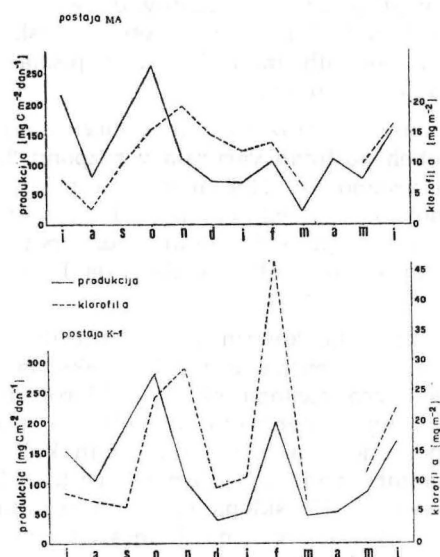


Sl. 2-a, -b, -c. Mesečni vertikalni profili in situ merjene prilaške primarne produkcije ($\mu\text{gCl}^{-1}\text{h}^{-1}$) ter koncentracije klorofila a ($\mu\text{g l}^{-1}$) na postajah K-1 in MA

Monthly profiles of in situ primary production ($\mu\text{gCl}^{-1}\text{h}^{-1}$) and chlorophyll a ($\mu\text{g l}^{-1}$) at the stations K-1 and MA in the Gulf of Trieste

celoletno integrirano primarno produkcijo, ki je bila na obeh postajah približno enaka in je znašala okrog $42 \text{ gCm}^{-2}\text{-leto}^{-1}$ (slika 3). Absolutne vrednosti primarne bioprodukcije na volumsko enoto pa se z rovinjskimi ujemajo (Revelante in Gilmartin, 1976) in so približno štiri do petkrat višje

kot v Srednjem Jadranu (Pucher-Petković, 1971). Ta porazdelitev se v grobem ujema tudi s porazdelitvijo hranilnih soli dušika in fosforja v omenjenih predelih (Faganeli in Tušnik, 1980).



Sl. 3. Variacije primarne bioprodukcije integrirane po globini vodnega stolpca ($\text{mgCm}^{-2}\text{dan}^{-1}$) ter koncentracije klorofila a (mgm^{-2}) na postajah K-1 in MA

Monthly primary production values ($\text{mgCm}^{-2}\text{d}^{-1}$) and associated chlorophyll a concentrations (mgm^{-2}) in the sea water column at the stations K-1 and MA in the Gulf of Trieste

Zanimiva je ugotovitev, da v enoletnem ciklu ni bilo opaziti razlik med postajama v Koprskem in Piranskem zalivu, kar sugerira, vsaj gledena pelaške bioprodukcijske lastnosti, približno enake razmere, ne glede na nekatere različne naravne in antropomorfne vplive v obeh zalivih. Upoštevajoč rezultate o celoletni integrirani pelaški primarni bioprodukciji bi po klasifikacijah produktivnosti (Koblentz-Mishke, Volkovinsky in Kabanova, 1970) uvrstili vzhodni del Tržaškega zaliva v prvo kategorijo. V takih morskih predelih je boljše izražati hitrost primarne bioprodukcije na volumsko kot pa na ploskovno enoto. Rezultati so tako mnogo bolj primerljivi. Podobne primerjave pa se soočajo že z mnogimi povsem metodološkimi problemi, ki se pojavljajo pri merjenju primarne bioprodukcije z metodo ^{14}C . Sem spadajo: upoštevanje ali ne aktivnosti v temni referenčni steklenički, možen vpliv organskih s ^{14}C zaznamovanih spojin kot primesi $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ (Yentsch, 1974) ter že prej omenjeni izračun celokupnega CO_2 iz alkalnosti in pH. V naših

raziskavah smo opazili, da je bila aktivnost v zatemnjenih stekleničkah visoka (izjemoma celo nad 90% aktivnosti v ustrezni svetli steklenički).

V sezonskih variacijah primarne bioprodukcije v Tržaškem zalivu smo poleg najvišjih vrednosti v oktobru 1979 opazili na splošno povišano primarno pelaško bioprodukcijo v juliju 1979. Ta ugotovitev se ujema z izsledki Revelantejeve in Kvedra (1971) za morje ob rovinjski obali. Povišano primarno bioprodukcijo v poletnih mesecih sta pripisala boljšim temperaturnim in predvsem svetlobnim razmeram.

Fitoplanktonska biomasa, izražena kot koncentracija klorofila *a*, je v obdobju raziskav na obeh postojah variirala v razponu 2,6–46,9 mgm⁻² (slika 3) s srednjimi letnimi vrednostmi 11,4 mgm⁻² na postaji MA in 16,4 mgm⁻² na postaji K-1 podobno kot v sosednjem Beneškem zalivu (Franco, 1967). V Koprskem zalivu smo že v preteklih letih opazili povišane vrednosti klorofilne biomase in abundance fitoplanktona glede na Piranski zaliv (Keržan, 1976; Fanuko, 1980).

Krivulja sezonske dinamike koncentracije klorofila *a* sledi dinamiki primarne produkcije. Izstopata jesenska in zimska maksima. Razlika je le v tem, da jesenski produkcijski vrh nastopa oktobra, klorofilni pa novembra. Novembra je v tem področju intenziteta svetlobe že nižja. Fitoplanktonska združba kljub svoji sposobnosti proizvajanja večjih količin fotosinteznih pigmentov v slabših svetlobnih razmerah ne zmore več tako hitro fotosintetizirati. Rudi Revelantejeva (1975) sklepa iz svojih rezultatov biomase in primarne produkcije, da je svetloba v zimskih mesecih omejujoči dejavnik rasti fitoplanktona v Severnem Jadranu.

Asimilacijski indeksi, ki so eni izmed možnih pokazateljev evτροφizacije (Revelante, 1975), so se gibali v razponu 0,09–6,65 z večino rezultatov manjših od 1 (77% rezultatov). To kaže na omejeno rast fitoplanktona glede na koncentracije hranilnih soli (Curl in Small, 1965).

Tabela 1. Srednje letne koncentracije hranilnih soli dušika in fosforja (mg-atm⁻²), klorofila *a* (mgm⁻²) in primarne bioprodukcije (mgCm⁻²dan⁻¹) na postajah K-1 in MA. Rezultati so izpoprečeni za celotni vodni stolpec (16 m).

*Mean annual water column (0–16 m) nutrient concentrations (mg-atm⁻²), chlorophyll *a* (mgm⁻²) and primary production (mgCm⁻²d⁻¹) at stations K-1 and MA.*

Postaji	K-1	MA
Urea —N	13,6	14,2
PO ₄ ³⁻ —P	1,6	2,4
P tot.	13,4	12,2
NO ₃ ⁻ —N	10,1	13,8
NO ₂ ⁻ —N	3,7	3,8
NH ₄ ⁺ —N	91,2	14,2
Chl <i>a</i>	16,4	11,4
Prim. prod.	9,7	9,6

ZAKLJUČKI

Na osnovi enoletnih merjenj smo ugotovili, da je primarna pelaška bioprodukcija v vzhodnem delu Tržaškega zaliva razmeroma nizka. Razlike med Koprskim in Piranskim zalivom v primarni bioprodukciji so bile minimalne, večje razlike so bile v koncentracijah hranilnih soli dušika in fosforja ter še posebno v klorofilni biomasii fitoplanktona. Ugotovljeni nizki asimilacijski indeksi kažejo na fitoplanktonsko združbo omejeno v rasti. Jasno je, da le iz enoletnih raziskav ne moremo izvajati posplošenih in daljnosežnih zaključkov.

ZAHVALA

Raziskavo je financirala Raziskovalna skupnost Slovenije. Pri delu je vseskozi vestno sodelovala I. Kavčič, za kar se ji najlepše zahvaljujemo.

LITERATURA

- Curl, H. in L. F. Small, 1965. Variations in photosynthetic assimilation rations in natural marine phytoplankton communities. *Limnol. Oceanogr.*, 10 (Suppl.): R67—R73.
- Faganeli, J. in P. Tušnik, 1980. Hranilne soli C, N, Si in P v vzhodnem delu Tržaškega zaliva. Odano v objavo.
- Fanuko, N., 1980. Prispevek k poznavanju fitoplanktona v Tržaškem zalivu. V tisku.
- Franco, P., 1967. Condizioni idrologiche e produttività primaria nel Golfo di Venezia. Nota preliminare. *Archo Oceanogr. Limnol.*, 15: 69—83.
- Grasshoff, K., 1976. *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim—New York: 315 p.
- Keržan, I., 1976. Prispevki k poznavanju odnosov primarne pelagične bioprodukcije in fekalnega onesnaženja v slovenskem delu Severnega Jadrana. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani: 45 p.
- Koblentz-Mishke, O., V. Volkovinsky in J. G. Kabanova, 1970. Plankton primary production of the world ocean. *Scient. explor. of the Southern Pacific*, Standard book 309-01755-6, National Academy of Sciences, Washington.
- Pucher-Petković, T. 1971. Recherches sur la production primaire et la densité des populations du phytoplancton en Adriatique Moyenne (1962—1967). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 20 (3): 339—343.
- Revelante, N., 1975. Komparativna istraživanja utjecaja uzdizanja morske vode i riječne eutrofizacije na fitoplankton i primarnu produkciju mora. Disertacija. Sveučilišta u Zagreb: 269 p.
- Revelante, N. in M. Gilmartin, 1976. The effect of Po river discharge on phytoplankton dynamics in the Northern Adriatic Sea. *Mar. Biol.*, 34: 259—271.
- Revelante, N. in S. Kveder, 1971. Hydrographic and biotical conditions in North Adriatic. XI. Some relations between phytoplankton abundance, primary productivity and plant pigments in Rovinj area. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 20 (3): 331—334.
- Riley, J. P. in R. Chester, 1971. *Introduction to marine chemistry*. Academic, New York: 416 p.
- SCOR—UNESCO, 1966. *Determination of photosynthetic pigments in seawater*. Monographs on oceanographic methodology, 1, Paris.

- Steeman-Nielsen, E., 1952. The use of radio-active carbon (^{14}C) for measuring organic production in the sea. *J. Cons.*, 18 (1): 117—140.
- Strickland, J. D. H. in T. R. Parsons, 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 1—167.
- Yentsch, C. S., 1974. Some aspects of the environmental physiology of marine phytoplankton: a second book. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 12: 41—75.

STUDIES ON PRIMARY PELAGIC BIOPRODUCTION IN THE GULF OF TRIESTE (NORTH ADRIATIC)

Jadran Faganeli, Neda Fanuko, Peter Stegnar*
and Aleksander Vukovič

*Institute of Biology, University E. Kardelj Ljubljana
Marine Biological Station Piran*

**Jožef Stefan Institute Ljubljana*

SUMMARY

In July 1979 a study of primary pelagic bioproduction in the Eastern part of the Gulf of Trieste (North Adriatic) using the ^{14}C technique in situ started. These studies were performed at two fixed sampling points (K-1 in the Bay of Koper and MA in the Bay of Piran) monthly, both having the maximal depth of 16 m. For each depth one light and one dark bottle were inoculated with ^{14}C and then incubated at the place of sampling in horizontal position for 4 hours. The light bottle uptake of radiocarbon on the filter was corrected by subtraction of dark bottles.

The primary production rates varied from 1.3—23.1 $\text{mgCm}^{-2}\text{h}^{-1}$ at both stations. The values observed were somewhat lower than those in the North Adriatic offshore of Rovinj but comparing the data it should be considered the shorter sea water column in the Gulf of Trieste. The highest values were observed in October 1979 at both stations and the minimum in March 1980. Higher values observed in July 1979 were probably in correlation with favourable temperature and particular light conditions. The annual primary bioproduction was estimated by integration of the area under the annual production curve and it corresponds to some 42 $\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ at both stations. The value obtained indicates relatively low primary production in the Gulf of Trieste.

Phytoplankton standing crop expressed as the chlorophyll a concentrations varied from 2.6—46.9 mgm^{-2} . Its seasonal dynamics showed autumn and winter maximum in correlation with the primary production dynamics. Assimilation ratios were mostly less than 1 indicating low growth rates of phytoplankton.