

REGRESIVNE TRANSFORMACIJE U PLANKTONSKIM FITOCENOZAMA JUŽNOG JADRANA

Miroslava DOBROSAVLJEVIĆ
Zavod za biologiju mora i oceanografiju — Kotor

I z v o d

Praćenjem kvalitativno-kvantitativnih promena i diversity index-a u neritskom području otvorenog južnog Jadrana i Kotorskom zalivu, konstatovali smo negativne efekte polucije na planktonske fitocenoze, jer porast gustoće fitoplanktona nije bio praćen adekvatnim porastom broja fitoplanktonskih vrsta.

Poseban osvrt dat je pojavi »žutih plima« u Kotorskom zalivu izazvanih prekomernom cvatnjom dinoflagelate *Prorocentrum scutellum* Schröder i prateće vrste *Prorocentrum micans* Ehrenb.

A b s t r a c t

REGRESSIVE TRANSFORMATION OF PLANKTON PHYTOCENOSSIS IN SOUTH ADRIATIC

Observing qualitative-quantitative changes and diversity index in nerit area of open South Adriatic and Bay of Kotor, we had stated negative effects of pollution on planctonic phytocenossis since increasing o denssity of phytoplanton was not followed by adequate increased number of phytoplantonic species.

Special view was done to the »Yellow Tide« in Bay of Kotor caused by over blooming of dinoflagelates *Prorocentrum scutellum* Schröder and attached species *Prorocentrum micans* Ehrenb.

Cilj ovih istraživanja je da se orijentaciono utvrdi stepen ugroženosti planktonskih fitocenoza u priobalnom području južnog Jadrana, s obzirom da se efekti polucirane sredine primarno reflektuju na biljni plankton, a putem ishrane i na ostali živi svet posredno ili neposredno.

Istraživanja su vršena u sklopu kompleksnih istraživanja južnog Jadrana kroz makroprojekt »Zaštita čovekove sredine u jadranskoj regiji Jugoslavije«.

MATERIJAL I METODIKA

Istraživanjem je obuhvaćeno potencijalno najugroženije područje neritskog dela južnog Jadrana, u neposrednoj blizini Budve, Bara i Ulcinja (10 postaja) i u najjuvućenijem delu južnojadranskog bazena — Kotorski zaliv (3 postaje).

Sa temporalnog aspekta, obuhvatili smo ciklus 1973-74. god. i to u toku leta — u turističkoj sezoni, u jesen — postsezoni, tokom zime — u kontrolnoj sezoni i ponovo u turističkoj sezoni (1974). Položaj postaja na kojima su vršena istraživanja prikazan je na sl. 1.

Za uzimanje i analizu uzoraka korišćene su metode standardne za Jadran i Mediteran (po U t e r m ö h l-u, 1958). Rezultati analiza dati su brojem ćelija na litar morske vode, a prikazani su grafički kroz logaritamske vrednosti ukunog fitoplanktona. Za kvalitativna istraživanja korišćena je metoda po H o l m e s-u, 1962. Za većinu fitoplanktonskih vrsta izrađene su mikrofotografije.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ovih istraživanja prikazani su na sl. 2. Na osnovu dobijenih podataka konstatovali smo sledeće:

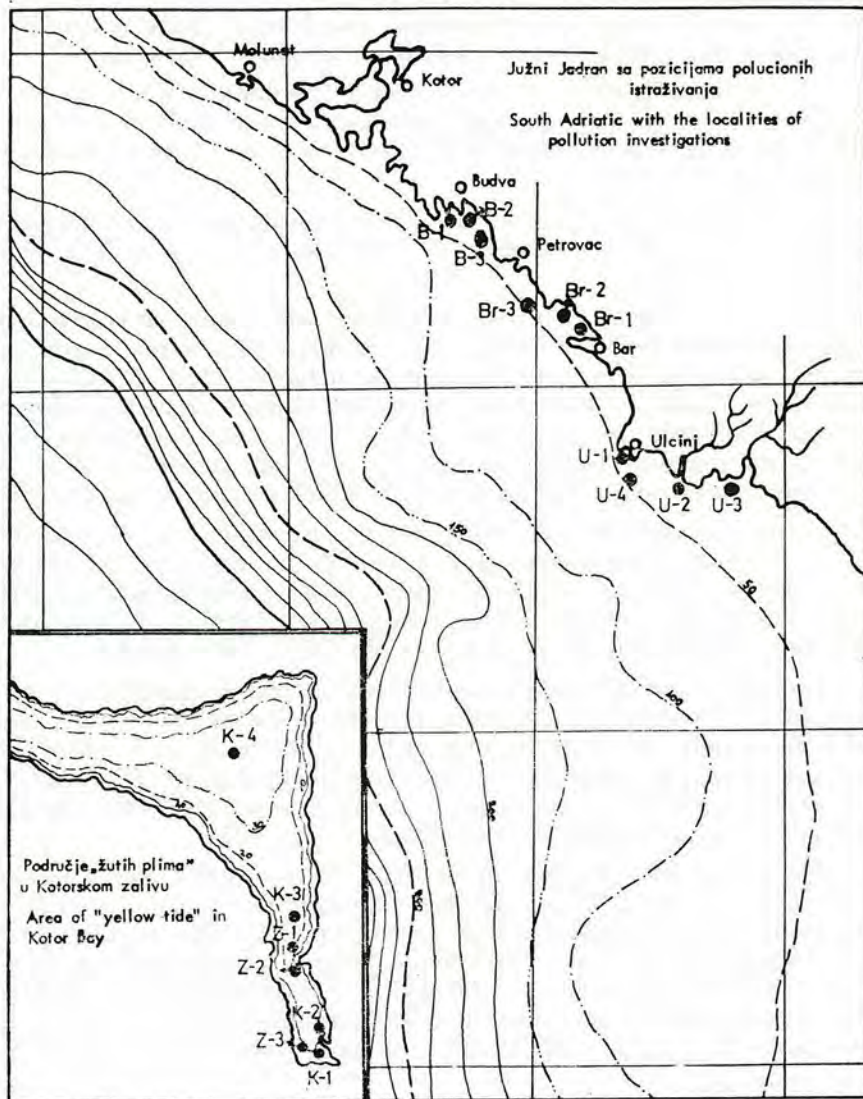
1. Kroz čitav ciklus istraživanja zapaža se koncentracija fitoplanktona u površinskom sloju mora na većini postaja. Smatramo da ovaj momenat ne treba isključivo povezivati sa pojačanom kontaminacijom površinskih voda (u turističkoj sezoni posebno), mada u toplijem razdoblju godine osim prirodnih fluktuacija i polucioni faktor ima veoma značajnu ulogu.

2. Odstupanja od prethodne konstatacije zapažena su u luci Bara (Br-2) i Ulcinj (U-1). Na ovim postajama, zbog specifičnog delovanja lučkih otpadnih voda, odnosno površinski aktivnih materija, fitoplankton se koncentrisao u dubljim slojevima mora gde su životni uslovi pogodniji. Na postaji U-1 ovo je skoro permanentna pojava, a u luci Bara (Br-2) posebno je izražena u toku leta 1974. god.

Zbog izrazite dinamike životnih uslova na površini mora, koju uslovljava direktan priliv kopnene vode u Kotorski zaliv (K-1) u oktobru 1973. i kod ušća reke Bojane (postaja U-2) u januaru 1974.

god., takođe smo konstatovali povlačenje fitoplanktona u stabilnije dubinske slojeve, mada se uzroci ovakve vertikalne distribucije bitno razlikuju od lučkih voda Bara i Ulcinja.

3. Površinske vode plaže u Bečićima (B-2) i Baru (Br-1) ukazivale su na intenzivnu cvatnju fitoplanktona tokom letnje sezone 1974. god. U poređenju sa rezultatima naših ranijih istraživanja na ovom području, a takođe i sa istom sezonom u 1973. god., smatramo da je eutrofikacioni efekt uslovljen dejstvom urbanih otadnih voda,



jer je ukupan broj ćelija na litar (u proseku oko 1,500.000 ćel/l) u uskoj korelaciji sa degradacijom strukture fitoplanktonskih zajednica.

Na osnovu izračunatog diversity index-a (po Margalef-u, 1971) koji za područje Budve iznosi $dB-2=1,6$, a za područje Bara $dBr-1=2,0$ u poređenju sa podacima za Kaštelanski zaliv iz 1973. god. (Pucher-Petković, 1975), gde je indeks raznolikosti 2,8, možemo zaključiti da je u pitanju negativan efekt polucije koji uzrokuje regresivne transformacije planktonskih fitocenoza delujući na opadanje broja fitoplanktonskih vrsta uz kvantitativnu dominaciju tolerantnih vrsta, čije populacije, usled kompeticije u izmenjenim uslovima životne sredine, dostižu maksimalan procvat.

Glavni edifikatori ukupne biomase fitoplanktona u neritskom području otvorenih voda južnog Jadrana su dijatomeje iz roda *Nitzschia* Hass. (posebno *Nitzschia tenuirostris* Mer.) i vegetacija *nanoflagelata*.

4. Permanentno visoke vrednosti kvantiteta fitoplanktona u svim sezonama tokom istraživanja, konstatovane su u vodama Kotorskog zaliva.

Izolovanost ovog dela Bokotorskog zaliva rezultira iz veoma slabe cirkulacije vodenih masa i nedovoljnog efekta vrela Gurdić na razređivanje zagađene vode polutantima urbanog i industrijskog porekla (novi stambeni kompleksi, turistički objekti, industrija deterdženata, kugličnih ležaja, gume i autoremont), uzrokovali su permanentnu pojavu eutrofiacije, koja se izrazito manifestovala u onom delu Kotorskog zaliva koji se kao džep duboko uvlači u kopno.

U periodu od 1967. do 1975. godine, eutrofikacija u Kotorskom zalivu imala je pozitivan trend u smislu obogaćivanja vode nutrientima, koji su direktno uzrokovali porast fitoplanktonske proizvodnje. Ova konstatacija proističe i na osnovu porasta globalnog indeksa raznolikosti sa $d=2,8$ u 1967. godini na $d=3,7$ u 1974. godini.

Znači, porast ukupnog kvantiteta bio je praćen paralelnim porastom broja fitoplanktonskih vrsta, tako da prirodna ravnoteža i raznolikost naselja planktonske vegetacije do 1975. godine nisu bili znatnije narušeni, mada su rezultati mikrobioloških istraživanja već i tada ukazivali na hitnost traženja rešenja na zaštiti Kotorskog zaliva od daljeg zagađivanja (Ristanović, 1974).

Koliko je ovaj blagovremeni alarm bio opravdan pokazuju sledeći podaci. U junu 1975. godine, standardnim izvorima polucije u Kotorskom zalivu priključuje se i jedan novi. U cilju izgradnje novog stambenog bloka u Dobroti neposredno u blizini Instituta, kompostna zemlja (koja se preko 100 godina natapala fekalnim otpadnim materijama) bačena je u more u cilju izgradnje parking prostora za Višu pomorsku školu i rešavanje problema uskog grla u saobraćaju kroz Dobrotu.

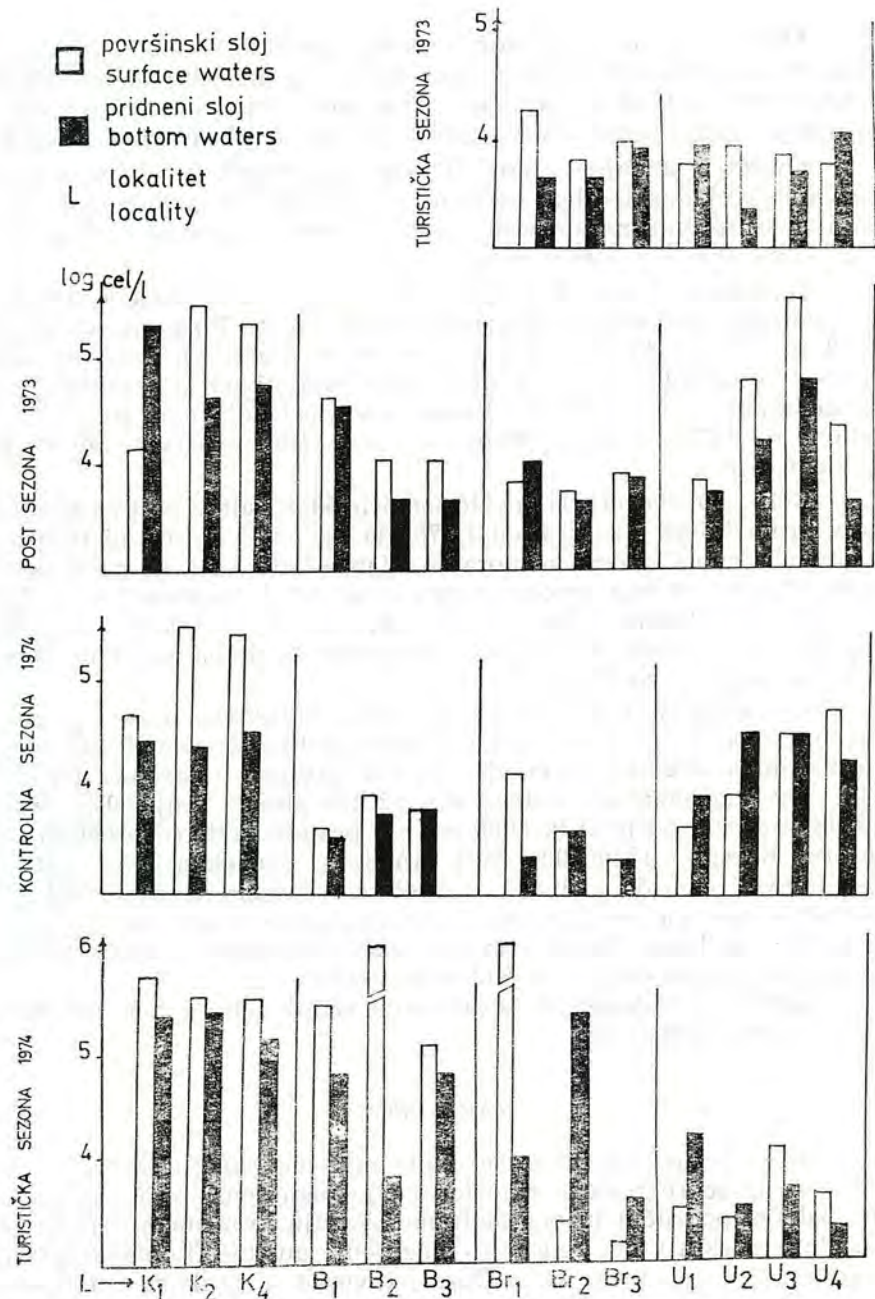


Fig. 2. Numerička abundancija fitoplanktona u priobalnom području južnog Jadrana
 Numerical abundance of phytoplankton in coastal waters of South Adriatic

Obilne kiše, koje su zatim usledile, izazvale su otapanje eutrofikantata i fertilizaciju okolne vode. Nakon kišnog perioda usledili su veoma topli dani sa dosta sunčeve insolacije. Odsustvo vetra i slaba strujanja vode pogodovala su povišenju temperature mora na 29°C.

Ovako promenjeni uslovi biotopa pogodovali su eksplozivnom razvoju planktonskih alga, što je uzrokovalo promenu obojenosti mora u nijanse žuto-narandžaste do braon boje, poznato u literaturi kao »žuta plima« (»yellow tide«).

Dominantna vrsta koja je uzrokovala promenu obojenosti mora na području Kotorskog zaliva od Peluzice do rta Plagente (u dužini od 2 km) bila je dinoflagelata *Prorocentrum scutellum* Schröder, koja se u normalnim uslovima sporadično pojavljivala u planktonskim fitocenozama ovog područja. Prema literaturi koja nam je bila dostupna do 1975. godine, cvatnje ove vrste *Prorocentruma* nisu bile evidentirane.

Ćelije *Prorocentrum scutellum* Schröder sadrže po dva krupna žuta hromatofora i u masi od 1,375.920 ćel/l već su uticali na promenu obojenosti površine mora u nijanse žute boje sa primesama narandžastih i braon tonova, u zavisnosti od koncentracije populacija ove dinoflagelate. Za vreme najintenzivnije sunčeve insolacije (od 10 do 13 časova), žuta voda se kao plima dizala na površinu mora, a zatim naglo povlačila.

Ova spektakularna pojava ritmičkog karaktera trajala je permanentno od 10. juna do kraja jula 1975. godine, a zatim se sa većim ili manjim pauzama i na manjem arealu, javljala u naredne dve godine. Pri maksimalnom intenzitetu »žutih plima« broj ćelija vrste edifikatora iznosio je 28,000.000 ćel/l, a prateće vrste (*Prorocentrum micans* Ehrenb.) 13,000.000 ćel/l. Analizom ove ekstremne cvatnje konstatovali smo da je indeks raznolikosti iznosio svega $d=0,4$ što pouzdano ukazuje na regresivne transformacije planktonskih fitocenoza, kao posledice fertilizacionih efekata kompostne zemlje kojom je zagađena voda ovog dela Kotorskog zaliva.

Rezultati trogodišnjih istraživanja »žutih plima« biće publikovani u posebnom radu.

ZAKLJUČCI

Rezimirajući navedene rezultate možemo istaći sledeće:

— da se regresivne transformacije planktonskih fitocenoza u priobalnom području južnog Jadrana iskazuju kroz smanjenje broja fitoplanktonskih vrsta koje prati smanjenje gustine fitoplanktonskih populacija (u lučkim vodama Bara i Ulcinja) ili prekomeran razvoj tolerantnih formi (površinske vode plaža u Bečićima i Baru), što zavisí od vrste zagađivača i stepena zagađenosti;

— da je eutrofiacija izazvana polucijom u najjuvučenijem delu Kotorskog zaliva usloвила eksplozivan razvoj dominantne vrste *Pro-*

rocentrum scutellum Schröder i prateće vrste *Prorocentrum micans* Ehrenb. i promenu obojenosti površine mora u tonove žuto-narandžaste boje, tzv. »žute plime«, uz redukciju ostalih konstituenata planktonskih fitocenoza (indeks raznolikosti svega $d=0,4$);

— da je neophodna permanentna kontrola od strane istraživačkih institucija i blagovremena konsultacija marinoekologa u prostornom planiranju ovog područja;

— da je neophodno da se područje Kotorskog zaliva zaštiti zakonom.

LITERATURA

- Allen, W. (1933): »Red water« in La Jolla Bay in 1933. *Science* 78 (2010). 12-13.
- Allen, W. (1935): »Yellow water« in La Jolla Bay in 1935. *Science* 82 (2127). 325-326.
- Dobrosavljević, M. (1971): Preliminarna opažanja o distribuciji fitoplanktona u Bokokotorskom zalivu. *Studia marina* 5, Kotor, 1-17.
- Dobrosavljević, M., Vukanić, D. i Dutina, M. (1979): Prilog poznavanju hidrografskih prilika i planktona Kotorskog zaliva. Drugi kongres ekologa Jugoslavije, Zagreb, 1977-1986.
- Ercegović, A. (1938): Ispitivanja hidrografskih prilika i fitoplanktona u vodama Boke jeseni 1937. *Godišnjak Oceanogr. instit.*, sv. I.
- Holmes, R. W. (1962): The preparation of marine phytoplankton for microscopic examination and enumeration on molecular filters. *US Fish. and Wildlife Service. Special Scientific Report-Fisheries*, No 433, Washington.
- Margalef, R. (1951): Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publ. Inst. Biol. apl. Barcelona*, 9, 5-27.
- Pucher-Petković, T. (1975): Fitoplankton Kaštelanskog zaljeva u odnosu na organsku poluciju, Pomorski zbornik, Rijeka, knj. 13/1975, 491-500.
- Ristanović, B. (1974): Zaštita Kotorskog zaliva od daljeg zagađivanja, Zbornik radova sa II zasedanja Jugosl. saveta za zaštitu i unapređivanje čovekove sredine, Beograd, 278-279.
- Rounsefell, G. and Nelson, W. (1966): »Red tide« Research Summarized to 1964 Including and Annotated Bibliography. *Spec. Scient. Rep. — Fisheries*, No 535, USA, Washington, D. C. 1-85.
- Štirn, J. (1974): Osnovni problemi polucije otvorenih voda Jadrana. *Konferencija o zaštiti Jadrana, Opatija, 1974*, 1-27.
- Untermöhl, H. (1958): Zur werwillkommnung der quantitativen phytoplankton metodik, *Mitt. Int. Ver. Limnol.* 9, 1-39.

REZIME

U radu se donose rezultati istraživanja čiji je cilj bio da se sagleda u kom je stepenu polucija ugrozila planktonske fitocenoze u neritskom području otvorenih voda južnog Jadrana i u Kotorskom

Materijal je sakupljen sa 10 postaja otvorenog mora i 3 postaje u Zalivu (sl. 1) i to: u turističkoj sezoni i postsezoni 1973. god., kontrolnoj sezoni 1974. god. i sledećoj turističkoj sezoni 1974. godine, a u vodama Zaliva još i u turističkoj sezoni 1975. godine.

Za uzimanje i analizu uzoraka korišćene su metode standardne za Jadran i Mediteran. Rezultati analiza dati su brojem ćelija na litru vode (ćel/l), a prikazani su grafički kroz logaritamske vrednosti ukupnog fitoplanktona (sl. 2) i procenu indeksa raznolikosti (d) po Margalefu, 1971.

Na osnovu dobijenih podataka konstatovali smo sledeće:

1. Regresivne transformacije planktonskih fitocenoza u neritskom području otvorenih voda južnog Jadrana iskazuju se u zavisnosti od vrste zagađivača i stepena zagađenosti kroz

— smanjenje broja fitoplanktonskih vrsta i gustine fitoplanktonskih populacija u lučkim vodama Bara i Ulcinja (Br-2 i U-1) ili

— prekomeran razvoj tolerantnih formi u površinskim vodama plaža u Bečićima i Baru (B-2 i Br-1).

2. Glavni edifikatori ukupne biomase planktonskih fitocenoza u neritskom području otvorenih voda južnog Jadrana su diatomeje iz roda *Nitzschia* Hass. (posebno vrsta *Nitzschia tenuirostris* Mer.) i vegetacija *nanoflagelata*.

3. U periodu od 1967. do 1975. godine, eutrofikacija u Kotorskom zalivu pokazivala je pozitivan trend u smislu obogaćivanja vode nutrientima koji su direktno uticali na porast fitoplanktonske proizvodnje i broj vrsta u planktonskim fitocenzama. Globalni indeks raznolikosti bio je u linearnom porastu sa $d=2,8$ u 1967. godini na $d=3,7$ u 1974. god.

4. Dodatno zagađivanje kompostnom zemljom najjuvučenijeg dela Kotorskog zaliva (od Peluzice do rta Plagente) u junu 1975. godine, uzrokovalo je eksplozivan razvoj dinoflagelate *Prorocentrum scutellum* Schröder (28 miliona ćel/l) i prateće vrste *Prorocentrum micans* Ehrenb. (13 miliona ćel/l) i promenu obojenosti mora u nijanse žuto-narandžaste boje, tzv. »žute plime«, uz redukciju ostalih konstituenata planktonskih fitocenoza ovog područja. Globalni indeks raznolikosti u 1975. god. iznosio je svega $d=0,4$.

5. S obzirom na izolovanost Kotorskog zaliva, slabu cirkulaciju vodenih masa i nedovoljne efekte vrela Gurdić na razređivanje zagađene vode polutantima urbanog i industrijskog porekla, neophodna je permanentna kontrola od strane istraživačkih institucija i blagovremena konsultacija ekologa u prostornom planiranju ovog područja, a takođe i njegoza zaštita regulisana Zakonom.

REGRESSIVE TRANSFORMATION OF PLANKTON PHYTOCENOSSIS IN SOUTH ADRIATIC

Miroslava DOBROSAVLJEVIĆ

Summary

This paper gives results of investigations with goal of understanding degree of pollution and its influence on planctonic phyto-cenossis in the nerit area of open sea of Adriatic and in the Bay of Kotor.

Material was collected on 10 positions of open sea and on 3 position in the Bay (p. 1) as follows: in the season and postseason of 1973, controle season of 1974, next season 1974 and in the Bay in season of 1975.

We used standard methods for Adriatic and Mediterranean sea for collecting and analysing of matherial. The results of analyses are given in number of cells per liter of water (cell/l) and shown graphically by logarithms values of total phytoplankton (Fig. 2) and by evaluation index of diversity (d) by Margalef, 1971.

Based on gained results we stated as follow:

1. Regressive transformation of planctonic phytocenosses in nerit area of open sea of South Adriatic are expressed by dependency of species of pollutants and grade of pollution thru:

— decreasing of number of phytoplanktonic species and density of phytoplanktonic populations in coastal waters of Bar and Ucinj (Br.-2 and U-1) or

— excessive development of tolerant forms in surface water of beaches of Bečići and Bar (B-2 and Br.-1).

2. The main edificators of total biomasse of planctonic phytocenosses in nerit area of open water of South Adriatic are diatoms from genera *Nitzschia* Hass (especialy *Nitzschia tenuirostris* Mer.) and vegetation *nanoflagelata*.

3. The eutrofication in the period of 1967 to 1975 in Kotor Bay showed positive trend in sense of inreacling water with nutrients that had direct influence on increasing of production of phytoplankton and number of species in planctonic phytocenosses. General diversity index was i linear increas from $d = 2.8$ in 1967 to $d = 3.7$ in 1974.

4. The additional pollution by compost ground in the most inner part of Bay of Kotor (from Peluzica to Cape Plagenti) in June 1975, caused explosive development of dinophlagelata *Prorocentrum scutellum* Schröder (28 milions cell/l) and attached species *Prorocentrum micans* Ehrenb. (13 milion cell/l) and changing of sea color to yellow-orange, a. e. »Yellow Tide«, with reduction of other con-

stituents of planktonic phytocecnoses of this area. The global diversity index in 1975 was only $d = 0.4$. According to literature we had for use till 1975, bloomings of *Prorocentrum scutellum* Schröder had not been stated.

5. Considering the isolation of Bay of Kotor, a weak circulation of water masses and unsufficient effect that fresh water of Gurdic has on soothing of polluted water, which pollution is urbanic and industrial origin, there is a need for permanent by institutions and prompt consultation of marinoecologists in urban planings of this area and also its protection by Lov.