

MESEČNO NASELJEVANJE BENTOŠKE FAVNE NA PREDHODNO ZAMRZNJENIH MORSKIH SEDIMENTIH - PRELIMINARNO POROČILO

Vesna FLANDER

dipl. biolog, Morska biološka postaja, SI-6330 Piran, Fornače 41
B.Sc., biologist, Marine Biological Station, SI-6330 Piran, Fornače 41

Borut VRIŠER

dr. biol. znan., Institut za biologijo, Morska biološka postaja, SI-6330 Piran, Fornače 41
Ph.D., Institute of Biology, Marine Biological Station, SI-6330 Piran, Fornače 41

Aleksander VUKOVIČ

dr. biol. znan., Institut za biologijo, Morska biološka postaja, SI-6330 Piran, Fornače 41
Ph.D., Institute of Biology, Marine Biological Station, SI-6330 Piran, Fornače 41

IZVLEČEK

V članku obravnavamo naseljevanje predhodno zamrznjenega in na globino 24 m postavljenega morskega sedimenta. Rezultati enoletnega poskusa so pokazali zaporedje naseljevanja bentoških živali na območju Tržaškega zaliva. Številčno najbolj pogosta skupina organizmov so bili mnogoščetinci (*Polychaeta*), ki so sestavljali več kot 60% vseh ugotovljenih osebkov. Sledili so raki (*Crustacea*) s 30,4%, školjke (*Bivalvia*) s 4,7%, kačjerepi (*Ophiuroidea*) z 2,2% in polži (*Gastropoda*) z 0,7% vseh osebkov. Mesečna naselitev sedimenta na osnovi celotne opazovane abundance vseh opazovanih vrst je bila veliko hitrejša spomladi in poleti proti koncu poskusa kot jeseni in pozimi na začetku poskusa. Zelo očiten višek mesečne naselitve, predvsem različnih vrst mnogoščetincev, je bil julija 1994.

Ključne besede: morski sediment, Tržaški zaliv, naseljevanje, makrozoobentos
Key words: marine sediment, Gulf of Trieste, succession, macrozoobenthos

UVOD

Severni Jadran je označen kot občutljiv ekosistem. Kot najsevernejši del Sredozemskega morja je izpostavljen visokim letnim nihanjem fizikalnih dejavnikov, kot sta temperatura in slanost. Njegova izrazita plitkost (< 30 m), močna plastovitost, velik vpliv deloma onesnaženih rečnih pritokov skupaj z vplivom turizma in komercialnega ribolova prispevajo k temu, da je klasični primer ogroženega morskega ekosistema. Severni Jadran

je tudi občutljiv za dejavnike, kot so pomanjkanje kisika in produkcija morskega snega, ki so se v zadnjih letih pojavljali v dramatičnem obsegu (Stachowitsch & Fuchs, 1995).

Kljub zgoraj navedenim nestabilnostim ima sublitoralno mehko dno Severnega Jadrana dobro razvite bentoške združbe. Na tem območju so bentoške združbe že skoraj stoletje razlog za raziskave. Teh združb ne sestavlja le dobro razvita infavna, marveč tudi značilna makroepifavna (Orel & Mennea, 1969). V makroben-

toški favni dobršnega dela Tržaškega zaliva je še v prvi polovici sedemdesetih let prevladovala združba *Ophiothrix-Reniera-Microcosmus* (O-R-M), poimenovana po treh dominantnih rodovih, kačjerepu *Ophiothrix*, spužvi *Reniera* in kozolnjaku *Microcosmus* (Fedra et al., 1976). Ta združba je sestavljena predvsem iz mobilnih in sesilnih filtratorjev ali suspenzofagov, ki so agregirani v tako imenovane multispecifične agregate (Stachowitsch & Fuchs, 1995). Med ekološkimi raziskavami v sedemdesetih so ugotovili, da združba O-R-M ohranja stabilno biomaso in strukturo. Združba igra pomembno vlogo pri stabiliziranju celotnega ekosistema s tem, ko odstranjuje suspendiran material iz vodnega stolpca in ga skladišči v obliki bentoške biomase (Ott & Fedra, 1977; Ott, 1981).

Vrsta novejših motenj, ki vključujejo tudi pomanjkanje kisika in masiven razvoj morskoga snega, je prekoračila funkcijo stabiliziranja in vodi k propadu bentosa (Stachowitsch, 1984). Ta proces je v vedno večji povezavi z eutrofikacijo (Rosenberg, 1985; UNESCO, 1988).

Medtem ko so take motnje vidne v pelaškem sistemu v obliki zmanjšane prozornosti, spremembi barve vode, površinskih slojev mukusa in drugih kratkoročnih dogajanj, pa so posledice na bentosu veliko bolj daljnosežne. Dolgoročne studije so potrebne za ugotavljanje posledic takih motenj v bentosu in določanje, kako različne kratkoročne motnje vplivajo na celotni sistem (Stachowitsch & Fuchs, 1995).

Povprečna biomasa makrobentoške favne v sedemdesetih je bila na globinah okoli 20 m 370 (± 73) g/m² mokre teže (Fedra et al., 1976). Toda že tedaj so raziskovalci MBP Piran na nekaterih predelih, predvsem v globljih kotanjah osrednjega dela zaliva, naleteli na območja, ki so bila bistveno redkeje naseljena (biomasa pod 10 g/m²) in leta 1974 zasledili tudi manjšo lokalno anoksijo s poginom makrofavne kot njeno skrajno posledico (Avčič et al., 1979).

Hipoksije ($O_2 < 2$ mg/l) in anoksije ($O_2 < 0,2$ mg/l) so zmanjšane količine kisika v vodi. V Tržaškem zalivu so v zadnjih dvajsetih letih po podatkih MBP skoraj vsakoleten pojav. V tem obdobju je bilo nesporno ugotovljeno najmanj pet hipoksij večjega ali manjšega obsega, in sicer v letih 1974, 1980, 1983, 1987 in 1990. Posebno dve (leta 1983 in 1990) pa sta bili usodni za preživetje bentoške favne v Tržaškem zalivu, ko je zaradi pomanjkanja kisika v globini pod izobato 20 m poginila praktično vsa makrofavna razen nekaj redkih, mobilnejših oz. hitro gibljivih vrst, ki se jim je še uspelo pravočasno umakniti iz ogroženega območja v plitvejšo vode bliže obali. Močno prizadeta je bila tudi meiofavna, ki se je v primeru iz leta 1983 za kratek čas številčno prepolovila (Stachowitsch, 1984; Vuković et al., 1984; Faganeli et al., 1985).

Opazovano zaporedje sprememb v vedenju v razmerah eutrofikacije dovoljuje razporeditev favne, ki jo preučujemo, v občutljive in odporne vrste. Te spre-

membe v vedenju so lahko tudi pomemben kazalec trajanja in obsega procesov pomanjkanja kisika v morju (anoksije in hipoksije). Postmortalna odsotnost občutljivih vrst označuje milejše razmere, umrljivost odpornejših vrst pa kaže na ostrejšje razmere. Obnavljanje take združbe poteka zelo počasi (Stachowitsch, 1992).

Bentoške združbe imajo torej pomembno vlogo pri eutrofizaciji. Po eni strani blazijo posledice kopičenja nutrientov ("naravna kontrola eutrofizacije") s tem, da filtrirajo plankton iz vode (Officier et al., 1984), po drugi strani pa spremembe lastnosti teh stabilnih združb lahko zagotovijo zaznavo motnje še po dolgem času, kar je merilo za stopnjo obalne eutrofizacije (Stachowitsch, 1992).

Hipoksije oz. anoksije se vedno pojavijo pozno poleti oz. zgodaj jeseni. S tem je povezan začetek poskusa v septembru.

Občasno pomanjkanje kisika v obalnih morjih, ponavadi v sloju tik nad dnom, je pojav, o katerem vse pogosteje poročajo iz najrazličnejših predelov sveta (Thomas & White, 1969; Forster, 1979; Zarkanellas, 1979; Stefanon & Boldrin, 1982; Rachor & Albrecht, 1983; Tyson & Pearson, 1991; Orel et al., 1993). Večina avtorjev opozarja na tesno povezavo med eutrofizacijo obalnih voda ter nastankom, trajanjem in pogostostjo pojavljanja anoksij. Vsi tudi opozarjajo na pomen in vlogo, ki jo ima pri tem povečana primarna produkcija organske snovi v pelaškem sistemu, ki se med drugim kaže v obliki vse dalj časa trajajočih in vse pogostejših fitoplanktonskih "cvetenj".

Eksperimentalno delo smo opravili v okolju, za katero so značilne občasne anoksije. Naš cilj je bil preučiti osnovne faze ponovne naselitve bentoške favne iz pelaškega sistema z uporabo izpostavljenih vzorcev predhodno zamrznjenega sedimenta.

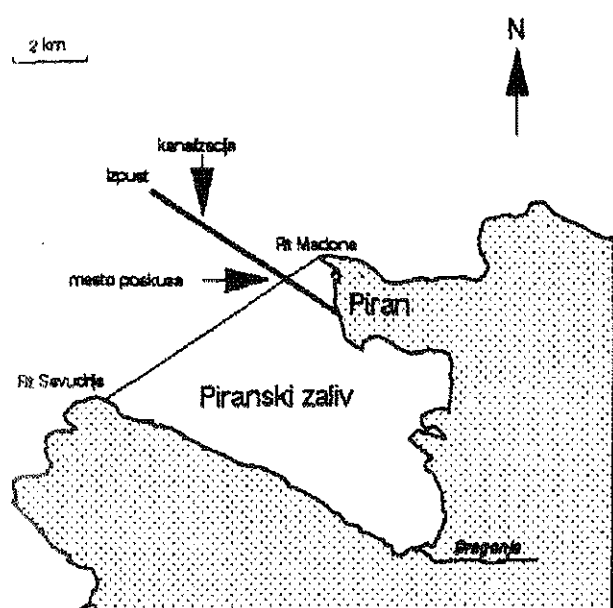
Osnovni cilj raziskave je bil posvečen nekaterim vprašanjem procesa obnavljanja (ponovne naselitve) združb sedimentnega dna.

Predpostavili smo, da se sedanja združba sicer obnavlja tudi z usedanjem larvalnih stadijev vrst iz pelagiala ter številnih drugih vrst, vendar te zaradi novonastalih razmer ne morejo odrasti, torej preživeti kritične postlarvalne in juvenilne faze, ter da je dotok vrst, ki naseljujejo izpraznjeni substrat, močno odvisen od sezonskih nihanj.

V tem članku so predstavljeni preliminarni rezultati mesečnega naseljevanja predhodno zamrznjenih morskih sedimentov.

OPIS RAZISKOVALNEGA OBMOČJA

Območje poskusa leži na jugovzhodnem obrobju Tržaškega zaliva. Geografske koordinate mesta poskusa so 45° 31,8' in 13° 33,2', globina morja na tem mestu pa je okoli 24 m.



Sl. 1: Prikaz raziskovalnega območja z označenim mestom poskusa.

Fig. 1: Study area with the experiment site.

Tržaški zaliv ima površino približno 500 km², približno petina je plitvejša od 10 m, tako da je njegova prostornina le okoli 9,5 km³. Zaradi plitvosti, majhne vodne mase in izoliranosti obalnega morja ima klima izdaten in hiter vpliv na toplotne razmere. Močno ohlajanje pozimi in ogrevanje poleti doseže tudi plitvo dno.

V topleni delu leta ločimo značilno obdobje termične plastovitosti (april - september), v katerem je temperatura nad termoklino 18-26 °C, v pridnenih slojih pa se vzdržuje temperatura 12-17 °C.

Razpon toplotnih pogojev za bentoške združbe Piranskega zaliva je v povprečnem letnem ciklusu 6-20 °C, kar zahteva veliko ekološko toleranco združb in njihovih elementov.

Temperatura poleg drugih biokemičnih procesov odločilno vpliva na zalogo raztopljenega kisika v vodnem stolpcu. V poznojesenskem obdobju lahko pride do pomanjkanja kisika v pridnenem sloju v globinah okoli 24 m deloma tudi zaradi visokih temperatur vodnega stolpca, ki zmanjšajo topnost kisika.

Mesto poskusa je bilo na prehodu glinasto-muljastega dna v školjčno-detritično dno. V združbi glinasto-muljastega dna alg tako rekoč ni, prevladujejo pa mehkužci (značilen predstavnik je polž *Aporrhais pespelecani*), brizgači (*Holothuria tubulosa*) in mnogoščetinci, predvsem *Maldane glebitex* (Ogorelec et al., 1988). Značilna je tudi popolna odsotnost spužev in plaščarjev, ki nikdar ne naseljujejo tega tipa dna (Avčič et al., 1973). Ta združba prehaja v združbo školjčno-detritičnega dna, sestavljena iz pretežno filtratorskih

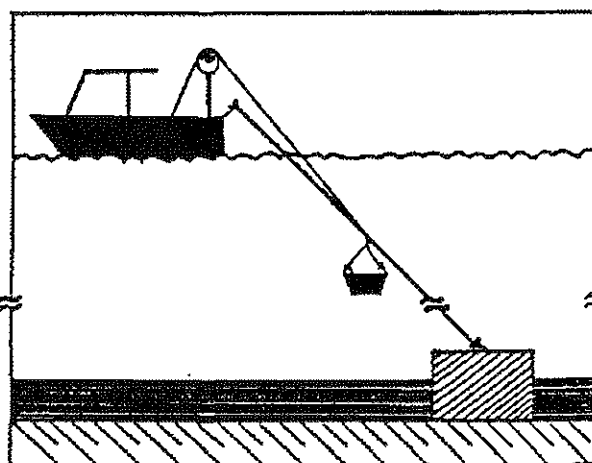
vrst organizmov. Pred pomorom leta 1983 je bila to združba O-R-M, v kateri so prevladovala vrsta kaccjerepov *Ophiothrix quinquemaculata*, spužva *Reniera sp.* in kozolnjaki iz rodu *Microcosmus* (Avčič & Vrišer, 1983). Združba O-R-M se po anoksiji leta 1983, ko je bila uničena, ni več obnovila. Vzpostavlja se le osiromašena različica nekdanje združbe.

Mesto poskusa je ležalo na točki, kjer spojnica dveh rtov (Rt Madona in Rt Savudrija) seka cevovod čistilne naprave piransko-portoroških odpadkov (slika 1). To lokacijo smo izbrali iz več razlogov: zaradi lažje orientacije in iskanja mesta poskusa ter predvsem zato, da nam ne bi poskusa uničili ribiči med kočarjenjem.

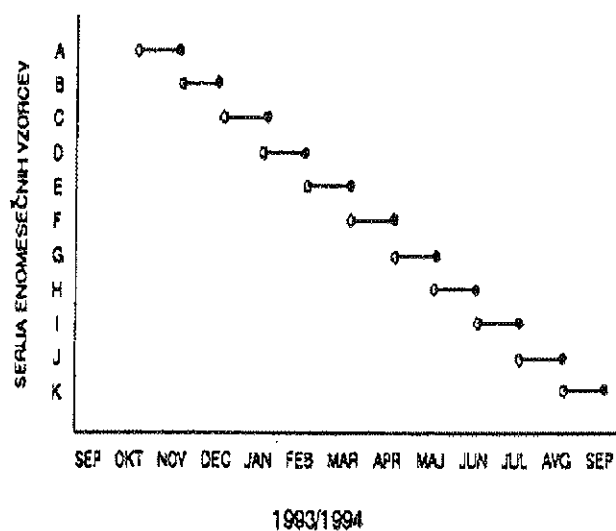
MATERIAL IN METODE

Sediment, ki je rabil kot substrat za naseljevanje, smo odvzeli na isti lokaciji, kjer je kasneje potekal poskus. S tem sedimentom smo napolnili eksperimentalne posode do približno 4 cm pod robom. Tako pripravljen substrat v posodah smo nato zamrznili pri temperaturi -30 °C. Substrat je bil zamrznjen najmanj en teden (pa do uporabe vsak mesec). Še zamrznjenega smo položili v morje.

Z zamrzovanjem smo uničili osebke makrobentoskih in drugih organizmov, ker smo želeli spremljati naseljevanje sedimenta brez živih organizmov. Eksperimentalne posode iz plastike so bile okrogle, visoke 20 cm, s premerom 36 cm in z odprtino površine 1018 cm². Eksperimentalne posode s sedimentom smo v morje spuščali in dvigovali ročno z "žičnico", to je vrvi, ki smo jo na enem koncu pripeli na čoln in na drugem na betonski blok kanalizacijske cevi na morskem dnu (slika 2). Po vrvi smo nato previdno spustili eksperimentalno posodo na dno in potapljač jo je odnesel na vnaprej določeno mesto, kjer je ostala en mesec.



Sl. 2: Način postavljanja eksperimentalnih posod.
Fig. 2: Placing of experimental containers pattern.



Sl. 3: Vzorčevalni protokol.
Fig. 3: Sampling protocol.

Konec septembra 1993 smo namestili prvo od dvanajstih eksperimentalnih posod, nato pa še vsak naslednji mesec po eno. Časovno zaporedje postavljanja vzorcev v morje je prikazano na sliki 3 (o - vzorec položen v morje, ● - vzorec odvzet iz morja, A-K - vzorci). Žal smo prvi vzorec (oktober 1993) izgubili, tako da serija enomesečnih vzorcev ni popolna.

Vzorce smo dvigovali iz morja po "žičnici" s škripcem. Preden smo posodo začeli dvigovati, smo jo pokrili z zaščitnim pokrovom. Posode pokrivali zato, da se substrat med dvigovanjem ni izpral zaradi turbulence, ki je pri tem nastajala.

Iz vsake eksperimentalne posode smo z lopatko odvzeli 10 cm debel zgornji sloj sedimenta in ga fiksirali s formaldehidom. Fiksirani sediment smo z vodnim curkom sejali skozi siti z odprtinami 1 mm in 0,5 mm. Organizme, ki so ostali na sitih, smo pobrali in taksonomsko določili do vrst, rodov ali višjih sistematskih skupin. Organizme smo določevali z uporabo dostopnih taksonomskih ključev in primerkov iz referenčne zbirke MBP. Določevanje je bilo zvečinoma težavno, predvsem zaradi mladostnosti in pretežne poškodovanosti osebkov. Zaradi izjemne zahtevnosti določevanja mnogocetincev, ki bi zahtevala sodelovanje specialista, le-teh nismo natančneje taksonomsko obdelali.

Taksonomsko obdelani material smo prešteli, razen skupin Hydrozoa (Thecophora, Athecata), Bryozoa in Ascidiacea, pri katerih smo označili le njihovo pojavljanje s št. os. = 1.

Na podlagi Jacquardovega (JC) indeksa podobnosti, ki temelji na številu skupnih vrst, smo analizirali podobnost med eksperimentalnimi posodami (med vzorci). Ker vsi osebki niso bili določeni do ravni vrste, smo namesto števila skupnih vrst vzeli skupno število vseh

živalskih skupin (do katerih smo jih določili). Primerjali smo po dva in dva vzorca. Na podlagi dobljenih vrednosti JC indeksa smo naredili trellis diagram, ki nam grafično podaja podobnost med posameznimi vzorci.

$$JC = \left(\frac{c}{a + b + c} \right) * 100$$

- a - število vrst, ki so samo v vzorcu a
- b - število vrst, ki so samo v vzorcu b
- c - število skupnih vrst v vzorcu a in b

REZULTATI

Zaradi mladostnih in poškodovanih organizmov ter zaradi tega nastalih težav pri določevanju so bile taksonomske determinacije zbranih živali neizogibno nepopolne. Rezultati o številčnosti posameznih skupin niso zajeli podatkov o skupinah, katerih pojavljanje smo označevali s št. os. = 1. Iz enomesečnih vzorcev je razvidno, kateri organizmi so se naseljevali v posameznih obdobjih leta in v katerih obdobjih oz. mesecih je bila gostota naseljevanja največja. Enomesečni vzorci torej kažejo intenziteto in čas, v katerem so prehajale določene skupine živali iz pelaškega v bentoški sistem, oziroma nam podajajo naselitvena obdobja določenih skupin.

V tabeli 1 je seznam vseh določenih skupin ter njihovo pojavljanje v posameznih vzorcih serije enomesečnih vzorcev. Določili smo 12 različnih živalskih redov (PLATYHELMINTHES - Turbellaria; CNIDARIA - Hydrozoa; ASCHELMINTHES - Nematoda; NEMERTINA; MOLLUSCA - Gastropoda, Bivalvia; ANNELIDA - Polychaeta; ARTHROPODA - Crustacea; TENTACULATA - Bryozoa; CHAETOGNATHA; ECHINODERMATA - Ophiuroidea, Echinoidea; TUNICATA - Ascidiacea; VERTEBRATA - Pisces).

Številčno najbolj pogosta skupina so bili mnogocetinci (2295 osebkov), ki so sestavljali 60,2% vseh prešteti osebki serije enomesečnih vzorcev. Sledili so raki s 30,4%, školjke s 4,7%, kačjerepi z 2,2% in polži z 0,7% vseh osebki. Med raki so bili najpogostejši predstavniki družine Gammaridae s 13,3% vseh osebki. Najštevilčnejši rod med delno določenimi organizmi je bil rod *Ampelisca* (Gammaridae) z 227 osebki.

Organizmi različnih skupin imajo naselitvena obdobja v različnih obdobjih leta, zato smo vsak mesec dobili drugačno vrstno sestavo.

Iz rezultatov vidimo, da so se nekatere skupine živali pojavljale v vzorcih skozi vse leto, druge le sezonsko v posameznem obdobju leta, nekaj pa smo jih našli posamično.

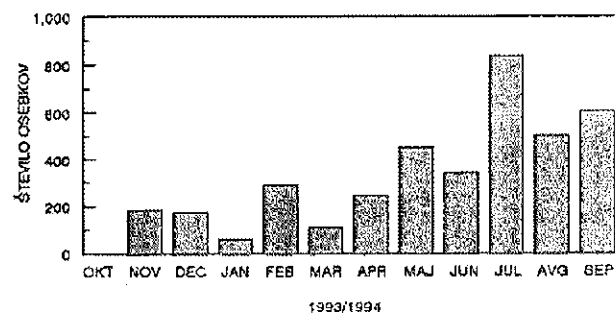
SKUPINA	A nov	B dec	C jan	D feb	E mar	F apr	G maj	H jun	I jul	J avg	K sep	skup. št.os.
PLATYHELMINTHES												
TURBELLARIA											2	2
CNIDARIA												
CHIDARIA juv.											2	2
HYDROZOA												
Thecaphora		1	1	1	1	3			1	1		1
Athecata											1	1
ASCHELMINTHES												
NEMATODA			1	1	10	9					2	23
NEMERTINA	8			4	3				2	1		18
MOLLUSCA												
GASTROPODA												
GASTROPODA juv.						1		5	3	3	4	16
Truncatulopsis trunculus							1		1			2
Rissoiidae sp. A									1	4		5
Rissoiidae sp. B										1		1
Opisthobranchia									1			1
BIVALVIA												
BIVALVIA juv.				1		5	1	66	20	18	40	160
Pectinidae									5		6	11
Prana nobilis				1								1
Ostrea sp.											1	1
Solenidae		1									6	7
ANNELIDA												
POLYCHAETA	161	136	22	176	36	192	392	192	554	206	228	2295
ARTHROPODA												
CRUSTACEA												
Ostracoda	1	6	23	60	23	17	18	1	2	8	9	173
Copepoda-Harpacticoida				2	13	6	8	2	9	39	2	83
Malacostraca juv.									4			4
Nebalia bipes		4	2	20	1							27
Decapoda juv.		1										1
Anomura juv.									1			1
Paguridea											1	1
Pisidia longimana							1					1
Brachyera juv.								2			4	6
Macrura juv.								3	10	7	8	28
Processa sp.		1										1
Mydidae			1	1				7	36	10	9	64
Cumacea juv.		3	1					2		12	13	31
Cumella sp.										2	3	5
Cumella lineicola		1	2	2								5
Diasyllis sp.		3			2	1	6	1	32	15	11	71
Diasyllis rugosa				2								2
Bodotia sp.					1				2	6	11	20
Iphinoe sp.	1	6		3	10	1	1	1	12	7	9	52
Leucon sp.							1					1
Anisopoda			1	1				2	3	19	29	55
Isopoda juv.								1		1	1	3
Cirralia borealis						1				1		2
Sphaeroma serratum		1										1
Gnathia sp.								1	2		3	6
Caprellidae				1	1			1	3		1	7
Gammaridae juv.	1	5	7	4	5	1	2	9	28	42	34	138
Ampelisca sp.	13	13		7	2	11	8	22	38	43	70	227
Leucithoe sp.				3					4	1	4	12
Oediceroidae					2		6	14	24	26	13	87
Gammaridae sp. A							6	2		12	24	44
TENTACULATA												
BRYOZOA												1
CHAETOGNATHA			1		3			6	9	2	2	23
ECHINODERMATA												
OPHUROIDEA juv.				1	1			2	15	12	53	84
ECHINOIDEA juv.								2				2
EUNICATA												
ASCIDIACEA									1			1
VERTEBRATA												
PISCES												
Pleurometiformes juv.									1			1
VŠOTA OŠEBKOV	188	179	62	291	114	347	453	345	857	503	607	3816
ŠT. RAZLIČNIH SKUPIN	7	13	11	19	16	12	13	23	28	26	33	54

* Vrednost, ko nismo upoštevali skupin, katerih pojavljanje je bilo označeno s št. os. = 1 (take so bile Hydrozoa - Thecaphora in Athecata, Bryozoa ter Ascidiacea).

Tabela 1: Seznam vseh določenih skupin, rodov in vrst ter njihovo pojavljanje v seriji enomesečnih vzorcev (št. os. je podano na površino odprtine eksperimentalne posode 1018 cm²).

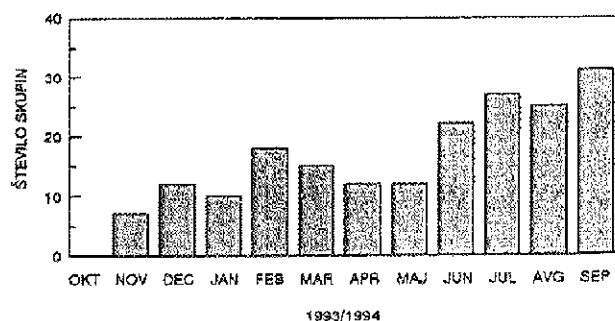
Table 1: List of all the observed taxa, genera and species, as well as their occurrence in a monthly sample series (No. of individuals per 1018 cm², the surface area of the mouth of experimental container).

Pojavljanje večjega števila osebkov istih skupin skozi vse leto oz. pojavljanje določenih skupin v posameznih sezonah je odvisno od njihove ekološke in fiziološke evrivalentnosti oz. stenovalentnosti. Število osebkov, ki so se naselili v posameznem mesecu, se je med letom spreminjalo. Iz tega lahko razberemo, kdaj v letu so bila glavna naselitvena obdobja.



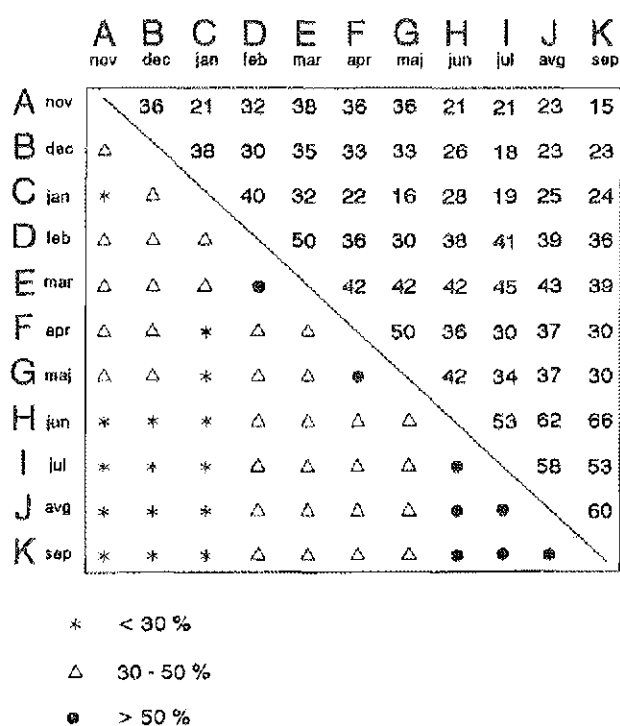
Sl. 4: Dinamika celokupne abundance v 12-mesečnem obdobju.

Fig. 4: Total abundance dynamic in 12-monthly period.



Sl. 5: Dinamika števila različnih skupin živali v 12-mesečnem obdobju.

Fig. 5: Variation in the number of different animal taxa in 12-monthly period.



Sl. 6: Grafični prikaz podobnosti med posameznimi vzorci na osnovi Jacquardovega indeksa podobnosti.

Fig. 6: Graphical presentation of similarity according to Jacquard index.

Najmanjše število osebkov smo našli januarja (62). Od januarja do februarja je število nekoliko naraslo (291), vendar je marca ponovno upadlo (114). Od marca do maja je število osebkov naraščalo, junija je sledil rahel padec, julija pa je bilo doseženo največje število osebkov (837). Število osebkov je nato upadalo proti zimskim mesecem (slika 4).

Dinamiko števila osebkov med letom so motile skupine, ki niso bile štete, tako da smo njihovo pojavljanje označili le s št. os. = 1. Take so bile Hydrozoa (Thecophora, Athecata), Bryozoa in Ascidiacea.

Nizko število različnih živalskih skupin je lahko kazalec stresnih razmer oz. nasprotno, klimaks stanja, če je vstna pestrost relativno visoka.

V naših vzorcih smo ugotovili največ različnih skupin živali septembra (33). Manjši vrh je bil tudi februarja (19). Najmanjše število različnih skupin pa je bilo novembra (7) (slika 5).

S trellis diagramom smo grafično prikazali podobnost (na osnovi Jacquardovega indeksa podobnosti) med posameznimi eksperimentalnimi posodami - vzorci (slika 6).

Največjo podobnost smo opazili med vzorci, ki so bili izpostavljeni v poletnih mesecih, najmanjšo pa med vzorci poletnih mesecev H, I, J in K v primerjavi z vzorci zimskih mesecev A, B in C, kar je razumljivo, saj se pozimi naseljujejo druge vrste kot poleti.

RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

Bentoške združbe Tržaškega zaliva, različne asociacije spužev, mehkužcev, kačjerepov in plaščarjev, so bile po prvem množičnem poginu bentoških organizmov leta 1983 še večkrat prizadete zaradi anoksij.

Za preučevanje možnosti ponovne naselitve izpraznjenega biotopa, tipičnega sedimentnega biotopa, prizadetega z anoksijo, smo večje posode, napolnjene s sedimentnim materialom, ki smo ga pred poskusom globoko zamrznili, izpostavili naseljevanju larv, rib in plezajočih organizmov.

Eksperimentalne posode so bile v združbi mehkega dna tuj element in kot take so pomenile "sekundarno trdo dno", zato so se nanje naseljevali povsem drugi organizmi. To so bile razne alge, od živali pa so bili zelo pogosti mnogoščetinci *Pomatoceros triqueter*, različni mahovnjaki in živali, ki plezajo po posodah. Živali, ki so priplezale v posode iz okolice, so motile rezultate. Tak primer je bil majski enomesečni vzorec, v katerem smo našli odraslega polža *Trunculariopsis trunculus*, za katerega smo prepričani, da ni zrasel do take velikosti v enem mesecu. Efektu "sekundarnega trdega dna" bi se izognili, če bi eksperimentalne posode vkopali ali pa bi jih nekoliko dvignili z dna. S slednjim bi preprečili plezanje po posodah oz. naseljevanje odraslih živali z dna, ki bi motile rezultate, v določenih primerih pa bi lahko pomenile plenilca ali tekmeca organizmom, ki bi se naseljevali v eksperimentalne posode iz pelaškega sistema. Z vkopavanjem posod pa bi se izognili le zaraščanju posod.

Poseben problem so bili glavači (*Gobius*). Poskus so motili tako, da so iz eksperimentalnih posod dobesedno izvrgli del substrata, da so v njih naredili "gneздо", in se nato naselili v njem. S tem ko so izvrgli del substrata, so izvrgli tudi vse tiste organizme, ki so se naselili v tistem delu substrata. Zaradi tega so bili nekateri vzorci nepopolni. Ribe iz rodu *Gobius* so se pojavljale meseca maja, junija in julija 1994.

Negativnemu delovanju teh rib na naše vzorce bi se lahko izognili, če bi na eksperimentalne posode pritrdili zaščitno mrežo z dovolj majhnimi odprtini, da ribe ne bi mogle skozi, vendar z dovolj velikimi, da bi se lahko nemoteno naseljevali organizmi iz pelaškega sistema. S pritrditvijo zaščitne mreže z odprtini primerne velikosti bi preprečili tudi naseljevanje odraslih živali z morskega dna. Vendar bi mreža pomenila tudi past za različne snovi in bi preprečevala normalno cirkulacijo vode in snovi v njej.

Interpretacijo vseh rezultatov, kjer smo uporabili število vseh osebkov, so motile skupine, katerih pojavljanje je bilo označeno s št. os. = 1, ne glede na dejansko število pojavljajočih se osebkov. Take skupine so bile Hydrozoa (Thecophora, Athecata), Bryozoa in Ascidiacea.

V seriji enomesečnih vzorcev so po številu osebkov

prevladovali mnogoščetinci, sledili so jim raki, školjke, kačjerepi in polži. Med raki so bile najpogostejše postrance (Gammaridea, Amphipoda). Upošteva je nepopolne determinacije je bil najbolj številčen rod prav gotovo rod *Ampelisca* (Gammaridae).

Za skupine živali, ki so se pojavljale vse leto (v vseh vzorcih), lahko rečemo, da so zelo prilagodljive, saj jim spreminjanje raznih dejavnikov okolja med letom očitno ne preprečuje, da bi se uspešno razmnoževale ali naseljevale vse leto. Take so bile: *Thecaphora*, *Polychaeta*, *Ostracoda*, *Copepoda-Harpacticoida*, *Iphinoe sp.*, *Gammaridae* juv. in *Ampelisca sp.*

Nasprotno pa so nekatere skupine živali izkoristile ugodne razmere, ki so bile na voljo v posameznih obdobjih in so se pojavljale v večjem številu le v določenem obdobju leta. Take so bile: *Nematoda*, *Nemertina*, *Gastropoda* juv., *Bivalvia* juv., *Pectinidae*, *Solenidae*, *Nebalia bipes*, *Macrura* juv., *Mysidacea*, *Cumacea* juv., *Diastylis sp.*, *Bodotria sp.*, *Anisopoda*, *Leucothoe sp.*, *Oediceroidae*, *Gammaridae* sp. A, *Chaetognatha* in *Ophiuroida* juv.

Zaradi mladostnosti in poškodovanosti organizmov, torej zaradi izjemne težavnosti določevanja takih organizmov, so bile naše določitve nepopolne in organizmov nismo določili do enakega taksonomskega nivoja. To je vplivalo na dinamiko abundance različnih skupin živali in na rezultate Jacquardovega indeksa podobnosti, ki praviloma temelji na številu vrst, vendar smo namesto števila vrst uporabljali število skupin. Največjo podobnost med enomesečnimi vzorci smo iz

vrednosti Jacquardovih indeksov podobnosti ugotovili v obdobju največje naselitve (poletni meseci).

Pojavljanje različnih skupin živali v vzorcih nam da podatke o dinamiki naseljevanja določene skupine oz. o času in intenziteti naseljevanja neke skupine iz pelagega v bentoški sistem. Larve bentoških organizmov so se naseljevale predvsem od maja do septembra 1994. Izrazito zimsko naselitveno obdobje smo opazili le pri skupini *Ostracoda* ter vrstah *Nebalia bipes* in *Cumella limicola*.

Mesečna naselitev sedimenta, na osnovi celotne opazovane številčnosti vseh opazovanih vrst, je bila veliko hitrejša spomladi in poleti proti koncu poskusa kot jeseni in pozimi na začetku poskusa. Zelo očiten višek mesečne naselitve, predvsem različnih vrst mnogoščetincev, je bil julija 1994.

Primerjava dela in rezultatov tega poskusa z diplomsko nalogo Sonje Camlek, ki je imela podobno tematiko (Camlak, 1977), nam pokaže, da je tako v njenih kot v naših vzorcih prevladovala skupina mnogoščetincev, nekatere skupine so se pojavljale v vzorcih vse leto, druge le sezonsko, nekatere pa samo posamično. Tudi viški naselitvenih obdobj so bili v istem obdobju leta.

V vseh vzorcih je bilo veliko juvenilnih osebkov, kar nakazuje nenehno obnavljanje združbe z usedanjem larvalnih stadijev iz pelagiala in njihov nadaljni razvoj.

Dotok skupin, ki so poselele izpraznjen substrat, je bil odvisen od sezonskih nihanj. V različnih obdobjih leta so se naseljevale različne skupine živali, zato smo vsak mesec dobili drugačno vrstno sestavo.

SUMMARY

Benthic communities in the Gulf of Trieste, diverse associations of sponges, mollusks, brittle stars and ascidians, suffered from anoxia several times after the first massive mortality of benthic organisms in 1983.

To investigate the repopulation potential of an empty biotope, a typical sediment biotope depopulated during anoxia, large containers of temporarily frozen sediment material before the experiment were exposed to settling larvae, fishes and climbing organisms. The containers were placed on the sediment bottom at the depth of 24 m.

The long-term experiments began in September 1993; the monthly experiments were carried out each month from September 1993 to October 1994.

Different containers were exposed for 1 month, when the containers were collected and organism separated from the sediment material with 1 and 0.5 mm sieves.

The monthly repopulation of the sediment, based on the observation of total abundance for all the observed species, was much faster in spring and in summer towards the end of experiment than in fall and in winter at the beginning of the experiment. A very prominent peak of monthly repopulation mostly due to different Polychaete species occurred in July 1994.

Since the monthly experiments for repopulation indicated the fastest repopulation in spring and summer we conclude that the majority of the settlements of the larvae of benthic animals occurred in May to September 1994.

LITERATURA

- Avčín, A., Keržan, I., Kubik, L., Meith-Avčín, N., Štirn, J., Tušnik, P., Valentincič, T., Vrišer, B. & Vukovič, A. (1973). Akvatični sistemi v Strunjanskem zalivu I. Mar. Sci. Contr., No. 5: 168-216.
- Avčín, A., Vrišer, B. & Vukovič, A. (1979). Ekosistemske spremembe na območju podmorskega izpusta mestnih odpadkov portoroško - piranskega omrežja. Slovensko morje in zaledje, 2-3: 281-299.
- Avčín, A. & Vrišer, B. (1983). Značilnosti združb sedimentnega dna obalnega morja Slovenske Istre na primeru Piranskega zaliva. Biol. vestn., 31 (1): 129-160.
- Camlek, S. (1977). Eksperimentalni prispevki k poznavanju strukture bentoških združb Strunjanskega zaliva. Diplomsko naloga, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, 37 s.
- Faganeli, J., Avčín, A., Fanuko, N., Malej, A., Turk, V., Tušnik, P., Vrišer, B. & Vukovič, A. (1985). Bottom layer anoxia in the central part of the Gulf of Trieste in the late summer of 1983. Mar. Pollut. Bull., 16: 75-77.
- Fedra, K., Ölscher, E.M., Scherübel, C., Stachowitsch, M. & Wurzian, R.S. (1976). On the ecology of a North Adriatic benthic community: distribution, standing crop and the composition of the macrobenthos. Mar. Biol., 38: 129-145.
- Forster, G.R. (1979). Mortality of the bottom fauna and fish in St. Austell Bay and neighbouring areas. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 59: 517-520.
- Officier, C.B., Briggs, R.B., Taft, J.L., Cronin, L.E., Tyler, M.A. & Boynton, W.R. (1984). Chesapeake Bay anoxia: Origin, development and significance. Science, 223: 22-27.
- Ogorelec, B., Mišič, M., Faganeli, J., Stegnar, P., Vrišer, B. & Vukovič, A. (1988). Recentni sediment Koprškega zaliva. Geologija, 30: 87-121.
- Orel, G. & Mennea, B. (1969). I popolamenti bentonici di alcuni tipi di fondo mobile del Golfo di Trieste. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 37 (2 suppl.): 261-276.
- Orel, G., Fonda Umani, S. & Aleffi, F. (Eds.). (1993). Ipossie e anossie di fondali marini L'Alto Adriatico e il Golfo di Trieste. Regione autonoma Friuli-Venezia-Giulia, Trst, 104 pp.
- Ott, J.A. & Fedra, K. (1977). Stabilizing properties of a high-biomass benthic community in a fluctuating ecosystem. Helgoländer wiss. Meeresunters., 30: 485-494.
- Ott, J.A. (1981). Adaptive strategies at the ecosystem level: examples from two benthic marine systems. P.S.Z.N.I., Mar. Ecol., 2: 113-158.
- Rachor, E. & Albrecht, H. (1983). Sauerstoff-Mangel in Bodenwasser der Deutschen Bucht. Weröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh., 19: 209-227.
- Rosenberg, R. (1985). Eutrophication - the future marine coastal nuisance? Mar. Poll. Bull., 16 (6): 227-231.
- Stachowitsch, M. (1984). Mass mortality in the Gulf of Trieste: The course of community destruction. P.S.Z.N.I., Mar. Ecol., 5: 243-246.
- Stachowitsch, M. (1992). Benthic communities: eutrophication's "memory mode". Science of the Total Environment. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam: 1017-1027.
- Stachowitsch, M. & Fuchs, A. (1995). Long-term changes in the benthos of the northern Adriatic Sea. Annales 7:7-16.
- Stefanon, A. & Boldrin, A. (1982). The oxygen crisis of the northern Adriatic Sea waters in late fall 1977 and its effects on benthic communities. In: J. Blanchard, J. Mair and I. Morrison (Eds.), Proceedings of the 6th Symposium of Confederation Mondiale des Activités sub-aquatique. Natural Environmental Research Council: 167-175.
- Thomas, M.L.H. & White, G.N. (1969). Mass mortality of estuarine fauna at Bideford, P.E.I., associated with abnormally low salinities. J. Fish. Res. Bd. Canada, 24: 701-704.
- Tyson, R.V. & Pearson, T.H. (Eds.). (1991). Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia. Geol. Soc. Special Publ., 380 s.
- UNESCO. (1988). Eutrophication in the Mediterranean Sea: receiving capacity and monitoring of long-term effects. UNESCO reports in marine science, 49: 195 s.
- Vukovič, A., Avčín, A., Fanuko, N., Malej, A., Stachowitsch, M., Turk, V., Tušnik, P. & Vrišer, B. (1984). Pogin bentoške favne v Tržaškem zalivu septembra 1983. III. kongres ekologov Jugoslavije, Sarajevo, Knjiga I: 477-479.
- Zarkanellas, A.J. (1979). The effects of pollution-induced oxygen deficiency on the benthos in Elefsis Bay, Greece, Marine Environ. Res., 2(3): 191-207.