

MORE IS MORE

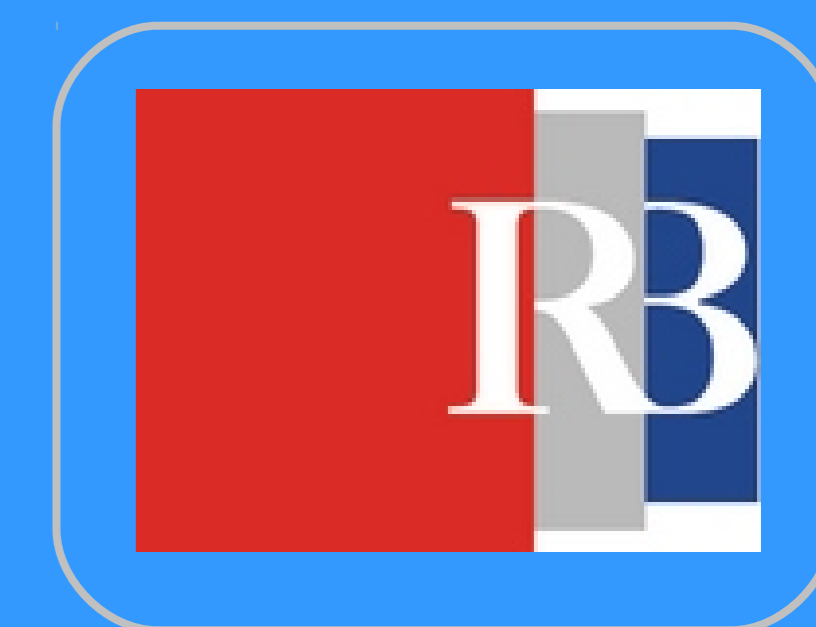
UTJECAJ OTPADNIH VODA NA BENTOSKE ZAJEDNICE – OD MIKRO DO MAKRO ORGANIZAMA

P. Paliaga¹, T. Šilović¹, B. Mikac², U. Ušić², V. Nerlović² i A. Borčić³

¹CIM-Rovinj Laboratorij za morskú mikrobnu ekologiju

²CIM-Rovinj Laboratorij za ekologiju i sistematiku bentosa

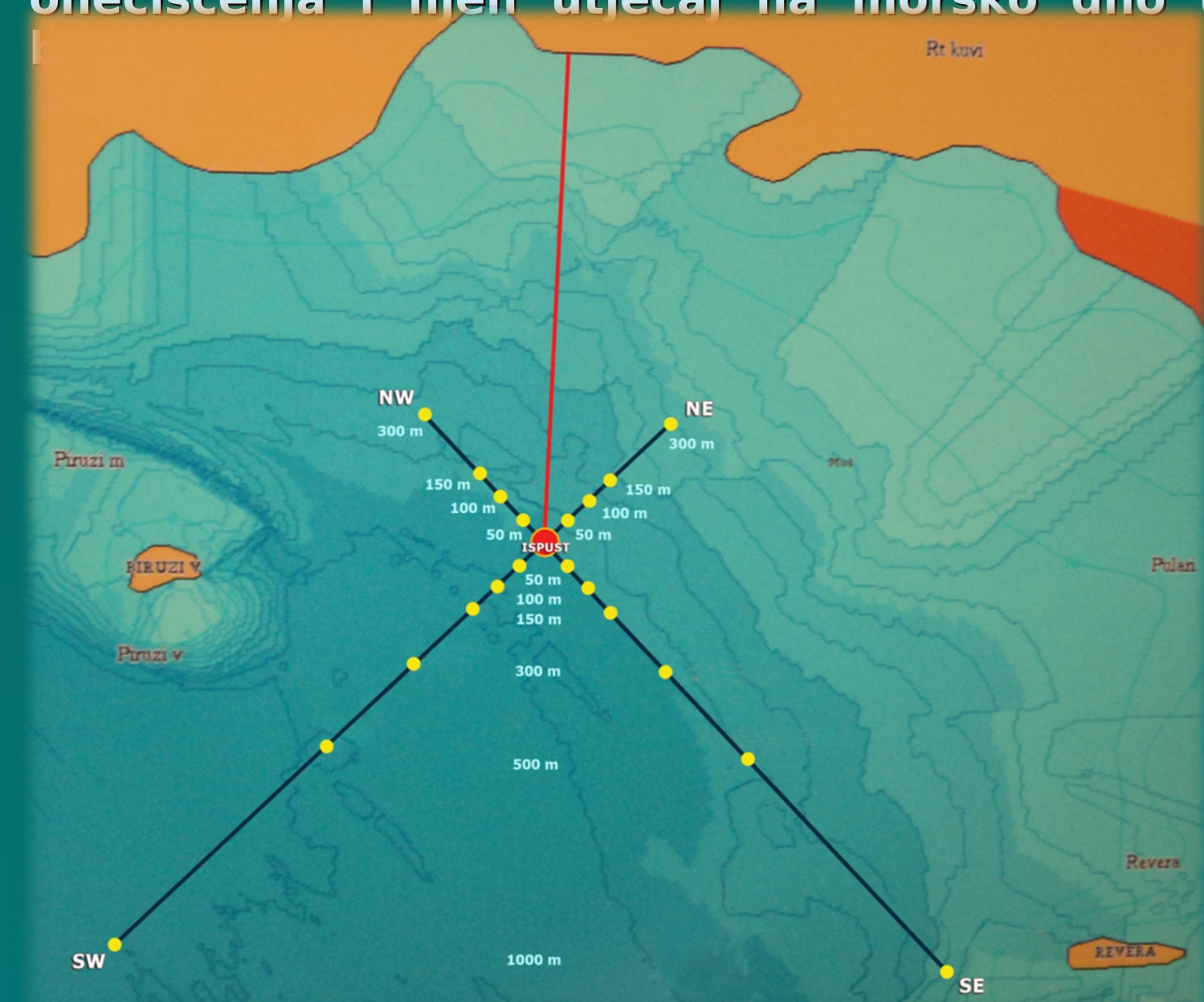
³CIM-Rovinj Laboratorij za biomineralizaciju nanostrukture i radioekologiju



UVOD

Prilobni morski sedimenti predstavljaju završno spremište za razna zagađivača koja mogu znatno utjecati na bentoske zajednice. Kroz resuspenziju ili biološku ugradnju, zagađivača se mogu vratiti u vodeni stupac ili ući u hranidbeni lanac te predstaviti rizik za ljudsko zdravlje.

Analizom kvalitativnog i kvantitativnog sastava bentoskih organizama i bakterija kao indikatora izmjerena je razina fekalnog onečišćenja i njen utjecaj na morsko dno u



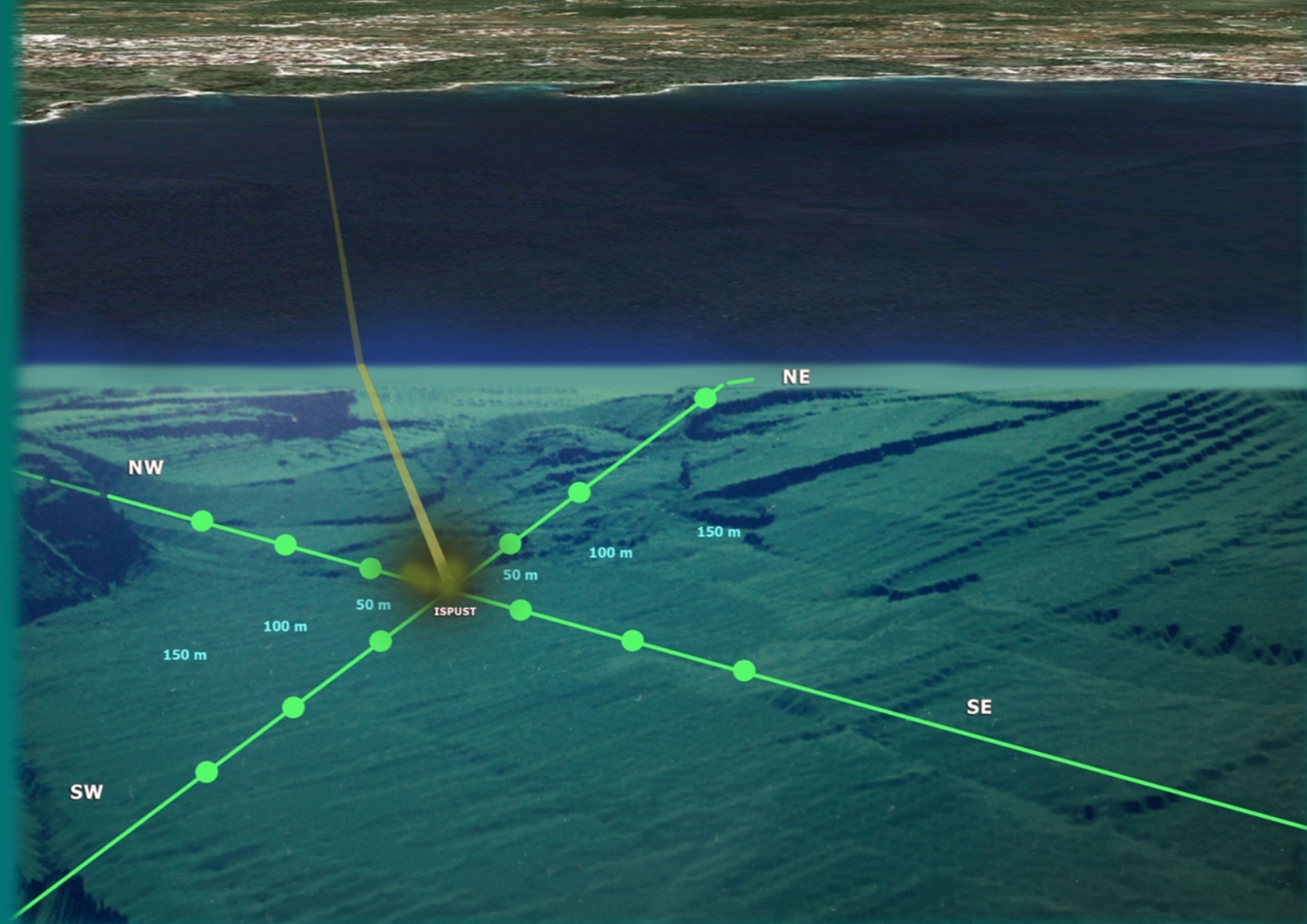
Slika 1. Pozicija ispusta u uvali Kuvi sa smjerovima uzorkovanja.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Glavni kanalizacijski ispust grada Rovinja smješten je u uvali Kuvi (slika 1 i 2). Morsko dno pod utjecajem otpadnih voda karakterizirano je sitnozrnatim sedimentom, odnosno, pjeskovitim muljem. Udio krupnije frakcije se povećava prema obali gdje prevladava muljeviti pijesak (slika 5).

Prema studiji, provedenoj 2007. godine na lokaciji u blizini ispusta, proizlazi da je ukupni transport vode u sjeverozapadnom smjeru, dok u pridonosnom sloju prevladava sjeverna komponenta strujanja slabog intenziteta.

Podmorski ispust je udaljen 830 m od obale i smješten na 27 m dubine. Oko ispusta, morfologija morskog dna je karakterizirana smanjenjem dubine prema



Slika 2. Prikaz morskog dna u neposrednoj blizini ispusta.

MATERIJALI I METODE

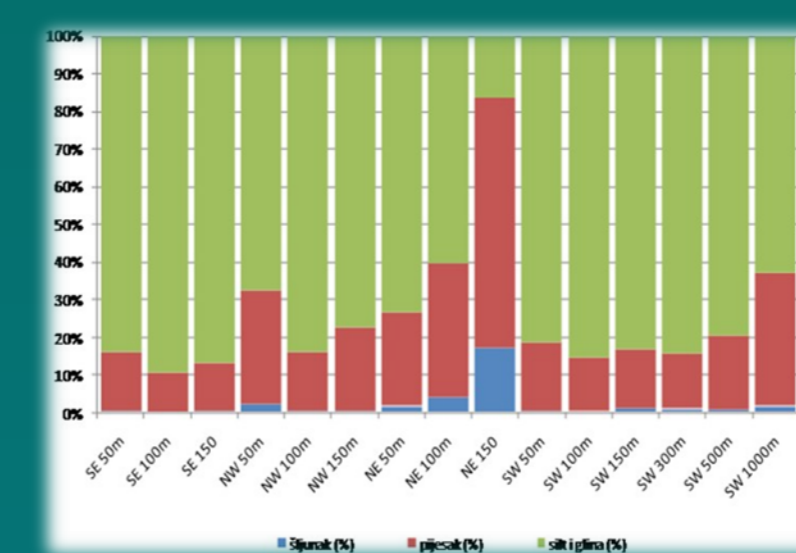
Uzorki su uzimani duž četiri profila počevši od točke ispusta prema suprotnim stranama svijeta od 50 do 300 ili 1000 m. Uzorki sedimenta su prikupljeni pomoću korera i Van-Veenovog grabila (slika 4), nakon čega su prosijani u formaldehidu i alkoholu. U laboratoriju su bentoski organizmi separirani po skupinama te izbrojani i determinirani pod binokularnom lupom (uz pomoć ključeva za determinaciju). Razina fekalnog zagađenja u sedimentima je dobivena korištenjem bakterijskih indikatora fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka, metodom najvjerojatnijeg broja (MPN; slika 3).



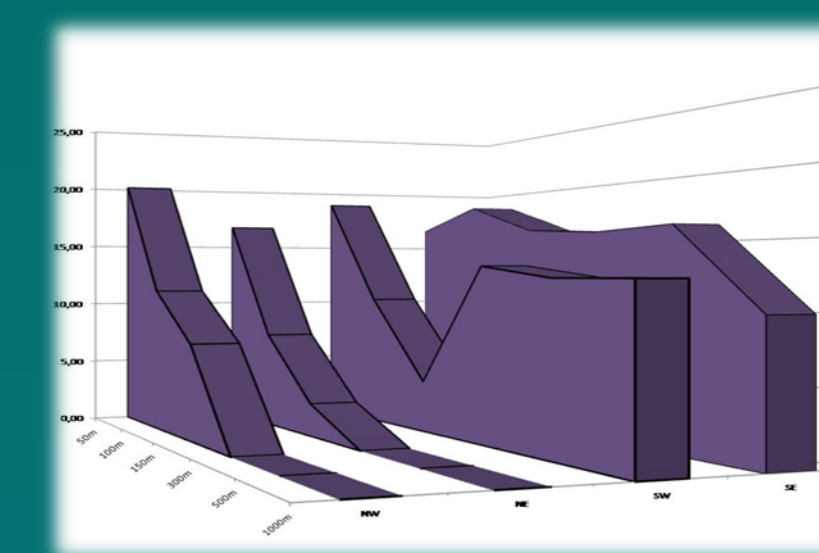
Slika 3. Kulture bakterija za MPN metodu.



Slika 4. Van - Veen grabilo.



Slika 5. Granulometrijski sastav sedimenta.



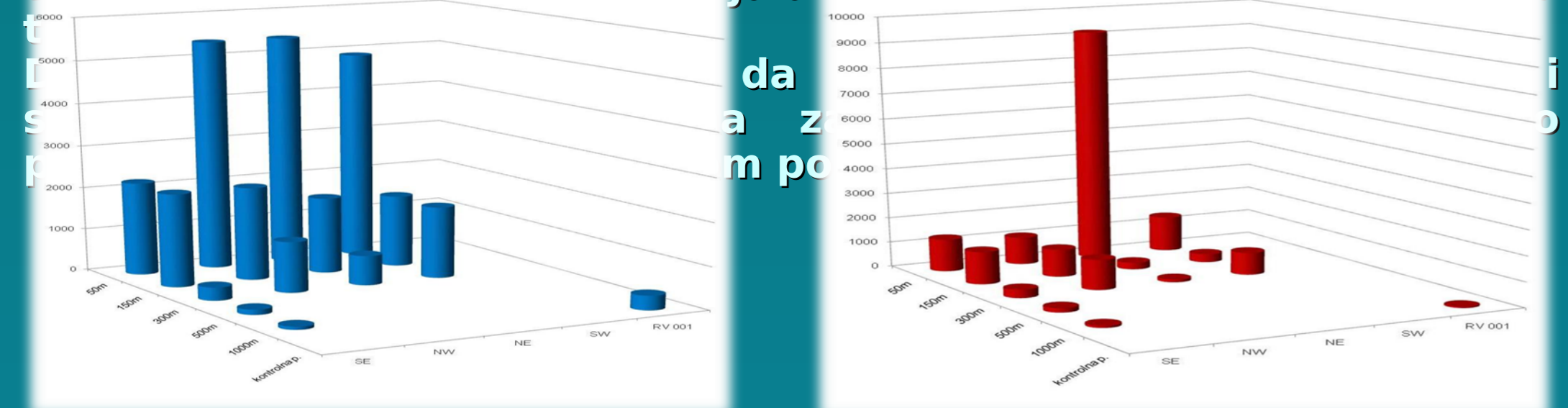
Slika 6. Udio organske tvari u sedimentu.

SANITARNA KAKVOĆA SEDIMENTA

Izmjerene koncentracije fekalnih koliforma (slika 7) i streptokoka (slika 8) pokazale su da je morsko dno na udaljenosti do 150 m jako zagađeno i da onečišćenje na većim udaljenostima opada.

Na 500 i 1000 m udaljenosti od ispusta u pravcu jugoistok razina izmjerene zagađenja slična je onoj izmjerenoj na kontrolnoj točki (4 km od ispusta). To nam sugerira da je utjecaj ispusta na morskome dnu ograničen na manje od 500 m oko ispusta. Na većini postaja koncentracije fekalnih koliforma su znatno veće od koncentracije streptokoka što pokazuje da je zagađenje uglavnom recentno.

Izrazito visoka koncentracija fekalnih streptokoka prisutna je na 50 m udaljenosti u smjeru sjeveroistok. Pretpostavlja se da je navedena pojava posljedica morfologije morskog dna čija dubina naglo opada stvarajući pogodne uvjete za akumulaciju i sedimentaciju fekalnog materijala te smanjenje njegovog transporta



Slika 7. Broj fekalnih koliforma u 100 g sedimenta i broj fekalnih streptokoka u 100 g sedimenta.

MEIOFAUNA

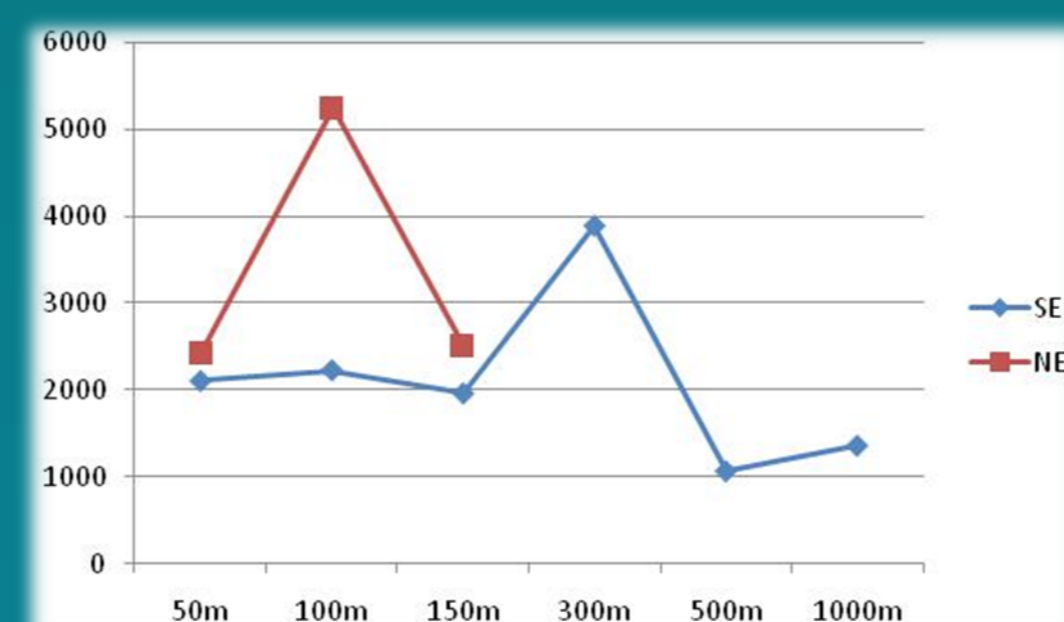
Ukupna brojnost meiofaune je izrazito visoka na svim pregledanim postajama (slika 11). Prevladavaju oblici (Nematoda, slika 9) i kopepodi (Copepoda, slika 10) s udjelima od 90 i 10 %, respektivno. Udaljavanjem od ispusta ukupna organska tvar (slika 6) se na većini postaja smanjuje, dok se ukupna brojnost kopepoda povećava što ukazuje na anoksične uvjete u blizini ispusta. Nematoda i kopepodi su najzastupljeniji na anoksičnim smjerovima u blizini ispusta.



Slika 9. Nematoda.



Slika 10. Copepoda.



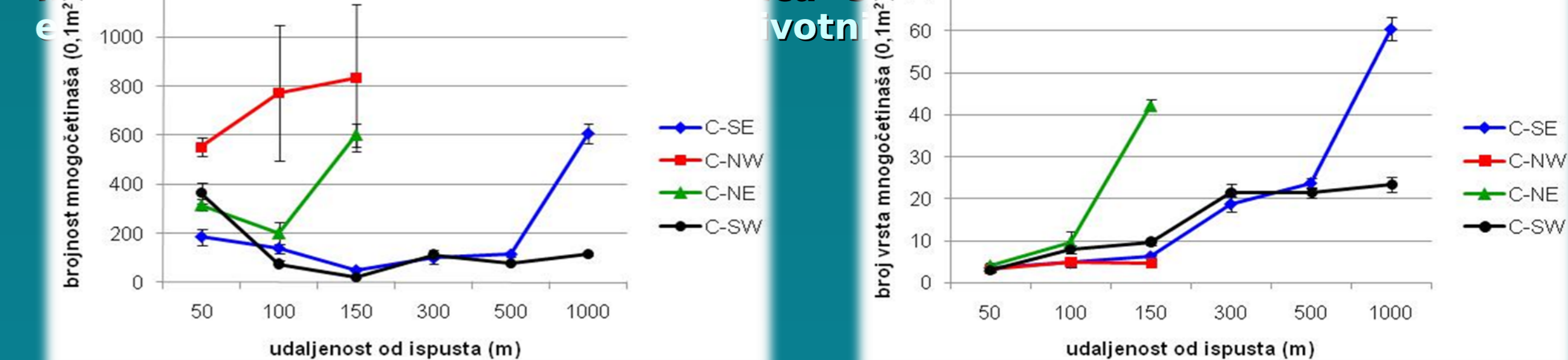
Slika 11. Brojnost i distribucija meiofaune u jugoistočnom i sjeveroistočnom smjeru.

MNOGOČETINAŠI

Utvrđeno je ukupno 141 vrsta mnogočetinaša. Postaje bliže ispustu otpadnih voda karakterizira mali broj (u prosjeku samo 3 do 4) oportunističkih vrsta (poglavito *Capitella capitata* i *Malacoceros fuliginosus*; slika 13 i 14), koje su prisutne s vrlo velikom brojnošću i dominantnošću.

Brojnost s udaljenošću od 50 prema 100 m od ispusta opada, zbog smanjenja brojnosti oportunističkih vrsta, osim u smjeru sjeverozapada (slika 12 lijevo), što može sugerirati da je upravo ovo smjer širenja onečišćenja. Broj vrsta mnogočetinaša i raznolikost s udaljenošću od ispusta raste u svim smjerovima (slika 12 desno).

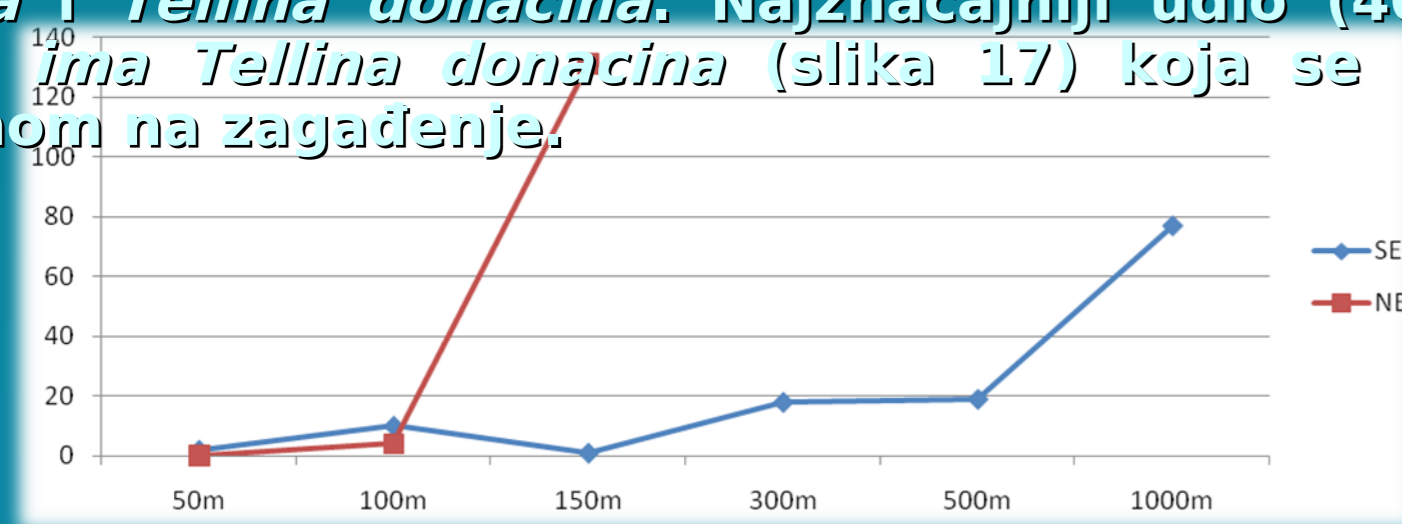
Na udaljenosti od 150 m u smjeru sjeveroistoka i 1000 m u smjeru jugoistoka zajednica mnogočetinaša karakterizirana je izrazito velikim brojem vrsta i brojnošću, što je uvjetovano prirodnim čimbenikom, tj. tipom sedimenta. Naime, na ove dvije postaje sediment je krupniji, sa znatno većim udjelom sitnozrnatih čestica silta i gline, što sugeriše veći broj



Slika 12. Brojnost (lijevo) i broj vrsta (desno) mnogočetinaša sa udaljenošću od ispusta otpadnih voda u različitim smjerovima. Vrijednosti su izražene kao srednja vrijednost između 4 grabila (0,1 m²).

ŠKOLJKAŠI

Brojnost i raznolikost školjkaša u neposrednoj blizini ispusta je jako niska te počinje rasti tek na 300 m udaljenosti (slika 15). Međutim, u sjeveroistočnom smjeru brojnost je izrazito visoka već na 150 m zbog morfologije morskog dna koja suzbija širenje zagađenja u tom smjeru. U jugoistočnom smjeru dominantne su vrste *Kurtiella bidentata* (slika 16), *Pitar rudis* i *Tellina donacina*. S druge strane, u smjeru sjeveroistoka dominiraju vrste *Gouldia minima*, *Kurtiella bidentata* i *Tellina donacina*. Najznačajniji udio (40%) u ukupnoj zajednici imaju *Tellina donacina* (slika 17) koja se smatra vrstom tolerantnom na zagađenje.



Slika 15. Brojnost školjkaša u sjeveroistočnom i jugoistočnom smjeru.



Slika 16. *Kurtiella bidentata*



Slika 17. *Tellina donacina*

FORAMINIFERE

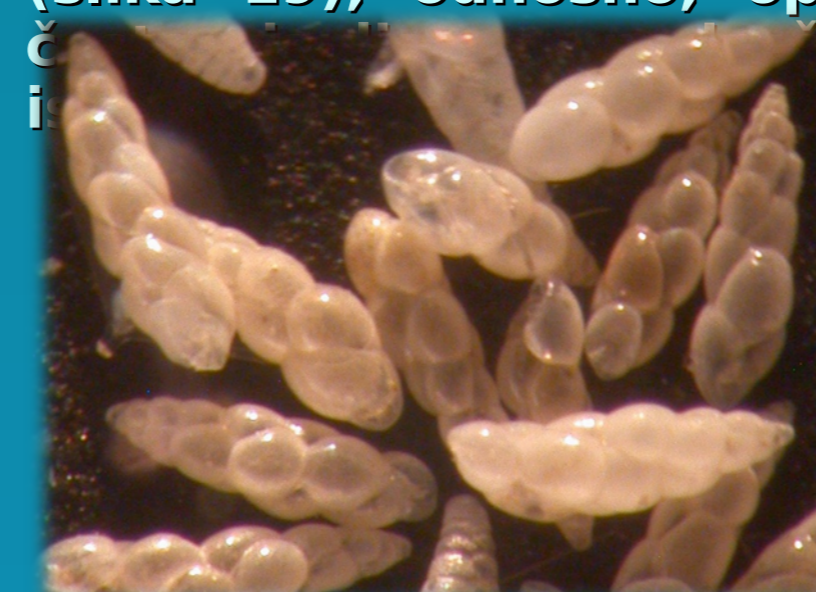
Preliminarni podatci ukazuju na veliku biološku raznolikost ukupne foraminiferske zajednice na istraživanim postajama.

Pretpostavlja se da do velike brojnosti foraminifera u blizini ispusta dolazi zbog njihove mogućnosti da direktno iskorištavaju lako biorazgradiv organski materijal i hranjive soli iz kanalizacije.

Sastav zajednice odgovara tipu sedimenta. U sitno zrnatom sedimentu prevladavaju jedinke manjih dimenzija uz značajnu zastupljenost oportunističkih vrsta iz roda *Bulimina* (slika 18) koje dobro podnose uvjete povećanog unosa organskog materijala i potencijalnog smanjenja količine kisika.

Na udaljenosti 150 m od ispusta u sjeveroistočnom smjeru zajednica foraminifera sastavljena je od većih jedinki i vrsta koje odgovaraju krupnijem sedimentu, muljevitom pijesku.

Kao dominantna vrsta prisutna je *Ammonia beccarii* (slika 19), odnosno, oportunistička vrsta koja se često nalazi u muljevitim sedimentima.



Slika 18. *Bulimina* sp.



Slika 19. *Ammonia beccarii*



Slika 13. *Capitella capitata*



Slika 14. *Malacoceros fuliginosus*

ZAKLJUČAK

Preliminarni podatci ukazuju da je morsko dno u blizini ispusta jako zagađeno te da opada s udaljenošću od ispusta. Utvrđeno je da se zagađenje najviše širi u sjeverozapadnom smjeru zbog morskih struja i morfologije dna, dok na 50 m u smjeru sjeveroistoka zbog smanjenja dubine dolazi do zamjetne akumulacije i zadržavanja fekalnog materijala.

Brojnost, raznolikost i distribucija mnogočetinaša, meiofaune, školjkaša i foraminifera također su pokazale da je utjecaj ispusta značajan. Blizu ispusta i u smjeru širenja zagađenja prevladavaju oportunističke vrste. Udaljavanjem od izvora zagađenja povećava se raznolikost vrsta. U sjeveroistočnom pravcu na udaljenostima većim od 50 m uočena je velika raznolikost svih navedenih organizama, što ukazuje na povoljne uvjete za njihov rast.

Prirodni čimbenici kao što su tip sedimenta i organska tvar također su utjecali na distribuciju bentoskih zajednica. Postaje koje su imale veći udio krupnijeg sedimenta s manjim udjelom sitnozrnatih čestica silta i gline odlikovale su se većom raznolikošću organizama.

Dosadašnji rezultati pokazuju da na sastav i strukturu bentoskih zajednica utječu i antropogeni čimbenici. Očekujemo da će daljnja istraživanja u području ekološke toksikologije rezultirati dodatnim rezultatima.

ZAHVALA

Posebna zahvala mentoricama dr. sc. M. Najdek, dr. sc. A. Travizi, dr. sc. D. Fuks i mentoru dr. sc. D. Medakoviću te stručnim suradnicima D. Devescovi, B. Jagić, D. Ferencević, kapetanu R. Marić i ostalim prijateljima koji su pridonijeli stvaranju ovog rada.