

MORE KAO RECIPIJENT OTPADNIH VODA

THE SEA AS THE RECIPIENT OF THE WASTE WATER

Smiljko Kružić

Fakultet građevinskih znanosti u Rijeci

Prilikom ispuštanja otpadnih voda u more odvijaju se mnogi procesi koji dovode do mineralizacije organske materije koja skupa sa otpadnom vodom dopijeva u more. Radi predviđanja i proračuna toka i obima tih procesa potrebno je provesti istražne radove na kopnu i moru radi utvrđivanja sastava i karakteristika kako otpadnih voda tako i mora. U referatu su navedeni parametri koji ulaze u spomenute proračune i za koje treba utvrditi karakteristične vrijednosti.

During the discharge of sewage into the sea many processes take place which result in the mineralization of the organic matter, which comes to the sea together with sewage. In order to foresee and estimate the range and development of these processes it is necessary to undertake examinations both on shore and in the sea for the sake of determining the composition and the characteristics of the sewage and the sea. The paper contains the parameters which are included in the above mentioned calculations and for which the characteristic value must be determined.

1.0 UVOD

Mnogi primorski gradovi i kod nas i u svijetu još i danas rješavaju se otpadnih voda tako da ih ispuštaju u more ne sagledavajući posljedice zagađenja svog priobalnog mora.

Litoralizacija industrije sa jedne strane, a turističko-rekreaciona namjena priobalnog područja sa druge strane, traže odgovarajući kvalitet priobalnog mora, koje je ispuštanjem otpadnih materijala ozbiljno ugroženo.

Zahtjevi za održavanje određene kvalitete priobalnog mora postavili su pred sanitarnohidrotehničkog inženjera zadatak da pronade način konačne dispozicije otpadnih voda u more koje će biti sa ekološkog i sanitarnog aspekta ispravan, tehnički izvediv, a ekonomski prihvatljiv.

Sa ekološkog i sanitarnog aspekta nije se više moglo dopustiti da se otpadne vode jednostavno ispuštaju u more bez pročišćavanja. Uz sanitarni moment igrao je tu važnu ulogu i estetski moment.

Ekonomski aspekt igrao je također važnu ulogu, jer je trebalo naći u tim do tada nerazvijenim područjima financijska sredstva za rješenje problema i za izgradnju potrebnih instalacija i uređaja za evakuaciju, tretman i dispoziciju otpadnih voda.

Sa tehničkog aspekta našlo se rješenje u dva vida. Prvo u potpunom pročišćavanju otpadnih voda na samom kopnu te ispuštanju pročišćenog efluenta u more. Drugo rješenje sastoji se u pokušaju da se zbog investicijskih i eksploatacijskih ušteda primarno pročišćeni efluent ispusti u more time da se biološka razgradnja organske materije u otpadnim vodama prepusti samoj morskoj sredini.

Prvi vid dispozicije otpadnih voda u more sa kompleksnim pročišćavanjem na kopnu izaziva i određene poteškoće i probleme. Ovaj način dispozicije otpadnih voda traži, pored relativno visokih investicijskih i eksploatacijskih troškova, odgovarajuće slobodne površine za lokaciju uređaja kojih u priobalnom području ima sve manje.

Nastojeći upoznati biologiju mora, smatrajući da ono ima relativno veliku autopurifikacionu moć, a koristeći proces dilucije i disperzije otpadne vode u toj sredini te procese smrtnosti mikroorganizama i procese opće biokemijske oksidacije, došlo se do drugog vida dispozicije, tj. ispuštanje primarno pročišćenog efluenta u more putem podmorskih dubinskih ispusta. Ovaj način rješenja dispozicije otpadnih voda omogućuje sekundarno ili biološko pročišćavanje otpadnih voda u samoj morskoj sredini time da se tom prilikom odvija i terciarna faza pročišćavanja u vidu nestanka odnosno smrtnosti bakterija.

Primjena podmorskih dubinskih ispusta u našem priobalnom moru sa toliko zaljeva, kanala, relativno zatvorenih morskih bazena i sl. nije tako jednostavna. Primjena dubinskih ispusta u našem priobalnom moru može se ostvariti samo nakon svestrane analize rezultata prethodnih istraživanja. Prethodna istraživanja treba sprovesti kako na kopnenom dijelu, tj. u ispitivanju otpadnih voda tako i u morskoj sredini.

Istraživanja morske sredine obuhvaćaju ispitivanja na području nekoliko naučnih disciplina u cilju da se dobije kompletna slika morske sredine u području ispusta te da se na temelju dobivenih rezultata ispitivanja odredi početno stanje zagađenja dotičnog akvatorija kao i da se odredi kapacitet prijema otpadnih voda (kapacitet prijemnika). Kapacitet prijemnika limitiraju kako količine otpadnih voda tako i sastav otpadnih voda. Kapacitet prihvata određuje stupanj prethodnog pročišćavanja.

2.0. PROCESI U MORU PRILIKOM ISPUŠTANJA OTPADNIH VODA

U slučaju izbora drugog rješenja dispozicije otpadnih voda u more vodi se primarno pročišćena otpadna voda na izabranu lokaciju podmorskim cjevovodom do određene dubine gdje se kroz otvor izlaznog organa ispušta u jednom ili više mlazeva. Djelovanjem prirodnih zakona koji uključuju

fizičke, kemijske i biološke osobine otpadne vode i mora, odvija se proces difuzije otpadne vode u moru praćen istovremenim biološkim procesima pročišćavanja novonastale mješavine otpadne i morske vode.

Osnovni procesi koji se odvijaju prilikom ispuštanja otpadnih voda u more su:

- razrjeđenje otpadne vode sa morskom vodom (dilucija),
- širenje nastale mješavine otpadne i morske vode djelovanjem morskih struja u šire morsko područje (disperzija),
- ugibanje bakterija koje su skupa sa otpadnim vodama dospjele u more (smrtnost bakterija),
- flokulacija i sedimentacija sitnih čestica,
- opća biokemijska oksidacija izazvana djelovanjem mikroorganizama u moru i
- eventualna biokumulacija opasnih tvari u morskim organizmima koja putem prehrambenog lanca može ugroziti čovjeka izazivajući degenerativne promjene i mijenjanje genetske konstitucije (Crnković).

3.0 KARAKTERISTIKE MORA SA ASPEKTA SANITARNE HIDROTEHNIKE

More predstavlja kompleksnu sredinu gdje razne geofizičke i kemijske procese prati čitav niz bioloških procesa.

Može se reći da se sa aspekta Sanitarne hidrotehnike ne pozna dovoljno more odnosno morska sredina što posebno važi za procese autopurifikacije u moru.

More se mnogo istraživalo i istražuje se sa aspekta oceanografije, zatim plovidbe te sa aspekta iskorišćavanja mora i morskog dna, prije posebno sa aspekta ribarstva, a danas i sa aspekta eksploatacije mora i morskog dna u svrhu dobivanja sirovina i goriva.

Dok se u stručnoj i naučnoj literaturi može mnogo naći o fizikalnim, kemijskim i biološkim procesima koji se odvijaju u slatkovodnom recipijentu prilikom ispuštanja otpadnih voda, dotle o tim procesima u moru zna se relativno manje, a posebno u vezi sa autopurifikacijom. Istraživanja procesa biološkog pročišćavanja otpadnih voda u moru najnovijeg su datuma tako da i ovaj referat ukazuje na neke nepoznanice i potrebu istraživanja tih procesa.

U ovom se referatu daje pregled osobina mora i morske sredine sa aspekta sanitarno-hidrotehničkog inženjera i to sa posebnim naglaskom na pojave u moru u vezi dispozicije otpadnih voda u more.

Za dobivanje kompletne slike mora i morske sredine, a u vezi predmetne dispozicije, treba poznavati slijedeće karakteristike mora i morskog dna:

- osobine morskog dna,
- hidrometeorološke karakteristike odnosno priobalnog područja,
- fizikalne odnosno hidrografske osobine,
- dinamiku mora,

- kemijske osobine,
- biologiju mora, a posebno
- bakteriološke karakteristike mora u području ispusta.

Već se ovdje mora napomenuti da se procesi pročišćavanja u slatkim vodama razlikuju od procesa pročišćavanja otpadnih voda u moru. Parametri kao npr. zasićenje kisikom ili otopljeni kisik te vrijednosti biokemijske potrošnje kisika (BPK) koje upotrebljavamo u ocjeni efekta pročišćavanja u slatkim vodama, imaju u moru druge vrijednosti. Radi toga se ne mogu ti uobičajeni parametri za ocjenu fizikalnih, kemijskih i bioloških procesa u slatkim vodama primijeniti za iste procese u morskoj vodi.

3.1 Osobine morskog dna

Pored batimetrijskih, morfoloških i sedimentoloških podataka treba utvrditi i geološki sastav morskog dna. O postojanosti i sastavu morskog dna na trasi podmorskog ispusta ovisi da li će trebati podmorski cjevovod ukopati na morskom dnu ili će se jednostavno položiti po dnu. Ukopavanje podmorskog cjevovoda obavezno je na potezu kopno-more u području djelovanja plime i osjeke kao i u području djelovanja valova. Način ukopavanja na tom potezu ovisit će o utvrđenim osobinama morskog dna.

3.2 Hidrometeorološke karakteristike priobalnog područja

Sa aspekta evakuacije i dispozicije otpadnih voda u priobalnom području treba utvrditi slijedeće hidrometeorološke karakteristike:

- *oborine* — radi proračuna oborinskih voda po intenzitetu i količini,
- *temperatura zraka i insolacija* — vezano na pojave fotosinteze, evaporacije te eventualnog »cvjetanja mora« i
- *vjetrovi* — sa aspekta dispozicije putem podmorskih ispusta poznavanje učestalosti, smjera i jačine vjetrova u dotičnom području ima odgovarajući značaj, jer su vjetrovi jedan od uzroka stvaranja morskih struja (tzv. tangencijalna porivna sila vjetra). Na osnovu dugogodišnjih podataka o vjetrovima te na osnovu izvršenih mjerenja morskih struja u području ispusta može se dobiti prognoza učestalosti, smjera i brzine površinskih morskih struja (Mosetti). Ovaj podatak biti će važan kod izbora lokacije i dužine podmorskog ispusta, jer interpolacijom brzine i smjera struje u proračun udaljenosti ispusta od obale kod bakteriološke dezintegracije ispusta od obale kod bakteriološke dezintegracije dokazuje se dozvoljena bakteriološka zagađenost na određenoj plaži (Olivotti-Mosetti).

3.3 Hidrografske osobine

Radi proračuna podmorskih ispusta treba utvrditi slijedeće fizikalne parametre za dotičnu morsku sredinu:

- *temperatura* morske vode time da se utvrdi njezina vertikalna distribucija radi određivanja eventualne termokline. Pojava stratifikacije mora u uskoj je vezi sa temperaturom, salinitetom i gustoćom morske vode,

— *boja i prozirnost odnosno mutnoća* — mutež (turbiditet) kao recipročna vrijednost prozirnosti su indikatori suspendirane tvari u morskoj vodi. Na promjenu prozirnosti i boje mora znatno utječe unošenje finih krutih čestica koje donose kopnene vode u more,

— *seston* kao vrijednost ukupne suspendirane tvari u moru (vidi Uredbu o klasifikaciji voda međurepubličkih vodotoka, međudržavnih voda i voda obalnog mora Jugoslavije — »Službeni list SFRJ«, broj: 6/78.) na određenoj lokaciji i u datom momentu,

— *slanoća (salinitet)* i

— *gustoća (odnosno specifična težina)* je važan parametar kod proračuna podmorskih ispusta. Fenomen dilucije u procesu ispuštanja otpadnih voda u more bazira se na razlici gustoće dvaju fluida: otpadne i morske vode. Djelovanjem fizikalnih zakona specifična lakša otpadna voda ispuštena u specifično teži medij morske vode diže se prema površini mora. Ovo se dizanje može zaustaviti i ispod morske površine ukoliko na tom putu dođe do izjednačenja gustoće ovih dvaju medija (stratifikacija mora).

3.4 Dinamika mora

Jedan od osnovnih uslova zadovoljavajućeg stupnja inicijalne dilucije i naknadne disperzije je postojanje morskih struja u području mora u kome se ispuštaju otpadne vode putem podmorskih ispusta. Morske struje pokreću dotične vodene mase i time omogućuju stalnu izmjenu vode u morskoj sredini tako da odvođe nastalu mješavinu otpadne i morske vode dalje od mjesta ispusta, a dovode svježiju morsku vodu u područje ispusta. Ove izmjene mješavine otpadne i morske vode sa svježom morskom vodom povećavaju autopurifikacionu sposobnost morske sredine.

Sa aspekta ispuštanja otpadnih voda u more zanimaju nas tzv. *obalne struje*, tj. struje u području ispusta koje se protežu od obale do nekoliko kilometara prema pučini. U tim područjima redovito se pojavljuju slijedeće vrste morskih struja u ovisnosti od njihovih uzročnika:

3.41 — *struje morskih mjena* (plimne struje) koje se po Olivotti-u javljaju u 3 vida:

— »*kružne plimne struje* kao posljedica djelovanja privlačnih sila Sunca i Mjeseca kao i tzv. Coriolisove sile. Obično se javljaju na otvorenom moru, brzina ovih struja dosiže vrijednost od nekoliko desetina cm. u sec.,

— »*izmjenične*« *plimne struje* koje se javljaju sa periodičnim izmjenama smjera struje (to se kaže »tamo i natrag«). Javljaju se u izduženim morskim kanalima- fjordovima uz uslov da postoji šira komunikacija sa otvorenim morem i

— »*hidraulične*« *plimne struje* koje se javljaju u lagunama, uskim moreuzima i slično kod punjenja i pražnjenja morskih bazena za vrijeme plime i oseke. Brzina ovih struja iznosi i nekoliko metara u sec.

3.42 — *struje izazvane vjetrovima* koje na morskoj površini dosižu brzinu do 1/30 brzine vjetra time da se ova brzina smanjuje u dubljim slojevima mora. Pridnena struja izazvana vjetrom može dobiti uslijed stalnog otklona idući u dubinu i protivni smjer od one na površini. Smjer ovih

struja na površini ima također odklon od smjera vjetra koji ih izaziva. Odgovarajuća istraživanja u području ispusta moraju ukazati na ove pojave.

3.43 — *struje izazvane razlikom u gustoći morske vode* (takve su struje zapažene i istražene u Gibraltarskom tjesnacu gdje u dubljim slojevima slanija voda Mediterana ulazi u Atlantik, a u površinskim slojevima manje slana voda Atlantika ulazi u Mediteran). Smatra se da ovakve struje nastaju i u području Gornjeg Jadrana gdje se preko mnogih vodotoka uslijevaju slatke vode u more.

3.44 — *struje pada* (gradijentne struje) koje nastaju uslijed denivelacije morske površine.

Istraživanje i mjerenje morskih struja nije predmet studija i rada sanitarno-hidrotehničkog inženjera, ali on mora dati program vezanih na dispoziciju otpadnih voda u more. Od specijalizirane institucije projektant pod-morskih ispusta dobiti će ne samo podatke o brzini i smjeru struja u vremenskoj i prostornoj distribuciji već treba dobiti i određenu prognozu pojave morskih struja u korelaciji sa njihovim uzročnicima.

Posebno treba obraditi prognoziranje pojave morskih struja u ljetnim mjesecima za vrijeme turističke sezone kada su plaže pune kupaca. Naročito treba obraditi tzv. nepovoljne slučajeve kada npr. vjetrovi i morske struje imaju smjer prema obali ili zaštićenoj zoni. U takvim slučajevima morske struje dovode mješavinu otpadne i morske vode do granice zaštićene te postoji mogućnost njihova zagađenja. U ovom slučaju treba proračunom dokazati da je eventualno zagađenje ispod dozvoljenih granica.

Određeno značenje, posebno kod proračuna izmjene vodenih masa, ima već prije spomenuta vertikalna distribucija morskih struja u vodenom stupcu. Tu se razlikuju površinske i pridnene struje. Raspored i odnos struja u vertikalnom smislu može u određenim situacijama uzrokovati pored horizontalne i vertikalnu cirkulaciju tako da se može dogoditi u određenom području da vode u površinskom sloju izlaze iz bazena, a u pridnenom sloju ulaze u bazen ili obratno.

3.5 Kemijske osobine morske sredine

Sa aspekta dispozicije otpadnih voda u more putem pomorskih dubinskih ispusta treba upoznati slijedeće parametre iz ove grupe:

— *pH vrijednost*. Kod normalnih slatkih voda pH vrijednost kreće se oko 7.0, kod gradskih otpadnih voda ova vrijednost varira između 6.0—8.0, a kod morske vode ova vrijednost prelazi 8.0, što znači da more ima slabu alkalnu reakciju. Ovaj je podatak važan radi razumijevanja biokemijskih procesa u moru, posebno onih procesa vezanih na sudbinu mikroorganizama koji skupa sa otpadnim vodama dospjevaju u more, tj. u ambijent sa drugom pH vrijednošću.

— *sadržaj otopljenog kisika odnosno zasićenje kisikom* (0). Sadržaj otopljenog kisika u moru je važan indikator. Aerobna razgradnja organske materije u vodi, kojoj se mora u svakom slučaju težiti i koju treba preferirati, usko je povezana sa stanjem zasićenosti kisikom.

Sadržaj na otopljenom kisiku odnosno postotak zasićenosti kod određene temperature morske vode razlikuje se od sadržaja odnosno zasićenosti kod slatkih voda.

Zajednice živih bića (biocenoze) u moru su neusporedivo raznovrsnije i bogatije nego u slatkim vodama te je zbog toga i sadržaj otopljenog kisika postojaniji, što naročito vrijedi za one morske sredine gdje su maksimalno zastupljeni procesi biljne asimilacije. Povoljna je okolnost da je fotosintetska aktivnost najintenzivnija u ljetnim mjesecima kada su plaže pune kupaca.

— *koncentracija organske materije.* Kod dispozicije otpadnih voda u određeni recipijent treba uzeti u obzir koncentraciju organske materije, jer o njezinom udjelu u efluentu ovisi opterećenje samog recipijenta. Kod toga se razlikuje hranljiva odnosno razgradljiva organska materija i perzistentna organska tvar čije prisustvo treba utvrditi u morskoj sredini.

Hranljiva organska materija u moru predstavlja jedan od bitnih faktora ekološke ravnoteže. U prirodnom uravnoteženom morskom ekosistemu ova se organska materija stvara biološkom produkcijom, ona sudjeluje u biološkim procesima te se konačno razgrađuje i to bilo u stupcu vode bilo na morskom dnu (Picer).

Pored ove vlastite organske materije dolazi do unošenja organske materije sa strane kao npr. ispuštanjem gradskih otpadnih voda (upotrebljene vode iz domaćinstva) i industrijskih otpadnih voda.

Hranljive organske tvari relativno se brzo razgrađuju te preko hranljivih soli povećavaju biološku produkciju mora. Povećana biološka produkcija, međutim, može dovesti do relativno neugodnih posljedica, tj. do eutrofikacije koja se očituje u intenzivnom rastu algi, smanjenju količina otopljenog kisika i u izumiranju određenih vrsta organizama. Intenzivirani procesi biološke razgradnje organskih tvari u daljnjoj fazi dovode do povećane potrošnje kisika što može izazvati privremeni bilo stalni deficit otopljenog kisika u morskoj sredini.

Poznavanje sadržaja organske materije u moru i to prije projektiranja podmorških dubinskih ispusta u dotičnom području trebalo bi poslužiti sa jedne strane kao indikator prirodnih karakteristika područja ili eventualne zagađenosti organskom materijom, a sa druge strane kao baza za proračun potrebnog stupnja prethodnog pročišćavanja otpadnih voda prije ispuštanja u more radi smanjenja opterećenosti organskom materijom dotične morske sredine.

U dosadašnjim istraživanjima morske sredine radi projektiranja podmorških dubinskih ispusta bila je orijentacija na mikrobiološku zagađenost. Problem opterećenja organskom materijom izvjesne morske sredine, problem eutrofikacije, problem odgovarajućih ispitivanja i određivanja mjerodavnih parametara nije prema dostupnoj domaćoj i stranoj literaturi do danas niti dovoljno obuhvaćen niti dovoljno ispitan. Pitanje npr. kritičnog praga odgovarajućeg parametra nije još objašnjen u toj mjeri da se može primjenjivati za sve vrste ambijenta. U tom smislu navodim izjavu Olivotti-a u »Condotta di scarico sottomarine« gdje se poziva na izjave ekologa da još nisu u stanju dati potrebne informacije inženjerima u pogledu eutrofikacije koje bi se mogle primjenjivati za svaki individualni slučaj. Radi toga treba se još pozabaviti pitanjem organske materije u moru.

Koncentracija organske materije u vodama određuje se posrednim putem pomoću:

- određivanjem gubitka pri žarenju,
- određivanjem biokemijske potrebe kisika (BPK),
- određivanjem kemijske potrebe kisika (KPK) i
- određivanjem totalnog organskog ugljika (TOC).

Određivanje BPK i KPK u morskoj vodi daje prema mišljenju mnogih istraživača druge rezultate nego u slatkim vodama.

— *biokemijska potreba kisika — BPK*. Pored otopljenog kisika u vodi i biokemijska potreba kisika — BPK služi u slatkovodnim sredinama kao jedan od indikatora opterećenja organskom materijom. Kao takav BPK služi za ocjenu efikasnosti i ispravnosti rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Kao indikator stupnja zagađenja voda BPK je ušao i u zakonske propise koji reguliraju stupanj pročišćavanja efluenta i stupanj zagađenja recipienta.

U morskoj sredini, međutim, sa vrijednošću BPK stvar stoji drukčije. Pokazalo se, naime, da vrijednosti BPK u uzorcima uzetim u morskoj sredini nisu analogni ni komparabilni sa vrijednostima u uzorcima u slatkovodnim sredinama. Sa aspekta dispozicije otpadnih voda u more ima nekoliko uzroka ovoj pojavi:

— prilikom ispuštanja otpadnih voda u more na određenoj dubini inicijalna dilucija, do koje dolazi tom prilikom uslijed već spomenutih fizikalnih zakona, uzrokuje visoki stupanj mješanja odnosno razrađenja otpadne vode,

— uslijed smrtnosti bakterija koje sa otpadnom vodom dospjevaju u morsku sredinu, aktivnost u razgradnji organske materije preuzimaju mikroorganizmi mora i

— aktivnost mikroorganizama je usporena u slanoj vodi.

Nekoliko istraživača upozorilo je na ove pojave. Dešković smatra da su vrijednosti BPK u morskoj vodi niže za cca. 50%. U našim propisima kao npr. u Uredbi o klasifikaciji voda (»Službeni list SFRJ«, broj: 6/78.) ne uzima se BPK kao mjerodavan u klasifikaciji obalnog mora.

U daljnjim istraživanjima osobina morske sredine treba posvetiti odgovarajuću pažnju ovom parametru.

— *kemijska potreba kisika — KPK*. Istraživači upozoravaju također da se ne mogu komparirati vrijednosti KPK dobivene u slatkovodnoj sredini sa vrijednostima KPK dobivene u moru i to u prvom redu zbog saliniteta mora.

— *totalni organski ugljik — TOC*. Preostaje da se posredno definira organska materija u morskoj sredini pomoću određivanja totalnog organskog ugljika. Do danas ta metoda nije uvedena prema dobivenim informacijama u našim pomorskim institutima.

— *hranljive soli — biostimulasi (eutrofikanti)*. Određivanje sadržaja hranljivih soli u moru kao krajnjih produkata razgradnje organske materije važno je sa aspekta dispozicije otpadnih voda u more.

Sadržaj hranljivih soli posebno je važan parametar u našim jadranskim uslovima gdje se radi o tzv. zatvorenom moru sa jako razvedenom obalom. Prema rezultatima ispitivanja dinamika vodenih masa (male amplitude plime i oseke, male brzine struja) nije takva da bi osigurala zadovoljavajuće izmjenе morske vode vezano na dovođenje svježih količina vode i veću prozračnost.

Određivanje hranljivih soli u moru može obuhvatiti određivanje slijedećih sadržaja:

— amonijak, nitriti, nitrati, fosfati, silikati, ukupni dušik, ukupni fosfor i dr.

Kao mjerodavan parametar za određivanje opterećenosti organskom materijom uzima se jedan od limitirajućih faktora biološke produkcije u moru kao npr. sadržaj fosfata (kao indikator razgradnje organske materije) ili sadržaj fosfora (kao indikator sadržaja organske materije). Sadržaj fosfata odnosno ukupnog fosfora određene morske sredine kao i poznavanje sadržaja fosfata odnosno ukupnog fosfora u efluentu kojeg se predviđa ispustiti putem podmorskog dubinskog ispusta u tu sredinu, mogao bi poslužiti kao baza za proračun kapaciteta prijema otpadne vode te sredine.

— *teški metali*. Sa aspekta dispozicije otpadne vode u more najinteresantnije je određivanje cinka (Zn) u moru. Izvršena istraživanja su pokazala da se cink pojavljuje u relativno višim koncentracijama od ostalih teških metala i to pretežno u površinskim slojevima onih područja gdje je izražen utjecaj urbanih kopnenih voda. U »Ekološkoj studiji Riječkog zaljeva« pojava povišenih koncentracija cinka pripisuje se »intenzivnoj interakciji toga biogenog elementa sa nizom bioloških procesa kao i mineralizaciji otpadnih voda«.

Branica i Vukadin tvrde nadalje da je koncentracija cinka dobar indikator za određivanje zagađenosti mora, jer je koncentracija cinka u otpadnim vodama i do 100 puta veća nego ona u moru. Cink bi mogao poslužiti kao površinski indikator kretanja otpadnih voda (B r a n i c a).

— *organski zagađivači*. Pored hranljivih organskih tvari u more dospjevaju i druge organske materije koje svojim kemijskim sastavom nepovoljno djeluju na niz bioloških procesa u moru. Ove se tvari teško razgrađuju te se to može nepovoljno odraziti na biološku ravnotežu akvatičnog sistema u određenom području, a posebno u području gdje treba putem podmorskih dubinskih ispusta ispuštati određene količine otpadnih voda. Sve ove tvari svodimo pod zajedničko ime: zagađivači.

Zagađivač je svaka tvar (ili oblik energije) koja ispuštena u more znatno narušava prirodnu ravnotežu odnosno značajno utječe na prirodni biogeokemijski ciklus tvari u moru (B r a n i c a).

Specifične organske tvari kao zagađivači mogu dospjeti u more na nekoliko načina:

— *nafta i naftini derivati* mogu dospjeti u more direktno sa plovila ili putem kanalizacije ukoliko nisu na priključnom mjestu ugrađeni odgovarajući separatori.

— *perzistentni biocidi* mogu doći u more skupa sa oborinskim vodama prilikom ispiranja zemljišta tretiranih raznim biocidima,

— *detergenti* dolaze u more direktnim ispuštanjem industrijskih voda iz raznih pogona (praonice, servisi i dr.) ili dobrim dijelom ispuštanjem upotrebljenih voda iz domaćinstava i

— *fenoli i ostali organski zagađivači* (metil živa i drugi organometalni spojevi, nusprodukti pri proizvodnji plastičnih masa, razni plastifikatori, organski sumporni spojevi, cijanidi, bjelila, organske boje i dr.) dospjevaju u more ili direktnim ispuštanjem industrijskih voda ili preko gradske kanalizacije.

Uz eutrofikante (hranljive soli) koji imaju pozitivan utjecaj do određenog nivoa na produktivnost mora, spomenuti organski загаđivači imaju i kod malih koncentracija negativne efekte na živi svijet mora. Organizmi mora ih koncentriraju i putem prehrambenog lanca mogu ugroziti čovjeka (Branica).

Zadatak je sanitarno-hidrotehničkog inženjera da ne dozvoli da se ovi загаđivači ispuštaju sa otpadnom vodom u more putem podmorskih ispusta.

3.6. *Biologija mora*

Unošenje ili ispuštanje organskih i drugih tvari u morsku sredinu može dovesti do određenih poremećaja u ekosistemu akvatorija. Ti poremećaji imaju u prvom redu odraza na biocenozu tog područja.

Sa stanovišta dispozicije otpadnih voda u more zanima nas stanje pelagičnih i pridnenih biocenoza prije i poslije izvedbe podmorskog dubinskog ispusta. Rezultati istraživanja biocenoza u području ispusta provedeni prije i poslije izvedbe ispusta omogućuju komparaciju stanja. Ukoliko ova istraživanja ukažu na eventualnu degradaciju morske sredine u blizini ispusta, potrebno je poduzeti odgovarajuće mjere. Ove će se mjere redovito sastojati ili u produženju ispusta ili u povećanju stupnja primarnog pročišćavanja otpadnih voda na kopnu ili u nekim trećim mjerama.

3.61 *Bakteriološke karakteristike*

Sa aspekta sanitarne hidrotehnike zanima nas sa jedne strane sudbina mikroorganizama (olotohoni organizmi) koji stupa sa otpadnim vodama dospjevaju u more, a sa druge strane mogućnost razgradnje organske materije u morskoj sredini pomoću organizama (autohoni) koji žive u toj sredini.

Istraživanja su pokazala (Mitchell) da mikroorganizmi koji skupa sa otpadnom vodom dospjevaju u more, ugibaju za relativno kratko vrijeme. Tako npr. u Mediteranu vrijeme T_{90} u kojem ugiba 90% unijetih bakterija, iznosi 2—4 h.

Mitchell smatra da je to posljedica aktivnosti morske mikroflore i to kako fenomena antagonizma tako i fenomena predatorstva kao i drugih faktora. Za viruse npr. navodi da je jedan od uzročnika nestajanja virusa kemijska komponenta u tim biološkim procesima. On smatra da kod toga važnu ulogu igraju teški metali. Snook npr. navodi kao jedan od uzroka nestajanja bakterija osmotski šok.

Sva ova saznanja nas navode na zaključak da mikroorganizmi koji vrše razgradnju organske materije u slatkovodnim uslovima otpadnih voda, ugibaju kada se nađu u mješavini otpadne i morske vode (osim onih koji dospjevaju u morske organizme) time da daljnju razgradnju preuzimaju mikroorganizmi koji se već nalaze u moru.

Radi toga je potrebno kod mikrobioloških istraživanja morske sredine za potrebe projektiranja podmorskih dubinskih ispusta utvrditi slijedeće:

— fenomen nestajanja odnosno smrtnosti bakterija na lokaciji budućeg ispusta time da se odredi vrijeme T_{90} . T_{90} naziva se faktor bakteriološke autopurifikacije,

— mogućnost odnosno kapacitet daljnje razgradnje organske materije u dotičnoj morskoj sredini (heterotrofni mikroorganizmi). Radovi Pavletića i suradnika dali su početne odgovore na prisutnost heterotrofnih bakterija u priobalnom moru.

Određivanje broja koliformnih bakterija u moru ima više sanitarni karakter.

4.0 ZAKLJUČCI

Na osnovu svega iznijetog vidi se da dispozicija otpadnih voda u priobalnom moru, posebno putem podmorskih dubinskih ispusta, traži timski pristup, Rješenje ovog zadatka traži okupljanje više stručnjaka počevši od prostornog planera, sanitarno-hidrotehničkog inženjera do oceanografa, geologa, biologa, kemičara i drugih.

Projektiranje podmorskih dubinskih ispusta uvjetuje sa jedne strane izradu prostornog i društvenog plana dotičnog priobalnog područja, a sa druge strane program istraživanja kako na kopnu tako i u moru uz prethodnu analizu ispusta.

Program istraživanja mora biti kompleksan tako da može dati sve odgovore koje postavlja dati zadatak vodeći računa o svim procesima koji se odvijaju u morskoj sredini prilikom ispuštanja otpadnih voda kao i o svim mogućim posljedicama na ekosistem akvatorija koji treba poslužiti kao recipijent.

U referatu su navedeni parametri koje treba istražiti jer oni ulaze u proračun kako kapaciteta prihvata otpadnih voda dotičnog akvatorija, tako i proračuna tokova predviđenih procesa. Uz navođenje predloženih parametara date su i dileme koje se pojavljuju kod projektanta podmorskih dubinskih ispusta, a na koje do danas nije dobio ni preporuke ni neke vrste odgovora.

LITERATURA

- Buljan, M., Zore-Armanda, M., 1971. Osnovi oceanografije i pomorske meteorologije, Split.
- Branica, M., 1979. Sažeti prikaz istraživanja i zaštite mora od zagađenja u okviru projekta: »Zaštita čovjekove okoline u jadranskoj regiji Jugoslavije« za 1972—1976. godinu. Zbornik II Konferencije o zaštiti Jadrana, I knjiga, Hvar 1979. 97—112.
- Brooks, N. H., Diffusion of sewage effluent in an ocean current. Waste disposal in the marine environment — Pergamon press. 246—267.
- Crnković, D., 1979. Savez društva za proučavanje i unapređenje pomorstva Jugoslavije. Zbornik II Konferencije o zaštiti Jadrana, II knjiga, Hvar, 81—84.
- Dešković, i sur. 1979. Pristup istraživanju i neki rezultati istraživanja u vezi dispozicije otpadnih voda u priobalno more. Zbornik II. Konferencije o zaštiti Jadrana, II knjiga, Hvar. 285—295.
- Harremoes, 1974. In situ methods for determination of microbiol disappearance in sea water. Int. DSSO symposium, London, Pergamon press. 181—190.
- Kružić, S., 1979. Dispozicija otpadnih voda putem podmorskih dubinskih ispusta. Zbornik radova IV. Fafukleta graditeljskih znanosti, Rijeka, 1979. 41—54.
- Kružić, S., 1980. Osnovne postavke dispozicije otpadnih voda u more putem podmorskih dubinskih ispusta. Vodoprivreda, 12, 66, 1980, (4): 225—230, Beograd.

- Metcalf-Eddy, 1979. Wastewater engineering. Treatment. Disposal. Reuse. McGraw-Hill Book Company, 1979.
- Mitchell, R., 1971. Destruction of bacteria and viruses in sea water. Journal of the sanitary engineering division. 8—1971. 425—432.
- Olivotti, R., 1970. Condotte di scarice sottomarine. Politecnica di Milano, 5-1970.
- Pavletić i sur. 1976. Uporedna bakteriološka valorizacija polucije i neki trajni polutanti morske vode u istočnoj obali Jadrana za period od 1970—1973. Acta Adriat., Vol. XVII, No. 8.
- Picer i sur. 1979. Značaj razvoja analitičkih metoda u procjenama ugroženosti mora od zagađenja nekim organskim tvarima. Zbornik II Konferencije o zaštiti Jadrana, II knjiga, Hvar 1979, 387—393.
- Snook, G., 1969. Submarine pipelines. Journal of the institution of Public Health Engineers for January 1969.
- Tedeschi, S., 1979. Ispuštanje otpadnih voda u poluzatvoreno priobalno more. Građevinar, Zagreb, 3-1980. 113—118.
- Vukadin, I., 1979. Kemijska svojstva mora u području splitske regije s osvrtom na zagađenje. Zbornik II. Konferencije o zaštiti Jadrana, II knjiga, Hvar, 1979. 279—288.

THE SEA AS THE RECIPIENT OF THE WASTE WATER

Smiljko Kružić

Faculty of Civil Engineering, University of Rijeka Yugoslavia

SUMMARY

On the basis of the presented thesis it is obvious that the problem of the disposition of the waste water in the coastal sea by the underwater deep sea outfalls ask for a working team's approach. To solve this task is expected that the experts in the various scientific fields should work together; fields such as Space planning, Sanitary-hyrotechnics, Oceanography, Geology, Biology and Chemistry.

The planning of the underwater deep sea outfall is stipulated firstly by working out a space and public plan of the respective coastal area, and secondly by an elaborate programme of the researches on the shore, and as well in the sea. The analysis of the outfall undoubtedly precedes the presented planning.

Research programme must be a complex one, allowing the possibility to give answers to all the problems that a given task poses, keeping account of every process that is going on in the sea during the disposal of the waste water, and keeping account as well of all the possible consequences to the ecosystem of the aquatory which is supposed to be used as the recipient.

The parameters that should be investigated are numbered in the paper, since they enter in the calculation of the capacity to receive the waste water, and as well the calculation of the development of the expected processes. Beside the denomination of these proposed parameters, there are certain offered dilemmas which an engineer encounter in planning the deep sea outfall, and to which, up today, there are no given recommendations, and neither any certain answers.