

# ŠTETNO DJELOVANJE ISPUŠTENOGA VODENOG BALASTA NA MORSKI OKOLIŠ

## *Harmful Effect of Discharging Ballast Water on Marine Environment*

UDK 551.464:504.75  
Stručni članak  
Professional paper

### Sažetak

U ovom radu predstavljen je pregled štetnog djelovanja ispuštenoga vodenog balasta na morski okoliš. Utjecaji su na morski okoliš grupirani u štetne učinke na ekosustav, ekonomiju i ljudsko zdravlje. Dan je primjer negativnog utjecaja ispuštenoga vodenog balasta u pojedinim područjima, te organizama koji su izazvali nepovratne promjene u ekosustavima. Objašnjeni su uvjeti koji trebaju biti ispunjeni da bi organizmi uneseni vodenim balastom postali prijetnjom za morski okoliš. Opisan je unos organizama u balastne tankove pri balastiranju broda, uvjeti u balastnim tankovima koji utječu na njihovo preživljavanje a dan je i prikaz gdje se sve na brodu mogu zadržavati organizmi uneseni vodenim balastom.

*Ključne riječi:* vodeni balast, balastni sustav, alohtoni organizmi, štetni utjecaj, morski okoliš.

### Summary

*This paper deals with the review of harmful effect of discharging ballast water on marine environment. These effects are grouped into harmful effects on echo system, economy and human health. There have been provided the examples of negative effects of discharging ballast water in certain areas and organisms responsible for causing unrecovered changes in echo systems. The conditions have been explained which should be fulfilled for the organisms to enter by ballast water and consequently to threaten marine environment. There have been described coming of organisms into the ballast tanks when ballasting the ship, conditions in ballast tanks influencing on their survival and also other ship's areas where organisms can persist by water ballast.*

\*mr. sc. Željko Kurtela, Sveučilište u Dubrovniku  
\*\*dr. sc. Vedran Jelavić, Sveučilište u Dubrovniku  
\*\*\*Toni Novaković, diplomant brodstrojarskog četverogodišnjeg stručnog studija na Sveučilištu u Dubrovniku

*Key words:* ballast water, ballast system, alochthonous organism, harmful effects, marine environment.

### 1. Uvod

#### *Introduction*

Najveći broj brodova ukrcava vodeni balast nakon iskrcaja tereta u lukama, estuarijima i zaljevima, u kojima se nalazi velik broj planktonskih vrsta, razvojnih stadija nektonskih i bentoskih vrsta. Organizmi preživljavaju prolazak kroz usisne rešetke, filtre, balastne pumpe i ostatak balastnoga sustava. Tijekom balastnog putovanja, ovisno u uvjetima što vladaju u balastnim tankovima, veći ili manji broj organizama preživljava i, u lukama ukrcava, s balastom se ispuštaju u obalne vode. Organizmi koji prežive prilagodbu, počinju se razmnožavati na štetu ekološke ravnoteže.

Brojnost i raznolikost vrsta u vodenom balastu ovise o mjestu i vremenu ukrcaja i smanjuju se sa starenjem vodenog balasta. Rezultati istraživanja potvrđuju postojanje nekoliko stotina organizama koji su uneseni vodenim balastom i naseljeni u novomu morskom okolišu. Pojedine vrste mogu uzrokovati nepovratne posljedice za okoliš u koji su ispuštene. Zabilježeni su primjeri potpunoga potiskivanja autohtonih vrsta, zbog čega kao posljedica nastaju velike štete za gospodarstvo obalnih zemalja. Globalni utjecaj na svjetsku ekonomiju procjenjuje se na oko 10 milijarda eura godišnje. Prijenos organizama vodenim balastom danas je jedna od najvećih prijetnja svjetskim morima i ekosustavima.

Ukrcani vodeni balast sadržava otpadne nečiste vode, strane morske organizme u različitim razvojnim stadijima, npr. meduze, toksične alge, patogene bakterije, viruse, i sediment koji se prenosi u njemu do luke iskrcaja balasta i ukrcaja tereta.

## 2. Utjecaj na morski okoliš

### *Effect on Marine Environment*

Organizmi ispušteni u vodenom balastu negativno utječu na:

- ekosustav – nedomicilna flora i fauna donesene u novi okoliš redovito su za stupanj agresivnije nego domicilne vrste; u novom okolišu počinju dominirati i time smanjivati bioraznolikosti, pa kad se jednom prekine hranidbeni lanac, posljedice su nepredvidive i nesagledive;
- ekonomiju – ribarstvo i obalna industrija uz druge komercijalne djelatnosti (turizam) ometani su najezdom donesenih vrsta;
- ljudsko zdravlje – toksični organizmi zarazom i patogenim promjenama uzrokuju bolest, ili čak i smrt ljudi. Takvi su organizmi na primjer dinoflagelati – oni se u određenim povoljnim uvjetima neumjereno razmnožavaju i ispuštaju toksine, pa ako ih apsorbiraju školjkaši koji se hrane filtriranjem mora (npr. oštrige ili jakovljeve kapice), toksini uneseni u ljudski organizam mogu uzrokovati tzv. paralično trovanje (PSP), što često završi paralizom ili čak smrću.

Problemi balastnih voda povezani su i s različitim anorganskim kemikalijama kojima se koristi pri ispiranju tankova, te uz sredstva za zaštitu tankova od hrđe onečišćuju okoliš. Neprirrodna i masovna distribucija organizama ugrožava prirodnu ravnotežu svakoga okoliša u koji se ispušta vodeni balast.

Brojnost i različitost vrsta ovise o mjestu i vremenu uzimanja vodenog balasta, a smanjuje se njegovim starenjem. Iako mnoge vrste organizama ugibaju tijekom prijevoza u balastnim tankovima, veći broj njih, kao što su bakterije, praživotinje, dinoflagelati, alge kremenjašice i ribe, živo je pri dolasku u novu luku (luku ukrcaja ili luku iskrcaja balasta), te su sposobne naseljavati novi okoliš (prilagođuju se novom staništu jer su uvjeti slični njihovim prirodnim uvjetima), ali postaju i invazivne u novom okolišu.

Unos alohtonih organizama u vodenom balastu prvi je put otkriven 1908. godine kad je zabilježen unos tropske alge kremenjašice roda *Biddulphia* u Sjeverno more (Charlton<sup>1</sup>). Živi morski organizmi pronađeni su u vodenom balastu 1975. godine u balastnim tankovima broda koji je putovao iz Japana u Eden (Australija) nakon putovanja od 14 dana; bili su duljine od 0,5 do 8 mm.

U Australiji se godišnje iskrca oko 150 milijuna tona balasta u 64 luke iz 10.000 brodova koji dolaze iz 300 prekomorskih luka (AQIS<sup>2</sup>). U lokalnom prometu opet se prevoze milijuni tona vodenog balasta. Za Rotterdam se procjenjuje da ima najveći izvoz balasta na svijetu, od oko 14 milijuna tona godišnje.

Procjenjuje se da se više od 7.000 organizama prenosi brodskim balastnim vodama. Istraživanjima u svezi s prijenosom alohtonih organizama je između ostaloga dokazano:

- oko 30% alohtonih organizama koji su se nastanili u Velikim jezerima uneseno je vodenim balastom (Wiley, Hall<sup>3</sup>);
- najmanje 367 alohtonih organizama pronađeno je u vodenom balastu brodova koji su samo iz Japana ušli u Velika jezera (Carlton<sup>4</sup>);
- u razdoblju od tri godine na 300 brodova koji su uplovili u njemačke luke i bili pregledani, u vodenom je balastu pronađeno oko 350 organizama, od kojih je 30% bilo alohtono, dakle nije pripadalo Sjevernomu i Baltičkom moru (Gollash et. al.<sup>5</sup>);
- velika su opasnost za marikulturu ciste dinoflagelata, koje su u tom stadiju u balastnim tankovima i sustavu balasta sposobne preživjeti iznimno dugo i vrlo su otporne na vanjske utjecaje (Hallegraeff et. al.<sup>6</sup>).

Dalje navedeni primjeri potvrđuju nepovratne promjene izazvane unosom alohtonih organizama u vodenom balastu:

1. Rak *Eiocheir sinensis* unesen brodovima iz Azije raširio se od 1930. na ušćima njemačkih rijeka. Hrani se ribom i beskralješnjacima i uzrokuje propadanje ribarstva. Vlada je bila prisiljena pokrenuti programe nadzora, izlova i uništavanja više od 10 milijuna rakova godišnje (Choen<sup>7</sup>).

2. Otrojni dinoflagelat *Gymnodinium catenatum* vodenim je balastom brodova iz Japana i Južne Koreje unesen u australske luke nakon 1980. Poslije prilagodbe slijedilo je brzo rasprostiranje (pogotovo u luci Hobart), što je dovelo do prestanka lova rakova i školjkaša na nekoliko lokacija. Tasmanijske su vlasti nakon toga počele primjenjivati program nadzora rakova i školjkaša kako bi se u komercijalnoj uporabi zaštitilo ljudsko zdravlje (Rigby, Hallegraeff<sup>8</sup>). Ti se dinoflagelati nakupljaju u školjkašima, na koje nemaju negativan učinak. Ako ljudi jedu školjkaše u kojima su otrovni dinoflagelati, moguće je trovanje, pa čak i smrt.

3. U Crnome moru rebraš *Mnemiopsis leidyi*, unesen oko 1980., uzrokovao je znatne promjene u planktonskim zajednicama. Došlo je naglog smanjenja brojnosti pelagičkih riba, što je dovelo do propasti ribarstva, koje je

<sup>3</sup> C. J. Wiley, W. Hall, Aquatic nuisance species in relation to ships and shipping. Abstract from The Sixth International Zebra Mussel and Other Aquatic Nuisance Species Conference, Dearborn, Michigan, 1996

<sup>4</sup> J. T. Carlton, J. B. Geller, Ecological roulette – the global transport of nonindigenous marine organisms, *Science* 261, 1993, p. 78-82.

<sup>5</sup> S. Gollash, et. al., Non – indigenous Organisms introduced via ships in German Waters. ICES Annual Science Conference, 1995

<sup>6</sup> G. M. Hallegraeff, et. al., Microalgal Spores in Ships' Ballast Water: A Danger to aquaculture, In *Toxic Marine Phytoplankton*, Elsevier, New York, 1991, p. 475.

<sup>7</sup> A. N. Choen, J. T. Carlton, Nonindigenous aquatic species in United States Estuary: A case study of the biological invasions of the San Francisco Bay and Delta, University of California at Berkeley, 1995

<sup>8</sup> G. Rigby, G. M. Hallegraeff, The Transfer and control harmful marine organisms in shipping ballast water: Behaviour of marine plankton and ballast water exchange trials on the MV Iron Whyalla. *Journal of Marine Environmental Eng.*, Vol 1., 1994, p. 91 – 110.

<sup>1</sup> J. T. Carlton, Transoceanic and Interoceanic Dispersal of Coastal Marine Organisms, *The Biology of Ballast Water, Oceanography and Marine Biology Annual Review* 23, 1985, p. 313 – 374.

<sup>2</sup> AQIS, Australian Ballast Water Management Requirements, Australian Quarantine and Inspection Service, 2001

godišnje donosilo oko 200 milijuna USD (Botnen<sup>9</sup>). Ta sjevernoamerička vrsta bila je glavni krivac uništavanja zooplanktona napadajući riblje ličinke i onemogućujući obnavljanje ribljega fonda.

4. Sjevernopaciifička morska zvjezdača *Asterias amurensis*, unesena vodenim balastom iz Japana u obalne vode južne Australije početkom 1980., izazvala je ozbiljne štete u ribarstvu i marikulturi. Tako je 1.500 km<sup>2</sup> zaljeva Port Phillip zagušeno velikim brojem zvjezdača, biomase veće od ukupne mase svih zaljevskih riba. Zbog toga je zaljev pred potpunim ekološkim kolapsom (Oemcke<sup>10</sup>).

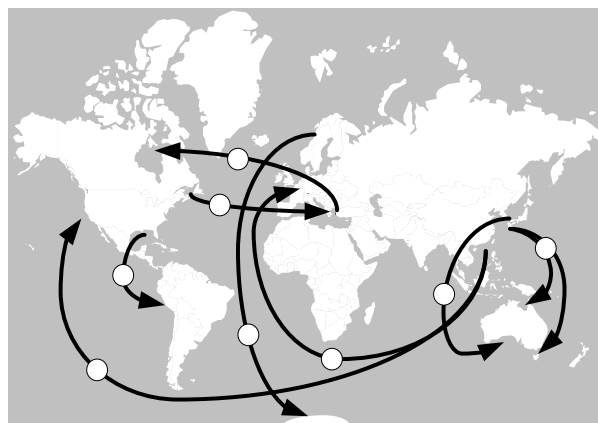
5. Slatkovodni školjkaš *Dreissena polymorpha Pallas* unesen je 1986. godine u Velika jezera iz južne Rusije. Nedostatak prirodnih neprijatelja utjecao je na njegovo ubrzano širenje na 40% unutarnjih voda. Školjkaš se između ostaloga raširio u rashladnim postrojenjima obalne industrije. Troškovi monitoringa i preventivnih mjera penju se do 1 milijarde USD<sup>11</sup>.

6. Populacija raka *Eiocheir sinensis* pojavila se u zaljevu San Francisca 1990.<sup>12</sup>

7. Masovnu epidemiju kolere u Peruu 1991. godine, koja se istovremeno pojavila u tri različite luke i izazvala smrt više od 10.000 ljudi, s velikom vjerojatnošću izazvala je bakterija *Vibrio cholerae*. Ta bakterija pronađena je u vodenom balastu pet brodova koji su ukrcavali teret u lukama SAD-a, a balastirani su u Meksičkom zaljevu. Istraživanja su pokazala da bakterija *Vibrio cholerae* može preživjeti u vodenom balastu i više od 50 dana (Oemcke<sup>12</sup>).

8. Premda se pretpostavljalo da će mora oko Antarktika biti pošteđena od unosa alohtonih organizama, taj izuzetno osjetljiv ekosustav je narušen sve većim porastom prometa *cruisera*, ribarskih i istraživačkih brodova, što je rezultiralo unosom raka *Hyad araneus*. Taj rak, inače autohton u moru oko Norveške, unesen je vodenim balastom (BWN<sup>13</sup>).

Navedeni primjeri pokazuju utjecaj alohtonih organizama na obalna mora zemalja koje su u mogućnosti poduzeti uzorkovanje i nadzor, te provesti sustavno praćenje i istraživanje. Budući da je najveći dio mora bez nadzora, može se pretpostaviti da su stvarne posljedice utjecaja na morski okoliš veće od sadašnjih spoznaja. GloBallast<sup>14</sup> je pregledom dosadašnjih štetnih učinaka definirao deset vrsta koje imaju najštetniji učinak na morski okoliš.



Slika 1. Pregled navedenih primjera na zemljovidu

Fig.1. Review of presented examples on the map

### 3. Uvjeti kad organizmi postaju prijetnja

#### Conditions When Organisms Become Threat

Unosi organizama vodenim balastom počeo je s korištenjem vodenim balastom, to jest s balastiranjem i debalastiranjem brodova koji plove između mora s različitim životnim zajednicama. Kako je u lukama međunarodni promet rastao, udio ispuštenog balasta se povećavao i unos organizama je rastao. Za uspješno preživljavanje alohtonih organizama potrebna je određena kompatibilnost uvjeta između luka gdje je balast uzet i ispušten (fizikalna i kemijska svojstva mora), dakle kompatibilnost uvjeta. Spoznaje o karakteristikama morskog okoliša dviju luka (luke gdje se brod balastira i luke gdje se on debalastira) mogu nam poslužiti za procjenu rizika unosa alohtonih organizama.

U mnogim primjerima uspješan unos organizama između dvije luke s kompatibilnim uvjetima (određena fizikalna i kemijska svojstva morske vode) nije se ostvario sve dok se nisu promijenili uvjeti u luci u kojoj se uzima vodeni balast. Povećanje i smanjenje onečišćenja u toj luci utječe na veću brojnost određenih organizama, čime se povećava mogućnost njihova uspješnog unosa. Promjene uvjeta u luci debalastiranja manje utječu na uspješnost unosa (Carlton<sup>15</sup>).

Uvjeti kad organizmi postaju prijetnja za ekologiju, ekonomiju i zdravlje ljudi mogu se sažeti na sljedeće:

- organizmi moraju biti u blizini usisnih otvora balastnoga sustava,
- organizmi moraju preživjeti prolazak kroz sustav balasta do balastnih tankova, biti manji od usisnih rešetki i pora filtra,
- organizmi moraju preživjeti uvjete koji vladaju u balastnim tankovima,
- organizmi moraju preživjeti ponovni prolazak kroz balastni sustav pri debalastiranju broda,
- organizmi se moraju prilagoditi u novoj sredini i započeti se razmnožavati.

<sup>9</sup> H. Botnen, The Ballast Water Problem, Introduction of non-indigenous species in Norway, Report from National Conference in Trondheim, 1997, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 1997, p. 81-85.

<sup>10</sup> D. Oemcke, The Treatment of Ships' Ballast Water, Eco Ports Monograph Series No. 18, Brisbane, 1999, p.16.

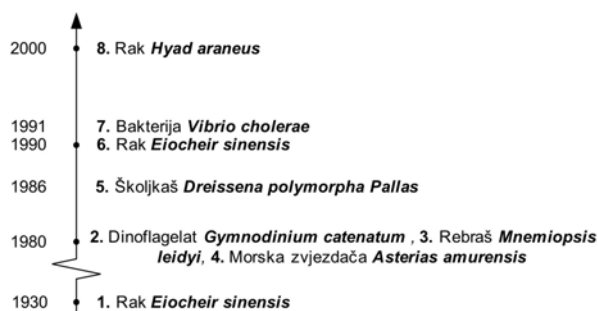
<sup>11</sup> Design Study Report, Full Scale Design Studies of Ballast Water Treatment Systems, Northeast-Midwest Institute, Washington DC, 2002, p. 8.

<sup>12</sup> Cf. supra bilješku ispod teksta fusnotu 7.

<sup>13</sup> Ballast Water News, Global Ballast Water Management, IMO, 2004, p. 7.

<sup>14</sup> GloBallast je međunarodni program za praćenje i rješavanje problematike vodenog balasta i sedimenata. Trenutno se provodi u šest svjetskih luka (Dalian, Khark Is, Mumbai, Odessa, Saldanha i Septiba).

<sup>15</sup> J. T. Carlton, Pattern, Process, and Prediction in Marine Invasion Ecology, Biological Conservations 78 1996, p. 104.



Slika 2. Pregled navedenih primjera na vremenskom pravcu  
 Fig. 2. Review of examples stated on weather direction

### 3.1. Balastiranje

#### Ballasting

Prilikom usisa vodenoga balasta velik broj organizama preživi prolazak kroz usisne rešetke na mjestu usisa mora i filtra unutar balastnog sustava, zbog svoje veličine. Tipične veličine usisnih rešetki kreću se od 40 do 100 mm, a filtra od 6 do 20 mm, tako da je njihova efikasnost odstranjivanja zanemariva.

Brzine protoka u balastnom sustavu nisu velike, 1 – 2 m/s, a tlak iza balastne pumpe je 1 – 2 bara, što opet pogoduje preživljavanju organizama. Manji dio strada pri prolasku kroz centrifugalnu balastnu pumpu, ali veći dio preživi i dolazi do balastnih tankova, gdje se prilagođava na nove uvjete preživljavanja. Pri balastiranju broda, kroz balastnu pumpu prolazi samo onaj dio vodenog balasta kojim se pune bočni tankovi (tankovi iznad razine pumpe), dok se veći dio balasta, namijenjen tankovima dvodna, puni slobodnim padom, zaobilazeći pumpu, što opet povećava stupanj preživljavanja organizama.

Tablica 1. Veličine planktonskih stadija organizama  
 Table 2. Size of plankton stages organisms

Vrsta planktonskog stadija	Veličina
<i>Undaria pinnatifida</i>	od 5 do 10 μm
<i>Dreissena polymorpha</i>	od 70 do 290 μm
<i>Asterias amurensis</i>	više od 100 μm
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	više od 100 μm
<i>Boccardia proboscidea</i>	od 90 više od 200 μm
<i>Lepeophtheirus salmonis</i>	od 170 do 450 μm
<i>Pyromaia tuberculata</i>	od 0,39 do 1,9 mm
<i>Carcinus maenas</i>	od 0,47 do 1,18 mm
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	od 4,6 do 12 mm

Izvor: D. Oemcke, *The Treatment of Ships' Ballast Water, Eco Ports Monograph Series No. 18, Brisbane, 1999*

Organizmi u balastnim tankovima preživljavaju u stupcu morske vode i zaostalom balastu i sedimentima nataloženima na dnu tankova. Količina sedimenata ovisi o lokalnim uvjetima za vrijeme balastiranja, posebno o zamućenosti i udaljenosti usisnih košara od morskog dna, te o strukturi tankova.

Može se dogoditi da pri balastiranju sediment s morskog dna bude podignut usisnim vrtlogom, tako da se usišu bentoski organizmi.<sup>16</sup>

Posebno su opasni otrovni dinoflagelati, koji nepovoljne uvjete preživljavaju u obliku cista. Ciste mogu biti neaktivne i do nekoliko godina, sve dok uvjeti morskog okoliša ne postanu pogodni za rast i razmnožavanje. Zanimljivo je da se čak i manje ribe mogu pronaći u balastnim tankovima.

### 3.2. Putovanje u balastu

#### Voyage when ballasting

Izvedbe balastnih sustava razlikuju se ovisno o tipu i namjeni broda. Uvjeti u balastnim tankovima mijenjaju se s temperaturom okolnoga mora, ovisno o tipu brodskog trupa (jednostruka oplata, dvostruka oplata), kretanju vodenog balasta u tanku, količini i strukturi planktonskih organizama i potrošku kisika. Osobine životnih ciklusa i sposobnost prilagodbe na nove uvjete u balastnim tankovima određuju preživljavanje raznolikih vrsta.

Istraživanja preživljavanja planktonskih zajednica pri balastnom putovanju obavilo je više istraživača, uzorkovanjem tankova, na raznim tipovima brodova i u različitim morima. Primjerice, Rigby i Hallegraef<sup>17</sup>, koji su istraživali uzorke iz balastnih tankova na putovanju broda za prijevoz rasutih tereta, dolaze do zaključka kako u uvjetima tame preživljavaju određeni planktonski organizmi. Transport različitih vrsta je moguć zbog sposobnosti prilagodbe planktonskih organizama na preživljavanje u mraku i formiranje cista. Također je dokazano da je potrošnja kisika na dnu tanka (u sedimentu) u izravnoj vezi sa sastavom planktonske zajednice u balastnom tanku.

Primjerice, na putovanju broda za rasute terete koji je balastiran u Japanu i debalastiran u Oregonu, pronađeno je 367 različitih vrsta (Carlton<sup>18</sup>). U razdoblju od dvije godine istraživana je fauna u balastu na putovanjima između Japana i Australije. U tankovima su pronađene dvije vrste riba, 22 zooplanktonske vrste i 45 vrsta fitoplanktonskih organizama, od kojih je 7 endemskih iz Japana, dok je u sedimentima pronađeno 37 različitih vrsta. Carlton otkriva kako duljina trajanja balastnog putovanja i temperatura vodenog balasta određuju koji će organizmi preživjeti putovanje i koliko dugo.

<sup>16</sup> Bentoski su organizmi svi oni organizmi kojima su staništa na morskome dnu.

<sup>17</sup> Cf. supra bilješku ispod teksta (fusnotu) br. 6.

<sup>18</sup> J. T. Carlton, Geller J. B., Ecological roulette – the global transport of nonindigenous marine organisms, *Science* 261, 1993, p. 79.

### 3.3. Debalastiranje

#### Deballasting

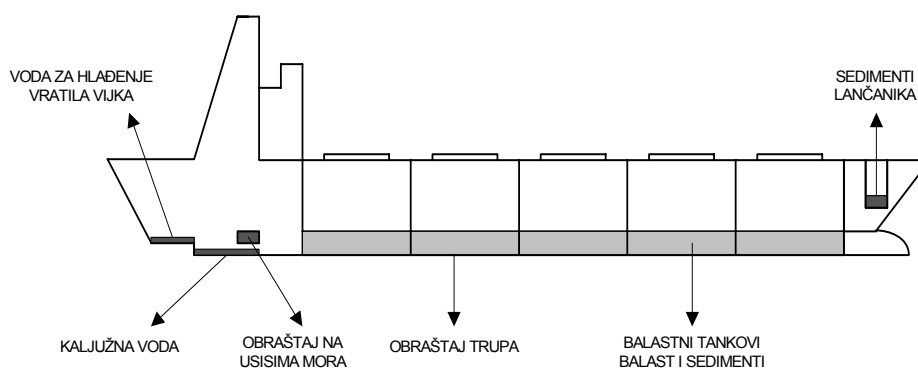
Pri ispumpavanju vodenog balasta preživjeli organizmi prolaze kroz isti cjevovod<sup>19</sup> kojim su i ušli u tank, to jest moraju preživjeti prolazak kroz filtre i balastnu pumpu. Organizmi koji prežive balastno putovanje i nakon debalastiranja broda dopiju u more, moraju proći kroz proces prilagodbe nakon kojega se počnu razmnožavati i postaju uljezi u novom okolišu. Iako su uneseni u novi okoliš, većina alohtonih organizama ne preživi dovoljno dugo kako bi se adaptirali na nove uvjete. Međutim, jednom prilagođeni, obično nemaju prirodnih neprijatelja pa se počinju brzo razmnožavati potiskujući autohtone vrste.

### 3.4. Ostala područja na brodu

#### Other Ship's Areas

Iako se vodenim balastom prenese najviše organizama, postoje i druga područja na brodu gdje se organizmi zadržavaju i preživljavaju. Prostor lančanika pogodan je oblik za nakupljanje sedimenata s dna, koji u njega dopiju nakon podizanja sidra i prikupljanja sidrenog lanca. Premda se pri podizanju sidra lanac ispire morskou vodom, u lančaniku ipak zaostane (ovisno o strukturi dna) određen broj organizama, koji spuštanjem sidra, ako prežive putovanje, mogu biti uneseni u novu sredinu.

Čitav trup idealna je površina za prijenos školjkaša, alga i ostalih organizama koji se, nakon slabljenja utjecaja antivegetativne boje, počnu prijanjati na oplatu i razmnožavati. Kad narastu i formiraju deblje naslage, one povremeno otpuštaju reproduktivne stadije, i na taj se način naseljavaju u novom okolišu.



Slika 3. Područja na brodu gdje se zadržavaju organizmi

Fig. 3. Ship's areas where organism persist

Usisne košare zbog svoje konfiguracije mogu biti idealna privremena staništa za veće organizme, i oni kad im to odgovara, izlaze u novi okoliš. Opasnost je i sustav za hlađenje statvene cijevi, ali i ostali rashladni sustavi morske vode. Organizmi, ponajprije školjkaši, nastanjuju se u cjevovodima, rashladnicima, ventilnim stanicama, pa iz njih strujanjem morske vode mogu biti izbačeni u more.

## 4. Zaključak

### Conclusion

More prekriva više od 71% našega planeta, dok 65% svjetske populacije živi uzduž priobalja. Očekuje se da će u sljedećih 20 godina broj populacije narasti više od 75%. Brodarstvo ima dominantnu ulogu u prijevozu

tereta. Više od 80% svjetskoga teretnog prijevoza obavlja se brodovima.

Brodski vodeni balast sadržava otpadne nečiste vode, strane morske organizme u različitim razvojnim stadijima (meduze, toksične alge, planktonske zajednice, patogene bakterije, viruse) i sediment.

Prijenos organizama balastnim vodama danas je jedna od najvećih prijetnja svjetskim morima i ekosustavima. Uneseni organizmi mogu uzrokovati nepovratne promjene u strukturi zajednica, kao što su potiskivanje autohtonih vrsta sve do njihova potpunog izumiranja.

Utjecaj na ekonomiju očituje se u posrtanju ili potpunom uništenju ribarstva, poteškoćama u radu obalne industrije i turizma. Iznimna je opasnost po ljudsko zdravlje unos toksičnih organizama vodenim balastom, koji uzrokuju zaraze i smrt ljudi.

Brodovi godišnje prevezu oko 12 milijarda tona vodenog balasta, a više od 7.000 raznih organizama prenosi se tim balastom. Pokušaji sanacije štetnog

<sup>19</sup> Balastni cjevovod ima dvostruku funkciju, to jest može biti usisni ili tlačni, što se određuje odgovarajućim odabirom ventila na cjevovodu. Pražnjenje i punjenje balasta za određene tankove na taj način moguće je izvesti i gravitacijski.

utjecaja na okoliš od ispuštenoga vodenog balasta procjenjuju se na svjetskoj razini na 10 milijarda eura godišnje. Iako su u proteklom desetljeću pokrenuti brojni istraživački projekti, do danas nije pronađeno optimalno rješenje za ovaj kompleksni problem.

Poznavanjem i definiranjem najnepoželjnijih invazivnih vrsta, uviđanjem posljedica mogućega štetnog utjecaja ispuštenog balasta na morski okoliš, poštovanjem i donošenjem nove pravne regulative te odgovarajućim postupanjem s vodenim balastom na brodu, moguće je smanjiti posljedice štetnog utjecaja na morski okoliš, a u budućnosti valja težiti ka konačnom cilju - potpunju inaktivaciji svih alohtonih organizama u brodskom vodenom balastu.

## Literatura

### References

1. AQIS, Australian Ballast Water Management Guidelines, Australian Quarantine and Inspection Service, 1988
2. AQIS, Australian Ballast Water Management Requirements, Australian Quarantine and Inspection Service, 2001
3. Ballast Water News, Global Ballast Water Management, IMO, 2004, p. 7.
4. K. Barnes, The Effects of Magnetic Water Treatment on Zebra Mussel in Laboratory and Industrial Settings, Purdue University North, Sacramento, CA, 1998
5. A. Benović, J. Lovrić, N. Ružinski, Ballast waters: Problems and Perspectives, IMAM'95 (440-445), Dubrovnik, 1995
6. H. Botnen, The Ballast Water Problem, Introduction of non-indigenous species in Norway, Report from National Conference in Trondheim, 1997, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 1997
7. J. T. Carlton, Transoceanic and Interoceanic Dispersal of Coastal Marine Organisms, The Biology of Ballast Water, Oceanography and Marine Biology Annual Review 23, 313 – 374, 1985
8. J. T. Carlton, J. B. Geller, Ecological roulette – the global transport of nonindigenous marine organisms, Science 261 (78-82), 1993
9. Cawthron Report No. 468, Mid Ocean Ballast Water Exchange: Procedures, Effectiveness and Verification, Cawthron PB 2, Nelson, New Zealand, 1998
10. A. N. Choen, J. T. Carlton, Nonindigenous aquatic species in United States Estuary: A case study of the biological invasions of the San Francisco Bay and Delta, University of California at Berkeley, 1995
11. Design Study Report, Full Scale Design Studies of Ballast Water Treatment Systems, Northeast-Midwest Institute, Washington DC, 2002
12. P. Desmarchelier, F. Wong, The potential for *Vibrio cholerae* to translocate and establish in Australian waters, AQIS Ballast water Research Series, Report No. 10, 1988
13. G. M. Hallegraeff et al., Microalgal Spores in Ships' Ballast Water: A Danger to aquaculture, In Toxic Marine Phytoplankton, Elsevier, New York, 1991
14. G. M. Hallegraeff, C.J. Bolch, Transport of Diatom and Dinoflagellate Cysts Via Ships Ballast Water, Marine Pollution Bulletin 22, 1992
15. L. Karaminas, An Investigation of ballast water management methods with particular emphasis on the risk of the sequential method, Lloyd's Register of Shipping, London, 2000
16. I. Kriesel et al., The ternary effect for ballast water treatment, 2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium IMO, London, 2003
17. B. Munday, M. Dainth, J. C. Sanderson, An Biological and Epidemiological Review of Putative Ballast Water Introduction *Undaria pinnatifida* and *Asterias amurensis*, AQIS BWRS Report No. 3, 1993
18. T. Novaković, Konstruktivna poboljšanja upravljanja balastnim vodama, diplomski rad, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, 2005.
19. D. Oemcke, The Treatment of Ships' Ballast Water, Eco Ports Monograph Series No. 18, Brisbane, 1999
20. D. Radan, J. Lovrić, I. Prce, Pregled istraživanja obrade balastnih voda, Naše more, 49 (5-6), Dubrovnik, 2002.
21. D. Radan, A. Bratoš, M. Crnčević, Pristup istraživanju optimalnog rješenja problema prijenosa morskih organizama balastnim vodama, Naše more 48 (1-2), Dubrovnik, 2001.
22. G. Rigby, G. M. Hallegraeff, The Transfer and control harmful marine organisms in shipping ballast water: Behaviour of marine plankton and ballast water exchange trials on the MV Iron Whyalla. Journal of Marine Environmental Eng., Vol 1., 1994
23. S. Smith, Ballast Water Treatment – Management and Research in Washington State, 2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium IMO, London, 2003
24. Testing monitoring System for Risk Assessment of harmful Introductions by Ships to European Waters, Report – Intercalibration Workshop, Helgoland and Kiel, 1998
25. A. Taylor, G. Rigbi, Suggested Design to Facilitate Improved Management and Treatment of Ballast Water on New and Existing Ship, Alan H Taylor Associates Pt, Victoria, 2001
26. G. A. Thornton, The use of heat for ballast water disinfection – the AquaTherm method, 2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium IMO, London, 2003
27. C. J. Wiley, W. Hall, Aquatic nuisance species in relation to ships and shipping. Abstract from The Sixth International Zebra Mussel and Other Aquatic Nuisance Species Conference, Dearborn, Michigan, 1996
28. D. A. Wright et al., Some Shipboard Trials of Ballast Water Treatment Systems in the United States, 2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium IMO, London, 2003

Rukopis primljen: 9. 2. 2007.