SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET U RIJECI

RIJEKA

Teo Božanić, Mihael Stančirević, Dražen Tišljar

**METODOLOGIJA UPRAVLJANJA BALASTNIM**

**VODAMA NA BRODU**

**SEMINARSKI RAD**

RIJEKA, 2011.

SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET U RIJECI

RIJEKA

**METODOLOGIJA UPRAVLJANJA BALASTNIM**

**VODAMA NA BRODU**

Kolegij: Metodologija znanstveno-istraživačkog rada

Mentor: prof.dr.sc. Branko Rafajac

Studenti:Teo Božanić (0112029012),

Mihael Stančirević (0112030309),

Dražen Tišljar (0112030148)

Smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa, diplomski studij

Rijeka, 2011.

**SADRŽAJ**

[1.UVOD 1](#_Toc286391847)

* 1. [Problem istraživanja 1](#_Toc283739166)
  2. [Svrha i ciljevi istraživanja 1](#_Toc283739167)
  3. [Hipoteza 1](#_Toc283739168)

[1.4.Metode istraživanja 1](#_Toc283739169)

[1.5.Struktura rada 1](#_Toc283739170)

[2.KARAKTERISTIKE BALASTNIH VODA 2](#_Toc286391848)

[2.1.Fizikalna svojstva 2](#_Toc286391849)

[2.2.Kemijska svojstva 3](#_Toc286391850)

[2.3.Biološka svojstva 4](#_Toc286391851)

[3.METODOLOGIJA UPRAVLJANJA BALASTNIM VODAMA NA BRODU 6](#_Toc286391852)

[3.1. Metode izmjene vodenog balasta na brodu 6](#_Toc286391853)

[3.2.Analiza obrade 7](#_Toc286391854)

[3.2.1.*Mehaničke* metode obrade 7](#_Toc286391855)

[*3.2.2. Fizikalne metode obrade* 8](#_Toc286391856)

[3.2.3.*Kemijske metode obrade* 9](#_Toc286391857)

[4.PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA U OBRADI BALASTNIH VODA 10](#_Toc286391858)

[4.1.Mjere predostrožnosti 10](#_Toc286391859)

[4.2.Tehnička unaprjeđenja 10](#_Toc286391860)

[5. ZAKLJUČAK 12](#_Toc286391861)

[LITERATURA 13](#_Toc286391862)

[POPIS SLIKA 13](#_Toc286391863)

[POPIS TABELA 13](#_Toc286391864)

# UVOD

Prijenos organizama u vodenom balastu jedna je od najvećih prijetnji morskoj bioraznolikosti, ekosustavima i ljudskom zdravlju. Brodski vodeni balast može sadržavati različite fitoplanktonske i zooplanktonske organizme (alge, ciste, ličinke školjkaša, riba, puževa i rakova) u različitim životnim stadijima, te bakterije i viruse. Vodeni balast se dugo vremena smatralo čistim tako da postupci balastiranja i debalastiranja brodova nisu bili tretirani kao potencijalna opasnost. Godišnje se u svijetu transportira između 11 i 12 milijardi tona vodenog balasta dok istovremeno više od 7000 raznih organizama bude preneseno.[[1]](#footnote-1)

Osnovni cilj istraživanja sadržava sustavnu analizu mogućih primjenjivih postupaka izmjene i metoda obrade vodenog balasta, razvijanje modela postupanja primjenjivoga na sve vrste brodova, razrada i postavljanje tipičnih scenarija postupanja vodenim balastom, prijedlog prihvatljivih postupaka izmjene i metoda obrade. Istraživana tehnička poboljšanja postojećih balastnih sustava potrebna su u funkciji smanjenja količine zaostalog balasta i primarnoj inaktivaciji alohtonih organizama pri balastiranju brodova.

Ekološki prihvatljivo postupanje s vodenim balastom moguće je ostvariti prilagodbom postojećih balastnih sustava u sprezi s određenim postupcima izmjene i metodama obrade kako bi se ostvario sinergijski učinak, sustavno povezujući i mozaik svih dominantnih čimbenika koji utječu na donošenje odluka.

Način na koji su postavljeni problem i definirani ciljevi istraživanja u ovome radu sustavno je moguće učinkovito sagledati s pomoću interakcijskog povezivanja više znanstvenih disciplina pri čemu se njihova sinteza ostvaruje i na razini predmeta znanja i na razini koncepta i metoda. Zato će se iznesena problematika istraživati interdisciplinarno, što je u dosadašnjim istraživanjima uglavnom bilo zanemareno.

U „Uvodu“ su navedeni problem, predmet i objekt istraživanja i radna hipoteza svrha i ciljevi istraživanja, znanstvene metode i obrazložena je struktura rada. Naslov drugog dijela rada je „Karakteristike balastnih voda“. U tome dijelu rada analizirani su rezultati istraživanja fizikalnih, kemijskih i bioloških metoda kao i raščlamba vodenog balasta kao takvog. „Metodologija upravljanja balastnim vodama na brodu“ naslov je trećeg dijela rada. U tom dijelu predočeni su načini izmjena vodenog balasta na brodu te analiza obrade mehaničkim, fizikalnim i kemijskim metodama. U četvrtom dijelu rada s naslovom „Prijedlozi poboljšanja u obradi balastnih voda“ eleborirane su mjere predostrožnosti i tehnička unaprjeđenja. U posljednjem dijelu, Zaključku, dana je sinteza rezultata istraživanja kojima je dokazivana postavljena radna hipoteza.

# KARAKTERISTIKE BALASTNIH VODA

Vodeni balast je ustvari morska voda koja u rijetkim slučajevima može biti izmiješana sa slatkom vodom kada se balast uzima na ušćima rijeka ili kada se balast uzima u jezerima. Biološke i toksikološke karakteristike vodenog balasta definiraju alohtone organizme i sagledavaju njihove štetne učinke na morski okoliš. Vodeni balast se dugo vremena smatrao čistim, tako da postupci balastiranja i debalastiranja brodova nisu bili tretirani kao potencijalna opasnost. Prijenos organizama u vodenom balastu i sedimentima predstavlja izrazitu prijetnju morskom okolišu, ekosustavima i zdravlju ljudi. Između 7000 različitih fitoplanktonskih i zooplanktonskih organizama (algi, cisti, ličinka školjkaša, riba, puževa i rakova) u različitim životnim stadijima, te bakterija i virusa koji se danas prenose vodenim balastom potrebno je u cilju razvijanja postupaka s balastom definirati nepoželjne **alohtone[[2]](#footnote-2)** organizme.

## 2.1. Fizikalna svojstva

Zbog sadržaja soli morska voda ima posebna fizikalna svojstva, različita od slatke vode. Morska voda ima nižu specifičnu toplinu, toplinsku vodljivost i veću površinsku napetost. Specifična toplina morske vode opada s porastom njezine slanosti. Osmotski tlak morske vode raste s porastom temperature i stupnja saliniteta.

Površinska napetost čiste morske vode malo je veća od površinske napetosti čiste slatke vode, te morska voda spada u prirodne tekućine s najvišom površinskom napetošću. Koeficijent toplinskog širenja veći je od slatke vode i raste s porastom tlaka. Toplina isparavanja približno je slična kao i kod slatke vode. Ledište morske vode je na nižoj temperaturi i ono ovisi o stupnju saliniteta.

Tabela 1. Ovisnost saliniteta morske vode i ledišta na površini mora

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Salinitet** | 0‰ | 10‰ | 20‰ | 30‰ | 40‰ |
| **Ledište** | 0 ºC | -0,542 ºC | -1,083 ºC | -1,638 ºC | -2,212 ºC |

Izvor: Obradili autori prema podacima iz: Knauss, A. J.: Introduction to Physical Oceanography, Prentice - Hall, New Jersey, 1997, str. 87.

*Gustoća morske vode* - određena je njezinom temperaturom, salinitetom i dubinom. Najveću gustoću imaju vode ledenih mora iako su relativno slatke, dok najnižu gustoću imaju tople tropske oceanske morske vode niske slanosti blizu ekvatora. Oceanske vode variraju u gustoći od 1,0275 do 1,2100[[3]](#footnote-3). Površinske vode u Jadranskom moru imaju zimi gustoću višu od 1,0290. Gustoća morske vode je važan faktor pri gibanju morskih masa primjerice u odnosima morskog planktona i ribljih jaja.

*Temperatura morske vode* - s malim iznimkama temperatura mora opada s dubinom. Općenito pad temperature je mnogo veći neposredno ispod površine nego u većim dubinama. Osnovni izvor porasta temperature morske vode je utjecaj Sunca. Sunce ugrijava vodene mase neposrednim zračenjem najviše u obratnicama, a u višim širinama u sve slabijoj mjeri. U moru se sva energija Sunčevog zračenja ne upotrijebi za porast temperature gornjih slojeva, jer manji dio te energije upotrebljava bilje za klorofilnu asimilaciju. Površinska temperatura mora kao cjelina varira između -2ºC i 32ºC[[4]](#footnote-4).

*Prozirnost i boja mora* - upijanje ili apsorpcija svjetlosti morske vode ovisi o apsorpcijskim svojstvima čiste morske vode, i o prisutnim raspršenim česticama i obojenim otopljenim tvarima u vodi. Stupanj upijanja svjetlosti u moru znatno varira i ovisi o mjestu, dubini, vremenu i o valnoj dužini svjetlosti. Upijanje svjetlosti je manje u oceanskoj nego u priobalnoj vodi, ali tamo postoje znatna kolebanja ovisna o mjestu i dubini. Modra svjetlost prodire u bistroj vodi do velikih dubina, a zelena i žuta svjetlost sežu dublje u mutnoj vodi.

## Kemijska svojstva

Morska voda ima sposobnost otapanja raznih soli i kemijskih tvari te može stvarati ione - električki nabijene čestice, a s nekim tvarima čini spojeve koji imaju kisela ili lužnata svojstva. Ona se dakle ponaša kao sredstvo za otapanje, koje je pri tome kemijski vrlo aktivno, za razliku od drugih tekućina.

*Salinitet* - odnosi se na ukupan sadržaj soli u morskoj vodi. Za razliku od slatkih voda gdje postoje velike međusobne razlike u kemijskom sastavu, u moru vlada značajna slanost u međusobnim omjerima pojedinih iona. To se tumači velikom masom mora, mogućnošću miješanja voda pojedinih dijelova svjetskog mora i velikom starošću oceana. U moru je pronađeno više od 50 kemijskih elemenata[[5]](#footnote-5) te postoji pretpostavka da bi u moru mogli biti zastupljeni gotovo svi kemijski elementi.

*Fosforni i dušikovi spojevi* - izuzetno su važni za izmjenu tvari u moru, iako ih u morskoj vodi ima u malim količinama. Morski fitoplankton ih neprestano uzima, a odatle postupno prelaze sve do složenijih morskih organizama kojima služe za izgradnju tijela. U stanicama organizama fosfati učestvuju posebno u metabolizmu šećera, i pri izgradnji kostura i vanjskih zaštitnih organa bogatih kalcijevim solima. I dušikovi su spojevi nositelji najvažnijih procesa u stanici, gdje sudjeluju, između ostaloga i u izgradnji aminokiselina. Ugibanjem i truljenjem morskih organizama ponovo se oslobađaju fosfatne i dušične soli u anorganskom obliku, koje se otapaju u morskoj vodi. Zbog bujanja planktona u površinskim slojevima mora dolazi do iscrpljenja ovih hranjivih soli. To se događa osobito u niskim širinama, a ljeti u umjerenom pojasu i nekad u arktičkim vodama. More oko Antarktika uvijek je bogato hranjivim solima, jer postoji miješanje površinskih slojeva sa dubinskima, koji su izuzetno bogati s hranjivim solima pa se tamo trajno obnavljaju hranjive soli na površini mora.

*Plinovi u morskoj vodi -* međusobni omjer otopljenih plinova u morskoj vodi (N2 : O2 : CO2  odnose se kao 64 : 34 : 1,6)[[6]](#footnote-6) razlikuje se od omjera tih plinova u zraku (N2 : O2 : CO2 odnose se kao 78,08 : 21,94 : 0,033). Međutim apsolutne su količine plinova u morskoj vodi malene u usporedbi s količinama u zraku. Količine N2, O2 i CO2 iznose u morskoj vodi 12 ml/l u 6,4 ml/l i 0,3 ml/l, a u zraku iznose 780 ml/l, 210 ml/l i 0,3 ml/l.[[7]](#footnote-7) S porastom slanosti ili temperature pada sposobnost otapanja plinova u morskoj vodi. Količinu dušika u morskoj vodi reguliraju jedino fizikalni faktori. Količina kisika u oceanu kreće se od 0 do blizu 9 ml/l. Površinske hladne vode imaju ga mnogo, a u toplim površinskim vodama količina mu pada na polovinu. U dubini od 20-60 m nalazi se maksimum kisika oslobođenoga prirodnom asimilacijom. Za razliku od N2 i O2,koji se u morskoj vodi jednostavno otapaju, s CO2 se kemijski veže za višak lužnatih tvari nad ostacima jakih kiselina. Što je viši taj lužnati ostatak, to se više CO2 može kemijski vezati u karbonate i bikarbonate čije količina praktično označuje stupanj alkaliniteta morske vode.

## Biološka svojstva

Unos alohtonih organizama u vodenom balastu prvi je puta otkriven 1908. godine kad je zabilježen unos tropske alge kremenjašice roda Biddulphia u Sjeverno more**[[8]](#footnote-8)**. Živi morski organizmi pronađeni su u vodenom balastu 1975. godine u balastnim tankovima broda koji je putovao iz Japana u Australiju nakon putovanja od 14 dana. Pronađeni organizmi bili su u rasponu dužine od 0,5-8 mm.

Ekološki i gospodarski incidenti prijete i obalama Francuske, Italije i Hrvatske. U njima su se tijekom 90-ih godina prošlog stoljeća pojavile dvije vrste tropskih algi, Caulerpa taxifolia i Caulerpa racemosa, za koje se smatra da su unesene u Mediteransko područje vodenim balastom brodova. Zahvaljujući brzom vegetativnom razmnožavanju i nedostatku prirodnih neprijatelja potiskuju autohtonu vegetaciju, narušavajući ekološku ravnotežu i uništavajući bio-raznolikost mora.

Zbog svega navedenog, Međunarodna pomorska organizacija (IMO), sastavila je listu od 10 najnepoželjnijih bio-invazijskih vrsta koji se brodskim vodenim balastom šire svjetskim morima.

***Najštetnije vrste koje se unose vodenim balastom su*** *[[9]](#footnote-9)****:***

1. Asterias amurensis (Sjevernopacifička zvjezdača)

2. Dreissena polymorpha (Zebrasta dagnja)

3. Undaria pinnatifida (Azijska alga - kelp)

4. Caricinus maenus (Europski zeleni rak)

5. Neogobius melanostomus (Obli glavoč)

6. Gymnodinium catenatum (Toksični fitoplankton - alge)

7. Eiocheir sinensis (vrsta raka)

8. Cercopagis pengoi (Kladocera)

9. Vibrio Cholerae (virus kolere)

10. Mnemiopsis leidyi (Sjevernoamerički rebraš)

Najveći broj brodova ukrcava vodeni balast za vrijeme iskrcaja tereta u lukama ili estuarijima i zaljevima u kojim se nalazi velik broj planktonskih vrsta, razvojnih stadija nektonskih i bentonskih vrsta. Organizmi preživljavaju prolazak kroz usisne rešetke, filtere i balastne pumpe i ostatak balastnog sustava. Tijekom putovanja u balastu, ovisno o uvjetima koji vladaju u balastnim tankovima veći ili manji broj organizama preživljava i u lukama ukrcaja balastom se ispuštaju u obalne vode. Organizmi koji prežive prilagodbu počinju se razmnožavati narušavajući ekološku ravnotežu.

Slika 1. Deset najštetnijih vrsta koje se unose vodenim balastom



Izvor: http://globallast.imo.org (17.12.2010.)

# 3.METODOLOGIJA UPRAVLJANJA BALASTNIM VODAMA NA BRODU

Pri razmatranju problematike unosa alohtonih organizama vodenim balastom naizgled se čini da postoji veliki broj mogućnosti postupanja sa vodenim balastom u cilju smanjena unosa alohtonih organizama. Međutim ako se uzme u obzir da odabrane opcije moraju zadovoljiti ostale zahtjeve (rješavanjem jednog problema ne smije se stvoriti drugi), te da se predloženi sustav treba što bolje uklopiti u postojeće brodske sustave, i u uz što manje troškove ugradnje i troškove postupanja, može se zaključiti da ostaje malo mogućnosti.

Osnovni zahtjevi koji se postavljaju prilikom odabira načina postupanja s vodenim balastom[[10]](#footnote-10):

- sigurnost za posadu broda i brod

- prihvatljivost za okoliš

- biološka efikasnost koja predstavlja stupanj inaktivacije alohtonih organizama

- niži kapitalni troškovi ugradnje i troškovi postupanja

- primjenjivost na brodske uvjete (kompatibilnost s postojećim brodskim sustavima,

jednostavnost rukovanja i održavanja, kompleksnost izvedbe)

## 3.1. Metode izmjene vodenog balasta na brodu

Izmjena vodenog balasta je zasad postupak prepoznat i primjenjiv od svih sudionika u pomorstvu. Kako bi se izbjegao unos organizama iz jedne luke u drugu, u luci iskrcaja brod uzima balast koji nakon dolaska na otvoreno more izmjenjuje sa otvorenim balastom otvorenog mora. Vodeni balast uzet na otvorenom moru sadrži znatno manju količinu organizama i manju brojnost planktona od one uzete u luci. Prema znanstevnim preporukama udaljenost više od 200 Nm od obale, pri dubini više od 500 m, te salinitetu ne više od 30 promila[[11]](#footnote-11) dovoljna je kako bi se izbjegla staništa bogata organizmima.

Sprječavanje prijenosa organizama moguće je ostvariti postupcima izmjene vodenog balasta na otvorenom moru, koje u odnosu na priobalne i estuarijske vode sadrži manju količinu nutrijenata i manju brojnost planktona. Rezultati istraživanja ukazuju da izmjena balasta nije dovoljno učinkovit postupak za potpuno odstranjivanje, jer trajni stadij nekih vrsta kao što su dinoflagelati mogu preživjeti i do nekoliko godina u sedimentima balastnih tankova. Cawthron Institute u studiji o izmjeni balasta na otvorenom moru dolazi do sličnog zaključka razrađujući procedure izmjene i davajući preporuke za uzrokovanje balastnih tankova.

Efikasnost izmjene vodenog balasta ovisi o metodi izmjene, konstrukciji tankova, izvedbi balastnog sustava, te stanju mora. Potpuna volumetrijska izmjena je preduvjet za zadovoljavajuću biološku efikasnost; međutim, u nekim slučajevima (kada su primjerice organizmi uzeti u luci veće gustoće ili kada su na dnu tankova veće naslage sedimenata) to nije pravilo.

Za izmjenu balasta koriste se tri metode: metoda pražnjenja - punjenja ili sekvencijska metoda, metoda kontinuiranog ispiranja te Brazilska metoda ili metoda razrjeđivanja.

## 3.2.Analiza obrade

Zbog nedostatne biološke efikasnosti metoda izmjene vodenog balasta sve su izraženiji napori u istraživanju tehnologija koje bi omogućile učinkovitu inaktivaciju organizama na brodovima. Sve izglednije da će brodovi biti opremljeni nekim od postrojenja za obradu vodenog balasta. Načelno se metode obrade na brodu mogu podijeliti na primarne metode obrade, sekundarne metode obrade koje mogu biti fizikalne i kemijske te na kombinirane metode. Premda se provode ispitivanja velikog broja raznih metoda obrade u ovom dijelu rada istraživati će se one metode koje imaju najviše izgleda za primjenu na brodovima.

### *3.2.1.Mehaničke metode obrade*

Primarne metoda obrade brodskog vodenog balasta zasnivaju se na filtracijskim, centrifugalnim i gravitacijski procesima. Obradom vodenog balasta iz tekuće faze ( slatka ili morska voda) uklanja se čvrsta faza (žive i/ili nežive čestice). Centrifugalni procesi odvijaju se u centrifugalnom polju i temelje se na pretpostavci a su organizmi u brodskom vodenom balastu veće gustoće od gustoće mora. Prema načinu na koji se ostvaruje centrifugalno polje, karakteristični su dinamični i mehanički centrifugalni procesi. Kod dinamičkih procesa koristi se energija strujanja tekućine, dok se kod mehaničkih koristi energija pogonskog motora. Centrifugalna separacija može se ostvariti dinamičkim i mehaničkim putem, dok se hidrociklonska separacija provodi prvenstveno zahvaljujući dinamičkoj energiji tekućine.

Filtracija je proces koji se kontinuirano provodi kroz mrežicu propusno samo za tekuću fazu i čvrstu fazu s promjerom čestica manjim od promjera mrežice. Čvrste čestice većeg promjera ostaju na mrežici i talogu koji se stvara uz mrežicu. Strujanje kroz filter obično se provodi iz sredine prema obodu filtra. Pri filtraciji brodskog vodenog balasta odvajaju se organizmi od vodenog balasta s pomoću poroznih materijala. Na filterima će zaostati naslage organizama čija je količina proporcionalna propusnosti filtera. Što je propusnost manja veća je efikasnost odvajanja, ali to ima za posljedicu manji protok kroz filter. Proces filtracije zahtijeva periodičko čišćenje filtera u radu. Izbor propusnosti filtera ovisi o tome koje se organizme želi odstraniti.

Hidrociklonski separatori nemaju rotacijskih dijelova i sastoje se od konusne središnje jezgre (kućišta) koja se sužava prema jednom kraju. Energija strujanja vode kroz sužene presjeke kućišta hidrociklona koristi se za stvaranje vrtloga. Načelo rada zasniva se na ubrzanju čestica i odvajanju lakše faze od teže faze zbog razlike gustoća. Tangencijalnim uvođenjem vodenog balasta pod tlakom u gornji cilindrični dio hidrociklona postiže se, naniže usmjereno, centrifugalno rotacijsko strujanje (vanjski vrtlog). Zbog konusnog oblika donjeg dijela vrtlog se koči, pa raste tlak neposredno iznad donjeg izlaza, tako da se tu otkidaju strujni slojevi i usmjeravaju u suprotnom smjeru, centralno naviše prema području nižeg tlaka (unutrašnji vrtlog). Na tomu mjestu- u području nižega tlaka postavlja se izlazna cijev kojom se pročišćeni balast izvodi izvan hidrociklona. Vrtložnim strujanjem hidrociklon centifugalna će sila potisnuti organizme i sedimente, zbog njihove veće mase prema stijenki hidrociklona. Oni će klizati niz stijenku i konačno biti izbačeni kroz donji izlaz. Lakša faza (odnosno pročišćeni balast) zbog manje mase postaju u centralnom dijelu, gdje se zahvaćena unutarnjim vrtlogom izvodi kroz gornji izlaz.

Primarni procesi obrade brodskog vodenog balasta za sada se ne mogu primjenjivati kao samostalna metoda obrade. Ove metode ne mogu odstraniti mikroorganizme (viruse i bakterije), stoga se moraju koristiti isključivo u prvom stupnju obrade. U ovim metodama moguće je efikasno ukloniti veće organizme i čestice koji bi u drugom stupnju obrade mogle izazvati poteškoće u radu sustava za obradu.

### *3.2.2. Fizikalne metode obrade*

Fizikalne metode u prihvatljive sa stanovišta sigurnosti i utjecaja na okoliš, međutim neke od njih zahtijevaju veće rekonstukcije i prilagodbe balastnog sustava. Ove metode temelje se na osjetljivosti organizama na različite vanjske utjecaje. Efikasnost odstranjivanja organizama ovisna je o intenzitetu djelovanja fizikalnog utjecaja i primjenjivanoj metodi. Fizikalne metode obrade čija je primjena najizglednija su: ultravioletno zračenje (UV zračenje), metode temeljene na ultrazvuku i toplinske metode.

*Ultravioletno zračenje* - metoda je poznata već početkom prošlog stoljeća kad se monokromatsko UV zračenje dobiveno s pomoću živine svjetiljke niskog tlaka koristilo za uništavanje mikroorganizama. Razarajući učinak UV zračenja koristi se za kontrolu mikroorganizama u pitkoj i otpadnoj vodi te u industrijskim postrojenjima. UV zračenje ovisno o korištenoj dozi može biti efikasno za inaktivaciju velikog broja organizama kao što su virusi, bakterije, alge, praživotinje. Doza koja je potrebna za potpunu inaktivaciju suma je intenziteta zračenja i vremena izlaganja. Postoji mogućnost da izlaganje organizma zračenju izazove promjene na staničnom genetskom materijalu organizma (DNA strukturi).

*Metode zasnivane na ultrazvuku* - metode se temelje na korištenju visokih frekvencija koje izazivaju vibracije u vodi proizvodeći fizikalne i kemijske efekte. Postoje dvije vrsta ultrazvuka; ultrazvuk niskog i ultrazvuk visokog intenziteta. Ultrazvuk niskog intenziteta nije primjenjiv za inaktivaciju organizama, dok se ultrazvuk visokog intenziteta između 20 kHz i 100 kHz može koristiti za inaktivaciju organizama[[12]](#footnote-12).

*Toplinske metode* - primjena topline u sprječavanju biološke kontaminacije počela je s otkrićima Louisa Pasteura. Razvoj i korištenje toplinskih metoda za inaktivaciju morskih organizama započinje s ispitivanjima u cilju sprječavanja širenja zebraste dagnje (Dreissena polymorpha) u stacionarnim postrojenjima. Kod ove metode toplinska energija dobivena od brodskih toplinskih strojeva i uređaja koristi se za zagrijavanje vodenog balasta tijekom putovanja u balastu. Toplina se može dobivati iz glavnog motora odnosno sustava rashladne vode ili sustava ispuha. U sustavu ispuha ispušni plinovi predaju toplinu vodi u utilizacijskim kotlovima te se dobivena para može koristiti za zagrijavanje balasta. Zagrijavanje balasta obavlja se u izmjenjivačima topline koji mogu biti cjevasti ili pločasti. Pločasti izmjenjivači imaju manje kabarite u odnosu na cjevaste i jednostavnije održavanje.

Kad se toplina dobiva iz sustava ispuha zagrijavanje balasta obavlja se u izmjenjivaču topline, tako da balast recirkulira između balastnog tanka i izmjenjivača. Postoji mogućnost ugradnje posebnog tanka za obradu manjeg kapaciteta u kome bi se postigla viša temperatura i dulje vrijeme tretmana[[13]](#footnote-13).

Pulsirajuća plazma-obrada vodenog balasta pulsirajućom plazmom zasniva se na djelovanju električno provodljivog plina. Na sobnim temperaturama i atmosferskom tlaku plinovi nisu dobri vodiči zbog toga što se elektroni sadržani u plinu ne mogu gibati u ovisnosti od djelovanja vanjskih magnetskih polja. Međutim ionizacijom svi elektroni se počnu oslobađati od pripadajućeg atoma. Nadalje plin postaje mješavina pozitivno i negativno nabijenih elektrona. U takvim okolnostima elektroni i ioni su slobodni i mogu se gibati djelovanjem vanjskog magnetskog polja odnosno plin postaje električno provodljiv. Ova tehnlogija je u fazi ispitivanja u industrijskim postrojenjima, gdje se u rashladnim tornjevima ispituje efikasnost pri suzbijanju kolonija zebraste dagnje.

### *3.2.3.Kemijske metode obrade*

Za određene biocide**[[14]](#footnote-14)** laboratorijski i s pomoću ograničenih istraživanja na brodovima dokazana je učinkovitost u obradi vodenog balasta. Biocidi se dijele na organske biocide i anorganske biocide. Anorganski (klor, ozon, vodikov peroksid) djeluju oksidativno, odnosno, oduzimaju kisik organizmima što rezultira uništavanjem staničnih membrana i njihovim ugibanjem. Poznato je njihovo korištenje u industriji i kod obrade pitke i otpadne vode. Organski biocidi (glikolna kiselina, perocetna kiselina, gluteraldehid) djeluju kao pesticidi, toksično i oksidativno uništavajući vitalne funkcije organizma i metabolizma. Biocidi se direktno dodaju u vodeni balast pomoću dozator pumpi na usisnom cjevovodu balastnih pumpi. Obrada se odvija za vrijeme operacije balastiranja. Upotreba biocida razmatra se kao jedna od najozbiljnijih opcija za obradu balasta na NBOB brodovima gdje ej ukupni kapacitet balasta u odnosu na nosivost do 10 % i gdje su za obradu potrebne male količine kemikalija. Kemijske metode ipak predstavljaju određenu opasnost za sigurnost posade i nisu prihvatljive sa stanovišta zaštite, morskog okoliša stoga se pretpostavlja da će njihova primjena na brodovima biti vrlo ograničena.

Kloriranje - klor je najrašireniji biocid najvećim dijelom zbog svoje cijene i izgledno je da će se i dalje koristiti kao važnije sredstvo za dezinfekciju pitke vode. U morskoj vodi klor je efikasan za inaktivaciju vegetativnih oblika bakterija i virusa, a neučinkovit je kod cisti dinoflagelata[[15]](#footnote-15).Može se dodavati u različitim oblicima kao što su elementarni klor, tekući natrijev hipoklorid ili kalcijev hipoklorid u prahu ili tabletama. U morskoj vodi klor brzo reagira s bromidom što proces dezinfekcije razlikuje od onoga u slatkoj vodi.

Deoksidacija - ovaj način obrade zasniva se na oduzimanju otopljenog kisika iz vodenog balasta. Eliminacija kisika postiže se dodavanjem kemikalija ispiranjem dušikom ili vakuumiranjem. Ispiranje dušikom je prihvatljivo za brodove koji na sebi imaju generator inertnog plina budući je postotak dušika proizvedenom inertnom plinu oko 90 posto. Ova metoda je djelomično efikasna jer odstranjuje samo one organizme koji ne mogu preživjeti u okolišu sa malim udjelom kisika.

Premazi balastnih tankova- antivegetativne boje koje se koriste za sprječavanje nastanka obraslina na trupu brodova mogu poslužiti za određenu inaktivaciju organizama u balastnim tankovima. Bojanje balastnih tankova može se izvesti za vrijeme gradnje novoga broda ili tijekom dokovanja broda. Načelno su u primjeni 2 tipa boja: boje na bazi silikona koje sprječavaju prianjanje organizama na površinu tankova i biocidne boje koje permanentno otpuštaju određene količine biocida te ubijaju organizme koji se pokušavaju nastaniti na površini tankova.

# 4.PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA U OBRADI BALASTNIH VODA

Postoji nekoliko načina na koji se može poboljšati obrađenu problematiku vodenog balasta te alohtonih invazivnih vrsta koje ugrožavaju floru i faunu diljem svijeta sa nezanemarivim ekonomskim i ekološkim posljedicama. U ovome poglavlju navedene su potrebne mjere predostrožnosti te neka od tehničkih unaprjeđenja koja su do sada istražena.

## Mjere predostrožnosti

Mjere predostrožnosti ne mogu garantirati potpunu sigurnost od unosa organizama prilikom ulaska vodenog balasta u balastni sustav i tankove, ali mogu smanjiti njihovu količinu omogućujući veću efikasnost metoda koje se koriste u postupanju vodenim balastom.

Mjere predostrožnosti mogu se sažeti na[[16]](#footnote-16):

1. Ograničavanje uzimanja balasta za vrijeme prisutnosti ciljanih organizama; neki organizmi se razmnožavaju na određenim lokacijama u određenom godišnjem dobu. Izbjegavanje uzimanja balasta na takvim mikrolokacijama u određenom vremenu eliminira mogućnosti njihovog unosa s vodenim balastom;
2. Izbjegavanje uzimanja vodenog balasta tijekom noći; mnoge bentonske vrste se tijekom noći podužu s dna i na taj način dolaze do visine usisnih košara balastnog sustava;
3. Izbjegavanje uzimanja vodenog balasta u područjima gdje su se pojavila industrijska zagađenja ili zagađenja uzrokovana kanalizacijskim ispustima;
4. Smanjivanje količine sedimenata u plitkim lukama i lukama koje se jaružaju. Sedimenti na dnu tanka predstavljaju veliku prijetnju morskom okolišu zbog toga što u njima na dnu tanka može zaostati i preživjeti velik broj organizama. U plitkim lukama osobito u kišnim razdobljima, lukama na ušćima rijeka ili u rijekama, lukama koje se jaružaju prilikom uzimanja vodenog balasta značajno se može povećati unos sedimenata u balastne tankove. U takvim područjima preporučljivo je zatvoriti niske usise i koristiti visoke usise mora, ili vodeni balast ukoliko je moguće ukrcati u istom akvatoriju ili na većoj dubini.

## Tehnička unaprjeđenja

Istraživanjem metoda izmjene vodenog balasta uočeni su nedostatci na postojećim balastnim sustavima koje je moguće riješiti određenim izmjenama i preinakama na odušnicima tankova, preljevnom cjevovodu, usisnim košarama i zdencima. Nadzor nad postupanjem s vodenim balastom bio za lučke vlasti uvelike olakšan kad bi se na brodu na jednom mjestu bilježili svi relevantni podatci vezani za izmjenu ili obradu balasta. Stoga su u ovom dijelu rada istražena i predložena moguća poboljšanja sustava balasta koja mogu pomoći smanjenju ukupne razine štetnosti elemenata stanja.

Konstrukcijske izvedbe balastnih tankova pogoduju zaostajanju sedimenata i njihovom otežanom odstranjivanju. Većina balastnih tankova u dvodnu opremljeni su elementima za povećanje strukturne čvrstoće kao što su uzdužnjaci, bočne uzdužne pregrade i rebrenice. Prostori omeđeni tim elementima predstavljaju idealna mjesta za zaostajanje sedimenata. U cilju eliminacije zaostajanja sedimenata prilikom gradnje tankova preporučljivo je na uzdužnjacima otvoriti dodatne drenažne otvore kako bi se omogućilo protjecanje vodenog balasta i zaostalih sedimenata. Na mjestima gdje su uzdužnjaci zavareni za vodonepropusnu pregradu na donjim krajevima uzdužnjaka mogu se otvoriti otvori kako bi se prilikom pražnjenja vodenog balasta i posušivanja onemogućilo nastajanje zaostalog balasta.

Ovakvom izvedbom osigurava se dotjecanje balasta prema usisnim košarama balastnog cjevovoda za posušivanje odnosno smanjenje nastanka sedimenata.

Konstrukcijska poboljšanja balastnih tankova u cilju efikasnijeg odstranjivanja zaostalog balasta odnosno sedimenata mogu se sažeti na[[17]](#footnote-17):

1. otvaranje dodatnih drenažnih otvora na horizontalnim i vertikalnim uzdužnjacima,
2. povećanje drenažnih otvora na rebrenicama u spojevima uzdužnih bočnih nosača i rebrenica,
3. ugradnju bočnih uzdužnjaka s licem ukrepe prema dolje,
4. postavljanje usisnih zdenaca balasta i dodatnih preljevnih zdenaca
5. izvedbu usisno-tlačnog cjevovodnog balasta u tanku s dvostrukim usisno-tlačnim ogrankom i dvostrukim ogrankom posušivanja tankova.

Prilikom konstrukcija usisnih košara projektanti uzimaju u obzir osnovna načela koja se odnose na smanjenje otpora prilikom brodskog trupa, stvaranja lamilarnog trenja oko košara i osiguravanja zadovoljavajućeg dotoka vode u usisne cjevovode morske vode. Položaji usisnih košara su različiti i one mogu biti smještene bočno na oplati broda ili rjeđe na dnu što ovisi o tipovima brodova, smještaju strojarnice ili prostora pumpi tereta kod tankera. Bočno smještene usisne košare pozicionirane su po visini tako da se na jednom boku na oplati nalazi visoka i niska usisna košara, a an drugom boku niska usisna košara. Sve košare povezane su međusobno pregradnim ventilima i cjevovodom te se mogu koristiti zasebno i zajedno.

# 5. ZAKLJUČAK

Izmjena vodenog balasta na otvorenomu moru je za sada prevladavajući postupak prihvaćen od strane brodara. Premda se izmjenom kontinuiranim ispiranjem postiže najveća efikasnost izmjene i sigurnost brodske konstrukcije, u primjeni prevladava sekvencijska metoda, koja je manje efikasna i sigurna. Razlozi su u kraćem vremenu izmjene zbog kojega su i troškovi same izmjene manji. Metoda razrjeđivanjem, s kojom se postiže najkvalitetnije odstranjivanje sedimenata s dna tankova, zbog duljeg vremena izmjene i potrebne rekonstrukcije balastnog sustava, odnosno znatno uvećanih ukupnih troškova ima zanemarivu primjenu.

Metode obrade vodenog balasta od kojih neke imaju realne izglede za buduće korištenje na brodovima, su još uvijek u fazi razvoja i istraživanja. Izrazito veliki broj raznih ispitivanih metoda navodi na zaključak kako još nema jedinstvenog stava o konačnom odabiru onih koje bi našle širu primjenu na brodovima. Kombiniranim metodama kao što su hidrociklonska separacija i UV zračenje, u prvom stupnju se postiže zadovoljavajuće primarno odstranjivanje krupnijih organizama što dovodi do veće efikasnosti inaktivacije s pomoću UV zračenja u drugom stupnju. Prednosti takvih načina obrade su u samoj primjeni obrade koja se može obavljati tijekom pojedinih i/ili svih faza postupanja s vodenim balastom (ukrcaja balasta, putovanja u balastu i iskrcaja u balastu). Toplinske metode mogle bi naći primjene kod brodova na relativno duljim putovanjima kao i na tankerima za prijevoz sirove nafte koji imaju veće količine otpadne topline.

Metode izmjene i obrade primjenjive za jedan tip broda ne moraju biti optimalne za drugi tip broda. Mogući odabir ovisi o raznim faktorima kao što su trajanje putovanja broda, odnos ukupnog kapaciteta balastnih tankova i kapaciteta balastnih pumpi, brzina broda, raspoložive količine otpadne topline te rute kojima brod plovi.

S obzirom na izneseno dokazana je postavljena temeljna hipoteza. Primijenjena metodologija postupanja vodenim balastom na brodu može imati mnogo širu primjenu od razvijanja modela štetnosti postupanja s vodenim balastom. Postavljena metodologija pogodna je podloga za daljnja složenija interdisciplinarna istraživanja s većim brojem istraživača koji djeluju u svojim područjima, dubinski istražujući određene faktore utjecaje i elemente stanja koji se s pomoću predložene metodologije sustavno mogu povezati u sveobuhvatni model postupanja s vodenim balastom.

# LITERATURA

**Časopisi:**

1. Carlton, J.T.: Pattern, Process, and Prediction in Marine Invasion Ecology, Biological Conservations 78 1996, str. 97-123.
2. Carlton, J.T.: Transoceanic and Interoceanic Dispersal of Coastal Marine Organismus, The Biology of Ballast Water, Oceanography and Marine Biology Annual Review 23, 1985, str. 318-349.
3. Cawthron Report No. 468, Mid Ocean Ballast Water Exchange: Procedures, Effectiveness and Verification, New Zeland 1998, str. 7-16.

**Ostali izvori:**

1. Shankie, T.C., Riach, A.B.: Application of Ultrasonics in the Water Industry, Foundation for Water Research, Report No. FR/INV 0001, 1995. str. 44-72.
2. Hi Tech Marine Interantional: Request for approval of two-ballast water management methods shipboard, shore-based, High tech Marine International PTY.LTD, Newport Australia 2001. str. 81-97.
3. National Research Council, Commission on Engineering and Technical Systems, 1996, str. 112-135.

**Internet:**

1. www.seafriends.org (21.12.2010.)
2. www.imo.org (14.01.2011.)
3. http://globallast.imo.org (17.12.2010

# POPIS SLIKA

[Slika 1. Deset najštetnijih vrsta koje se unose vodenim balastom 4](#_Toc286340317)

# POPIS TABELA

[Tabela 1. Ovisnost saliniteta morske vode i ledišta na površini mora 2](#_Toc286340326)

1. Komadina, P., Markovčić Kostelac, M.: Prikaz međunarodne konvencije o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima, 2004, Pomorski zbornik 41, str. 297. [↑](#footnote-ref-1)
2. Alohtoni organizmi su svi oni organizmi koji su u vodenom balastu prenešeni u nova staništa, dok autohtoni organizmi na datom staništu obitavaju i stvaraju zajednice u prirodnim uvjetima bez ljudskog utjecaja. [↑](#footnote-ref-2)
3. Carlton, J.T.: Pattern, Process, and Prediction in Marine Invasion Ecology. Biological Conservations, 78, 1996. str. 104. [↑](#footnote-ref-3)
4. IBIDEM, str. 105. [↑](#footnote-ref-4)
5. www.seafriends.org (21.12.2010.) [↑](#footnote-ref-5)
6. IBIDEM str. 105 [↑](#footnote-ref-6)
7. IBIDEM str. 105 [↑](#footnote-ref-7)
8. Carlton, J.T.: Transoceanic and Interoceanic Dispersal of Coastal Marine Organismus. The Biology of Ballast Water, Oceanography and Marine Biology Annual Review, 23, 1985, str. 324. [↑](#footnote-ref-8)
9. IBIDEM str.105. [↑](#footnote-ref-9)
10. Cawthron Report No. 468, Mid Ocean Ballast Water Exchange: Procedures, Effectiveness and Verification, New Zeland 1998, str. 7. [↑](#footnote-ref-10)
11. www.imo.org (14.01.2011.) [↑](#footnote-ref-11)
12. Shankie, T.C., Riach, A.B.: Application of Ultrasonics in the Water Industry, Foundation for Water Research, Report No. FR/INV 0001, 1995, str. 57. [↑](#footnote-ref-12)
13. Hi Tech Marine Interantional: Request for approval of two-ballast water management methods shipboard, shore-based, High tech Marine International PTY.LTD, Newport Australia 2001, str. 88. [↑](#footnote-ref-13)
14. Biociidi su spojevi ili smjese spojeva koji su sposobni zaustaviti ili uništiti rast živih organizama. [↑](#footnote-ref-14)
15. Hallegraff, G.M., Bolch, C.J.:Transport of Diatom and Dionoflagelate Cysts Via Ships Ballast Water, Marine Pollution Bulletin 22, 1992, str. 27. [↑](#footnote-ref-15)
16. National Research Council, Commission on Engineering and Technical Systems, 1996, str. 121. [↑](#footnote-ref-16)
17. IBIDEM str. 121. [↑](#footnote-ref-17)