

# Zaštita mora od prijenosa invazivnih organizama s brodovima

---

Olić, Mislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:885425>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**MISLAV OLIĆ**

**ZAŠTITA MORA OD PRIJENOSA INVAZIVNIH  
ORGANIZAMA S BRODOVIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**ZAŠTITA MORA OD PRIJENOSA INVAZIVNIH  
ORGANIZAMA S BRODOVIMA  
PROTECTION OF THE SEA AGAINST INVASIVE  
ORGANISMS CARRIED BY SHIPS  
ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Zaštita mora i morskog okoliša

Mentor/komentor: prof. dr. sc. Damir Zec

Student/studentica: Mislav Olić

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082799

Rijeka, rujan 2023.

Student/studentica: Mislav Olić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082799

### IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

ZAŠTITA MORA OD PRIJENOSA INVAZIVNIH ORGANIZAMA BRODOVIMA

izradio/la samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Damira Zeca

te komentorstvom \_\_\_\_\_

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke \_\_\_\_\_

(naziv tvrtke).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica



\_\_\_\_\_  
(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice: Mislav Olić

Student/studentica: Mislav Olić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082799

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica - autor



---

(potpis)

## SAŽETAK

Invazivne vrste predstavljaju jednu od najvećih prijetnji za ekosustave, a brojne štete uzrokovane njihovim unošenjem u nova područja dogodile se su prijenosom pomoću brodova. Veliki dio takvih vrsta prenese se putem vodenog balasta kojeg brod uzima usisavanjem mora, a koristi ga radi osiguranja stabilnosti i postizanja manevarskih sposobnosti. Kada brod stigne u luku ukrcaja, izbacuje balastne vode nazad u more, te tako razne morske vrste čini invazivnima. Tijekom boravka broda u luci, brojni organizmi će pokušati nastaniti dijelove trupa i tako dospjeti u nova obalna područja. Uslijed sve češćih šteta uzrokovanih invazivnim vrstama, pokrenuti su brojni postupci, prvenstveno u pravnom smislu, radi poticanja brodarka na poduzimanje kvalitetnijih radnji u svrhu sprječavanja širenja invazivnih vrsta, a time i razvijanje naprednijih sustava s tim ciljevima.

Ključne riječi: invazivna vrsta, balast, obraštaj, zaštita mora

## SUMMARY

Invasive species are one of the biggest threats to ecosystems and countless damages that were caused by their introduction into new areas happened through transport by ships. Large part of such species is transferred through water ballast which the ship obtains by suctioning the sea and it is used to achieve stability and good manoeuvrability. When the ship arrives in a port, ballast water is discharged back to sea which causes various marine organisms to become invasive. While in port, numerous organisms will try to attach to the hull and thus reach other coastal regions. Due to ever more frequent damages caused by invasive species, many procedures, most legally oriented, were put in place, with the goal of incentivizing shipowners to take best possible actions in order to prevent the spread of such species, and in doing so, developing more advanced systems with the same goals.

Keywords: invasive species, ballast, fouling, sea protection

# SADRŽAJ

<b>SAŽETAK</b> .....	<b>II</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>II</b>
<b>SADRŽAJ</b> .....	<b>III</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. UTJECAJ I PRIMJERI ŠTETA OD INVAZIVNIH VRSTA</b> .....	<b>2</b>
2.1. PRIJENOS INVAZIVNIH VRSTA BRODOVIMA .....	3
2.2. INVAZIVNE VRSTE U SVIJETU .....	5
2.2.1. <i>Dreissena polymorpha</i> .....	5
2.2.2. <i>Asterias amurensis</i> .....	6
2.2.3. <i>Mnemiopsis leidyi</i> .....	7
2.2.4. <i>Vibrio cholerae</i> .....	9
2.3. INVAZIVNE VRSTE JADRANSKOG MORA .....	10
<b>3. PRAVNO UREĐENJE PRENOŠENJA MORSKIH INVAZIVNIH ORGANIZAMA</b> .....	<b>13</b>
3.1. MEĐUNARODNA KONVENCIJA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE BRODSKIM BALASTNIM VODAMA I TALOZIMA, 2004.....	13
3.2. ZAHTJEVI SAD-a U POGLEDU ZAŠTITE MORA OD INVAZIVNIH VRSTA.....	18
3.2.1. <i>Povijest američkih propisa vezanih za sprječavanje širenja invazivnih vrsta</i> .....	18
3.2.2. <i>Zahtjevi Obalne straže SAD-a</i> .....	19
3.3. ZAŠTITA MORA OD INVAZIVNIH VRSTA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	21
3.4. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O NADZORU ŠTETNIH SUSTAVA PROTIV OBRASTANJA BRODOVA, 2001 .....	22
<b>4. MEĐUNARODNI PROJEKTI I PROGRAMI SPRJEČAVANJA ŠIRENJA MORSKIH INVAZIVNIH ORGANIZAMA</b> .....	<b>23</b>
4.1. GLOBALLAST .....	23
4.2. BALMAS.....	25
4.2. PROTECT AS .....	26
<b>5. METODE SPRJEČAVANJA ŠIRENJA ŠTETNIH ORGANIZAMA</b> ... ..	<b>28</b>
5.1. OBRADA BALASTNIH VODA .....	28
5.1.1. <i>Mehaničke metode</i> .....	28

5.1.1.1. Filtracija.....	29
5.1.1.2. Hidrociklonski separator .....	29
5.1.2. <i>Fizikalne metode</i> .....	30
5.1.2.1. UV zračenje .....	31
5.1.2.2. Toplinska metoda .....	31
5.1.2.3. Ultrazvučna metoda.....	31
5.1.2.4. Deoksigenacija .....	32
5.1.3. <i>Kemijske metode</i> .....	33
5.1.3.1. Kloriranje.....	33
5.1.3.2. Ozonacija.....	33
5.2. IZMJENA BALASTNIH VODA I UZIMANJE UZORAKA .....	34
5.2.1. <i>Metode izmjene balasta</i> .....	34
5.2.2. <i>Uzorkovanje balasta</i> .....	35
5.3. ZAŠTITA BRODSKOG TRUPA OD OBRAŠTANJA.....	36
<b>6. BUDUĆI RAZVOJ I MOGUĆA RJEŠENJA .....</b>	<b>39</b>
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>41</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>42</b>
<b>POPIS KRATICA .....</b>	<b>45</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>47</b>



# 1. UVOD

Preko 70% zemljine površine prekriveno je morima i oceanima koja vrve raznolikim biljnim i životinjskim vrstama, a ljudi su od samih početaka željeli gospodariti tim prostorima, ne samo u svrhu iskorištavanja morskih resursa, već i da povežu različite dijelove svijeta. Glavnina se današnjeg prometa odvija pomorskim putem, a brodovima se osim tereta mogu prenijeti i razni morski organizmi. Ti se organizmi u najvećem dijelu prevoze putem balastnih voda, međutim postoji i mogućnost da takvi organizmi dođu do novog staništa pomoću brodova i na druge načine kao što su obraštaji na trupu. Morske invazivne vrste ne utječu samo na bioraznolikost mjesta unosa, već i na gospodarstvo tog područja, te se uslijed sve češćih šteta počelo razmišljati o načinu rješavanja tog problema, odnosno o potencijalnim mjerama u praktičnom i pravnom smislu, i to ne samo na nacionalnoj, već i na globalnoj razini. Međunarodna pomorska organizacija – IMO se kao krovna institucija vezana za pomorstvo odvažila na taj zadatak, te je kroz godine donijela niz mjera od kojih se najviše ističu: *Međunarodna konvencija o upravljanju balastnim vodama i talozima* i *Međunarodna konvencija o štetnim sustavima protiv obrastanja brodova*. Usvajanjem tih konvencija stvoren je kvalitetan temelj u pravnom dijelu kojim se postiglo kvalitetnije sprječavanje širenja invazivnih vrsta pomoću brodova, a isto tako se potaklo i razvijanje novih tehnologija i metoda za rješavanje tog problema.

Rad se sastoji od 5 poglavlja. Unutar prve cjeline pod nazivom **UTJECAJ I PRIMJERI ŠTETA OD INVAZIVNIH VRSTA** opisan je pojam invazivne vrste kao i njen način širenja pomoću brodova, te nekoliko primjera takvih vrsta u svijetu i na Jadranu. Druga cjelina pod nazivom **PRAVNO UREĐENJE PRENOŠENJA MORSKIH INVAZIVNIH ORGANIZAMA** se odnosi na pravno uređenje problema širenja vrsta, a osim već prije spomenutih konvencija, opisani su nacionalni propisi Sjedinjenih Američkih Država i Republike Hrvatske. U trećoj cjelini, **MEĐUNARODNI PROJEKTI I PROGRAMI SPRJEČAVANJA ŠIRENJA MORSKIH INVAZIVNIH ORGANIZAMA**, navodi se nekoliko projekata koji su se proveli na globalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini kako bi se ostvarilo što kvalitetnije sprječavanje širenja putem brodova. Peta cjelina s nazivom **METODE SPRJEČAVANJA ŠIRENJA ŠTETNIH ORGANIZAMA** navodi radnje koje se provode u praksi i opremu koja se koristi kako bi se spriječilo daljnje širenje invazivnih vrsta putem brodova. Šesta cjelina pod nazivom **BUDUĆI RAZVOJ I MOGUĆA RJEŠENJA** govori o razvoju novih tehnologija i načina kako bi se moglo smanjiti i kvalitetnije umanjiti širenje invazivnih organizama. **ZAKLJUČAK** rada donosi kratak pregled rada.

## 2. UTJECAJ I PRIMJERI ŠTETA OD INVAZIVNIH VRSTA

Na samom početku, objašnjena su dva ključna pojma, a to su strana vrsta<sup>1</sup> i invazivna vrsta. Strana vrsta označava onu vrstu koja prirodno ne pripada određenom ekološkom sustavu nego je tamo dospjela, a ako unošenje i širenje strane vrste ugrožava ili štetno utječe na bioraznolikost, zdravlje ljudi ili čini ekonomsku štetu na području na koje je unesena, tada se ta vrsta smatra invazivnom vrstom<sup>2</sup>.

Invazivne vrste jedna su od najvećih prijetnji za bioraznolikost na globalnoj razini (odmah nakon uništavanja staništa), jer one destabiliziraju ekosustave zbog nedostatka prirodnih neprijatelja, natječu se za prostor i hranu s domaćim vrstama, mijenjaju uvjete na staništu, te prenose bolesti na domaće vrste. Osim na zavičajne vrste i staništa, invazivne vrste utječu i na ekonomiju ponajviše tako da se upliću u uzgoj i ulov domaćih vrsta, ali i zbog nanošenja štete na opremi i infrastrukturi. Također postoje i vrste koje mogu imati i izravan utjecaj na ljudsko zdravlje kao što su razni virusi i bakterije koji uzrokuju brojne bolesti, alergije i sl.

Međutim, nisu sve strane vrste nužno i invazivne, stoga je problem predvidjeti koje vrste mogu postati, pa se vrlo često dogodi da vrsta koja se na prvi pogled smatra bezopasnom, postane invazivna prilikom promjene nekih abiotičkih uvjeta kao što su klimatski uvjeti ili čak prilikom uvođenja neke druge strane vrste, a budući da se takve promjene mogu dogoditi sasvim iznenada i nakon dužeg vremenskog perioda, svako novo unošenje u lokalno okruženje treba biti podložno posebnom nadzoru.

Broj unosa stranih vrsta u nova područja neprestano se povećava kako raste globalna trgovina i prijevoz, te se samo u zadnjih 50 godina broj invazivnih vrsta udvostručio, a ukupna svjetska šteta kroz tih pet desetljeća iznosi čak 1.28 bilijuna američkih dolara<sup>3</sup>. Pomorski promet je najzaslužniji za brojne vodene invazije koje su se dogodile u tom periodu, a na to nije utjecao samo porast količine i veličine brodova, već i prokopavanje novih kanala i gradnja novih luka, otvarajući vrata vrstama da „napadnu“ te vode ili da vrste iz tih voda postanu invazivne. Pomorski brodovi su najčešći vektori prilikom prijenosa invazivnih vrsta, koje onda

---

<sup>1</sup> Još se mogu koristiti i slijedeći izrazi: alohtona, nezavičajna, introducirana, unesena, egzotična vrsta

<sup>2</sup> Bez ljudske pomoći ove vrste ne bi uspjele savladati postojeće prirodne barijere, pa se razlikuju od vrsta koje se šire u nova područja zbog ekoloških i klimatskih promjena i koje ne smatramo stranim vrstama  
<https://mingor.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug/uprava-za-zastitu-prirode-1180/strane-i-invazivne-strane-vrste/5477> (24.6.2023.)

<sup>3</sup> <https://www.snexplores.org/article/analyze-this-invasive-species-cost-billions-damages-global-economy> (27.6.2023.)

kao „slijepi putnici“ imaju priliku doći u brojne luke svijeta i obalna područja raznih mora koje ti brodovi tiču.

## 2.1. PRIJENOS INVAZIVNIH VRSTA BRODOVIMA

Prije nego što se brod uputi ka ukrcajnoj luci, mora uzeti balast kako bi se ostvarila zadovoljavajuća stabilnost i postigle odgovarajuće manevarske sposobnosti, te se procjenjuje da oko 80.000 brodova godišnje prenese čak 10 milijardi tona balasta, a svakog dana se u tim balastnim vodama prebaci i do 7.000 različitih vrsta<sup>4</sup>. Da bi neki organizam putem balasta došao u novo područje i postao invazivan, mora savladati par „barijera“ koje su prikazane na slici ispod.

**Slika 1.** : Barijere prilikom širenja organizama putem balasta



**Izvor:** izradio autor prema

Ž. Kurtela, V. Jelavić, T. Novaković: *Štetno djelovanje ispuštenoga vodenog balasta na morski okoliš*, Naše more 54(1-2)/2007

<sup>4</sup> <https://clearseas.org/en/blog/ballast-water-management-stopping-the-spread-of-invasive-species-by-ships/> (24.6.2023.)

Već kod samog usisa, dio organizama vrlo lako preživi prolazak kroz usisne rešetke i filter zbog svoje veličine u odnosu na dimenzije usisne rešetke, odnosno filtera<sup>5</sup>. Brzina protoka i tlak u sustavu su relativno niski, što opet pogoduje preživljavanju organizama, međutim kroz balastnu pumpu će proći samo onaj dio balasta koji se puni u bočne tankove (tankovi iznad razine pumpe), dok se drugi dio balasta, namijenjen za tankove dvostrukog dna, puni slobodnim padom zaobilazeći pumpu. Jednom kada se nađu u balastnom tanku, njihovo preživljavanje ovisit će o sposobnosti prilagodbe na uvjete unutar tanka kao što su temperatura i količina kisika, međutim i vremensko trajanje samog putovanja može utjecati na njih. Prilikom ispumpavanja balasta, organizmi ponovne prolaze kroz iste sustave kao i kod balastiranja, kako bi konačno stigli u novo stanište gdje moraju savladati najveću barijeru, odnosno proces prilagodbe. Većina se ne uspije prilagoditi biotičkim i abiotičkim uvjetima novog staništa, no nekolicina koja uspije, polako se kreće razmnožavati i zauzimati novo okruženje.

Iako se putem balasta može prevesti daleko najveća količina organizama, postoje i drugi načini, odnosno mjesta na brodu gdje se organizmi mogu zadržati i preživjeti do novog staništa. Čitav trup idealna je površina za prijenos raznih organizama kao što su alge ili školjke, koje nakon što oslabi utjecaj protuobraštajnih premaza, počinju prianjati na oplatu i formirati slojeve koji se otpuštaju kada postanu dovoljno veliki. Odrasle jedinke uglavnom se ne mogu pričvrstiti za trup jer nemaju mogućnost kretanja, dok larve pak imaju sposobnost plutanja i tako mogu doći do trupa. Proces obraštanja sadrži nekoliko faza: u prvoj fazi se otopljeni organski materijal spaja s onim na trupu stvarajući površinu (film) za prianjanje, nakon toga novi organski sloj stvaraju mikroorganizmi, te na posljetku larve počinju kolonizirati trup i nakon njihovog pričvršćivanja kreću s rastom i razvojem. Obraštaj ne mora biti samo na trupu već i na dijelovima vijka, sidra i sidrenog lanca. Prostor lančanika je isto tako pogodan za nakupljanje sedimenata s dna koji tamo dospije nakon podizanja sidra i sidrenog lanca, premda se pri podizanju lanac ispire morskom vodom, svejedno postoji mogućnost da određeni broj organizama ostane. Usisne košare zbog svoje konstrukcije mogu poslužiti za boravak većim organizmima, dok se na dijelovima rashladnih sustava mogu nastaniti razni školjkaši.<sup>6</sup>

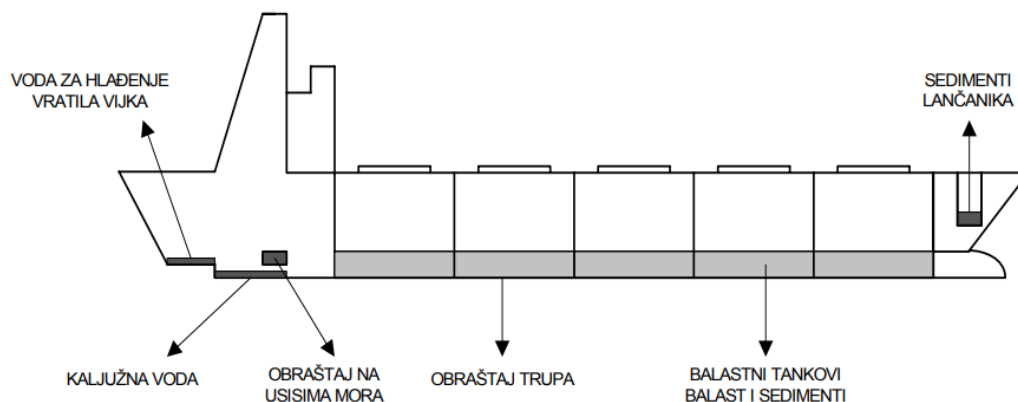
---

<sup>5</sup> Veličina se nekih mikroorganizama kreće od svega par mikrometara do nekoliko milimetara, a tipične dimenzije rešetke iznose 40-100 mm, odnosno 6-20 mm za filter.

Kurtela, Ž. Jelavić, V. Novaković, T.: *Štetno djelovanje ispuštenoga vodenog balasta na morski okoliš*, "Naše more" 54(1-2)/2007, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, 2007 str. 4

<sup>6</sup> Ibidem

**Slika 2.:** Dijelovi na brodu u koje mogu dospjeti invazivne vrste



**Izvor:** Kurtela, Ž. Jelavić, V. Novaković, T.: *Štetno djelovanje ispuštenoga vodenog balasta na morski okoliš*, Naše more 54(1-2)/2007, str 5/6

## 2.2. INVAZIVNE VRSTE U SVIJETU

U nastavku su navedene samo neke od vrsta koje su brodovima stigle u nova obalna područja i postale invazivne, a isto tako su opisani i njihovi učinci na području invazije, te mogući načini kontrole njihove populacije.

### 2.2.1. *Dreissena polymorpha*

Vrsta *Dreissena polymorpha* ili raznolika trokutnjača (eng. Zebra mussel), slatkovodni je školjkaš autohton na području Crnog mora i Kaspijskog jezera, a spada među zloglasnije primjere biološke invazije. Ova vrsta posjeduje dvije karakteristike koje joj pogoduju kao invazivnoj vrsti: mogućnost pričvršćivanja za bilo kakvu čvrstu površinu uz pomoć svojih bisusnih niti, te velika reproduktivna sposobnost ženke koja godišnje može proizvesti i do nekoliko milijuna jajašaca<sup>7</sup>. Upravo pomoću tih karakteristika čini razornu štetu ne samo u ekološkom smislu da „guši“ domaće vrste, već i u socio-ekonomskom smislu pokrivajući razne površine kao što su cjevovodi, brodski trupovi, ribarske mreže, plaže i dr.

Vrsta je kao invazivna trenutno rasprostranjena u brojnim državama svijeta od kojih se najviše ističu Ujedinjeno Kraljevstvo, Kanada i SAD, a baš na području Sjeverne Amerike je ostavila najveći utjecaj kada je sredinom 1980-ih unesena putem balastnih voda u Velika jezera.

<sup>7</sup> <https://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?speciesID=5> (26.6.2023.)

Njeno širenje bilo je teško spriječiti, pa se vrlo brzo proširila u okolne vode, a zatim je svojim brojnim obrastanjima u narednom desetljeću počinila veliku ekonomsku štetu koja se procjenjuje na između 750 milijuna i 1 milijarde USD<sup>8</sup>, a kao rezultat toga je SAD objavio prvi nacionalni zakon o balastnim vodama.

Postoje razne metode uklanjanja *D. polymorpha* kao što su biološka kontrola s drugim vrstama koje se njom hrane ili korištenjem ultrazvučnih vibracija, međutim nijedna od ovih metoda nije dovoljno učinkovita za njihovu kontrolu u divljini, stoga je od iznimne važnosti spriječiti njen dolazak i širenje. Najčešće metode prevencije širenja su premazivanje brodova i dokova što onemogućuju jedinkama da se pričvrste, a izmjenom balasta na dovoljno velikim dubinama i udaljenostima im smanjuje vjerojatnost da prežive i dospiju u obalno područje.

**Slika 3.** : Primjeri štete od raznolike trokutnjače



Izvor: <https://cscd-in.org/zebra-mussel-prevention>

<https://globalnews.ca/news/5220880/winnipegs-zebra-mussel-problem-can-be-tackled-but-comes-with-big-price-tag-u-s-researcher/> (8.7. 2023.)

### 2.2.2. *Asterias amurensis*

Velika žuto-ljubičasta morska zvijezda *Asterias amurensis* (eng. North Pacific seastar) jedno je od onih atraktivnih bića koja izgledaju bezopasno, ali mogu imati katastrofalne posljedice kada dođu u novo stanište. Vrsta je porijeklom sa sjevernog Pacifika (Japan, Koreja, sjever Kine, dio Rusije), međutim može je se naći i u vodama Tasmanije gdje je najvjerojatnije došla kao ličinka u balastnoj vodi brodova iz Japana. Ovaj proždrljivi grabežljivac jede sve što nađe, a ponajviše voli školjke, manje rakove, morske ježince, te druge morske zvijezde.

---

<sup>8</sup> IUCN , *Marine Menace - Alien invasive species in the marine environment* 2009.

Od kako je došla na područje Tasmanije (točnije kod ušća rijeke Derwent), procijenjeno je da se u tim vodama nalazi čak oko 30 milijuna jedinki<sup>9</sup>.

**Slika 4.:** Morska zvijezda i njeno prikupljanje nakon jednog od ronilačkih čišćenja



Izvor: <https://scubadiving.com.au/blogs/news/northern-pacific-seastar-clean-up-drive> (9.7.2023.)

Svojom brojnošću i ishranom ova morska zvijezda potiskuje domaće konkurentne vrste, a svoj plijen tjera do granica ugroženosti<sup>10</sup>, a isto tako čini i milijunske štete na područjima koja imaju razvijenu akvakulturu i komercijalnu industriju školjkaša.

Nije poznata nikakva praktična metoda za iskorjenjivanje ove vrste nakon što se ustalila, pa se najčešće poseže za lokalnim uklanjanjem od strane ronioca na mjestima gdje je invazija bila sporadična<sup>11</sup>. Postoji i mogućnost da se neke vrste koriste za biološku kontrolu, a izvedivost i sigurnost njihove uporabe se ispituje. Preventivno djelovanje je uvijek bolje od korektivnog, stoga su brza informacija i reakcija nužni kako bi se spriječilo daljnje širenje, a samim time i umanjile štete.

### **2.2.3. *Mnemiopsis leidyi***

*Mnemiopsis leidyi* ili morski orah (eng. North American comb jelly) još je jedan poznati primjer invazivne vrste, a spada u skupinu rebraša koji se lako mogu zamijeniti za meduze (za razliku od meduza, oni ne posjeduju žarnice). Sličnost u svojoj invaziji dijeli s već spomenutom

<sup>9</sup> IUCN, *Marine Menace - Alien invasive species in the marine environment* 2009.

<sup>10</sup> Mala ribica *Brachionichthys hirsutus*, trenutno je ugrožena po IUCN-ovom popisu ugroženih vrsta

<sup>11</sup> U svibnju 2000. lokalni ronionci u Hobartu (Tasmanija) prikupili su oko 21 000 jedinki što otprilike iznosi samo 5% populacije u području doka, IUCN, *Marine Menace - Alien invasive species in the marine environment* 2009.

trokutnjačom, no za razliku od nje *M. leidy* autohton je na području zapadnog Atlantika, a unesen je putem balastnih voda u Crno more, te se naknadno širio okolnim morima sve do Mediterana, a može ga se naći čak i u morima sjeverozapadne Europe. Prilagodljivost ove vrste na iznimno širok raspon temperature i slanosti jedan je od glavnih razloga njene raširenosti, a visoka stopa razmnožavanja, brz rast i nedostatak prirodnih neprijatelja pospješuju njen opstanak na područjima invazije.

**Slika 5.:** Morski orah i njegova rasprostranjenost i putevi širenja



**Izvor:** <https://www.grida.no/resources/7764> (8.7.2023.)

Prije same invazije Crno more je bilo veoma stabilno i bogato, no nakon njenog unosa 1980-ih, stanje se brzo pogoršalo jer su se mnoštvo hrane i nedostatak prirodnih neprijatelja pokazali kao idealni uvjeti za *M. leidy*. Zbog njenog dolaska bile su pogođene sve vrste, pa čak i one na vrhu hranidbenog lanca, a isto tako je bilo pogođeno i komercijalno ribarstvo tog područja, gdje su godišnji gubici uzrokovani padom ulova ribe do 1992. godine procijenjeni na najmanje 240 milijuna USD<sup>12</sup>.

No dogodio se čudan preokret događaja kada je još jedan strani tip rebraša – *Beroe ovata* dospio u Crno more, a dobra stvar je bila što se on hrani s *M. leidy*. Od svog dolaska 1997. godine umanjio je broj *M. leidy*, pomažući tako oporavku ekosustava. No korištenje strane vrste za biološku kontrolu bi trebala biti posljednja metoda obrane od invazivne vrste, te bi svakako prije njenog unošenja trebalo učiniti analizu svih rizika koje takva metoda može donijeti.

<sup>12</sup> IUCN, *Marine Menace - Alien invasive species in the marine environment* 2009.



#### 2.2.4. *Vibrio cholerae*

Kolera je jedna od najpoznatijih smrtonosnih bolesti, a uzrokuju ju različiti sojevi bakterije *Vibrio cholerae*. Simptomi bolesti variraju od blagog do akutnog proljeva praćenog grčevima u trbuhu, mučninom, povraćanjem, dehidracijom i šokom, a u najtežim slučajevima zdrava osoba može dehidrirati unutar jednog sata od pojave simptoma i umrijeti dva sata kasnije. Srećom, za većinu ljudi su se tijekom 20. stoljeća dogodila velika poboljšanja po pitanju sanitarnih i higijenskih uvjeta, kao i napredovanja u odlaganju otpada i opskrbi vode za kućanstvo, što je rezultiralo značajnim smanjenjem bolesti. Međutim, ova bakterija se još uvijek pojavljuje na brojnim listama morskih invazivnih vrsta jednostavno zbog potencijalne štete koju može prouzročiti i zbog lakoće kojom može doći do novog područja. Tako je 1991. godine, brod iz Azije donio novi soj bolesti u luku Lima u Peruu, najvjerojatnije preko kontaminirane kaljužne vode. Bakterija je ubrzo zarazila lokalne školjkaše, a zatim se proširila i na ljude brzo poprimajući razmjere epidemije, te je samo u Peruu bilo pola milijuna slučajeva oboljenja i oko 4.000 smrtnih slučajeva, a tijekom četiri godine epidemije u Južnoj Americi je bilo preko milijun slučajeva, od kojih 10.000 smrtnih<sup>13</sup>.

Slika 6.: Neslužbena lista 10 „najnepoželjnih“ invazivnih organizama



Izvor: [http://archive.iwlearn.net/old.globallast.imo.org/poster4\\_english.pdf](http://archive.iwlearn.net/old.globallast.imo.org/poster4_english.pdf) (2.7.2023.)

<sup>13</sup> <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/52728/WH-1992-Jul-Aug-p18-19-eng.pdf?sequenc> (28.6.2023.)

### 2.3. INVAZIVNE VRSTE JADRANSKOG MORA

Jadransko more se kao poluzatvoreni ogranak Mediterana odlikuje iznimno velikom bioraznolikošću, te se prema nekim procjenama u njemu nalazi između 7.000 i 8.000 različitih vrsta i podvrsta. Jadran nije bitan samo zbog svojih prirodnih bogatstava, već ima i jako veliku važnost za hrvatsko gospodarstvo. No, rastom pomorske trgovine ne samo u regiji već i u svijetu, sve su češće invazije morskih vrsta. Nije samo veći broj brodova donio više prilika za mogući prijenos štetnih invazivnih vrsta, već su i otvaranja raznih kanala omogućile tim vrstama dolazak u Sredozemno more, a samim time i na Jadran.

Jedan od najvećih i zasigurno najpoznatijih problema invazivnih vrsta zabilježenih u Jadranu jest širenje zelenih alga *Caulerpa Taxifolia* i *Caulerpa Racemosa*. *Caulerpa Taxifolia* ili kako ju se još prikladno naziva „alga ubojica“ ima iznimno negativan utjecaj na cijelo područje Sredozemlja, a u njega je dospjela još sredinom 1980-ih, i od tuda krenula svoje nezaustavljivo širenje do Jadrana. Glavni razlog iznimno uspješnog širenja jest sposobnost opstanka u morima s prilično velikim rasponom temperature, kao i njena mogućnost rasta na gotovo svim tipovima morskog dna. Svojim prekomjernim rastom zasjenjuje domaće vrste koje onda polako ugibaju, a stvaranjem toksina u sebi odbija predatorske vrste koje bi inače kontrolirale njenu populaciju. Njezino iskorjenjivanje vjerojatno je bilo moguće samo u ranijim fazama invazije, a danas ju se uglavnom uklanja na lokalnim razinama, najčešće fizičkim čupanjem i usisavanjem ili pomoću određenih kemijskih sredstava<sup>14</sup>. Druga alga *Caulerpa Racemosa* je u mnogočemu slična prijašnjoj: brz rast, nedostatak prirodnih neprijatelja, prilagodljivost različitim temperaturama i podlogama i dr. Međutim, ova vrsta još se bolje širi zbog olakšanog lebdenja otkinutih dijelova, pa je tako i veća vjerojatnost širenja pomoću struja i valova na dalja područja. Na vrste s morskom dna negativno utječe tako da ih guši kada rizoidima stvara gustu mrežu koja zadržava detritus i tako uzrokuje anoksiju<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> <https://www.akvarij.net/zanimljivosti/ekologija/more-ekologija/196-caulerpa-taxifolia-i-caulerpa-racemosa> (29.6.2023.)

<sup>15</sup> Anoksija predstavlja stanje bez kisika pri čemu se razvija sumpor dioksid, Ibidem

**Slika 7.:** *Caulerpa Taxifolia* i njena rasprostranjenost na Jadranu



**Izvor.:** <https://prakticni-ribolov.hr/ribolovnamoru/podvodniribolov/alge-caulerpa-taxifolia-i-caulerpa-racemos/> (5.7.2023.)

Na listi invazivnih vrsta Jadrana našao se i već prije opisani morski orah (*M. leidyi*) koji je prvi put zabilježen još 2005. godine u Tršćanskom zaljevu. Vrsta je kako znamo iznimno prilagodljiva na širok spektar temperature i slanosti, stoga nije trebalo puno vremena da iz Sredozemnog mora prijeđe na Jadran. Najveći utjecaj na ekosustav ima svojim načinom ishrane jer krade planktone ostalim vrstama, posebice plavoj ribi, a isto se tako hrani i njenim jajašcima što dodatno djeluje na pad njene populacije.

U Jadranu su se našli i tzv. „Lesepsijski migranti“<sup>16</sup>, odnosno vrste koje su porijeklom iz Crvenog mora. Iako je Sueski kanal otvoren u oba smjera, više vrsta ipak migrira u smjeru Sredozemlja gdje je zabilježeno najmanje 82 vrste riba koje imaju ozbiljan ekološki utjecaj na način da ugrožavaju lokalne endemske vrste<sup>17</sup>. U Jadranu je pak zabilježeno 14 takvih vrsta, no još uvijek nisu imali značajniji utjecaj. Povećanjem njihovog broja može se ugroziti ravnoteža unutar ihtiofaune.

Među invazivnim vrstama Jadrana se našao i plavi rak *Callinectes sapidus* (eng. Atlantic blue crab), koji je kao i mnoge strane vrste uz pomoću balastnih voda došao u europske vode s obala zapadnog Atlantika. Iako je morska vrsta, za mriještenje ipak bira bočate vode, stoga su mu potrebno odlične plivačke sposobnosti koje ostvaruje modificiranim zadnjim člancima, a time se onda još više pospješuje njegovo daljnje širenje. Hrani se manjim ribama, mekušcima i domaćim rakovima zbog čega negativno utječe na bioraznolikost područja invazije, a njegovo širenje postalo je problem i za ribare, ne samo zbog svojeg načina ishrane, već i zbog

<sup>16</sup> Svoje ime duguju inženjeru Ferdinandu de Lessepsu koji je planirao i nadgledao izgradnju Sueskog kanala

<sup>17</sup> <https://pmd.hr/hr/lesepsijski-migranti-2/> (30.6.2023.)



### **3. PRAVNO UREĐENJE PRENOŠENJA MORSKIH INVAZIVNIH ORGANIZAMA**

Razvoj pomorske trgovine doveo je do povećane mogućnosti prijenosa invazivnih vrsta putem brodova, te se u Odboru za zaštitu okoliša (MEPC<sup>19</sup>) Međunarodne pomorske organizacije – IMO<sup>20</sup> o tom problemu raspravlja još od 1988. godine. Zbog golemih znanstvenih i tehnoloških izazova, kao i vrlo složene multi-disciplinarne prirode problema, razvoj kvalitetnog rješenja predstavljao je dugotrajan i nimalo lak proces.

Tijekom 1990-ih, zemlje koje su imale velike probleme s morskim invazivnim vrstama su same počele poduzimati korake kako bi minimizirale štete kroz inicijative kao što su mehanizmi izvješćivanja i ograničenja ispuštanja. Međutim, naišle su na prepreku kako postaviti dobre mjere s kojim bi sve strane bile zadovoljne i kojih bi se svi morali pridržavati. Kao odgovor na to se 1992. godine na Konferenciji Ujedinjenih Naroda o okolišu i razvoju (UNCED<sup>21</sup>) u Rio de Janeiru između ostalog, zatražilo od IMO-a da razmotri donošenje odgovarajućih, pravno obvezujućih pravila kao sredstva za sprječavanje širenja štetnih vrsta brodovima.

Godinu dana ranije MEPC je usvojio rezoluciju koja je donijela smjernice za sprječavanje unosa štetnih organizama putem balastnih voda, a dvije godine poslije IMO potvrđuje tu rezoluciju, te se usmjerava ka donošenju globalnog obvezujućeg pravnog instrumenta. Na 20. sjednici Skupštine usvojena još jedna rezolucija koja je i sadržajno predstavljala osnovu buduće konvencije.

#### **3.1. MEĐUNARODNA KONVENCIJA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE BRODSKIM BALASTNIM VODAMA I TALOZIMA, 2004**

IMO je nakon višegodišnjih priprema, 13. veljače 2004. na diplomatskoj konferenciji u Londonu usvojio *Međunarodnu konvenciju za nadzor i upravljanje brodskim balastnim vodama i talozima* – BWM konvencija. Konvencija je predstavljala prvi međunarodni instrument kojim se na cjelovit način uređuje upravljanje balastnim vodama, a sve kako bi se spriječile posljedice izazvane širenjem morskih organizama i patogena putem balastnih voda.

---

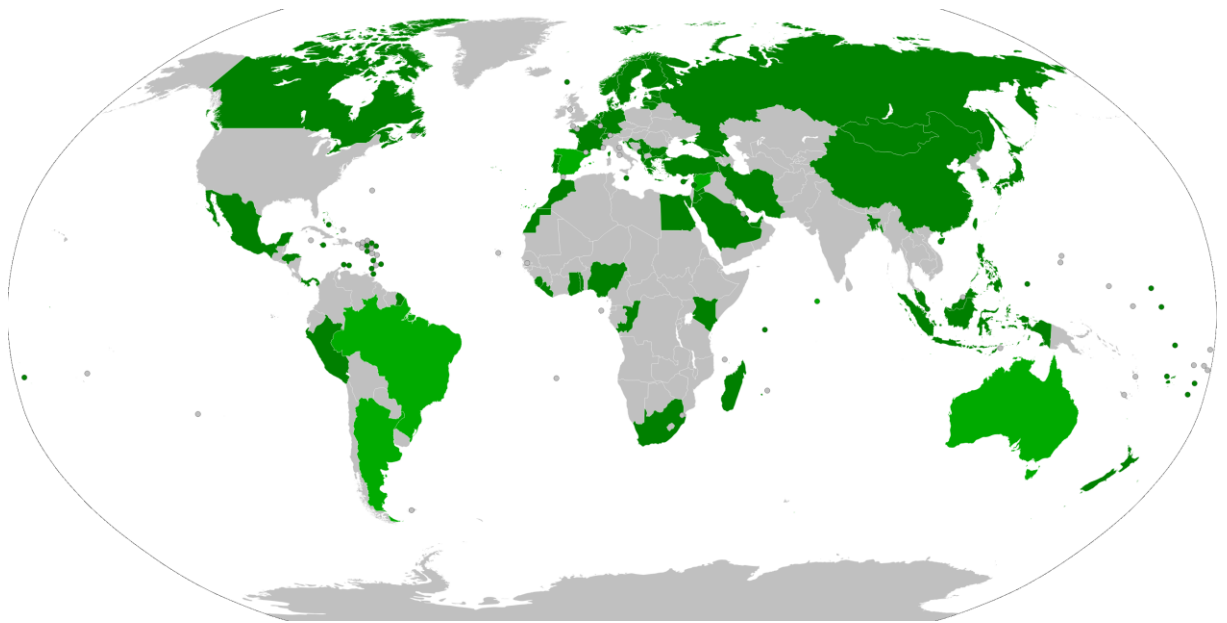
<sup>19</sup> Eng. Marine Environment Protection Committee

<sup>20</sup> Eng. International Maritime Organisation

<sup>21</sup> Eng. United Nations Conference on Environment and Development

Da bi Konvencija stupila na snagu bilo je potrebno da ju prihvati najmanje 30 država s trgovačkom flotom tonaže bar 35% od ukupne svjetske flote, s time da bi onda stupila 12 mjeseci kasnije. Kada je 8. rujna 2016. Finska postala 52. potpisnica to je nametnulo stupanje na snagu koje se dogodilo godinu dana kasnije. Do danas je Konvenciju prihvatilo 95 država s ukupnom tonažom koja iznosi 92.14% od ukupne svjetske trgovačke flote.

**Slika 9.:**Države koje su prihvatile BWM konvenciju



**Izvor:**[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ballast\\_Water\\_Management\\_Convention\\_map.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ballast_Water_Management_Convention_map.svg)  
(9.7.2023.)

Konvencija se sastoji od: preambule, osnovnog dijela raspoređenog u 22 članka unutar kojih su sadržane osnovne odredbe Konvencije, te Dodatka i dva priloga.

Pravna osnova (preambula) Konvencije je u najvažnijim univerzalnim vrelima prava o moru<sup>22</sup> na koje se stranke ove konvencije pozivaju, uzimaju u obzir i priznaju ih u želji da razviju sigurnije i učinkovitije mogućnosti upravljanja balastnim vodama kako bi spriječile daljnje širenje invazivnih organizama.

Odredbe ove Konvencije se odnose na sve brodove (uključujući razne plovne i plutajuće objekte) koji viju zastavu neke države ugovornice, ali ne i na brodove koji ne ulaze u međunarodne vode, ratne i javne brodove, te brodove koji imaju stalni balast u svojim

---

<sup>22</sup> Konvencija UN-a o pravu mora (UNCLOS), Konvencija o biološkoj raznolikosti (CBD), Odluke IV/5 i VI/23, Načelo br. 15 Deklaracije iz Rija o okolišu i razvoju, Rezolucija Vijeća IMO A 774(18), A 868(20)

tankovima. Što se tiče inspekcijskog nadzora, on se najprije odnosi na pregledavanje brodske dokumentacije (plan, dnevnik i svjedodžba), ali je isto tako previđeno i uzorkovanje. Po pitanju prihvata taloga, unutar luka i terminala gdje se obavljaju popravci balastnih tankova, države su dužne osigurati odgovarajuće uređaje za prihvrat balastnih voda i taloga.

Dodatak isto spada u sastavni dio Konvencije, a sastoji se od 5 dijelova:

1. Dio A – Opće odredbe,
2. Dio B – Zahtjevi u pogledu upravljanja i nadzora za brodove,
3. Dio C – Posebni zahtjevi za određena područja,
4. Dio D – Standardi za upravljanje balastnim vodama,
5. Dio E – Zahtjevi za pregled i izdavanje svjedodžbi za upravljanje balastnim vodama

U dijelu A pored pravila o definicijama i iznimkama, posebno se ističe pravilo A-2 koje propisuje da se ispuštanje balastnih voda provodi samo po postupcima koji su u skladu s Dodatkom, tj. zabranjuje se ispuštanje ako na te vode nije primijenjen sustav upravljanja.

U dijelu B propisana je potreba da svaki brod posjeduje i primjenjuje *plan upravljanja balastnim vodama*<sup>23</sup>. Plan odobrava nadležno tijelo države zastave broda ili priznata organizacija u njeno ime, a sadrži detaljan opis aktivnosti koje se provode radi udovoljavanja zahtjeva za izmjenu balastnih voda. Unutar plana detaljno su opisani:

- sigurnosni postupci za brod i njegovu posadu u vezi upravljanja balastnim vodama,
- postupci koje treba poduzeti za provedbu zahtjeva upravljanja balastnim vodama, kao i dopunske radnje,
- postupci prilikom odlaganja taloga na kopno ili u more,
- postupci za koordinaciju i komunikaciju s nadležnim tijelima države u čijim se vodama izvodi iskrcaj,
- dužnosti osobe (časnika) odgovornog za pravilnu provedbu plana,
- zahtjevi za izvješćivanje s broda.

U ovom dijelu je isto tako propisano da brodovi moraju imati i *dnevnik balastnih voda*<sup>24</sup> koji može biti u elektroničkom obliku ili integriran u neki drugi sustav ili knjigu evidencije, a unutar kojeg se bilježe sve operacije s balastnim vodama kao što su ukrcaj, iskrcaj i tretiranje balasta, zajedno s podacima o vremenu radnje, količini balasta, poziciji broda, te svim ostalim

---

<sup>23</sup> Eng. Ballast Water Management Plan

<sup>24</sup> Eng. Ballast Water Record Book

relevantnim podacima. Svaki unos potpisuje odgovorni časnik, a svaku stranu zapovjednik, te se ispunjeni dnevnik čuva na brodu najmanje 2 godine, a zatim još 3 godine pod kontrolom kompanije.

Slika 10.: Primjer ispunjene stranice dnevnika

DATE (dd-MONTH-YYYY)	ITEM (number)	Record of operations/signature of officers in charge
17-May-2019	3.3.1	In 1655 to 1750 17 May 2019 18°53.1'N 071°42.1'E / 18°53.9'N 071°34.7'E
	3.3.2	Disch 713 m <sup>3</sup> ROR 30 m <sup>3</sup> 7WLBTP
	3.3.3	Yes
	3.3.4	(A. Maltsev ch. off) 17.05.2019
17-May-2019	3.3.1	In 1655 to 1750 17 May 2019 18°53.1'N 071°42.1'E / 18°53.9'N 071°34.7'E
	3.3.2	Disch 710 m <sup>3</sup> ROR 30 m <sup>3</sup> 7WLBTP
	3.3.3	Yes
	3.3.4	(A. Maltsev ch. off) 17.05.2019
22-May-2019	3.2.1	In 1505 to 1550 22 May 2019, Salalah
	3.2.2	Interval transfer 500 m <sup>3</sup> In 8WLB(S) (340 m <sup>3</sup> ) to 11WBT(C) (530 m <sup>3</sup> )
	3.2.3	Yes (D1)
	3.2.4	(A. Maltsev ch. off) 22.05.2019
23-May-2019	3.3.1	In 1650 to 1715 23 May 2019 16°19.8'N 053°16.9'E / 16°14.4'N 053°12.2'E
		Signature of the Master: _____

Datum i trajanje

Radnja (iskrcaj), količina (iskrcano 713 m<sup>3</sup>, ostalo 30 m<sup>3</sup>) Broj balastnog tanka

Potpis odgovornog časnika (1. časnik) i zapovjednika

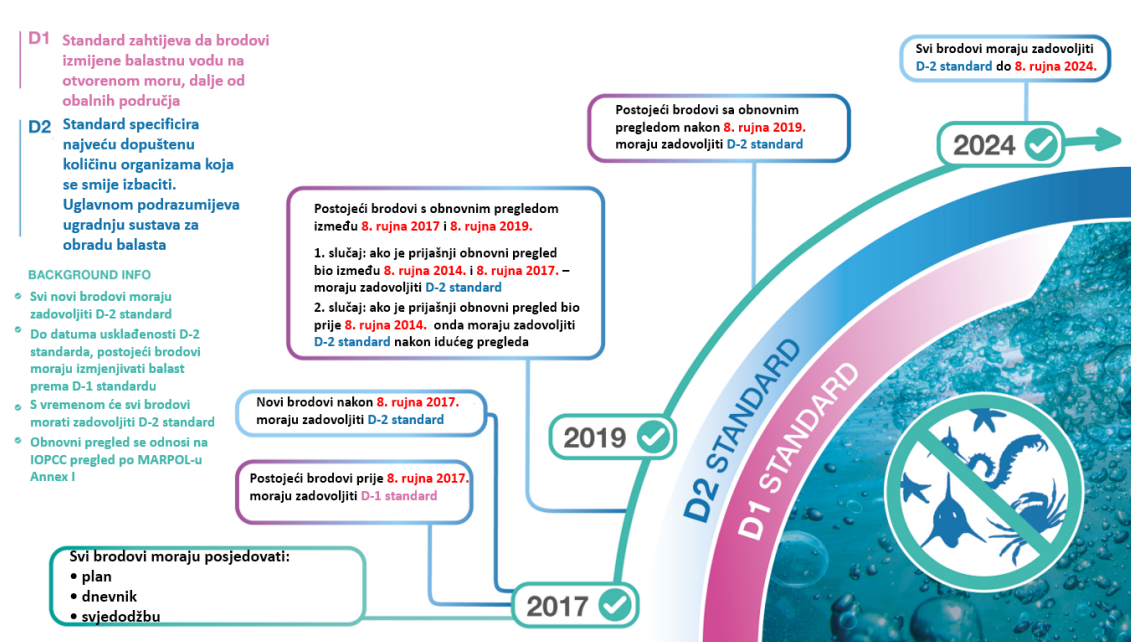
Pozicija (geografska širina i dužina)

Izvor: <https://www.marineinsight.com/maritime-law/everything-you-wanted-to-know-about-ballast-water-exchange-and-management-plan/> (9.7.2023.)

Najznačajnije odredbe ovog dijela sadržane su u pravilu B-3 koje navodi datume nakon kojih su brodovi dužni zadovoljiti standard D-2, s obzirom na godinu izgradnje i datum obnovenog pregleda.



Slika 11.: Vremenska crta s datumima usklađivanja pojedinom standardu



Izvor: izradio autor prema

[https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/HotTopics/Documents/BWM%20infographic\\_FINAL.pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/HotTopics/Documents/BWM%20infographic_FINAL.pdf) (21.8.2023.)

U dijelu C se državama strankama daje mogućnost određivanja dodatnih mjera na dijelovima mora koji su posebno osjetljivi, a isto tako su dužne obavijestiti brodove o područjima gdje je zabranjeno uzimanje balasta zbog postojanja štetnih organizama (na primjer područja cvjetanja algi).

Unutar dijela D propisani su standardi upravljanja balastnim vodama. Pravilo D-1 donosi standard učinkovitosti izmjene balastnih voda koji traži najmanje 95% volumetričke izmjene balastnih voda (za brodove koji izmjenjuju balastnu vodu metodom prepumpavanja, smatra se da su zadovoljili standard ako su prepumpali balastnu vodu svakog tanka tri puta). Također, brodovi koji izmjenjuju balast moraju to učiniti na udaljenosti od najmanje 200 NM od najbližeg kopna (može i na 50 NM ako drugačije nije moguće), te u vodama čija dubina iznosi bar 200 m. Pravilo D-2 donosi standard koji se odnosi na kvalitetu balasta koji se ispušta, te je propisano da se nakon korištenja odobrenog sustava za obradu balastnih voda u njoj osigura manje od 10 živih organizama, ali nesposobnih za reprodukciju, po metru kubnom čije su dimenzije veće ili jednake 50  $\mu\text{m}$ , odnosno manje od 10 takvih organizama po mililitri ako su dimenzije između 10  $\mu\text{m}$  i 50  $\mu\text{m}$ <sup>25</sup>.

<sup>25</sup> Za pojedine vrste mikroba kao što su *Toxicogenic Vibrio cholerae* i *Eascherichia coli* posebno je definiran dopušten broj po jedinici volumena

Unutar dijela D propisani su i zahtjevi za odobrenje sustava upravljanja balastnim vodama, odnosno propisuje se da sustav mora odobriti ovlaštena uprava u skladu s pravilnikom za sustave upravljanja balastnom vodom, a u iznimnim slučajevima, sustav će odobriti IMO. U pravilniku je definirano kako se provodi ispitivanje, opisani su konstrukcijski i operativni parametri, te ostali zahtjevi poput ekološke prihvatljivosti. Također se navodi da brodovi koji su izgrađeni nakon stupanja D-2 standarda, sudjeluju u programu za testiranje i ocjenu obećavajućih tehnologija upravljanja balastnom vodom.

U posljednjem dijelu Dodatka – dio E, opisani su načini i vremenski intervali obavljanja tehničkog nadzora u svrhu izdavanja *Međunarodne svjedodžbe o upravljanju balastnim vodama*<sup>26</sup>, a unutar priloga su sadržani: obrasci svjedodžbi, zapisi o obavljenim pregledima, te obrazac dnevnika balastnih voda. Svjedodžba se izdaje svim brodovima od 400 bruto-tona ili više nakon početnog pregleda kojim se potvrđuje da brod upravlja balastnim vodama u skladu s BWM konvencijom i navodi koji standard brod koristi prilikom upravljanja balastnim vodama.

### **3.2. ZAHTJEVI SAD-a U POGLEDU ZAŠTITE MORA OD INVAZIVNIH VRSTA**

Sjedinjene Američke Države vjerojatno su najveća pomorska sila koja još nije ratificirala BWM konvenciju, a povod za takvu odluku nije izbjegavanje mjera, već upravo suprotno, SAD-u je u posebnom interesu da mjere koje se postave budu stroge radi učinkovitijeg očuvanja svojih voda. Zadatak sprječavanja širenja štetnih vrsta putem balastnih voda povjeren je Obalnoj straži SAD-a (USCG)<sup>27</sup> koja zahtijeva da svi brodovi koji pristaju u njene luku ili plove u njenim vodama i planiraju ispustiti balastnu vodu, moraju izvršiti izmjenu ili obradu balastne vode prema propisima koji su doneseni 2012. godine.

#### **3.2.1. Povijest američkih propisa vezanih za sprječavanje širenja invazivnih vrsta**

SAD je po prvi puta odlučio poduzeti pravne akcije u vezi sprječavanja širenja morskih invazivnih organizama putem brodova kada je 1990. godine donio zakon o *Prevenciji i kontroli neautohtonih morskih organizama* – NANPCA<sup>28</sup>. Donošenje ovog zakona bilo je potaknuto unosom već prije spomenute raznolike trokutnjače, a cilj je bio sprječavanje i kontrola unošenja

---

<sup>26</sup> Eng. International Ballast Water Management Certificate

<sup>27</sup> Eng. United States Coast Guard

<sup>28</sup> Eng. Non-indigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control

stranih vrsta u Velika jezera i okolne vode, te uspostava Nacionalne radne skupine (eng. Task Force) koja predstavlja „koordinacijsko tijelo“ u razvoju i provedbi nacionalnog programa za prevenciju, istraživanje, praćenje i kontrolu invazija neautohtonih vodenih vrsta.

Donošenje tog zakona bio je dobar prvi korak, međutim prepoznata je potreba da se učini više zbog raznih drugih vrsta koje su uzrokovale štetu diljem SAD-a, pa je kao rezultat toga 1996. godine, Kongres proširio izvorni zakon i objavio *Nacionalni zakon o invazivnim vrstama* – NISA<sup>29</sup>. Novim zakonom se nastojalo potaći brodove koji ulaze u SAD da izmijene i prijave izmjenu balastnih voda izvan američkog isključivog gospodarskog pojasa<sup>30</sup>, ne samo u području Velikih jezera, već i izvan njih (Meksički zaljev, zaljev San Francisca, zaljev Cheasapeake...) No, vrlo brzo je američka Obalna straža utvrdila da je usklađenost s dobrovoljnim smjernicama neadekvatna i da je stopa prijavljivanja preniska, stoga je propisala niz dodatnih propisa kako bi dobrovoljne smjernice postale obavezne. Tako je 2004. odlučeno da svi brodovi koji ulaze u američki isključivi gospodarski pojas moraju provesti izmjenu balastnih voda, te ju prijaviti.

Nakon nekoliko javnih sastanaka i razmatranja, američka Obalna straža je 2012. objavila konačno pravilo pod nazivom *Standardi za živuće organizme u brodskim balastnim vodama ispuštene u američkim vodama*. Posljednje pravilo je izmijenilo postojeće zakone i uspostavilo standarde za ispuštanje vodenog balasta slične kao i kod IMO-a, međutim protokoli testiranja i provjere za sustave obrade balastnih voda nisu isti, kao ni zahtjev da mikroorganizmi nakon obrade ostanu živi (po IMO-u je dovoljno da organizmi ne budu sposobni za reprodukciju).

### **3.2.2. Zahtjevi Obalne straže SAD-a**

Postoji nekoliko opcija za udovoljavanje zahtjeva USCG-a po pitanju upravljanja balastnim vodama, a to su da:

- brod ne izvrši ispuštanje balastnih voda,
- brod koristi sustav za obradu balastnih voda koji je odobren od USCG,
- brod ispusti vode u postrojenja na kopnu ili drugo plovilo u svrhu obrade (postoji jako malo takvih postrojenja, a usluga se dosta naplaćuje),

---

<sup>29</sup> Eng. National Invasive Species Act

<sup>30</sup> Eng. Exclusive economic zone – EEZ

- brod koristi vodu iz javnog vodovodnog sustava SAD-a (veoma neefikasno za velike brodove).

Unutar propisa je navodi da brodovi koji plove unutar teritorijalnog mora SAD-a (12 NM) moraju ugraditi sustav obrade vodenog balasta prema slijedećim rokovima:

	Datum konstrukcije	Kapacitet balastnih tankova (m <sup>3</sup> )	Datum usklađenosti
<b>Novi brodovi</b>	<b>Poslije 1. 12. 2013.</b>	<b>Bilo koji</b>	<b>Odmah po izgradnji</b>
<b>Postojeći brodovi</b>	<b>Prije 1. 12. 2013.</b>	<b>&lt; 1500</b>	<b>Nakon prvog planiranog suhog dokovanja poslije 1.1.2016.</b>
		<b>1500-5000</b>	<b>Nakon prvog planiranog suhog dokovanja poslije 1.1.2014.</b>
		<b>&gt;5000</b>	<b>Nakon prvog planiranog suhog dokovanja poslije 1.1.2016.</b>

Brodari su u početku jednostavno mogli zatražiti zahtjev da im se omogući odstupanje od datuma usklađenosti jer tada još nije bilo sustava koji su bili odobreni od USCG-a. No već 2015. godine četiri su proizvođača poslala svoje sustave na testiranje u laboratorije (sva 4 su bila UV sustavi), no bili su odbijeni jer američki propisi zahtjevu da mikroorganizmi budu mrtvi. Vrlo brzo su napravljene preinake (zbog čega su sustavi čak 3-4 puta skuplji), te je 2016. norveški sustav Optimarin postao prvi sustav koji je bio odobren od USCG-a. Do danas je prihvaćeno oko 50 sustava, a par sustava još čeka službeno odobrenje.

Postoje i privremene opcije kao što su izmjena balastnih voda, ali samo do datuma usklađenosti ili korištenje nekog alternativnog sustava za obradu balasta, ali opet ne više od 5 godina od datuma usklađenosti. Brodovi također trebaju imati plan upravljanja balastnim vodama koji je po sadržaju veoma sličan onom od IMO-a, međutim unutar njega su opisani i postupci za održavanje obrastanja broda kao što su pojedinosti o sustavu protiv obrastanja, mjesta na trupu koja su podložna obrastanju, raspored pregleda i obnove sustava i dr., međutim brod može imati i poseban plan upravljanja sustavima protiv obrastanja koji ne mora biti odobren od strane USCG-a.

### 3.3. ZAŠTITA MORA OD INVAZIVNIH VRSTA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Republika Hrvatska je s ciljem unapređenja zaštite okoliša sprječavanjem prijenosa organizama putem balastnih voda donijela *Pravilnik o upravljanju i nadzoru vodenog balasta* koji se primjenjuje od 1. rujna 2007. godine. Pravilnikom se utvrđuju načela i postupci nadzora i upravljanja vodenim balastom na brodovima dok plove ili borave u unutarnjim morskim vodama, teritorijalnom moru i zaštićeno ekološko-ribolovnom pojasu (ZERP) Republike Hrvatske. Pored osnovnih IMO-ovih smjernica kao što su posjedovanja plana upravljanja, standardi izmjene balastnih voda, te dozvoljena udaljenost i dubina prilikom izmjene, ističe se da svi brodovi od 300 bruto-tona i više (tankeri  $\geq 150$  BT) moraju nadležnoj lučkoj kapetaniji prijaviti količinu i porijeklo vodenog balasta na brodu i dostaviti im prijavu najmanje 48 sati prije uplovljavanja broda u luku.

Slika 12.: Prijava vodenog balasta RH

BALLAST WATER REPORTING FORM														
1. VESSEL INFORMATION				2. VOYAGE INFORMATION				3. BALLAST WATER USAGE AND CAPACITY						
Vessel Name: 0				Arrival Date: 0				Specify units below (m <sup>3</sup> , MT, LT, ST)						
IMO Number: 0				Arrival Date: 0				Total Ballast water on board						
Owner: 0				Agent: 0				Volume		Units		No. of tanks in ballast		
Type*: 0				Last Port: 0				Last Country: 0				Total Ballast Water Capacity		
DWT: 0 GT: 0				Next Port: 0				Volume		Units		No. of tanks in ballast		
Flag: 0				Next Country: 0				Volume		Units		No. of tanks in ballast		
Call Sign: 0				Next Country: 0				Volume		Units		No. of tanks in ballast		
*Type codes: bulk (BC), ro-ro (RR), container (CS), oil tanker (OT), chemical tanker (CT), oil/bulk ore (OB), general cargo (GC), reefer (RF), other (O)				Total Cargo (Type/MT) to be Loaded: 0				to be Discharged: 0						
4. CARGO OPERATIONS: Total Cargo (Type/MT) to be Loaded: 0				to be Discharged: 0										
5. Ballast Water Management: Total No. Ballast Water Tanks to be Discharged: 0				Underwent exchange: 0				Underwent Alternative Management: 0						
Of tanks to be discharged, how many: Underwent exchange: Underwent Alternative Management:														
Please specify alternative method(s) used, if any:														
If no ballast treatment conducted, state reason why not:														
Ballast management plan on board: YES   NO				Management plan implemented: YES   NO										
IMO Ballast water guidelines on board (res A 868 (20)?): YES   NO														
6. BALLAST WATER HISTORY: Record all tanks to be debalasted in port state of arrival: IF NONE GO TO #7 (use additional sheets as needed)														
Tank/Holds Use multiple source tanks separately	BW SOURCES				BW MANAGEMENT PRACTICES				BW DISCHARGES					
	Date dd/mm/yy	Port or Lat/Long	VOLUME (units)	Temp (units)	Date dd/mm/yy	End Point Lat/Long	VOLUME (units)	% Exch	Method (#/PT/ALT)	Sea HT (m)	Date dd/mm/yy	Port or Lat/Long	VOLUME (units)	Salinity (units)
5. RESPONSIBLE OFFICER'S NAME (Printed and signature):														

Izvor: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007\\_05\\_55\\_1744.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_05_55_1744.html) (7.7.2023.)

Donošenje tog Pravilnika bio je prvi korak pripreme za BWK konvenciju prije njenog stupanja na snagu, a samo par godina kasnije Hrvatska je i ratificirala Konvenciju kada je 30. travnja 2010. donesena odluka o proglašenju zakona o potvrđivanju BWK konvencije. Dvije godine poslije donesen je i *Pravilnik o upravljanju i nadzoru balastnih voda* kojim se samo još dodatno potvrđuju mjere upravljanja balastnom vodom.

U svrhu izdavanja *Deklaracije o sukladnosti* ili *Međunarodne svjedodžbe o sustavu protiv obrastanja*, njega će provesti odgovarajuće klasifikacijsko društvo prilikom pregleda trupa na suhom (za hrvatske brodove to odrađuje Hrvatski registar brodova). Svrha pregleda je isključivo vezana za provjeru sustava protiv obrastanja u smislu udovoljavanja *Međunarodne konvencije o štetnih sustavim protiv obrastanja brodova*, a ne obuhvaća na primjer: pripremu površine, svojstva antikorozivnosti, trajnost ili slično, sustava protiv obrastanja.

### **3.4. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O NADZORU ŠTETNIH SUSTAVA PROTIV OBRASTANJA BRODOVA, 2001**

Cilj ove konvencije je zabraniti upotrebu štetnih sustava koji se koriste protiv obrastanja broskog trup, a to se odnosi na premaze, boje, sredstva ili površinsku obradu (kao što su na primjer premazi na bazi organokositrenih spojeva). Naime znanstvena istraživanja su pokazala da su sredstva koja su se nekoć koristila protiv obrastanja brodova u svom sastavu sadržavala organske smjese koje su zbog svoje toksičnosti štetno djelovale na morski okoliš i ljudsko zdravlje<sup>31</sup>. Konvencija je 17. rujna 2008. stupila na snagu, a do danas ju je prihvatilo 95 država.

Ovom Konvencijom se zahtijeva da države članke zabrane uporabu štetnih sustava protiv obrastanja na brodovima koji viju njenu zastavu, odnosno plove pod njenom nadležnošću i ulaze u luke, brodogradilišta ili na odobalne terminale. Također je propisano da svi brodovi koji su u međunarodnoj plovidbi, a čija je bruto tonaža 400 ili više, obvezno posjeduju odgovarajuću *Međunarodnu svjedodžbu o sustavu protiv obrastanja* kojom se potvrđuje da sustav čija je primjena zabranjena ili ograničena nije korišten na brodu<sup>32</sup>, dok se za brodove manje od 400 bruto-tona traži da imaju *Deklaraciju o sustavu protiv obrastanja*.

2021. godine IMO-ov odbor za zaštitu okoliša (MEPC) je usvojio izmjene i dopune koje uključuju kontrolu sustava koji sadrže cibutrin, a stupanjem na snagu 1. siječnja 2023. brodovi ne smiju primjenjivati sustave koji sadrže tu tvar, te su ju potrebni ukloniti ili premazati pri slijedećem planiranom obnavljanju sustava protiv obrastanja najkasnije 5 godina nakon zadnje primjene sustava koji sadrži cibutrin.

---

<sup>31</sup> Jedna od najučinkovitijih boja protiv obrastanja koja je razvijena 1960-ih sadrži organokositreni tributilkositar (TBT) za kojeg je dokazano da uzrokuje deformacije kod kamenica i promjene spola kod ribica

<sup>32</sup> Sustavi protiv obrastanja koji se zabranjuju ili kontroliraju navedeni su u Aneksu Konvencije koji se prema potrebi ažurira

## 4. MEĐUNARODNI PROJEKTI I PROGRAMI SPRJEČAVANJA ŠIRENJA MORSKIH INVAZIVNIH ORGANIZAMA

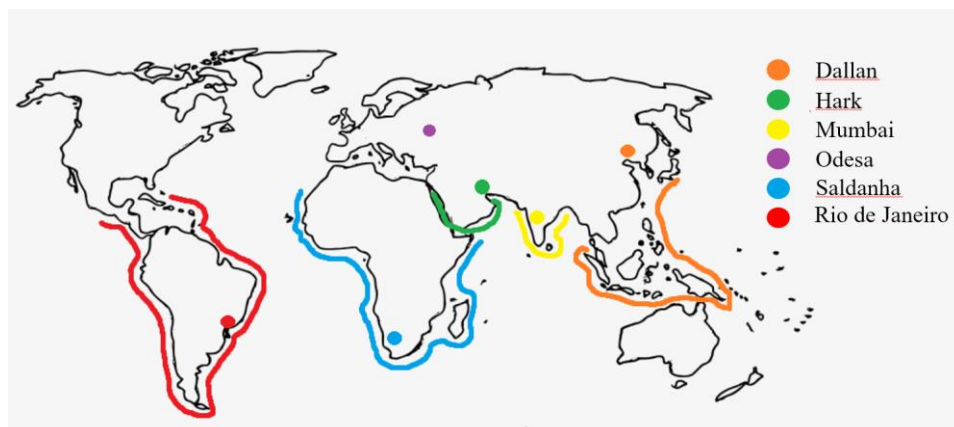
### 4.1. GLOBALLAST

IMO je početkom 21. stoljeća vođen željom da se umanja broj invazija štetnih organizama putem brodova odlučio zajedno s UN-ovim Programom za razvoj (UNDP) i Globalnim fondom za okoliš (GEF) pokrenuti projekt GloBallast<sup>33</sup> kako bi potaknuli dosad neviđenu međunarodnu suradnju u području upravljanja balastnim vodama. Kroz GloBallast je prepoznata potreba da se razriješe izazovi kao što su: problem uspostavljanja zadovoljavajućih mjera na međunarodnoj razini, nedostatak komercijalno dostupnih sustava za obradu vodenog balasta koji su potpuno testirani i odobreni, te nedostatak institucionalnih i pravnih okvira na nacionalnoj razini kao i ograničena financijska sredstva pojedinih država.

Projekt se odvijao kroz dvije faze: prva je započela 2000. i trajala do 2004. zaključno s usvajanjem BWM konvencije, a druga faza je krenula 2007. godine, i originalno je trajala 5 godina, međutim izvršni odbor se složio da se projekt produlji do 2017. godine.

U prvoj (pilot) fazi cilj je bio pomoći zemljama u razvoju da provedu učinkovite mjere kontrole unosa stranih morskih vrsta putem balasta, a te zemlje: Brazil, Kina, Indija, Iran, Južnoafrička Republika i Ukrajina, ujedno su predstavljale 6 glavnih regija u razvoju kao što je prikazano na slici ispod.

**Slika 13.:** Područje provođenje „pilot“ projekta



**Izvor:** <https://archive.iwlearn.net/globalballast.imo.org/the-globalballast-pilot-phase-2000-2004/index.html> (8.7.2023.)

<sup>33</sup> Skraćeno od Global Ballast Water Management Programme

Kako bi se postigli osnovni razvojni ciljevi kao što su pomoć državama u razvoju u sprječavanju širenja štetnih vrsta putem balasta i pomoć u provedbi IMO-ovih smjernica, projekt je imao niz aktivnosti kojim bi se ostvarila zadovoljavajuća koordinacija, komunikacija i suradnja, ali i uspostava kvalitetnih mjera upravljanja balastom i sustava za nadzor njihove provedbe.

Kako bi se postigla kvalitetna koordinacija osnovane su: jedinica za koordinaciju projekta unutar IMO-a čija je aktivnost bila posebno usmjerena na pripremu za buduću BWM konvenciju, Globalna jedinica za provedbu projekta koja sadržava predstavnike svih država u projektu, te onih iz IMO-a, GEF-a i UNDP-a, te Nacionalna jedinica za provedbu projekta i vodeća agencija u svim državama koje su sudjelovale. U svrhu kvalitetne komunikacije i edukacije uspostavljene su informacijske i komunikacijske mreže, te su se razvili programi podizanja svijesti. Provedene su bile i procjene rizika i pregledi domaćih i unesenih vrsta u lukama, na temelju kojih su razvijeni nacionalni planovi za provođenje upravljanja balastnim vodama. Kako bi se ostvarila zadovoljavajuća usklađenost, razvijeni su i sustavi za nadzor i provedbu, a isto tako su izvršeni i pregledi i poboljšanja zakona koji su relevantni za balastne vode.

Nakon uspjeha izvornog projekta, IMO je proveo i drugu fazu kao nadogradnju sa željom očuvanja momenta postignutog u rješavanju problema balastnih voda. Druga faza se provela pod nazivom „Globallast Partnerstvo“, i imala je veći međunarodni doseg, te je u nju bilo uključeno više od 100 država uključujući i 15 „država vodećih partnera<sup>34</sup>“ među kojima je bila i Hrvatska. U ovoj fazi ciljevi su više-manje ostali isti: poticanje pravne, političke i institucionalne reforme na državnim razinama, poticanje regionalne koordinacije i suradnje, stvaranje strategije za upravljanja balastnim vodama i kreiranje akcijskog plana za njegovu provedbu i dr. Kao jedna od „država vodećih partnera“ mediteranske regije, Hrvatska je osnovala Nacionalni forum za provedbu projekta kako bi se ostvarila što učinkovitija komunikacija među svim uključenim institucijama kao što su: ministarstva, lučke kapetanije, lučke uprave, razna brodarska društva, razni instituti, te brojne obrazovne ustanove, a svaka od njih imala je svoje zadatke unutar projekta, a neke od aktivnosti su bile: inspekcijski nadzor s uzorkovanjem i analizom balasta, procjena rizika, odobravanje tehnologija obrade vodenog balasta i certifikacija brodova, edukacija pomoraca, jačanje svijesti i još brojne druge.

---

<sup>34</sup> Eng. Lead partnering country



## 4.2. BALMAS

IPA Adriatic međugranični je program kojemu je u cilju ojačati suradnju i održivi razvoj u jadranskoj regiji putem raznih inicijativa koje se odnose na ekonomsku, socijalnu i institucionalnu suradnju. Kako sve više brodova ulazi u Jadran, raste i vjerojatnost od mogućih invazija štetnih morskih vrsta, stoga je uočena potreba za prekograničnom suradnjom u rješavanju ovog problema zbog ekonomske važnosti, a i ranjivosti Jadranskog mora, te je 2013. godine osmišljen projekt BALMAS<sup>35</sup>. Projekt je kroz tri godine objedinio sve aktivnosti potrebne za dugoročnu i učinkovitu zaštitu Jadranskog mora od negativnih posljedica unosa štetnih stranih vrsta putem balastnih voda, a u projektu je sudjelovalo 17 partnerskih institucija iz Italije, Slovenije, Hrvatske, BiH, Crne Gore, te Albanije.

Ciljevi projekta bili su:

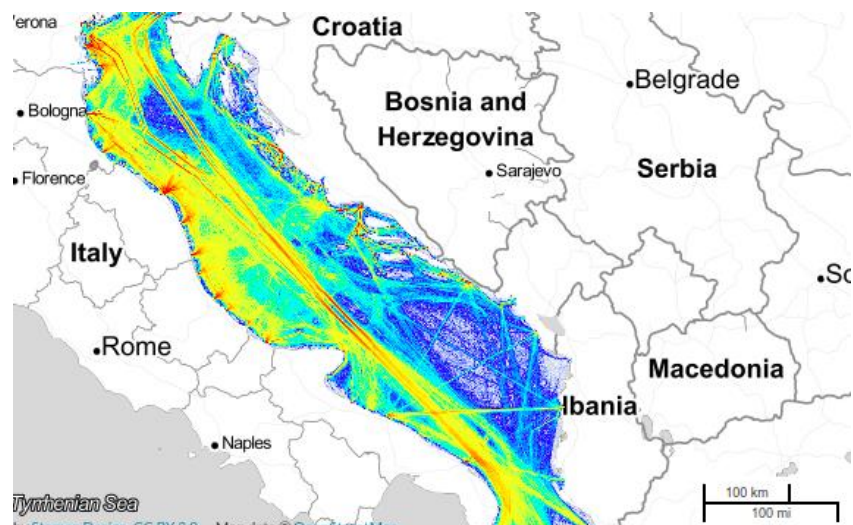
- uvođenje jedinstvenog sustava upravljanja balastnim vodama u svim jadranskim lukama
- utvrđivanje nultog stanja mora u 12 jadranskih luka
- uspostavljanje sustava ranog upozoravanja o izvanrednom stanju u luci (eng. Early Warning System –EWS)
- razvoj sustava za potporu nadležnim institucijama za brže i učinkovitije donošenje odluka o upravljanju balastnim vodama (eng. Decision Support System – DSS)
- izrada plana nadzora (monitoringa) u lukama

Da bi se ostvarili navedeni ciljevi, u sklopu projekta obavljen je pregled stanja broskog prometa u Jadranskom moru, te su istraženi uzorci plovidbe brodova i njihovih balastnih radnji, kao i mogućnosti korištenja metoda upravljanja balastnim vodama i sedimentima. Na temelju toga su stvorene baze podataka za kontrolu prometa, te je osmišljen model za predviđanje budućih kretanja brodova i platforma za BALMAS GIS aplikaciju.

---

<sup>35</sup> Puni naziv projekta je glasio: Ballast Water Management System for Adriatic sea

**Slika 14.:** Uzorci kretanja brodova na Jadranskom moru



Izvor: <http://catalogue.msp-supreme.eu/hr/dataset/adriatic-traffic> (8.7.2023.)

U biološkom dijelu provedbe projekta, utvrđeno je nulto stanje u odabranim jadranskim lukama (Bari, Ancona, Venecija, Trst, Koper, Pula, Rijeka, Šibenik, Split, Ploče, Bar i Drač), te su se dobile informacije o prisutnosti štetnih vodenih organizama i patogena kao i o njihovim mogućim posljedicama, a te su informacije kasnije poslužile daljnjem razvijanju sustava obrane. Jedan od njih bio je i sustav pružanja potpore koji bi nadležnim institucijama omogućio brže i učinkovitije donošenje odluka o upravljanju vodenim balastom, a uspostavljen je na temelju raznih analiza rizika, bioloških analiza, kao i analiza postojećih mjera i opreme. Također treba spomenuti sustav pravovremenog upozoravanja o prisutnosti štetnih stranih vrsta u lukama koji bi u slučaju eventualnog incidenta u nekoj od jadranskih luka trebao obavijestiti odgovorne osobe u ostalim jadranskim lukama.

## 4.2. PROTECT AS

Za razliku od projekta BALMAS koji je bio usmjeren na širu problematiku zaštite Jadrana od štetnog utjecaja balastnih voda, ProtectAS<sup>36</sup> bio je usmjeren na razvoj sustava za kontrolu i zaštitu hrvatskih luka od unosa štetnih stranih vrsta putem balasta. U periodu od 1. lipnja 2020. do 31. svibnja 2023. pet je partnerskih ustanova<sup>37</sup> provelo interdisciplinarno istraživanje u području luke Rijeka i Ploče kao dvije najveće prometne luke RH.

<sup>36</sup> Puni naziv projekta glasi: Protect Adriatic sea

<sup>37</sup> Voditelj projekta bilo je Sveučilište u Dubrovniku, a surađivalo je s: Nastavnim zavodom za javno zdravstvo PGŽ-a, Institutom Ruđer Bošković – Centar za istraživanje mora, Građevinskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, te Pomorskim fakultetom u Rijeci

Cilj ovog projekta bilo je prikupiti podatke kako bi se omogućila što učinkovitija zaštita tih dvaju luka od unosa štetnih stranih vrsta putem balasta, a kako bi se on ostvario provelo se niz aktivnosti kao što su: oceanografska mjerenja, abiotička mjerenja, te modeliranje morskih struja, istraživanje sastava planktonske zajednice, te na posljetku izrada sustava kontrole i obrane luka RH od unosa štetnih stranih vrsta.

Mjerenja su poslužila kao nadopuna postojeće baze podataka o raznim mikroorganizmima i patogenima, ali i kao analiza utjecaja klimatskih promjena na njihov sastav, te rast i razvoj. Također, uz pomoć tih mjerenja su izrađeni i modeli gibanja morskih masa kako bi se dodatno istražila dinamika širenja vrsta obalnim i lučkim područjem, odnosno kako bi se utvrdilo koji su najnepovoljniji uvjeti za širenje stranih vrsta. Na temelju dobivenih podataka izrađen je i dokument pod nazivom „*Sustav kontrole i obrane luka od unosa štetnih stranih vrsta*“ koji sadrži tri dijela: protokol za nadzor biotičkih čimbenika, plan mjera za brzi odgovor, te plan mjera suzbijanja i uklanjanja uočenih stranih vrsta. Unutar tog dokumenta su opisane konkretne radnje s nužnim preduvjetima za njihovo provođenje kao što su odgovarajuća infrastruktura, istraživačka oprema, ljudski resursi i dr.

## 5. METODE SPRJEČAVANJA ŠIRENJA ŠTETNIH ORGANIZAMA

Kada govorimo o metodama za sprječavanje širenja štetnih organizama na brodovima podrazumijevamo izmjenu balasta i korištenje sustava za obradu vodenog balasta. Koja od te dvije radnje će se vršiti na brodu ovisit će ponajviše o zahtjevima, tj. standardima koje brod mora zadovoljiti. Međutim, kako vrijeme ide, korištenje sustava za obradu biti će obvezna radnja svih brodova država ugovornica BWM konvencije (92.14% flote)

Da bi određen sustav ili metoda bili prihvaćeni, moraju ispuniti slijedeće „zahtjeve“:

- Sigurnost – sustav ili metoda moraju biti sigurni za brod i njegovu posadu
- Ekološka prihvatljivost – što manji štetni utjecaj na okoliš
- Tehnička efikasnost – mora se postići određena učinkovitost u odstranjivanju organizama
- Ekonomičnost –poželjno je da troškovi ugrađivanja, iskorištavanja i održavanja budu niski
- Praktičnost-odnosi se na kompatibilnost sustava s obzirom na brodske sustave, kompleksnost u rukovanju, trajanje procesa i dr.

### 5.1. OBRADA BALASTNIH VODA

Kao što je već objašnjeno, udovoljavanje standardu D-2 uskoro će postati obvezno za sve brodove, te će između 2019. i 2024. gotovo 40.000 brodova morati ugraditi neki od odobrenih sustava obrade balasta, stoga se taj dio industrije se vrlo brzo razvija. No sa sve više novijih sustava i proizvođača znači i da postoji ograničeno iskustvo u njihovom radu.

Većina sustava za obradu balastnih voda koriste dvostupanjski pristup koji uključuje oblik mehaničkog odvajanja (primarna metoda), nakon kojeg slijedi fizička ili kemijska obrada (sekundarna metoda). No, niti jedan sustav nije prikladan za sve vrste brodova, a koji sustav će se koristiti ovisi o samom tipu broda, odnosno: kakve brod ima pumpe, kako su konstruirani balastni tankovi, da li ima dovoljno mjesta na brodu, kolika je potrošnja energije...

#### 5.1.1. Mehaničke metode

Mehaničkim (primarnim) metodama se uklanjaju veći organizmi i sediment iz vodenog balasta, te ga se priprema za daljnju obradu sekundarnim metodama koje će onda u potpunosti

ukloniti preostale organizme. Primarne metode u obradi balastnih voda zasnivaju se ili na gravitacijskim procesima koji omogućuju odvajanje organizama iz vode na temelju njihove veličine i gustoće ili na centrifugalnim procesima koji se temelje na pretpostavci da su organizmi koji se nalaze u brodskom balastu veće gustoće od gustoće balasta.

#### *5.1.1.1. Filtracija*

Jedna od najčešćih metoda mehaničke obrade jest filtracija koja funkcionira na gravitacijskom procesu odvajanja mikroorganizama, a djeluje tako da voda kontinuirano struji kroz mrežicu. Kroz nju će proći samo tekuća faza i čestice čiji je promjer manji od mrežice, dok će one veće zaostati. Učinkovitost filtera očituje se u veličini organizama koji se zadržavaju, stoga je efikasnost veća čim je propusnost manja, međutim to onda smanjuje protok kroz filter<sup>38</sup>. Danas postoje razne veličine filtera, ali i metode filtriranja: od onih „klasičnih“ koji služe kao primarna metoda i zadržavaju organizme između 10 µm i 50 µm sa učinkovitošću i od 90%, do nešto kompleksnijih izvedbi koje imaju sposobnost zadržati bakterije i viruse do 0.1 µm (membranska filtracija) ili čak mikroorganizme manje od 0.01 µm (antiosmotska filtracija), ali takvi sustavi su iznimno skupi.

Samočistivi filteri sve su češći na brodovima, a funkcioniraju tako da voda prvo prolazi kroz odjeljak za predfiltraciju koji uklanja velike čestice, zatim one manje ulaze u komoru za filtriranje gdje zaostaju na mrežici. Kako se sve više čestica nakuplja, senzor prepoznaje razliku u tlaku vode koja ulazi i izlazi, te se pokreće sustav automatskog samočišćenja koji pomoću mlaznice usisava naslage. Nakon filtracije je balastna voda spremna za sekundarnu fazu obrade<sup>39</sup>.

#### *5.1.1.2. Hidrociklonski separator*

Hidrociklonski separator još je jedan način mehaničke obrade, a predstavlja sustav dinamičkog centrifugalnog procesa obrade balasta koji radi na principu ubrzanja čestica, te njihovom odvajanju zbog razlike u gustoći.

Pošto je hidrociklon stožastog oblika, kada se u njega tangencijalno dovede voda pod tlakom, to će stvoriti centrifugalno rotacijsko gibanje – vrlog. Vrtložnim strujanjem će centrifugalna sila potisnuti organizme i sediment prema stijenci zbog njihove veće mase, te će kliziti niz nju i biti izbačeni kroz donji izlaz. Pročišćeni balast ostaje u središnjem dijelu gdje se otkidaju strujni slojevi i usmjeruju u suprotnom smjeru prema području nižeg tlaka –

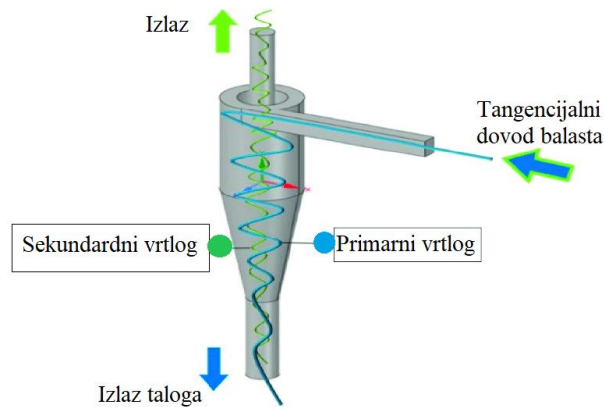
---

<sup>38</sup> Ž. Kurtela, V. Jelavić, R. Mohović: Pristup odabiru metode primarne obrade brodskog vodenog balasta

<sup>39</sup> <https://www.wartsila.com/waw/ballast-water/more-on-bwms/filter-systems> (3.7.2023.)

unutrašnji vrtlog, te se na tom mjestu postavlja izlazna cijev kojom se pročišćeni balast izvodi van<sup>40</sup>. Također, prilikom obrade postoji i vjerojatnost da veliki broj organizama ne preživi tretman zbog velikih ubrzanja koja se pojavljuju prilikom prolaska balasta.

**Slika 15.:** Princip rada hidrociklonskog separatora



**Izvor:** [https://www.researchgate.net/figure/Flow-direction-of-the-optimized-mini-hydrocyclone-separator\\_fig3\\_355991926](https://www.researchgate.net/figure/Flow-direction-of-the-optimized-mini-hydrocyclone-separator_fig3_355991926) (8.7.2023.)

Hidrociklonski separatori se mogu koristiti za brodske balastne sustave najvećih kapaciteta, a željeni kapacitet se postiže jednim većim ili sustavom manjih od kojih svaki može biti optimiziran da uklanja čestice različitih veličina. Upotrebljavaju se samo pri balastiranju broda, te se odstranjeni organizmi i čestice vraćaju odmah nazad more, s time da gravitacijsko balastiranje tankova dvodna nije moguće preko hidrociklona jer se ne ostvaruje potrebni radni tlak<sup>41</sup>.

### 5.1.2. Fizikalne metode

Kada govorimo o fizikalnim metodama za obradu balastnih voda, podrazumijevamo metode koje se temelje na osjetljivosti mikroorganizama na različite fizikalne utjecaje kao što su temperatura ili količina kisika. Dobra stvar ovih metoda je nepostojanost štetnog utjecaja na okoliš, međutim takve metode su nešto skuplje i mogu zahtijevati veće rekonstrukcije sustava balasta.

<sup>40</sup> Ž. Kurtela, V. Jelavić, R. Mohović: *Pristup odabiru metode primarne obrade broskog vodenog balasta*, Naše more 52(1-2)/2005

<sup>41</sup> Ž. Kurtela, V. Jelavić, R. Mohović: *Pristup odabiru metode primarne obrade broskog vodenog balasta*, Naše more 52(1-2)/2005

#### 5.1.2.1. UV zračenje

Korištenje ultra-ljubičastog zračenja<sup>42</sup> jedna je od najčešćih metoda obrade voda općenito, a razlog tome je njena ekološka prihvatljivost jer se ne mijenjaju svojstva vode niti se stvaraju toksični nusproizvodi (kao na primjer kod kloriranja), a isto tako i zbog lakog održavanja i kratkog vremena djelovanja.

Proces funkcionira tako da se UV zrakama uzrokuju fotokemijske promjene u stanicama mikroorganizama, odnosno oštećuju se DNA ili RNA stanice mikroorganizma, pa se uslijed takvih šteta mikroorganizmi neutraliziraju. Efikasnost ove metode ovisit će o količini energije koju je mikroorganizam upio, odnosno ako doza nije dovoljno velika, genetski materijal mikroorganizama se možda samo ošteti, a ne uništi što može biti problem prilikom udovoljavanja pojedinim standardima (razlika između IMO-ovih i USCG-a). Postoje različite izvedbe ovakvih sustava, međutim svaka od njih se sastoji od UV-C lampe koje generira zračenje između 245 nm i 285 nm kako bi se postiglo dovoljno oštećenje.

#### 5.1.2.2. Toplinska metoda

Ovaj način obrade podrazumijeva iskorištavanje otpadne topline ispušnih plinova kao i topline rashladne vode glavnog brodskog stroja za uništavanje mikroorganizama. Kako raste temperatura, tako se događaju određene promjene u staničnim strukturama koje uzrokuju ugičanje. Kako bi sustav uspješno utjecao na mikroorganizme, temperatura tijekom obrade balastnih voda treba biti bar 45 °C, stoga takve metode nisu toliko prikladne za brodove na kraćim relacijama jer ne uspijevaju postići takvu temperaturu, a isto tako postoje i vrste koje se neutraliziraju na temperaturama većim od 45 °C. Još jedan od nedostataka jest potreba za instalacijom dodatnog cjevovoda koji bi balastnu vodu doveo do izvora topline.

Zagrijavanje balastnih voda se izvodi unutar izmjenjivača topline (koji mogu biti cjevaste ili pločaste izvedbe), a balast dobiva toplinu tako da cirkulira između balastnog tanka i izmjenjivača.

#### 5.1.2.3. Ultrazvučna metoda

Ultrazvučna metoda koristi visoke frekvencije kako bi se izazvale vibracije u vodi koje proizvode razne fizikalne i kemijske reakcije što onda uzrokuje lomljenje stanica mikroorganizama. Sustav se sastoji od pretvarača, pojačala, odašiljača i komore. Pomoću pretvarača se mehanička ili električna energija pretvara u zvučnu energiju visokog intenziteta,

---

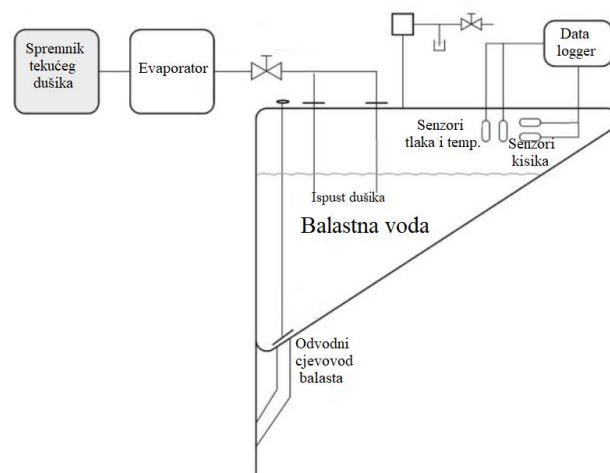
<sup>42</sup> UV zračenje dio je nevidljivog sunčevog zračenja koje se na shematskom prikazu svjetlosnog spektra nalazi između vidljivog svjetla i x-zraka

ona zatim putuje kroz komoru i dolazi do odašiljača koji će emitirati visoke frekvencije. Te visokofrekventne vibracije uzrokuju stvaranje i kolaps mikroskopskih mjehurića u izloženoj tekućini dovodeći do pucanja staničnih membrana. Koliko će metoda biti učinkovita ovisi najviše o količini energije koja se prenese, ali i o vremenu izlaganja tretmanu.

#### 5.1.2.4. Deoksigenacija

Deoksigenacija je, kako joj i samo ime predlaže, metoda obrade balastnih voda na način da se kisik izbaci iz balasta, te na taj način uguše mikroorganizmi. Osnovni proces uključuje upuhivanje inertnog plina (najčešće dušika), te je potrebno par dana kako bi proces bio potpun, međutim postoje i kompleksniji sustavi koji koriste glukozu ili kalijev nitrat za stimuliranje bakterija koje konzumiraju kisik. Metoda je učinkovita samo protiv vrsta koje ne mogu opstati bez kisika, no dobra stvar je što se ovom metodom može smanjiti stopa korodiranja balastnog tanka. Takav način obrade balasta najčešće se koristi kod tankera koji imaju vlastite pogone za proizvodnju internog plina, a kako bi se inertirali balastni tankovi potrebni su im posebni cjevovodi.

**Slika 16.:** Sustav za deoksigenaciju balastne vode



**Izvor:** <https://www.semanticscholar.org/paper/Ballast-water-deoxygenation-can-prevent-aquatic-Tamburri-Wasson/412f6d6ac747babea499e7435f38f027955bf686> (8.7.2023.)



### 5.1.3. Kemijske metode

Kemijske metode obrade balasta koriste razne biocide kako bi se utjecalo na mikroorganizme, stoga su ovakve metoda iznimno efikasne u ubijanju organizama, no zato je pročišćeni balast potrebno neutralizirati prije debalastiranja.

Postoje dva tipa biocida koji se koriste: organski (ne-oksidirajući) biocidi koji djeluju pesticidno i na taj način narušavaju vitalne funkcije mikroorganizama (glikolna kiselina, perocetna kiselina), te neorganski (oksidirajući) biocidi koji sprječavaju dotok kisika u mikroorganizme (klor, ozon, brom, jod, vodikov peroksid).

Prilikom odabira kemijske metode najčešće se razmatraju iduće karakteristike: učinkovitost u ubijanju, količina toksičnog nusprodukta, sigurnost s obzirom na brod i njegovu posadu, te cijena.

#### 5.1.3.1. Kloriranje

Najčešća metoda kemijske obrade balastnih voda koristi klor koji može biti u nekoliko oblika (tekuće – natrijev hipoklorid, plinovito – elementarni klor, kruto – kalcijev hipoklorit), a njegov stupanj učinkovitosti proporcionalan je stupnju toksičnosti, odnosno koncentraciji i vremenu izloženosti. Sustavi za kloriranje općenito primjenjuju dozu od oko 2 mg/L rezidualnog klora, što je dovoljno učinkovito za obradu balastnih tankova i sigurno za ljude na brodu. Međutim, neke mješavine koriste natrijev hipoklorit u koncentraciji do 10 ppm-a<sup>43</sup> koji može ostaviti potencijalno opasan talog plina u tankovima nakon ispumpavanja vode, a isto tako je s ovom razinom kemikalije voda štetna za morski okoliš, pa ju je potrebno neutralizirati.

#### 5.1.3.2. Ozonacija

Kemijska metoda obrade ozonom radi tako da se mikroorganizmi neutraliziraju putem oksidativne snage ozona, što znači da reagira s drugim tvarima i prihvaća njihove elektrone. U odnosu na kloriranje ili druga oksidacijska sredstva, ova metoda ima znatno manje nusproizvoda štetnih za okoliš. Obrada vode započinje stvaranjem ozona u generatoru, a zatim se ubrizgava u vodu, te odmah počinje oksidirati i eliminirati mikroorganizme. Potrebne su iznimno male doze kako bi se eliminirale bakterije, te je čak doza od 1 ppm-a već dovoljna za kompletnu dezinfekciju balastnih voda. Onaj dio ozona koji ostane mora se uništiti jer bi se inače njegovim ispuštanjem štetno utjecalo na atmosferu.

---

<sup>43</sup> Parts per million – jedan dio na 1.000.000 dijelova

## 5.2. IZMJENA BALASTNIH VODA I UZIMANJE UZORAKA

### 5.2.1. Metode izmjene balasta

Kada govorimo o izmjeni balastnih vodam, općenito postoje tri metode izmjene koje se koriste u praksi: sekvencijalna metoda, metoda ispiranja (prepumpavanja) i metoda razrjeđivanja (tzv. „brazilska metoda“)

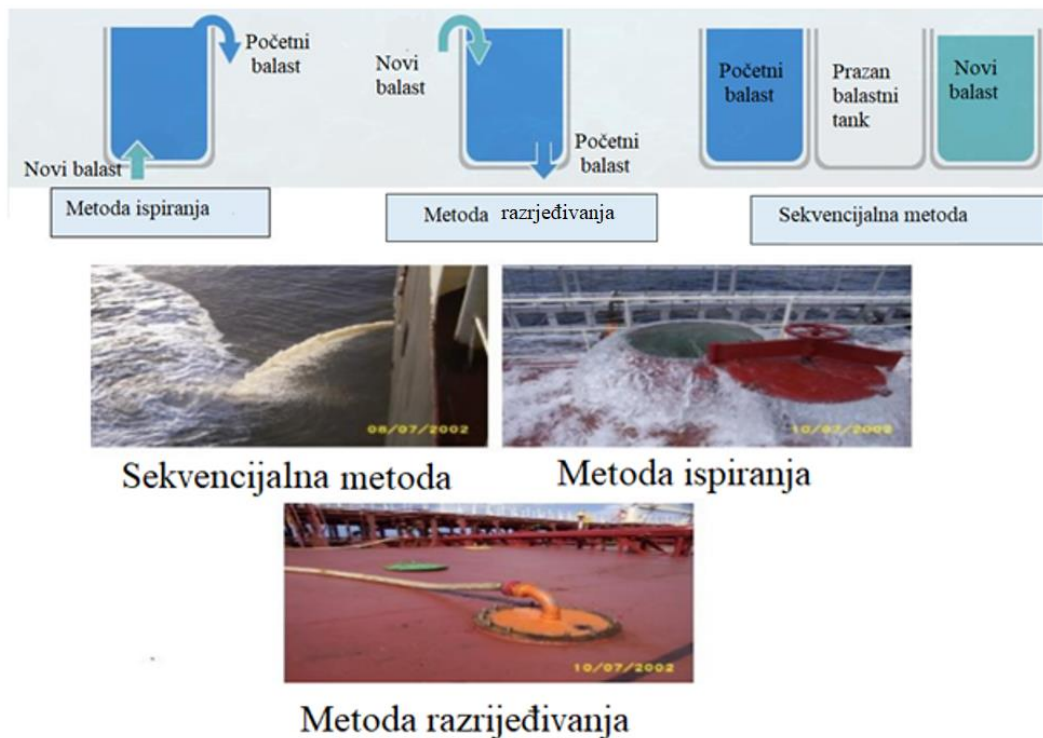
Tijekom sekvencijalne metode, tankovi se jedan po jedan najprije prazne, a zatim ponovno pune zamjenskim balastom kako bi se postigla najmanje 95% volumetrička izmjena. Jedan od nedostataka ove metode jest da se prilikom ovog procesa javljaju velike poprečne smične sile<sup>44</sup> između praznog tanka i susjednog tanka koji je pun. Kada se koristi metoda ispiranja, zamjenska se balastna voda pumpa u balastni tank, a višak vode izlazi kroz odušnike tankova. Kako bi se postigla 95% izmjena balastne vode, potrebno je prepumpati trostruko veću količinu nego što je volumen tanka. Nedostatak ove metode je što odušnici najčešće nisu konstruirani za konstantno prelijevanje vode, a ovisno o volumenu tanka i kapacitetu balastnih pumpi, cijeli proces može trajati i par dana. Kod uporabe metode razrjeđivanja, zamjenska se balastna voda upumpava kroz cjevovod za pranja tanka koji se nalazi na vrhu, te se istovremeno na dnu balastna voda ispušta van. Dobra stvar je što se pri konstantnom protoku održava ista razina unutar tanka tijekom cijele operacije, pa nema nikakvih dodatnih naprezanja, a ni efekta slobodnih površina<sup>45</sup>.

---

<sup>44</sup> Sila koja nastoji pomaknuti dijelove broda u vertikalnoj ravnini koji se nalaze s lijeve i desne strane promatranog presjeka

<sup>45</sup> Slobodne površine imaju negativan utjecaj na stabilnost prilikom nagnuća broda kada su prostori djelomično ispunjeni tekućinom

**Slika 17.:**Navedene metode izmjene balasta i njihov prikaz u praksi



**Izvor:** izradio autor prema

<https://amarineblog.com/2017/08/03/bwebwtbwm-2017-imo-upgrade/> (9.7.2023.)

### 5.2.2. Uzorkovanje balasta

Uzorkovanje je način analiziranja balastnih voda, a provodi se u svrhu: procjene bioloških i kemijskih svojstava balastne vode (najčešće vezano za razna znanstvena istraživanja), radi otkrivanja potencijalno štetnih organizama, te zbog provjere udovoljavanja odgovarajućim propisima. Uzorci se mogu uzeti u svim faza putovanja (pri balastiranju, debalastiranju, te tijekom putovanja), a najčešće se to radi uzimanjem uzoraka iz balastnih tankova ili tijekom ispuštanja samog balasta u more<sup>46</sup>. Vjerodostojnost dobivenih podataka ovisit će o strukturi balastnih tankova, tj. ne mora u svakom odjeljku biti ista količina i ista vrsta mikroorganizama.

Uglavnom postoje posebna mjesta na brodu na kojima se kroz sondu može uzeti uzorak, no postoji i mogućnost da se uzorak izvadi i iz balastnih cjevovoda ili najjednostavnije na

<sup>46</sup> Uzimanje uzoraka iz tankova je prikladnije za neka znanstvena istraživanja, dok je za određivanje usklađenosti BWB konvencije bolje uzeti uzorak pri istjecanju. *BWB Guidance for best practices on sampling 2019*. Emsa.europa.eu

mjestu za ulaz u balastni tank. Uzorci se prikupljaju korištenjem znanstvene opreme za uzorkovanje kao što su planktonske mreže i pumpe, a kad god je moguće, poželjno je uzeti uzorke s više različitih dubina.

### 5.3. ZAŠTITA BRODSKOG TRUPA OD OBRAŠTANJA

Metode kojima se brod štiti od obraštaja uključuju korištenje premaza koji sprječavaju prianjanje organizama na trup broda, odnosno ubijanje onih koji se pričvrste, te uklanjanje obraštaja čišćenjem trupa.

Suvremeni premazi koji se danas koriste u zaštiti broskog trupa od obraštanja mogu se podijeliti u dvije skupine: biocidni i neobraštajući premazi. Biocidni premazi koriste kemijske tvari (najčešće bakar) za kontrolu razvoja organizama, a glavne značajke kvalitetnog biocida su njegova niska topivost u morskoj vodi (da se ne otpusti prebrzo s premaza), te bezopasan učinak na okoliš. S obzirom na mehanizam otpuštanja biocida, suvremeni premazi se dijele na: premaze na osnovi prirodnih smola koji mogu imati topivu ili netopivu matricu, samopolirajuće premaze, te hibridne premaze.

Neobraštajući premazi<sup>47</sup> su sa stajališta zaštite okoliša najprihvatljiviji jer se ne oslanjaju na otpuštanju biocida u okoliš, već na svojstvu glatkoće koje otežava prianjanje morskih organizama (veća su obraštanja na hrapavim površinama nego na glatkima). Na manjim i bržim brodovima premaz će se očistiti samim prolaskom kroz vodu, dok je na većim brodovima potrebno provoditi redovito čišćenje.

---

<sup>47</sup> Eng. Foul release coating

**Slika 18.:** Prikaz glavnih značajki pojedinih vrsta protu-obraštajnih premaza

Vrsta premaza	Svojstva
Premazi s netopivom matricom	<ul style="list-style-type: none"> <li>- visoka mehanička čvrstoća</li> <li>- prazna matrica pridonosi povećanju hrapavosti broskog trupa</li> <li>- premaz je moguće reaktivirati struganjem prazne matrice, ali to može izazvati ponovni rast morskih trava koje su se naselile u šupljinama</li> <li>- kratki životni vijek, do 18 mjeseci</li> </ul>
Premazi s topivom matricom, CDP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- visoki udio prirodne smole, bakar kao glavni biocid</li> <li>- niska mehanička čvrstoća</li> <li>- debeli iscrpljeni sloj zbog gomilanja netopivih spojeva (soli, nečistoće)</li> <li>- pruža zaštitu u trajanju do 36 mjeseci</li> <li>- cijena najniža među AF premazima bez kositra</li> </ul>
Samopolirajući kopolimeri, SPC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- otpuštanje biocida i otapanje polimera u tankom površinskom sloju – efekt samozaglađivanja</li> <li>- čvrst i trajan film premaza – idealno za primjenu na novogradnjama</li> <li>- glavni biocid je bakarni oksid sa cinkovim oksidom kao pojačivačem</li> <li>- stopa otpuštanja biocida je konstantna dokle god postoji sloj AF premaza</li> <li>- zaštita do 60 mjeseci, ovisno o uvjetima u službi</li> </ul>
Hibridni CDP/SPC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mali udio otapala, kontrolirana stopa otpuštanja biocida</li> <li>- trajniji film u odnosu na CDP premaze</li> <li>- učinkovitost i cijena između performansi CDP i SPC tehnologija</li> <li>- životni vijek do 36 mjeseci</li> </ul>
<i>Foul-release</i> premazi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bez biocida</li> <li>- silikonska baza stvara vrlo glatku površinu koja otežava obraštanje</li> <li>- vrlo mekani, podložni mehaničkim oštećenjima</li> <li>- za samočišćenje potrebna je velika brzina plovidbe ili visoka aktivnost broda</li> <li>- 5-10 puta skuplji od ostalih AF premaza</li> </ul>

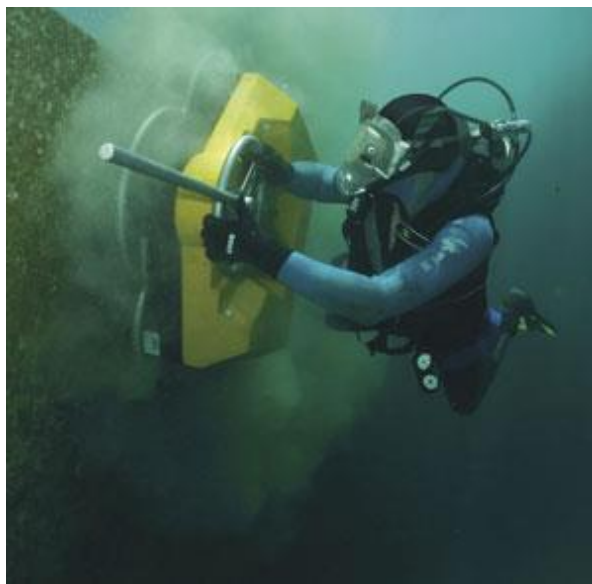
**Izvor:** I. Juraga, I. Stojanović, T. Noršić, *Zaštita broskog trupa od korozije i obraštanja*, Brodogradnja 58 (2007)3,278-283

Nanošenje premaza izvodi se u dvije faze, prvo kada je brod na navozu, a zatim kada je u doku. Razlog tome je što brod nakon porinuća provede nekoliko mjeseci na opremnoj obali, te ga je potrebno zaštititi od mogućih obraštaja, a isto tako ga nije moguće kompletno zaštititi pošto je bio na potkladama (pojedini dijelovi koji su bili zavareni kada je brod bio na navozu skidaju se dok je brod u doku). Također, u praksi je nemoguće odmah nanijeti premaz točno odgovarajuće debljine.

Prije samog nanosa premaza površinu se prvo priprema najčešće ručnim uređajima za čišćenje i pritom treba uzeti u obzir vanjske uvjete (kao što su relativna vlažnost zraka koja može utjecati na pojavu korozije), dok se za vrijeme boravka u doku koriste sustavi pranja visokim tlakom i metode odmašćivanja. Nakon kvalitetne pripreme, kreću se nanositi premazi u određenim slojevima: prvo ide temeljni koji sprječava formiranje korozije i formira čvrsti sloj koji dobro prijanja uz površinu metala, zatim međusloj koji nadopunjava protukorozijsku zaštitu, te na koncu dolazi završni sloj protuobraštajnog premaza. Debljina samog premaza ovisit će o mjestu na brodu, tj. neće se premaz jednako trošiti na boku broda u odnosu na premaz koji je na dnu trupa, odnosno ne napadaju mikroorganizmi jednako sve dijelove broda (premaz na boku se brže troši jer je češće u doticaju sa zrakom, dok se na dnu broda lakše formiraju slojevi obraštaja). Cijeli postupak nadziru: inspektor boje/premaza, inspektor brodogradilišta, te inspektor brodovlasnika.

Ako se brod čisti u vodi, to onda zahtijeva stručnog ronioca koji ovisno o veličini broda koristi ručne strugače ili uređaje s rotirajućim četkama, a može se koristiti i posebno opremljenim robotom na daljinsko upravljanje. Međutim, čišćenje u vodi se sve više izbjegava jer je moguće oštetiti premaz čime se stvara pogodna površina za naseljavanje organizama, ali i jer postoji rizik da otklonjeni organizmi koji padnu u vodu ostanu živi i nasele područje na kojem su ispušteni. Čišćenje na suhom obuhvaća korištenje mlaznica i strugala, a tijekom takvog čišćenja stvorit će se i otpad od kojeg je: jedan dio obični čvrsti materijal koji se sakupi i odloži na odgovarajuća mjesta, dok drugi dio može sadržavati jajašca i ličinke koji se odlaže na posebna mjesta za odlaganje. Čišćenje trupa odvija se prema određenim rokovima za inspekciju brodova, no postoji i mogućnost za češćim čišćenjima.

**Slika 19.:** Ronilac s uređajem za čišćenje s rotirajućim četkama



**Izvor:** <http://ausmepa.blogspot.com/2010/04/underwater-hull-cleaning-process-may-be.html>  
(9.7.2023)

## 6. BUDUĆI RAZVOJ I MOGUĆA RJEŠENJA

U zadnjih par desetljeća jasno se vidi nastojanje unutar pomorskog sektora da se postigne što kvalitetnija zaštita okoliša, pa je i sve više projekata kojima je u cilju ostvariti što „zeleniji“ dizajn broda.

Kada govorimo o sustavima za obradu balasta, još uvijek ne postoji onaj idealan sustav koji bi bio najčistiji i najefikasniji, stoga je razvoj novih ideja i tehnologija veoma poželjan. Tako je danska inženjerska tvrtka BAWAT osmislila sustav koji bi pomoću neiskorištene topline kroz samo jedan stupanj obrade uspio ostvariti zadovoljavajuću učinkovitost. Sustav se bazira na pasterizaciji balastne vode, te je potpuno zelen, a izrađene su i različite konfiguracije kako bi se mogao koristiti na različitim veličinama i tipovima brodova. Suradnja japanskih kompanija Hitachi i Mitsubishi Heavy Industries donijela je sustav koji se bazira na procesu koagulacije, pomoću kojeg bi mikroorganizmi formirali male magnetske skupine veličine do 1 mm, koje bi se potom sakupile u magnetskom separatoru. Pored brojnih inovativnih tehnologija, treba istaknuti i usavršavanje postojećih, pa su tako tvrtke Optimarin i BIO-UV svoje sustave koje koriste samočistive filtere i UV zračenje, automatizirali i optimizirali tako da budu što učinkovitiji, a da pritom zadrže jednostavnost dizajna.

Još jedna od novih inovacija kod sustava upravljanja balastom je daljinsko praćenje kvalitete sustava za obradu korištenjem protočne citometrije<sup>48</sup> i satelitskih komunikacijskih tehnologija. Stručna osoba s kopna daljinski upravlja brodskim balastnim sustavom (balastnim pumpama i ventilima), te se provodi proces protočne citometrije kako bi se analizirala kvaliteta obrađenog balasta. Dobiveni podaci se zatim prosljeđuju na uvid kopnenom uredu radi procjene putem satelitskog komunikacijskog sustava INMARSAT<sup>49</sup>. Sustav monitoringa uključuje: sustav upravljanja i obrade balasta, protočni citometar s jedinicom za cirkulaciju, sustav odašiljanja s obale na kopno (satelitski sustav) i daljinsko komunikacijsko-upravljačku jedinicu<sup>50</sup>. Dobro konstruiran sustav bi omogućio brži proces analiziranja uzoraka, odnosno brodovi bi puno prije mogli dobiti dozvolu za slobodan ulazak u luku jer se ne bi čekalo na rezultate analize koji mogu trajati i do nekoliko sati.

---

<sup>48</sup> Protočna citometrija je metoda kojom se mjere fizikalne i imunokemijske osobine bioloških čestica i stanica tijekom njihova prolaska kroz mjerni uređaj u struji tekućine

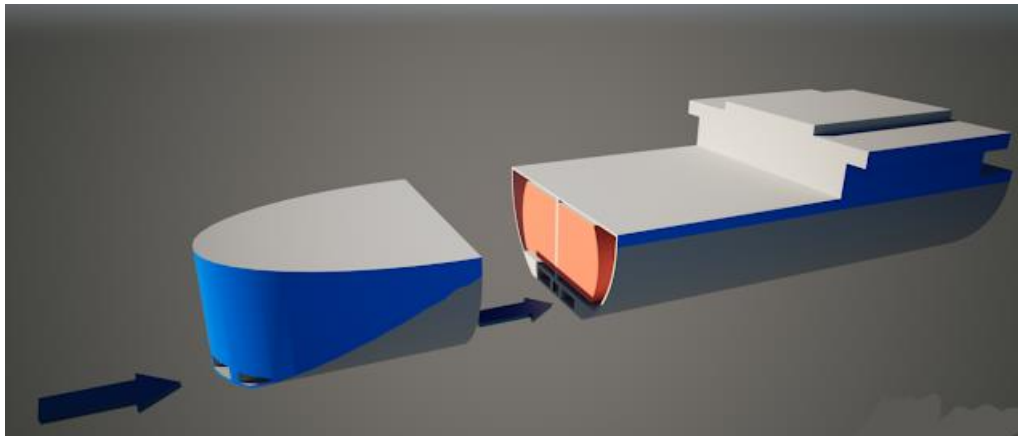
<sup>49</sup> International Maritime Satellite Organisation, britanska je kompanija koja nudi telekomunikacijske usluge putem satelita

<sup>50</sup> G. Bakalar, V. Tomas, Ž. Sesar, *Remote monitoring of Ballast Water Treatment System quality by using flow cytometry and satellite communication technologies*, 2012.

„Ballast Free ship“ još je jedna zanimljiva tehnologija osmišljena da smanji rizik od širenja štetnih vrsta putem balasta, a odnosi se na korištenje inovativnog dizajna koji bi uklonio potrebu za korištenjem balasta općenito. Konstrukcijski koncept broda bez balasta bazira se na uzdužnom protoku vode kroz posebno dizajnirane sekcije ispod skladišta, tj. kada bi se brod kretao prema naprijed, to bi stvorilo područje višeg tlaka u blizini pramca, te područje smanjenog tlaka kod krme, pa bi na osnovu te razlike tlakova voda prolazila kroz sekcije. Ne samo da bi se ovakvim dizajnom uštedilo na svim sustavima koji su inače potrebni na klasičnim brodovima koji koriste balast, već bi se i smanjilo vrijeme i novac koje brod inače potroši na otklanjanju korozije balastnih tankova.

Međutim, iako bi se uštedilo na izbacivanju balastnih sustava, ovakav dizajn broda je nešto kompliciraniji i zahtijevao bi veće troškove izgradnje. Još jedna od mana ovakvog dizajna jest da se gubi na prostoru za teret, a isto tako bi se umanjila i konstrukcijska snaga broda. Može se očekivati da će se s vremenom ovakav dizajn još više usavršiti, no ipak valja imati na umu da je pomorska industrija uglavnom konzervativna, osobito ako postoji mogućnost da takvi tipovi brodova nakon izgradnje ne budu sposobni za plovidbu (eng. seaworthy).

**Slika: 20.:** Alternativni dizajn „ballast free“ broda



**Izvor:** <https://lshipdesign.blogspot.com/2015/10/ballast-free-ship-design.html> (9.7.2023.)

Po pitanju razvoja novih protuobraštajnih sustava, najviše se ide ka što čistim i ekološki prihvatljivijim bojama i premazima. Međutim, valjalo bi istaći i nove tipove samopolirajućih premaza koji bi koristili nanotehnologiju za što teže prijanjanje organizama na trup broda. Komponente takvog premaza bi se ispuštale u iznimno preciznim količinama, što bi omogućilo dulji vijek trajanja takvog premaza, a jedinstvena struktura bi minimizirala učinak temperature mora, brzine broda i drugih vanjskih čimbenika. Također, zbog manje potrebne debljine filma, brodovi bi manje vremena morali provesti u doku jer bi samo nanošenje i sušenje trajalo kraće.



## 7. ZAKLJUČAK

Rizik koji prijeti bioraznolikosti ekosustava zbog invazivnih vrsta konačno je tema širokog interesa, a samo u posljednja dva desetljeća napravljeni su ogromni iskoraci u uspostavljanju pravnih okvira, ali i kod praktičnih radnji sprječavanja širenja na brodovima.

Vrste kao što su *Dreissena polymorpha* mogu poslužiti ne samo kao primjer štete koju invazivna vrsta može počinuti, već i kako (ne)postupati u slučaju invazije. Brojne štete vjerojatno bi bile značajno manje da su prije toga postojale kvalitetne mjere kojima bi se brodovima ograničilo ispuštanje balasta, pa tako možemo vidjeti važnost uloge i zadaće koju Međunarodna pomorska organizacija ima u rješavanju tog problema. Ona je također zaslužna i za poticanje brojnih globalnih i regionalnih mjera koje su uspostavljene radi obrane od invazivnih vrsta na temelju raznih projekata koji su bili provedeni, iz čega se može vidjeti kako je međusobna suradnja među svim stranama iznimno ključna kako bi se minimizirale takve štete. Kako vrijeme napreduje, očigledno je da su uspostavljene mjere bitno utjecale na smanjenje invazija morskih organizama, međutim tu još svakako ima prostora za popravak. Osmišljavanje inovativnih ideja i razvijanje novih tehnologija u budućnosti će vjerojatno ostvariti kompletnu eliminaciju mikroorganizama koji se nalazi u vodenom balastu, a možda će se eliminirati i potreba za samim balastom, tako da možemo reći da je ispred nas svijetla budućnost.

Smatram da bi ubuduće sve mjere i sva pravila trebala obuhvaćati svakog brodarka, jer bi se jedino tada moglo kompletno eliminirati rizik od prijenosa invazivnih vrsta putem brodova, ali svjestan sam kompleksnosti takvog pothvata i njegove vjerojatnosti, stoga bih preporučio češće sklapanje projekata i međunarodne suradnje kojima bi se onda veoma blizu ostvario globalni cilj sprječavanja širenja takvih vrsta.

## LITERATURA

### KNJIGE I ČLANCI

- 1) ICUN, *Marine Menace - Alien invasive species in the marine environment* 2009.
- 2) WWF International, *Silent invasion-The spread of marine invasive species via ships' ballast water* 2009.
- 3) Ž. Kurtela, V. Jelavić, T. Novaković: *Štetno djelovanje ispuštenoga vodenog balasta na morski okoliš*, Naše more 54(1-2)/2007
- 4) Kutle, A., Valković, V.: *Balastne vode*, Udruga Lijepa Naša, Zagreb. 2015
- 5) M.Đ. Učur, *Međunarodna konvencija o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama (IMO, 2004.)*, Naše more 58(3-4)/2011
- 6) P. Komadina, *Prikaz međunarodne konvencije o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima, 2004.*, Pomorski zbornik 41 (2003)1, 293-300
- 7) Ž. Kurtela, V. Jelavić, R. Mohović: *Pristup odabiru metode primarne obrade broskog vodenog balasta*, Naše more 52(1-2)/2005
- 8) I. Juraga, I. Stojanović, T. Noršić, *Zaštita broskog trupa od korozije i obraštanja*, Brodogradnja 58 (2007)3, 278-283
- 9) Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, *Pravilnik o upravljanju i nadzoru balastnih voda*, NN 128/2012
- 10) Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka, *Pravilnik o upravljanju i nadzoru vodenog balasta*, NN 55/2007
- 11) Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka, *Pravilnik o obavljanju inspeksijskog nadzora sigurnosti plovidbe*, NN 127/2005, 38/2008
- 12) P. Amižić Jelovčić,.: *Onečišćenje morskog okoliša balastnim vodama s posebnim osvrtom na Međunarodnu konvenciju o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima iz 2004. godine*, Zbornik radova Pravnog fakulteta u Splitu, god. 45, 4/2008., Split, 2008., str. 797.-810.
- 13) G. Bakalar, V. Tomas, Ž. Sesar, *Remote monitoring of Ballast Water Treatment System quality by using flow cytometry and satellite communication technologies*, 2012.

## INTERNET STRANICE

1. <https://mingor.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug/uprava-za-zastitu-prirode-1180/strane-i-invazivne-strane-vrste/5477>
2. <https://www.snexplores.org/article/analyze-this-invasive-species-cost-billions-damages-global-economy>
3. <https://clearseas.org/en/blog/ballast-water-management-stopping-the-spread-of-invasive-species-by-ships/>
4. <https://chelsea.co.uk/what-is-invasive-species-dispersal-by-ballast-water/>
5. <https://safety4sea.com/untreated-ballast-water-5-invasive-species-causing-marine-disruption/>
6. <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-zebra-mussels-and-why-should-we-care-about-them>
7. <https://www.caryinstitute.org/news-insights/2-minute-science/zebra-mussel-fact-sheet>
8. <https://www.waterfrontrestoration.com/effects-of-zebra-mussels-in-our-lakes/>
9. <https://cleanupourwater.com.au/2014/01/northern-pacific-seastar/>
10. <https://www.marinepests.gov.au/pests/identify/northern-pacific-seastar>
11. <https://www.nature.com/articles/s42003-020-0940-2>
12. <https://2001-2009.state.gov/g/oes/ocns/inv/cs/2313.htm>
13. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/52728/WH-1992-Jul-Aug-p18-19-eng.pdf?sequenc>
14. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/BWMConventionandGuidelines.aspx>
15. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Implementing-the-BWM-Convention.aspx>
16. [http://archive.iwlearn.net/globallast.imo.org/wp\\_content/uploads/2015/03/Croatia-national-status-assessment.pdf](http://archive.iwlearn.net/globallast.imo.org/wp_content/uploads/2015/03/Croatia-national-status-assessment.pdf)
17. <https://gorgonija.com/2017/07/14/invazivne-vrste-jadranu/>
18. <https://www.akvarij.net/zanimljivosti/ekologija/more-ekologija/196-caulerpa-taxifolia-i-caulerpa-racemosa>
19. <https://www.prirodoslovni.hr/Izlozbe/Lesepsijski.html>
20. <http://civ.iptpo.hr/plavi-rak/>
21. [https://en.wikipedia.org/wiki/Ballast\\_Water\\_Management\\_Convention#](https://en.wikipedia.org/wiki/Ballast_Water_Management_Convention#)

22. [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)
23. <https://www.federalregister.gov/documents/2004/07/28/04-17096/mandatory-ballast-water-management-program-for-us-waters>
24. <https://youtu.be/AWIP5q56eK0?si=B4jnS7inFN8Sm5S7>
25. [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-the-Control-of-Harmful-Anti-fouling-Systems-on-Ships-\(AFS\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-the-Control-of-Harmful-Anti-fouling-Systems-on-Ships-(AFS).aspx)
26. <https://archive.iwlearn.net/globalballast.imo.org/index.html>
27. <https://www.irb.hr/Zavodi/Centar-za-istrazivanje-mora/Projekti/Sustav-upravljanja-balastnim-vodama-za-zastitu-Jadrana-BALMAS>
28. <https://mmpi.gov.hr/more-86/projekti-113/balmas/16916>
29. <https://protectas.com.hr>
30. <https://filtersafe.net/blog/blog-marine/what-is-ballast-water-treatment/>
31. <https://www.bp-group.hr/uv-dezinfekcija-vode/>
32. <https://stampar.hr/hr/dezinfekcija-vode-kloriranje-i-hiperkloriranje>
33. <https://www.marineinsight.com/maritime-law/everything-you-wanted-to-know-about-ballast-water-exchange-and-management-plan/>
34. <https://www.bawat.com>
35. <https://www.ics-shipping.org/current-issue/treating-ships-ballast-water-2020/>
36. <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/ballast-water-treatment-technology---now-and-then-76736>
37. <https://www.ballast-water-treatment.com>
38. [https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/ballast-water-treatment-systems-\(bwts\)](https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/ballast-water-treatment-systems-(bwts))
39. <https://optimarin.com>

## POPIS KRATICA

Kratika	Puni naziv na stranom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
IMO	International Maritime Organisation	Međunarodna pomorska organizacija
SAD	/	Sjedinjene Američke Države
USD	United States dollar	američki dolar
MEPC	Marine Environment Protection Committee	Odbor za zaštitu morskog okoliša
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development	Konferencija Ujedinjenih Naroda o okolišu i razvoju
BWM (konvencija)	Ballast Water Management Convention	Međunarodnu konvenciju za nadzor i upravljanje brodskim balastnim vodama i talozima
NM	Nautical mile	nautička milja
USCG	United States Coast Guard	Obalna straža SAD-a
NANPCA	Non-indigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control	Zakon o prevenciji i kontroli neautohtonih morskih organizama
NISA	National Invasive Species Act	Nacionalni zakon o invazivnim vrstama
EEZ	Exclusive economic zone	isključivi gospodarski pojas
ZERP	/	zaštićeno ekološko-ribolovni pojas
BT	/	bruto-tona
UN	United Nations	Ujedinjeni Narodi
TBT	Tributyltin	Tributil kositar
UNCLOS	United Nations Convention on the Law of the Sea	Konvencija Ujedinjenih Naroda o pravu mora

UNDP	United Nations Development Programme	Program Ujedinjenih Naroda za razvoj
GEF	Global Environment Facility	Globalni fond za okoliš
BALMAS	Ballast Water Management System for Adriatic Sea	Sustav upravljanja balastnim vodama za zaštitu Jadranskog mora
GIS	Geographic information system	Geografski informacijski sustav
UV	Ultraviolet	ultraljubičasto
DNA	Deoxyribonucleic acid	deoksiribonukleinska kiselina
RNA	Ribonucleic acid	ribonukleinska kiselina
ppm	Parts per million	jedan dio na milijun dijelova
INMARSAT	International Maritime Satellite Organisation	Međunarodna pomorska satelitska organizacija

## POPIS SLIKA

- Slika 1. Barijere prilikom širenja organizama putem balasta, str. 3
- Slika 2. Dijelovi na brodu u koje mogu dospjeti invazivne vrste, str. 5
- Slika 3. Primjeri štete od raznolike trokutnjače, str. 6
- Slika 4. Morska zvijezda i njeno prikupljanje nakon jednog od ronilačkih čišćenja, str.7
- Slika 5. Morski orah i njegova rasprostranjenost i putevi širenja, str. 8
- Slika 6. Neslužbena lista 10 „najnepoželjnijih“ invazivnih organizama, str. 9
- Slika 7. *Caulerpa Taxifolia* i njena rasprostranjenost na Jadranu, str. 11
- Slika 8. Popis invazivnih vrsta zabilježenih u hrvatskom dijelu Jadrana, str. 12
- Slika 9. Države koje su prihvatile BWM Konvenciju, str. 14
- Slika 10. Primjer ispunjene stranice dnevnika balastnih voda, str. 16
- Slika 11. Vremenska crta s datumima usklađivanja pojedinom standardu, str. 17
- Slika 12. Prijava vodenog balasta RH, str. 21
- Slika 13. Područje provođenja „pilot“ projekta, str. 23
- Slika 14. Uzorci kretanja brodova na Jadranskom moru, str. 26
- Slika 15. Princip rada hidrociklonskog separatora, str. 30
- Slika 16. Sustav za deoksigenaciju balastne vode, str. 32
- Slika 17. Navedene metode izmjene balasta i njihov prikaz u praksi, str. 34
- Slika 18. Prikaz glavnih značajki pojedinih vrsta protu-obraštajnih premaza, str. 36
- Slika 19. Ronilac s uređajem za čišćenje s rotirajućim četkama, str. 37
- Slika 20. Alternativni dizajn „ballast free“ broda, str. 39