

# Balastne vode

---

**Trivić, Luka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:862375>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-30**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE**  
STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Luka Trivić

**BALASTNE VODE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016.



Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional Undergraduate Study of Safety and Protection

Luka Trivić

# **BALLAST WATER**

Final Paper

Karlovac, 2016.

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Luka Trivić

**BALASTNE VODE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc. Igor Peternel

Karlovac, 2016

VELEUČILIŠE U KARLOVCU  
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

**Studij:** SIGURNOSTI I ZAŠTITE

**Usmjerenje:** ZAŠTITA NA RADU

**ZAVRŠNI ZADATAK**

**Student:** Luka Trivić

**Naslov rada:** BALASTNE VODE

**Opis zadatka:**

1. Uvod
2. Procesiranje balastnih voda
3. Izmjena balastnih voda za vrijeme putovanja
4. Ispuštanje balastnih voda u lukama
5. Korištenje ultraljubičaste svjetlosti
6. Multi-komponentni sistem za tretman balastnih voda
7. Proizvođači opreme
8. Budući razvoj
9. Zaključak

**Zadatak zadan:**

4/2016

**Rok predaje:**

9/2016

**Predviđeni rok obrane:**

9/2016

**Mentor :**

dr. sc. Igor Peternel

**Predsjednik Ispitnog Povjerenstva:**

dr. sc. Nikola Trbojević

## **SAŽETAK**

Tema završnog rada koji sam napisao su Balastne vode. Balast voda je voda koju brodovi uzimaju radi ravnoteže, stabilnosti i očuvanja integriteta broda dok je prazan.

Glavni problem balastnih voda je onečišćenje gdje dolazi do prijenosa novih vrsta mikroorganizama ali i također patogenih mikroorganizama, odnosno uzročnika raznih bolesti. To je samo jedan od problema kod prijenosa balasta.

Na početku rada govorimo o karakteristikama balastnih voda, o njenoj problematici te govorimo o njezinim negativnim utjecajima.

U nastavku govorimo o načinima obrade i tretiranju balastnih voda, te naposljetku pišem o proizvođačima opreme za pročišćavanje balastnih voda i o budućem razvoju.

## **SUMMARY**

The topic of the graduation thesis I wrote is the Ballast Water. Ballast is the water that ships use to maintain balance, stability and integrity of the ship while it is empty of cargo.

Main problem of the ballast water is environmental pollution, because ballast water is transferring new species of microorganisms and pathogenic microorganisms that can cause various diseases. That is only one of the problems in transferring ballast.

At the beginning of the thesis we are talking about the characteristics of the ballast water, about problems and the negative impacts.

Then we continued discussing the method of processing and treatments of ballast water and in the end I write about producers of equipment for purification of ballast water and its further development.

## Sadržaj:

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PROCESI TRETIRANJA BALASTNIH VODA</b> .....	5
2.1 Procesi separacije .....	6
2.2 Dezinfekcija .....	7
2.3 Upotreba kemikalija .....	9
2.4 Tretman toplotom .....	10
2.5 Filtracija .....	11
<b>3. IZMJENA BALASTNE VODE ZA VRIJEME PUTOVANJA</b> .....	14
3.1 Zahtjev izmjene balastne vode (Ballast Water Exchange, BWE) .....	15
3.2 Metoda izmjene balastne vode .....	16
<b>4. ISPUŠTANJE BALASTNIH VODA U LUKAMA</b> .....	20
<b>5. KORIŠTENEJ ULTRALJUBIČASTE SVIJETLOSTI</b> .....	24
<b>6. MULTI-KOMPONENTNI SISTEMI ZA TRETMAN BALASTNIH VODA</b> .....	26
6.1 Mehanička obrada i dezinfekcija ozonom .....	27
6.2 Filtracija, kavitacija, elektrokemijska dezinfekcija i de-oksidacija .....	27
6.3 Ciklonska separacija, filtracija i kemijski tretma .....	29
6.4 Kavitacija i filtracija .....	30
6.5 Mehanička separacija i elektroklorinacija .....	30
6.6 Ostali sistemi .....	31
<b>7. PROIZVOĐAČI OPREME</b> .....	35
<b>8. BUDUĆI RAZVOJ</b> .....	43
8.1 Daljinski upravljani BWT sistemi .....	44
8.2 Patenti o BWT sistemima .....	45
<b>9. ZAKLJUČAK</b> .....	48
<b>LITERATURA</b> .....	49
<b>POPIS SLIKA:</b> .....	51
<b>POPIS TABLICA:</b> .....	53



## 1. UVOD

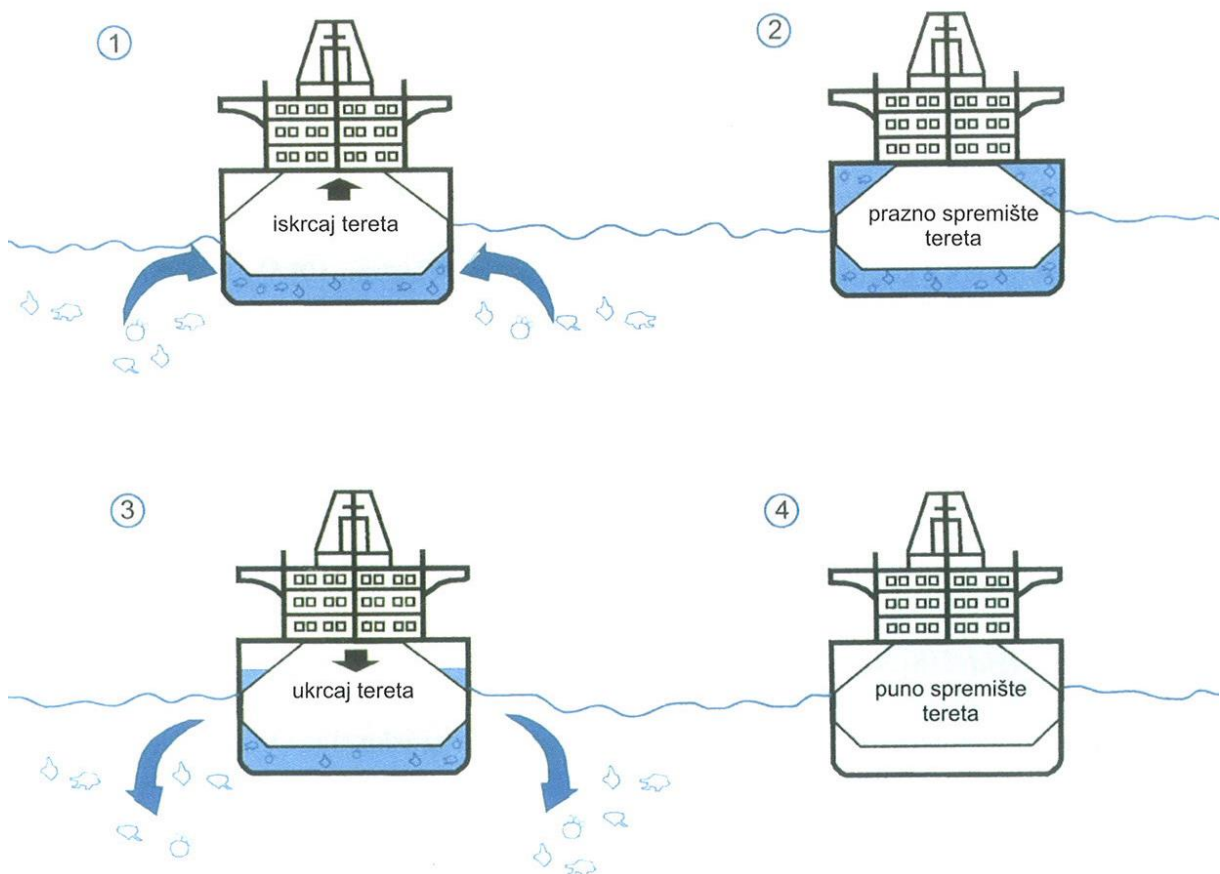
Voda se koristi za stabilnost brodova na moru od početka korištenja čelika za izgradnju broskog trupa pred nekih 120 godina. Balastne vode se upumpavaju s namjerom održavanja manevarskih sposobnosti broda za vrijeme putovanja. Na taj način smanjuju stres na trup broda, dobije se poprečna stabilnost, poboljšava pogon i manevarske karakteristike te kompenzira promjena težine u različitim nivoima smještaja tereta uzrokovana potrošnjom goriva i vode. Problem balastnih voda otkriven je još 1903. godine kada su tropske alge kremenjašice nađene u Sjevernome moru, ali se njihov negativni učinak nije uočivao sve do kasnih godina prošlog stoljeća. Tri su glavna negativna utjecaja balastnih voda: ekološki (unesene biljne i životinjske vrste počinju dominirati u novom ekosustavu i uništavati bioraznolikost), ekonomski (unesene vrste uzrokuju štete u ribarstvu, obalnoj industriji i turizmu) i utjecaj na ljudsko zdravlje (otrovni organizmi uzrokuju bolesti a u nekim slučajevima i smrt ljudi).

Najštetnije vrste koje se unose vodenim balastom su:

1. *Asteria amurensi* (Sjevernopacifička zvjezdača)
2. *Dreissena polymorpha* (Zebrasta dagnja)
3. *Undaria pinnatifida* (Azijska alga- kelp)
4. *Carcinus menaus* (Europski zeleni rak)
5. *Neogobius melanostomus* (Obli glavoč)
6. *Gyrodinium aureolum* (Toksični fitoplankton-alge)
7. *Eiocheir sinensis* (vrsta raka)
8. *Ceropagis pengoi* (Kladocera)
9. *Vibrio Cholerae* (uzročnik kolere)
10. *Mnemiopsis leidyi* (Sjevernoamerički rebaš)

Onečišćenje mora balastnim vodama iznimno je ozbiljan problem s kojim se danas susreće većina obalnih država. Svjesna navedene činjenice Međunarodna pomorska organizacija donijela je 2004. godine Međunarodnu konvenciju o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima. Ova konvencija predstavlja prvi sveobuhvatni međunarodni pravni instrument koji regulira problematiku prijenosu štetnih morskih organizama. <sup>[2]</sup>

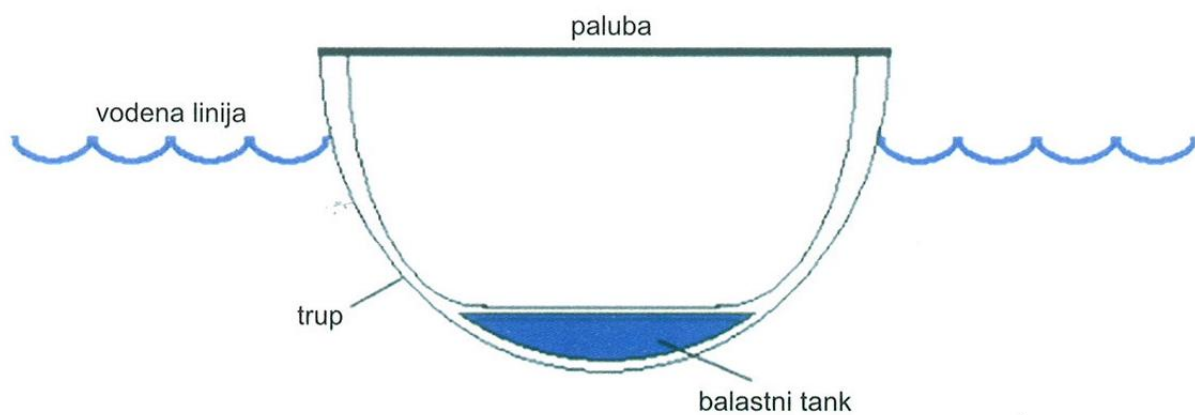
Do sad još nije pronađeno kvalitetno rješenje za neškodljiv i komercijalno prihvatljiv tretman balastnih voda. Obaveza je brodova da na otvorenom moru izmjene cjelokupni balast iz balastnih tankova pa je donesena posebna konvencija koja regulira problematiku balasta.



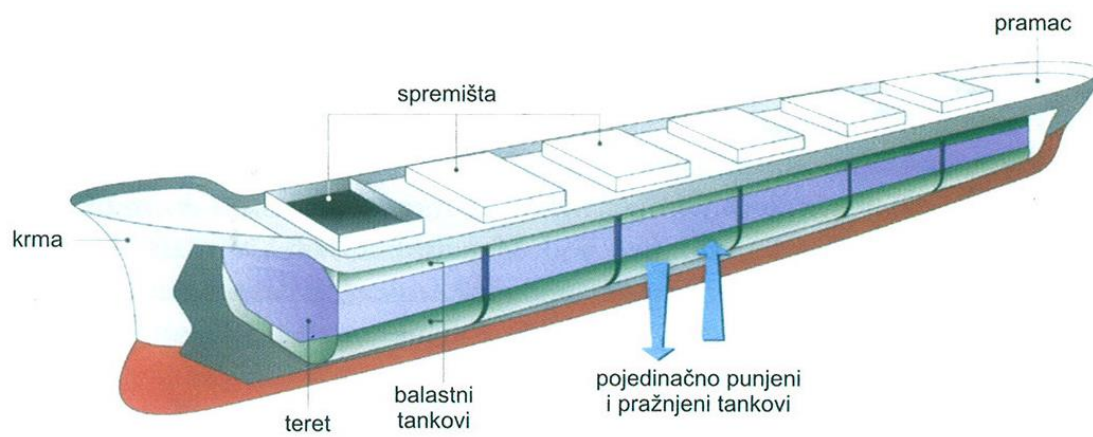
Slika 1. Presjek broda i ilustracija uloge balastnih voda.

Problem prisustva invazivnih vrsta u balastnim vodama brodova je primarno uzrokovan povećanjem trgovine i volumena prometa u nekoliko zadnjih dekada, a budući da promet i trgovina morskim putem i dalje raste, problem još nije dosegao vrhunac. U mnogim područjima svijeta posljedice su razorne. Numerički podaci ukazuju da razmjer bio-invazija nastavlja rast alarmantnom brzinom i da su napadnuta nova područja.

Godišnje se u svijetu preveze do deset milijardi tona balastnih voda, a s njima više od 7000 različitih vrsta. Voda može biti morska, riječna ili boćata, a uzima se u luci gdje se teret iskrcava, a ispušta u sljedećoj luci gdje se teret ukrcava na brod. Ispuštanjem balastne vode se vrši prijenos svih tvari i organizama u njoj na udaljene lokacije. Samo jedan kubični metar može sadržavati od 3.000 do 10.000 organizama (alge, ličinke, školjkaša, riba, puževa, rakova, bakterija, virusa). Organizmi ispušteni na ovaj način mogu biti invazivni za novi ekosustav, narušiti prirodnu bio raznolikost te postati izravna prijetnja ljudskom zdravlju.



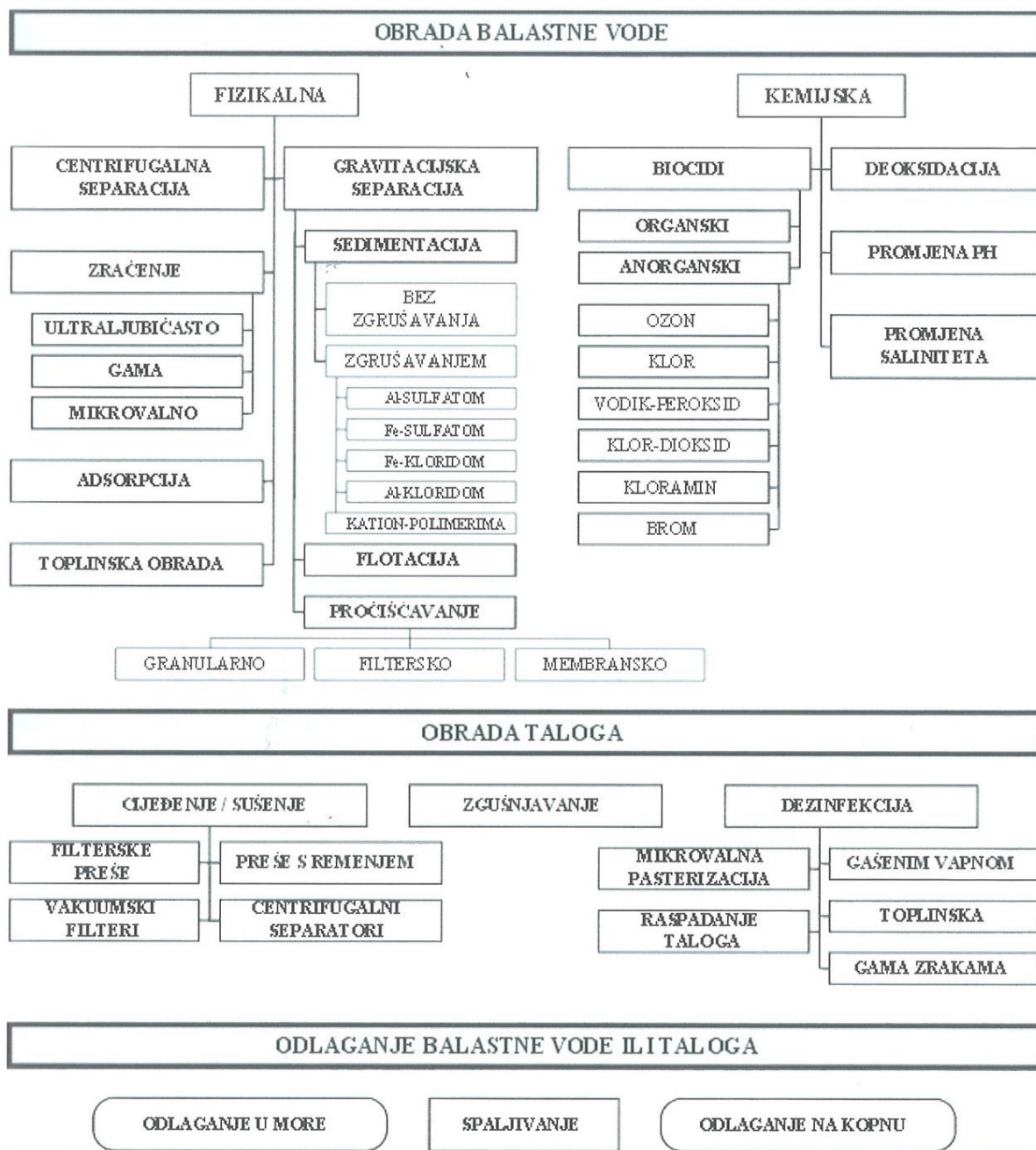
Slika 2. Presjek trupa broda s jednim balastnim tankom



Slika 3. Konvencionalni nosač rasutog tereta s tankovima za balastne vode.

## 2. PROCESI TRETIRANJA BALASTNIH VODA

Tehnologije koje se koriste za obradu balastnih voda razvijene su na osnovi tehnologija korištenih u gradskim i industrijskim primjenama. Njihova je primjena ograničena faktorima kao što su prostor, cijena i efikasnost (obzirom na IMO standarde za ispust balastnih voda).



Slika 4. Prikaz različitih obrada balastne vode i taloga

Postoje dva tipa tehnologijskog procesa koja se koriste za obradu vode: separacija čvrsto-tekuće i dezinfekcija

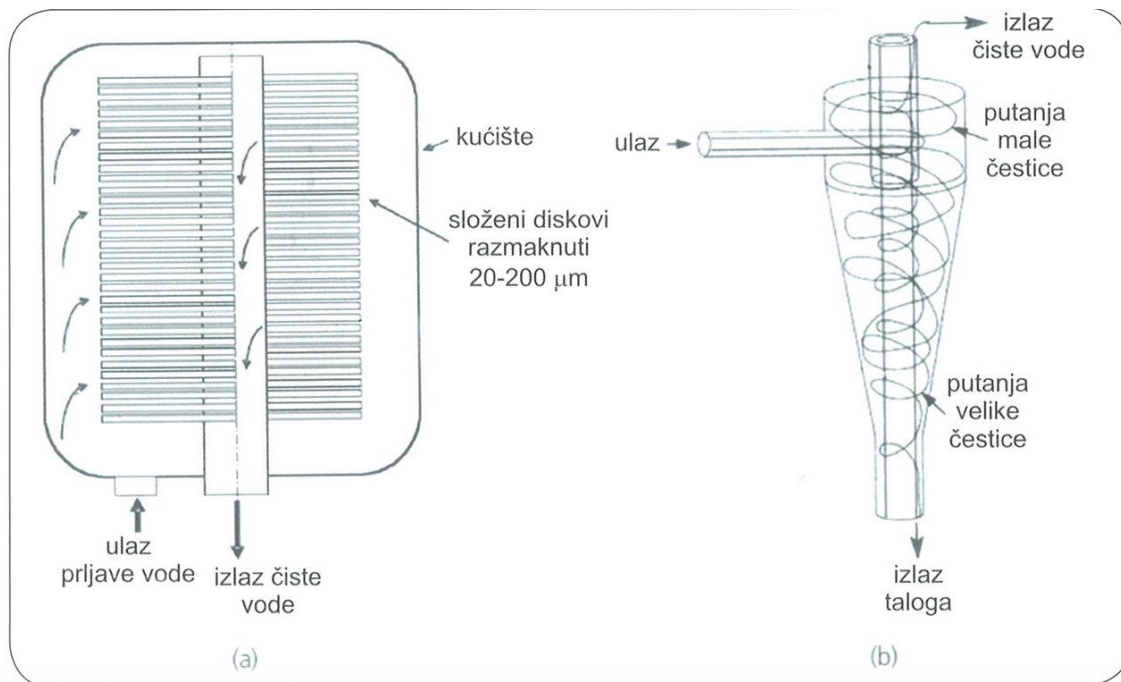
Separacija čvrsto-tekuće je jednostavno separacija suspendirane čvrste materije, uključujući i suspendirane veće mikro organizme od balastnih voda, bilo pomoću sedimentacije ili pomoću površinske filtracije .

Dezinfekcija odstranjuje ili deaktivira mikroorganizme pomoću jedne ili više slijedećih metoda: kemijska deaktivacija mikroorganizama, fizičko-kemijska deaktivacija pomoću zračenja UV svjetlošću koja oštećuje DNA molekule mikroorganizama i sprječava njihovo razmnožavanje. Ultrazvučni tretman i kavitacija su također fizičko-kemijska metoda dezinfekcije kao i detoksigenacija bilo zamjenom otopljenog kisika injekcija inertnog plina ili vakumom i na taj način izazvanog gušenja mikroorganizama<sup>[1]</sup>

## **2.1 Procesi separacije**

Kao što je već spomenuto svi uređaji koji koriste kemijske ili fizičko-kemijske procese za dezinfekciju obično imaju ulaznu jedinicu koja vrši fizičku čvrsto-tekuće separacije ili pomoću filtracije ili pomoću tehnologije hidrociklona. Procesi filtracije koji se koriste u sistemima za tretman balastnih voda se općenito baziraju na automatskom talasanju pomoću diskova ili fiksnih pregrada. Održavanje toka kroz filter zahtjeva njegovo redovito čišćenje, a ravnoteža između toka , radnog tlaka i učestalosti čišćenja određuje efikasnost procesa filtracije.<sup>[1]</sup>

Hidrociklonska tehnologija se koristi kao alternativa filtraciji tako što se na taj način povećava sedimentacija injektiranjem vode da u velikoj brzini udara u površinu koja rotira što stvara centrifugalnu silu a to povećava brzinu čestica prema vodi. Efikasnost separacije ovisi o razlici gustoće čestica i vode koja ih okružuje, veličini čestica, brzini rotacije i vremenu boravka.<sup>[1]</sup>



Slika 5. (a) Filtracija, i (b) Proces hidrociklone

## 2.2 Dezinfekcija

### *Kemijska dezinfekcija*

Postoji niz kemikalija i kemijskih procesa koje se mogu koristiti u uređajima za tretman balastnih voda a to su<sup>[1]</sup>

- Klorinacija
- Elektroklorinacija
- Ozonacija
- Klor dioksidacija
- Perocetena kiselina
- Vodikov peroksid
- Mendion/ Vitamin K

Efikasnost tih procesa ovisi o parametrima kvalitete balastne vode kao što su pH i temperatura, a najviše o tipu organizma prisutnih u balastnim vodama. Klor koji je relativno jeftin je neučinkovit za uništenje cista ukoliko se ne koristi koncentracija od

najmanje 2mg/l. Klor također stvara neželjene nusproizvode kao što su klorirani ugljikovodici i trihalometani.

Perocetna kiselina i vodikov peroksid su beskonačno topivi u vodi, proizvode malo štetnih nusproizvoda i relativno su stabilni u spoju Peraclean. Međutim taj je reagens relativno skup, treba ga dozirati u velikim koncentracijama i zahtjeva puno skladišnog prostora.

Naknadna obrada odstranjivanjem ostataka kemijskog dezinficirajućeg sredstva, naročito klora, prije ispuštanja tretiranih voda je katkad nužna. Za to se koriste kemijska reducirajuća sredstva, naročito kad su korištene velike koncentracije dezinficirajućeg sredstva; kod vode za piće taj se pristup koristi rutinski. Za tretman balastnih voda koriste se doze od 2,g/l klora, a dezinfekcija se postiže ostatkom klora u balastnim tankovima<sup>[1]</sup>

#### *Fizička dezinfekcija*

Kod fizičkih opcija dezinfekcije najraširenije je korištenje ultraljubičastog (UV) svijetla i to naročito u gradskim i industrijskim uređajima za obradu vode. Proces koristi lampe amalgama okružene kvarcnim kućištem koji može davati UV svijetlo različite valne dužine i intenziteta u funkciji primjene.

Nažalost nijedna tehnika upravljanja balastnim vodama nije u mogućnosti da sama odstrani sve organizme ili sve vrste organizama iz balastnih voda. Pokazalo se da je kombinacija više tehnika uspješnije od korištenja samo jedne tehnike; nažalost do sada nije provedeno dovoljno istraživanja da bi se došlo do važećih zaključaka.

#### Kriteriji za izbor metoda tretmana<sup>[1]</sup>

- Sigurnost putnika i posade
- Efikasnost u odstranjivanju ciljanih organizama
- Lakoća upravljanja uređajem za tretman
- Količina smetnje s normalnim operacijama broda i vremenom putovanja
- Strukturni integritet broda
- Veličina i cijena uređaja za tretman balastnih voda
- Veličina postojeće opasnosti za okoliš



- Lakoća kojom lučne vlasti mogu procijeniti suglasnost s propisima.

Kod evaluacije različitih metoda tretmana balastnih voda mora se razmotriti niz općenitih parametara kao što su cijena, efikasnost metode i rizika koji tretman može predstavljati za ljudsko zdravlje i okoliš. Mnoge metode tretmana balastne vode zahtijevaju dodatno opremanje broda novom opremom ili kod novih brodova takva oprema mora se uključiti u nacrt broda, a obje te stvari mogu biti jako skupe.

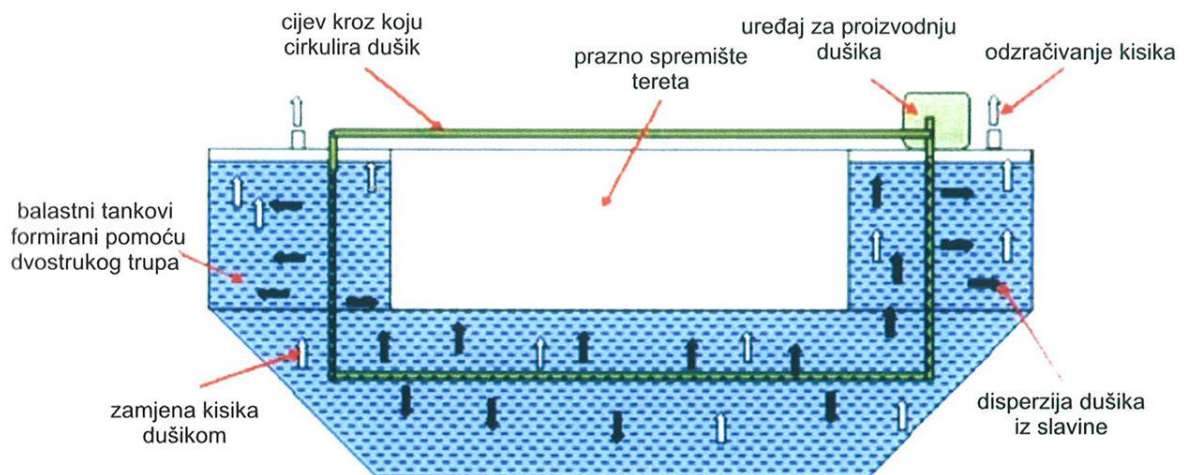
### **2.3 Upotreba kemikalija**

Mnoge opcije kemijskog tretmana balastnih voda su razmatrane kao moguće rješenje probleme prijenosa štetnih vrsta u novu sredinu. Da bi predložena metoda kemijskog tretmana bila efikasna ona mora: 1) deaktivirati sve organizme u balastnim vodama uključivši i one koji su u mirujućim fazama svojeg razvoja; 2) ne proizvesti toksične nusprodukte; 3) ne smije biti opasna za posadu broda niti korozivna za strukturu broda; 4) ne smije biti skupa; 5) raspadati se relativno brzo i time dozvoliti siguran ispust ostataka u vodeni akvatorij.

Klor: U zadnjih nekoliko godina klor se koristio kao dezinfekcijsko sredstvo u svim tehnologijama za tretman vode uglavnom zbog niske cijene. Klor se može dodati vodi u različitim spojevima uključujući tekući plin klora, natrijev hipoklorit, kalcijev hipoklorit ili se može proizvesti iz morske vode pomoću elektrolize<sup>[1]</sup>

Osjetljivost bakterija na djelovanje klora jako je varijabilno. Samožive gram-pozitivne i gram-negativne bakterije su jako osjetljive dok bakterije željne kiseline, bakterije pridružene rakovima i spore bakterije zahtijevaju veće doze.

De-oksigenacija se često predstavlja kao jeftina metoda za sprječavanje unošenja vodenih organizama a u ujedno reducira pojave korozije na brodu. De-oksigenacija se može postići pomoću dodataka nutrijenata, glukoze ili aditiva kao što su sulfidi, upotrebom vakumske komore ili se pak kisik može izvlačiti iz balastnih tankova kontinuiranim unosom plina iz generatora na brodu<sup>[3]</sup>



Slika 6. De-oksigenacija balastnih voda. Presjek kroz trup broda

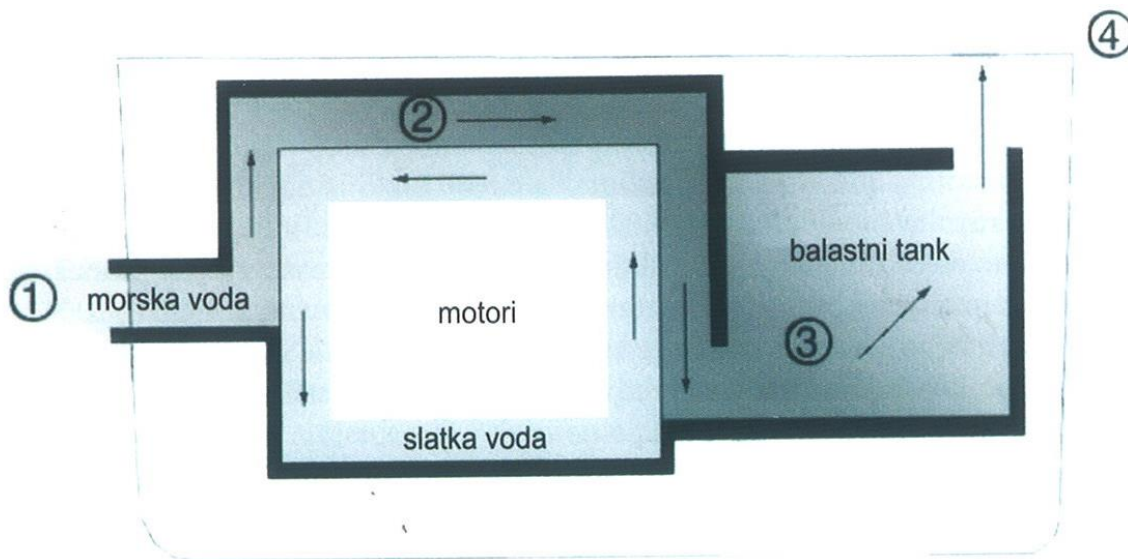
## 2.4 Tretman topline

Zagrijavanje balastne vode na temperature između 35°C (95°F) i 45°C (113°F) i zadržavanje te temperature neko vrijeme je efikasan način ubijanja većih organizama kao što su ribe ali nije efikasno za eliminaciju mikroorganizama. Balastne vode se griju koristeći sistem za rashlađivanje motora, ili tako da se balastne vode koriste za hlađenje motora ili tako da se rashladne vode motora koriste za zagrijavanje balastnih voda. To je vrlo efikasan sistem jer brod proizvodi toplu vodu koja bi se bacala u more neiskorištena ako se ne bi koristila za tretman balastnih voda. Prednost još ove metode je da nema kemijskih nusprodukata. Glavni nedostatak metode je potreba za instalacijom cjevovoda za vođenje balastne vode u kontakt s topline<sup>[1]</sup>

Tretman je ograničen količinom topline koju proizvode motori broda pa se količina balastne vode mora normirati na količinu proizvedene topline. U nekim slučajevima moraju se odstraniti mrtvi organizmi prije ispuštanja tople balastne vode u more. Niz faktora treba razmotriti prije nego što se taj pristup upotrijebi na nekom brodu za neko određeno putovanje. <sup>[1]</sup>

Putovanje mora biti dovoljno dugo da voda za hlađenje motora ima potrebnu vrijednost temperature za potrebno vremensko razdoblje. Jedan od predloženih metoda

koristi otpadnu toplinu iz rashladnog sistema brodskih motora i ispuha za tretman balastnih voda [5, 6]



Slika 7. Tretman toplinom

## 2.5 Filtracija

Balastna voda se može filtrirati prije nego što se spremi u balastne tankove ili kod ispuštanja u more. Prednost filtracije pri punjenju balastnih tankova je da se zadržani organizmi mogu vratiti natrag u njihovo prirodno stanište. Ako se balastna voda filtrira pri ispuštanju treba imati prikladno skladište za uhvaćene organizme da se eliminiira mogućnost zagađenja vode u koju se balast ispušta. Jedan veliki nedostatak filtracije je da proces zahtjeva specijalne uređaje koji mogu biti skupi za nabavu i instalaciju. Cijene raste ako se manje čestice ili organizmi žele odstraniti iz vode. Budući da korišteni filtri ne mogu odstraniti mikroorganizme potrebno je koristiti dodatnu metodu za njihovu eliminaciju. Razvijene su i metode sprečavanja začepjenja pora filtra zaustavljenim organizmima što čini filtriranje korisnijom metodom<sup>[1]</sup>

Filtracija je jako korisna metoda za odstranjivanje čestica i organizama i predlaže se njeno korištenje zajedno s još nekom metodom. Potencijalni filtri moraju moći propuštati velike tokove, vodu koja sadrži sedimente i ostali materijal. Filtri s

porama veličine 50 µm su efikasni za odstranjivanje većine mikro-algi iz balastnih voda, dok je 20µm filtracije potrebna za odstranjivanje većine cista.<sup>[1]</sup>

Tretman upotrebe UV svjetla se koristi za dezinfekciju u bolnicama, skloništima, zatvorima i sličnim ustanovama za ubijanje mikroorganizama i sprječava širenje oboljenja. UV lampe su moguća zamjena za klor u tretmanu pitke vode za građanstvo. Metoda je efikasna za inaktivaciju mikroorganizama pa ju je dobro kombinirati s još nekom metodom da bi se odstranili svi organizmi iz balastnih voda. Jedan od nedostataka UV metode je njena neefikasnost za mutne vode koje sadrže suspendirani materijal. On se mora odstraniti prije tretmana, najbolje filtracijom.<sup>[1]</sup>

Kapacitet balasta	Godina konstrukcije broda*			
	Prije 2009	2009+	2009-2011	2012+
< 1500 m <sup>3</sup>	Izmjena balastne vode ili tretman do 2016 Samo tretman balastne vode iza 2016	Samo tretman balastne vode		
1500 – 5000 m <sup>3</sup>	Izmjena balastne vode ili tretman do 2016 Samo tretman balastne vode iza 2016	Samo tretman balastne vode		
> 5000 m <sup>3</sup>	Izmjena balastne vode ili tretman do 2016 Samo tretman balastne vode iza 2016		Izmjena balastne vode ili tretman do 2016 Samo tretman balastne vode iza 2016	Samo tretman balastne vode

Tablica 1. Vremenski raspored za instaliranje sistema za tretman balastne vode

Konstrukcija broda se odnosi na fazu konstrukcije:<sup>[1]</sup>

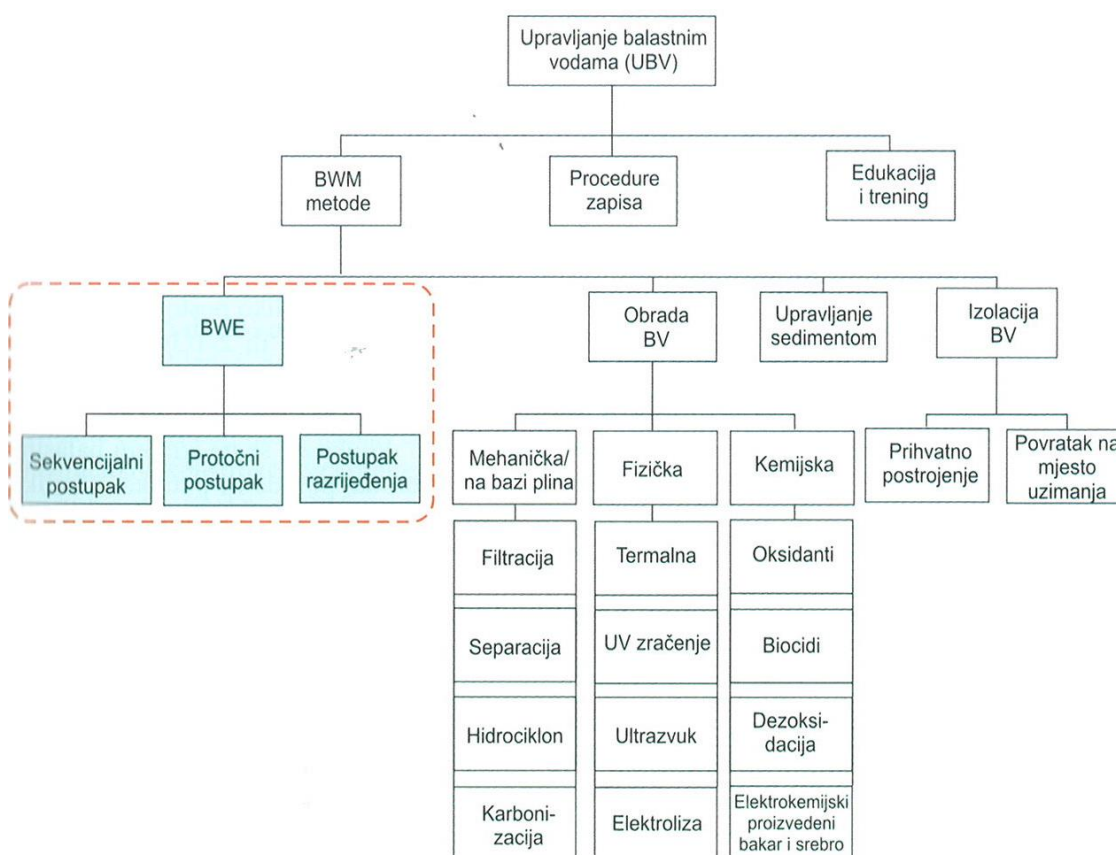
- Postavljena je kobilica ili započeta konstrukcija specifičnog broda
- Započeto je sastavljanje broda s najmanje 50 tona materijala ili 1% procijenjene mase svog strukturnog materijala, uzima se manja vrijednost: ili
- Brod je podvrgnut većoj rekonstrukciji.

Veća rekonstrukcija podrazumijeva slijedeće promjene na brodu.

- Promjena u kapacitetu tankova za balastnu vodu za 15% ili više ili promjenu tipa broda, ili
- Promjena koja, prema mišljenju Administracije, je predviđena da produži život broda za deset ili više godina; ili
- Modifikacija sistema za tretman balastnih voda različita od zamjene komponenti na postojećoj.

### 3. IZMJENA BALASTNE VODE ZA VRIJEME PUTOVANJA

Izmjena balastne vode na otvorenom moru ima niz zahtjeva vezano za rukovođenje brodom, stabilnost i upravljanje pogonom. Brodovlasnici koji su se opredijelili za ovu opciju moraju poštovati IMO propise koji zahtijevaju instalaciju certificirane opreme za izmjenu balastne vode, a ugradnja takvog sistema može uzrokovati strukturne i mehaničke poteškoće ukoliko sve opasnosti izmjene vode na otvorenom moru nisu uzete u obzir prilikom projektiranja, konstrukcije i same plovidbe.<sup>[1]</sup>



Slika 8. Prihvatljive metode upravljanja balastnim vodama

### **3.1 Zahtjev izmjene balastne vode (Ballast Water Exchange, BWE)**

#### *3.1.1 BWE Standardi*

Svi brodovlasnici i operateri koji su se odlučili da njihovi brodovi upotrebljavaju BWE kao metodu menadžmenta balastnih voda (ballast water management, BWM) moraju zadovoljiti sljedećim zahtjevima:<sup>[1]</sup>

- Brodovi koji vrše izmjenu balastne vode moraju postići 95% (po volumenu) izmjenu balastne vode
- Da bi dosegli izmjenu od 95% volumena, brodovi koji koriste metodu protoka ili razrjeđivanja, moraju propumpati trostruki volumen svakog balastnog tanka.
- Ukoliko brod koji koristi metodu protoka ili razrjeđivanja može postići 95% izmjene u manje pumpanja od trostrukog volumena, potrebno je posjedovati dokumentaciju koja potvrđuje takvu karakteristiku sistema i to mora biti aneks BWM plana.

#### *3.1.2 Gdje se vrši izmjena balastne vode*

Izmjena balastne vode u područjima dubokog oceana ili otvorenog mora daje mogućnost smanjenja vjerojatnosti prijenosa priobalnih vodenih vrsta u balastnim vodama. Brod koji vrši izmjenu balastne vode na način da zadovoljava BWE standarde mora:

- Izvršiti izmjenu balastne vode na lokaciji najmanje 200 nautičkih milja od najbližeg kopna i u vodi koja je najmanje 200 metara duboka
- Ako brod ne može izvršiti izmjenu balastne vode u skladu sa navedenim, izmjena mora biti napravljena što je moguće dalje od najbližeg kopna, ali na udaljenosti najmanje 50 nautičkih milja od najbližeg kopna i vodi dubokoj najmanje 200 metara. Lokacija, volumen i dubina vode gdje je balastna voda izmijenjena mora biti uvedena u Knjigu podataka o balastnim vodama.<sup>[1]</sup>

Kapacitet balasta (m <sup>3</sup> )	Datum gradnje broda	Prva među-registracija i ponovni pregled nakon godišnjice isporuke broda u odgovarajućoj godini								
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<1500	<2009	D1 ili D2								D2
	2009	D1; D2 za neke iznimke								
	>2009	D2								
≥1500 ili ≤5000	<2009	D1 ili D2						D2		
	2009	D1; D2 za neke iznimke								
	>2009	D2								
>5000	<2012	D1 ili D2								D2
	≥2012	N/A			D2					

Tablica 2. Raspored implementacije sistema za tretman balastne vode

### 3.2 Metoda izmjene balastne vode

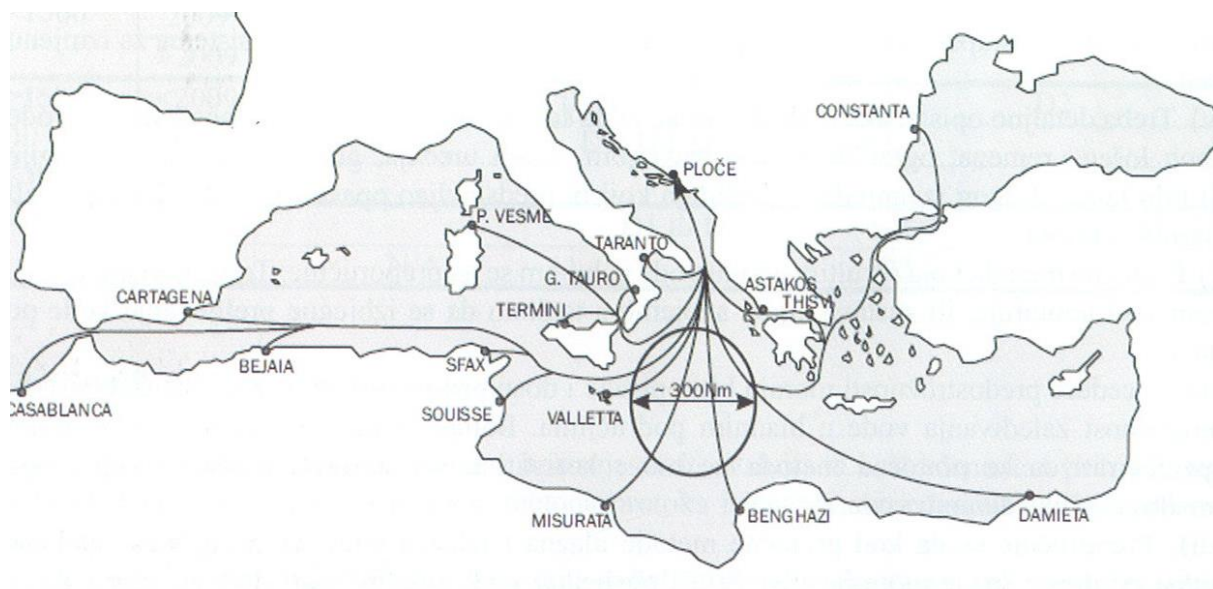
Do danas su tri metode izmjene balastne vode evaluirane i određene kao prihvatljive za IMO. To su sekvencijalna metoda, metoda protoka i metoda razrjeđivanja.

- Sekvencijalna metoda je metoda gdje se tank za balastnu vodu najprije isprazni a zatim napuni zamjenskom balastnom vodom tako da se postigne najmanje 95% zamjene po volumenu.
- Protočna metoda je proces kojim se zamjenska balastna voda pumpa u tank za balastnu vodu dozvoljavajući vodi da se preljeva ili pretače na neki drugi način. Najmanja količina vode koja se mora propumpati kroz tank iznosi tri volumena tanka.
- Metoda razrjeđivanja je proces u kojem se zamjenska voda puni kroz otvor na vrhu tanka uz istovremeno ispuštanje vode na dnu tanka istom brzinom a da se pritom zadrži nivo vode u tanku za vrijeme izmjene vode. Količina vode koja odgovara najmanjem trostrukom volumenu tanka treba biti propumpana kroz tank.

Svaka od navedenih metoda ima svoje specifičnosti koje se moraju razmotriti prilikom izbora korištenja na specifičnom brodu. Prikladnost broda za neku od metoda ovisi o njegovoj konstrukciji kao i o godini proizvodnje. Protočna metoda uključuje



pumpanje vode na dno tanka punog vode čime se u tanku prisutna voda tjera da se preljeva i napušta tank. Da bi se eliminiralo 95% organizama mora se propumpati vode u količini od tri volumena balastnih tankova. Protočna metoda ne utječe na stabilnost broda, stres trupa i visinu broda. Kod ove metode se također mora napraviti izvještaj o učinjenom i staviti ga u brodsku dokumentaciju.<sup>[1]</sup>



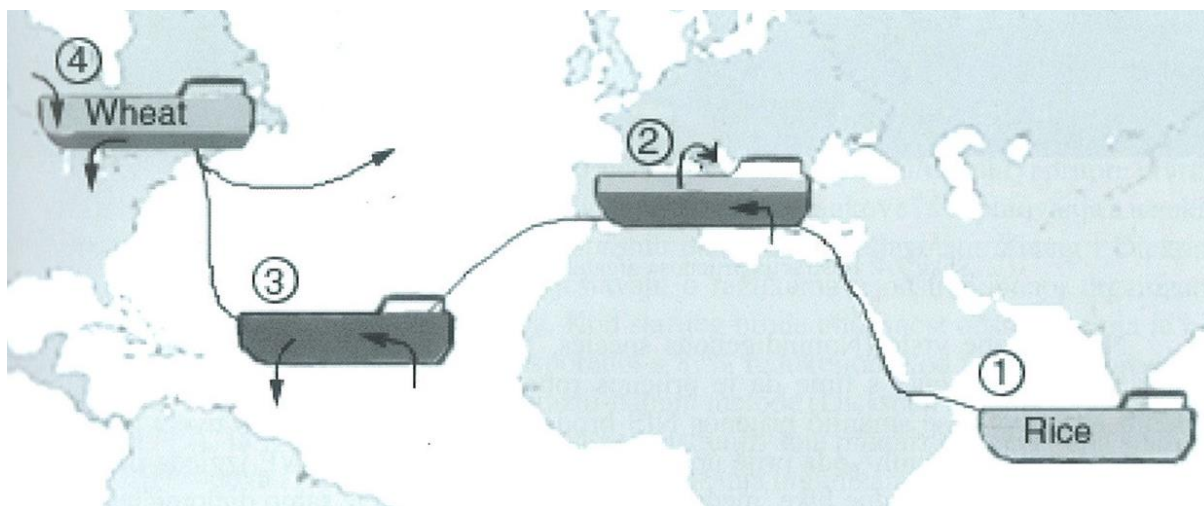
Slika 9. Zona izmjene balastne vode za brodove u Sredozemnom moru

Dužina rute kroz zonu izmjene (Nm)	Brzina broda (čvor)	Trajanje izmjene (h)	Izmjena izvršena nakon Nm	Potpuna izmjena u zoni izmjene
150	11	16	176	NE
180	12	16	192	NE
280	13	20	260	DA
200	14	18	252	NE
260	14	18	252	DA
260	15	20	300	NE
280	16	20	320	NE

Tablica 3. Scenarij za izmjenu balastne vode

Tablica 3. pokazuje simulacije mogućih dužina putovanja kroz predloženu zonu izmjene balastne vode, brzinu broda, moguće trajanje procesa izmjene vode i potreban broj Nm za potpunu izmjenu. U većini slučajeva nije moguće izvršiti potpunu izmjenu vode za vrijeme putovanja kroz predloženu zonu. Iz slike 9. vidljivo je da su neke putanje brodova značajno kraće od primjera danih u tablici 3. a neka čak ni ne prolaze kroz tu zonu. Rezultati prikazani na tablici su samo za proceduru isprazni/napuni. Za proceduru kontinuirane izmjene ti bi rezultati bili još nepovoljniji jer proces traje duže.<sup>[7]</sup>

Izmjena balastne vode na otvorenom moru vrši se s namjerom da bi si minimalizirao utjecaj ispuštanja balastnih voda u lukama. Ta je metoda efikasna jer organizmi priobalnog mora vrlo vjerojatno neće preživjeti u vodi otvorenog mora a važi i obrnuto. Postoje ipak nedostaci te metode a to su: (1) teško je odstraniti sediment i ostatke vode s dna balastnog tanka, (2) organizme koji se priljube uz stranice balastnog tanka ili druge strukturne elemente nije lagano u potpunosti odstraniti i (3) za vrijeme nevremena i jako valovitog mora nesigurno je izmjenjivati balastnu vodu.<sup>[1]</sup>



Slika 10. Procedura izmjene balastne vode

Slika 10. prikazuje kako treba koristiti proceduru izmjene balastne vode. Brod na slici 10. napušta luku u Indijskom oceanu s teretom riže, putuje kroz Sueski kanal, izvrši iskrcaj tereta u jednoj od mediteranskih luka i napuni tankove balastnim vodama prije prelaska Atlantika. Zatim se u Atlantiku izvrši zamjena balastne vode prije ulaska broda

u Velika jezera gdje će brod u jednoj od luka uzeti teret pšenice za transport u određenu luku.<sup>[1]</sup>

Efikasnost izmjene balastne vode se može poboljšati promjenama konstrukcije balastnih tankova i sistema za pumpanje. Sada većina balastnih tankova ima samo jednu cijev za tok vode u oba smjera, kod upumpavanja i kod ispumpavanja. Sa dodatkom još jedne cijevi, tako da voda ulazi na jednu cijev, a izlazi na drugu cijev, postiglo bi se kontinuirano ispiranje balastnog tanka. To bi bio sigurniji način izmjene balastne vode jer bi tank bio pun čitavo vrijeme.<sup>[1]</sup>

Drugi način poboljšanja ispiranja tanka bio bi odstranjivanje taloga sedimenta i ostatka vode s dna balastnog tanka. Mogle bi se instalirati relativno jeftine pumpe na dno balastnog tanka za odstranjivanje tog materijala, a time bi se smanjio rizik unošenja stranih vrsta. Balastni tankovi bi mogli biti rekonstruirani s nagnutim dnom ili sličnom strukturom koja bi vodila ostatke sedimenata i vode u pumpu. Sadašnja konstrukcija je karakterizirana često strukturnim držačima i kutovima u konstrukciji koji često zadržavaju sedimente i organizme.<sup>[1]</sup>



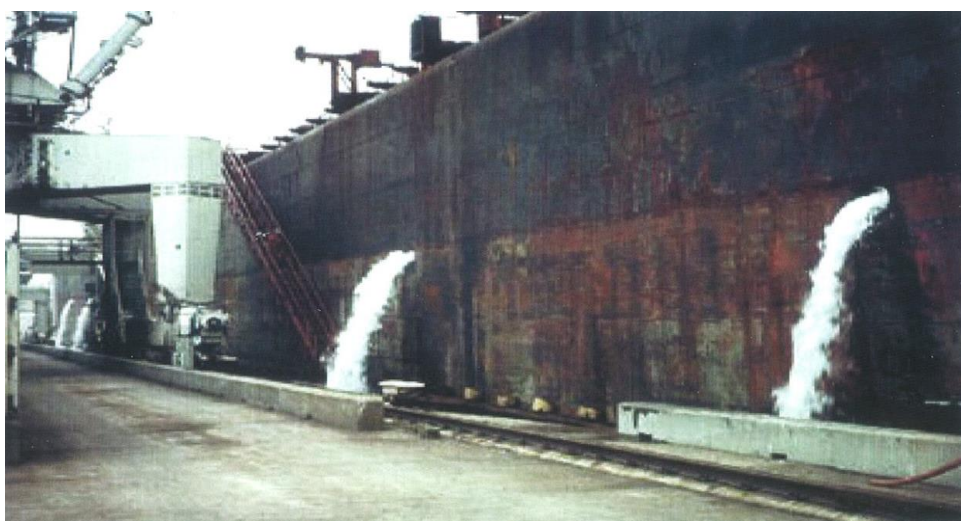
Slika 11. Ilustracija prijenosa organizama pomoću balastnih voda

## 4. ISPUŠTANJE BALASTNIH VODA U LUKAMA

Budući da brodovi trebaju balastnu vodu zbog svoje sigurnosti i stabilnosti operacije ukrcavanja i iskrcavanja tereta u luci automatski dovode do uzimanja ili ispuštanja balastnih voda. Tako na primjer u luci *Antwerp*, koja godišnje ima oko 15.000 odlazaka brodova koji prenose više od 187 milijuna tona tereta, ispuste u luci nekoliko milijuna tona ne tretirane balastne vode.<sup>[8]</sup>

IMO Konvencija o upravljanju balastnim vodam (Ballast Water Management Convention, BWMC) iz 2004. godine predstavlja međunarodni pravni okvir kao i tehničke mjere i direktive za sprječavanje transfera vodenih organizama kroz kontrolu i sistem upravljanja brodskim balastnim vodam. BWMC također zahtjeva adekvatna postrojenja za prihvatanje sedimenata u lukama gdje se odvija čišćenje i popravak balastnih tankova.

Iako se luke pripremaju za stupanje na snagu BWMC mnoge lučke uprave imaju problem s nedostatkom uputstava kako i što raditi u vezi tog problema. Jedno od glavnih pitanja je što raditi s brodom koji nema adekvatnu opremu za balastne vode? Da li dozvoliti ispuštanje balastne vode kada nema rezultata analize vode? Kako ispustiti balast iz broda koji je već u luci? Budući da većina luka nema dovoljno kapaciteta za spremanje ne tretirane balastne vode jedno od rješenja može biti mobilni sistem za tretman, a tu nastaje pitanje tko će to platiti? Itd...<sup>[1]</sup>



Slika 12. Primjer broda koji ispušta balastne vode u luci

Iduća stvar je utvrđivanje da li je brod izuzet od BWMC. Izuzeće brod može dobiti za putovanje između specificiranih luka ili lokacija na osnovu uputstava IMO.

Nakon toga inspektor će provjeriti potrebnu dokumentaciju. Svi brodovi moraju imati:

- Certifikat upravljanja balastnim vodama
- Plan upravljanja balastnim vodama
- Zapisnik rada

Idući korak može bit inspekcija sistema za tretman balastnih voda. Sistem koji radi dobro tretira balastnu vodu tako da su u njoj uginule skoro sve vrste.

Sistemi za upravljanje balastnim vodama moraju biti certificirani od države čiju zastavu ima brod. U Nizozemskoj organizacija koja odobrava te sisteme je ILT. Tako je do travnja 2012 ta organizacija za brodove koji plove pod nizozemskom zastavom odobrila sljedeće sisteme:<sup>[1]</sup>

- Hyde Guardin QUA-VAC, type UV
- GloEn- Patrol, Hatlenboer water, type UV
- N.E.I. treatment systems for ventury oxygen stripping
- AlphaLaval PureABallast 2.0

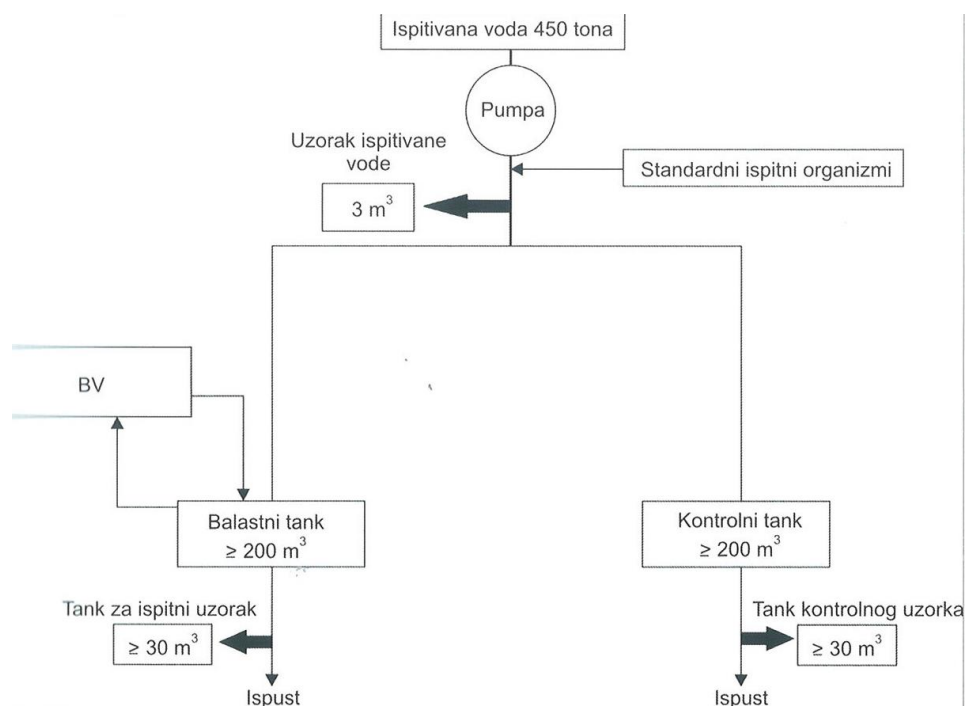
Odobrenja su ograničenog trajanja, obično na manje od deset godina.<sup>[1]</sup>

Svi navedeni sistemi imaju instrumentalni zapis svih relevantnih podataka. To se mora slagati sa podacima zapisanim u brodskoj knjizi - zapisniku rada sistema. Instrumentalni zapis također pokazuje da li je sistem radio čitavo vrijeme ispravno. Inspektor može tražiti od posade da demonstrira rad sistema i provjeriti da li je posada upoznata s radom sistema.

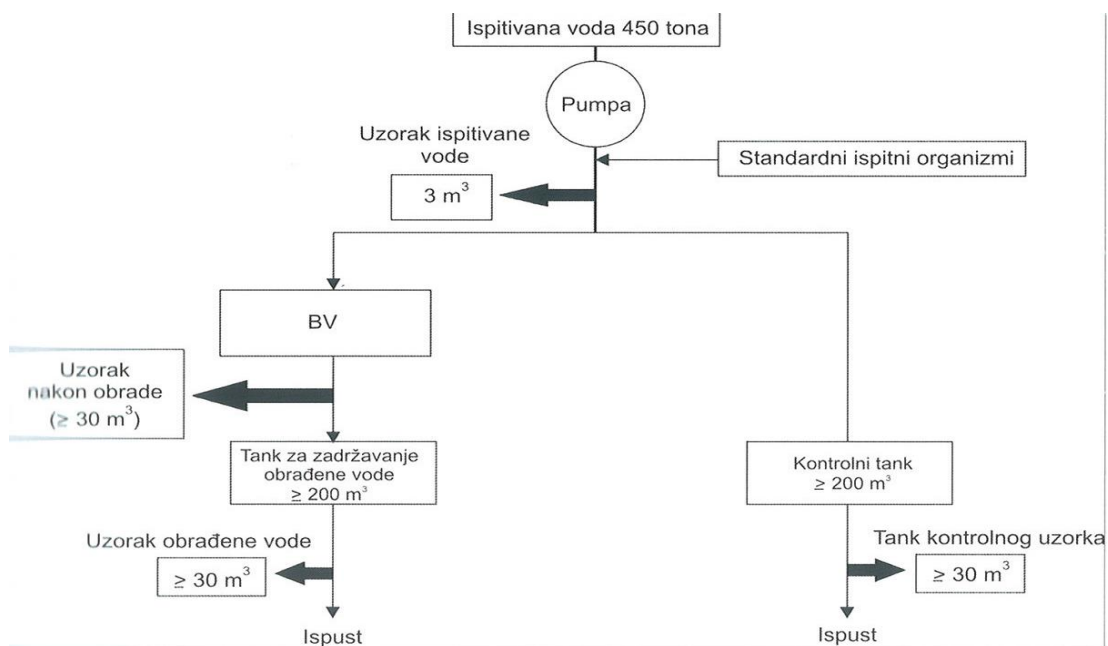
Budući da postoji velika varijabilnost u vrsti brodova i balastnih tankova a time i potencijalnih konfiguracija sistema za tretman voda, ovaj protokol se ograničava na korištenje obalnih postrojenja da bi se osigurali kontrolirani uvjeti za testiranje rada sistema. Vjeruje se da će sistemi za tretman balastnih voda koji dobro rade u kontroliranim uvjetima kopnenog postrojenja dobro raditi i kada se instaliraju na brod.



Zbog velike različitosti u konstrukciji brodova i sistema za obradu balastne vode nužno je testiranje i na samom brodu.



Slika 13. Protokol uzorkovanja za tretman u tanku



Slika 14. Protokol uzorkovanja za in-line tretman

Postoje dva principa rada sistema za pročišćavanje otpadnih voda: u balastnim tankovima ili protočni. Protokoli ispitivanja moraju biti različiti što je prikazano na slikama 12. i 13. U oba slučaja sistem mora biti verificiran razmatranjem sljedećih faktora:<sup>[1]</sup>

- Efikasnost biološkog tretmana
- Rad i održavanje
- Pouzdanost rada
- Cijena
- Prihvatljivost za okoliš
- Sigurnost

U svakom slučaju sistem treba ispitati za različite vrste voda kao i odstranjivanje različitih bioloških vrsta.

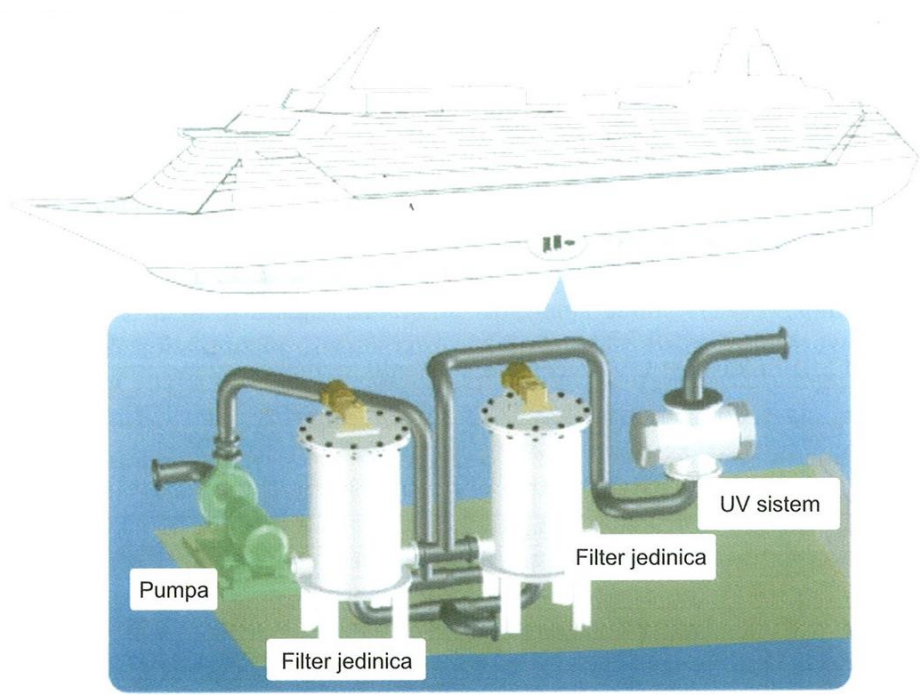
S druge strane tehnologije koje su razvijene za tretman balastnih voda moraju proći specifični IMO proces odobrenja i testiranja koji osigurava da tehnologija zadovoljava relativne IMO standarde, da se utvrdi da su uređaji čvrsti, imaju minimalno štetno djelovanje na okoliš i da su prikladne za ugradnju na brod. Tvrtka proizvođača opreme mora dobiti dozvolu za proces od administracije zemlje pod čijom se zastavom nalazi.

Vrsta sistema	Potvrda o utjecaju ispuštene vode na okoliš GESAMP BWWG	Odobrenje državne institucije (Flag state)		Potvrda o utjecaju ispuštene vode na okoliš GESAMP BWWG	Certifikat o odobrenju (Flag state)
Sistem koji koristi aktivne tvari <sup>a</sup>	Početno odobrenje	Testiranje u laboratoriju na kopnu	Testiranje na brodu	Konačno odobrenje	Certifikat o odobrenju
Sistem koji ne koristi aktivne tvari <sup>b</sup>		Testiranje u laboratoriju na kopnu	Testiranje na brodu		Certifikat o odobrenju

Tablica 4. Faze postupka dobivanja odobrenja za uređaj koji tretira balastne vode

## 5. KORIŠTENEJ ULTRALJUBIČASTE SVIJETLOSTI

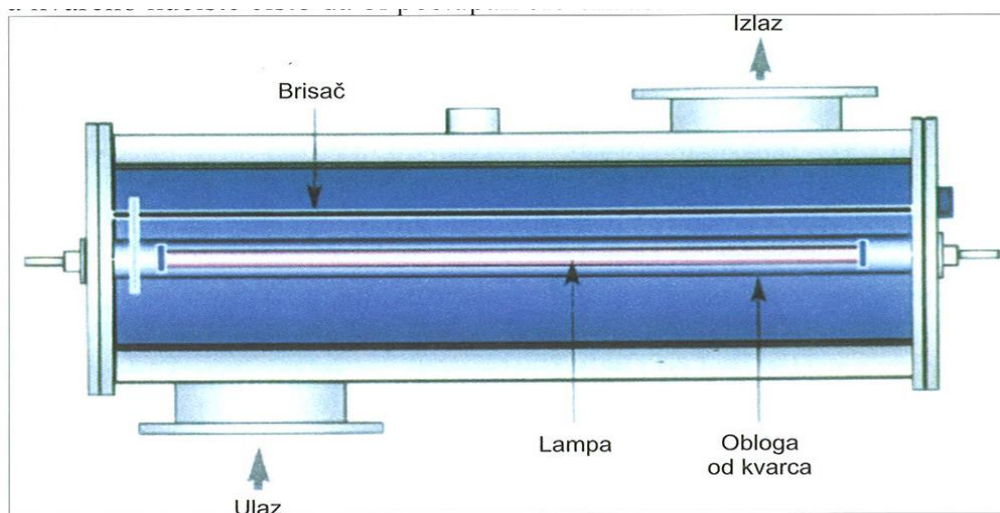
Od svih opcija fizičke dezinfekcije najpoznatija je opcija korištenja ultraljubičastog svjetla (UV) za ozračivanje naročito kod tretmana gradske kanalizacije i industrijskih voda.



Slika 15. Konfiguracija „Ecomarine“ sistema s jednom UV jedinicom i dvije filter jedinice

U procesu se koristi amalgamska lampa okružena kvarcom koji može dati UV svjetlost različite valne dužine i intenziteta u zavisnosti od aplikacije. Dobro je poznato da je UV zračenje jako efikasno za široko područje mikroorganizama uključivši viruse i ciste, ali je zato potrebno osigurati dobru transmisiju UV svjetlosti kroz vodu i zato voda mora biti prozirna, a kvarcno kućište čisto da bi postupak bio efikasan.





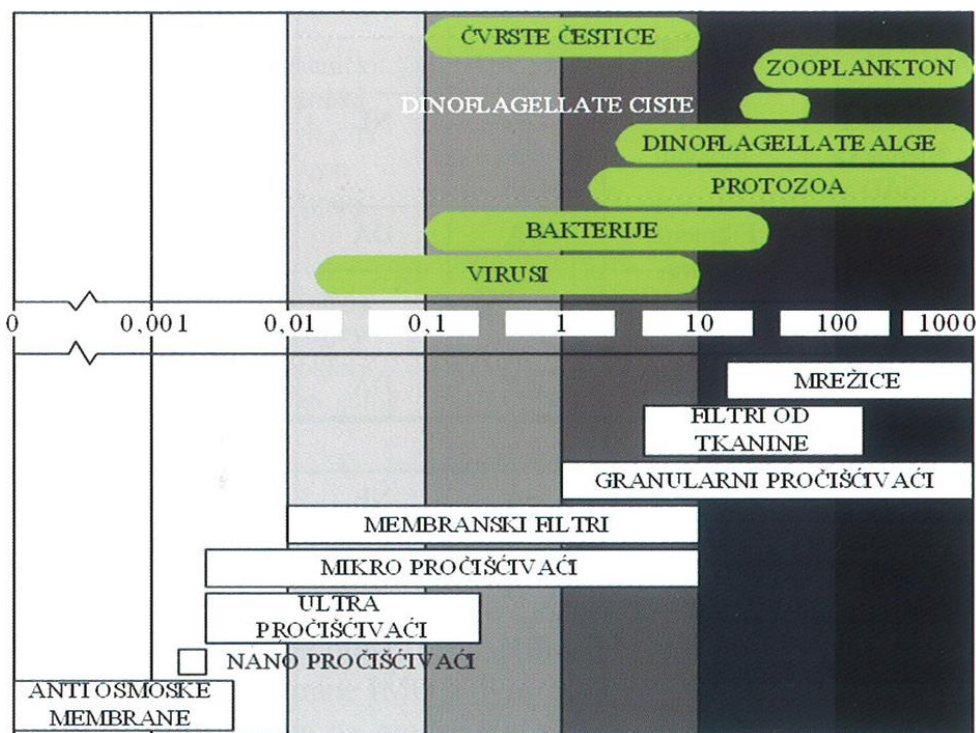
Slika 16. UV cijev i sistem za obradu balastne vode

Odstranjivanje zamućenosti vode je najbitnije za efikasno funkcioniranje sistema. Efekt UV zračenja se može pojačati kombinacijom s nekim drugim reagensom kao što je na primjer ozon, vodikov peroksid ili titan dioksid što rezultira većoj oksidacijskoj moći nego li je to moguće postići korištenjem samo jedne od komponenti.

Do sad razvijeni sistemi s UV zračenjem ne mogu eliminirati sve organizme iz balastnih voda i to zato što ne mogu isporučiti stabilnu letalnu dozu balastnim vodama različite kvalitete. Prisustvo sedimenata drastično reducira efikasnost UV zračenja jer zrnca sedimenata štite male organizme kao što su bakterije od izloženosti zračenju.

## 6. MULTI-KOMPONENTNI SISTEMI ZA TRETMAN BALASTNIH VODA

Metode izmjene vodenog balasta na otvorenom moru su zasada prevladavajući postupak prihvaćen od strane brodarka. Međutim takvim metodama se ne može postići potpuna efikasnost odstranjivanja autohtonih organizama. Pored toga u određenim zonama plovidbe pogotovo u zatvorenim morima ne mogu se ispuniti niti kriteriji koje propisuje međunarodna regulativa, odnosno udaljenost provedbe izmjene više od 200 Nm od obale i kriterij dubine mora veće od 200 m. Izrazito velik broj raznih istraživanja metoda obrade navodi na stav kako još nema znanstveno utemeljenog stava o konačnom odabiru metode koje bi naišle na širu primjenu na brodovima. Metode obrade kao što su hidrociklonska separacija u prvom stupnju i UV zračenje u drugom stupnju imaju značajne izgleda za primjenu na brodovima. Prednosti takve kombinirane metode su u samoj primjeni obrade koja se može obavljati tijekom svih faza postupanja s vodenim balastom, odnosno ukrcaja balasta, putovanja s balastom i iskrcaja balasta. U zatvorenim morima i na kraćim putovanjima operativne prednosti hidrociklona i UV zračenja mogu biti odlučujuće za njihovu primjenu.<sup>[7]</sup>



Slika 17. Veličina morskih organizama i propusnost pojedinih vrsta pročišćivača

## 6.1 Mehanička obrada i dezinfekcija ozonom

Mitsui Engineering and Shipbuilding Co., Ltd zajedno s Japanese Association of Marine Safety (JAMS) razvili su takozvani „Special Pipe“ sistem za upravljanje balastnim vodama (u kombinaciji s ozonskim tretmanom). Sistem se sastoji od četiri procesa: jedinica za prethodnu obradu, jedinica za dezinfekciju, jedinica za plin/tekuće separaciju i jedinicu za izbacivanje tretirane vode. Jedinica za dezinfekciju uništava organizme stresom i kavitacijom proizvedenom pomoću specijalne konstrukcije ploča uređaja a tretman ozonom povećava djelovanje na organizme. Jedinica za prethodnu obradu sprječava blokadu jedinice za dezinfekciju, a jedinica za separaciju plin/tekuće sprječava plinoviti ozon da uđe u balastne tankove dok jedinica za pražnjenje balastnih tankova rastavlja ostatke oksidanta u balastnim vodama da se osigura da ne dođe do ispuštanja kemikalija za vrijeme proces ispuštanja balasta.

Ispitivanja prototipa u obalnom postrojenju korištenjem protoka od 20 m<sup>3</sup>/h pokazala su da jedan prolaz kroz cijev rezultira u unutrašnju 54,8% svih fitoplanktona i 65,1% zooplanktona a smrtnost se povećala na 99 i 89% injektiranjem 1mg/l ozona u morsku vodu. Daljnja ispitivanja na većem modelu našla su da je sistem u mogućnosti eliminirati 69,6% fitoplanktona i 94,3% zooplanktona nakon samo jednog prolaza kroz sistem bez dodataka ozona kada sistem radi s protokom od 115m<sup>3</sup>/h a smrtnost se povećala na 80% za fitoplanktone i 100% za zooplanktone bilo je eliminirano kod protoka od 150 m<sup>3</sup>/h u jednom prolazu kroz sistem.<sup>[9]</sup> To pokazuje da efikasnost sistema „Special Pipe“ raste s povećanjem protoka.

## 6.2 Filtracija, kavitacija, elektrokemijska dezinfekcija i de-oksidacija

Oceansaver® je proizvod iz Norveške koji je višekomponentni sistem za tretman balastnih voda koji se sastoji od jedinice mehaničke filtracije, hidrodinamičke kavitacijske komore, jedinice za elektrokemijsku dezinfekciju i super-saturaciju i generator dušika. Jedinica za mehaničku filtraciju nje automatski samo čisteći 50 µm filtar koji radi za vrijeme uzimanja morske vode i vraća u vodi prisutne organizme i sediment natrag u more. Mjerenje efikasnosti pokazuje da filtar odstranjuje samo 50-70% materijala većeg od 50 µm.<sup>[10]</sup>

Jedinica za hidrodinamsku kavitaciju uključuje formiranje i imploziju kavitacijskih mjehura što generira silu i šok valove koji djeluju na čestice i organizme veće od 10  $\mu\text{m}$ . Pokusi na kopnu su pokazali da jedinica za kavitaciju omogućuje efikasniji rad drugih komponenti. Jedinica za elektrokemijsku dezinfekciju proizvodi aktivne tvari elektrokemijski iz morske vode, in-situ u posebnom do bez dodataka aktivnih tvari vodi. Tim se postupkom formira aktivna tvar hipoklorična kiselina s malom koncentracijom klora, ozona, vodikovog peroksida, klor dioksida i hipoklorita. Tretirana voda se onda ponovo vodi u balastne tankove. Ovaj sistem ne bi bio efikasan za korištenje u slatkoj vodi, međutim aktivna tvar se može tada proizvoditi korištenjem vanjskog izvora slane ili morske vode.

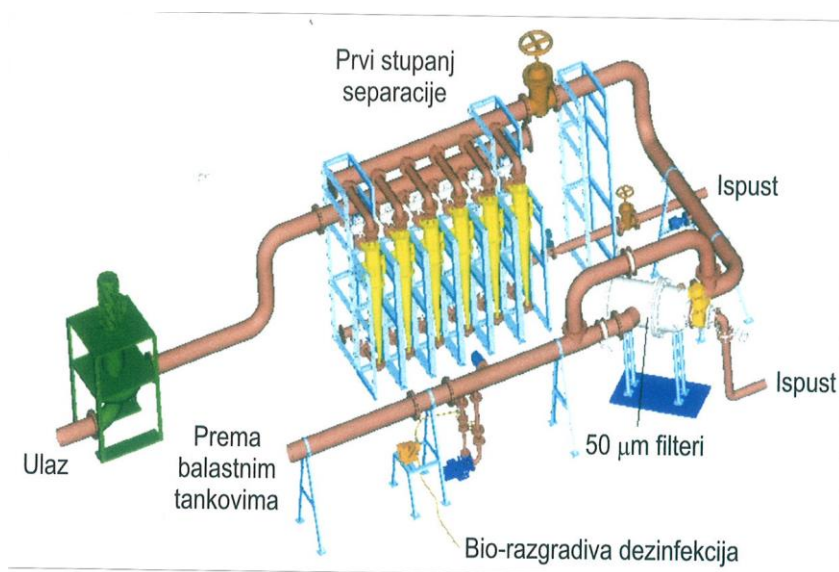
Jedinica za super-saturaciju dušikom ubacuje dušik u balastne vode i time smanjuje koncentraciju otopljenog kisika na nivo od 2-3 mg/l. To dovodi do hipoksičnih uvjeta u balastnoj vodi što sprječava ponovni rast organizama koji trebaju kisik za svoj opstanak. Tretiranja vode se zatim bazira za vrijeme ispusta da se izbjegne ispušt hipoksične vode. Sistem je u funkciji na nekoliko brodova uključivši MV Federal Welland i Hual Trooper do 2005 i dobio je osnovnu, konačnu i tipsku dozvolu od IMO. Proizvođač sugerira da je prednost ovog sistema da može biti korišten u nekoliko konfiguracija u ovisnosti o zahtjevom nivou tretmana. Na primjer, iza primarne faze filtracije može se koristiti bilo koja kombinacija tri sekundarne metode tretmana u ovisnosti o svojstvima balastne vode.

Nedostaci su u prvom redu vezani za mogućnost utjecaja na zdravlje članova posade zbog produkcije aktivnih tvari uključivši i plin klora te karcinogeni trihalometan (THM). Početak ispitivanja akutne toksičnosti napravljen odmah nakon elektrokemijskog tretmana pokazala su da uzorci uzeti odmah nakon tretmana i oni uzeti nakon 5 dana nakon tretmana pokazuju toksičnost vode. Iako nije bilo moguće detektirati oksidante nakon 24 sata, mjerenja stvaranja nusprodukata dezinfekcije i ostalih kemikalija pokazala su značajno povećanje koncentracije nekoliko THM spojeva direktno iza tretmana i nakon 5 dana.

### 6.3 Ciklonska separacija, filtracija i kemijski tretma

Tvrtka Hamann AG i Degussa AG iz Njemačke proizvele su uređaj SEDNA® (Safe, Effective Deactivation of Non-indigenous Aliens)- modularni sistem za tretman balastne vode koji se sastoji od dva dijela; fizičke separacije i sekundarnog tretmana biocidom koji je u funkciji smo za vrijeme uzimanja balastne vode. Fizička separacija se realizira korištenjem nekoliko hidrociklonskih uređaja i samo-čistećeg 50 µm filtera čija je funkcija reducirati količinu sedimenata u vodi kao i odstraniti organizme veće od 50 µm. Ti uređaji povećavaju stres na organizme u balastnoj vodi što rezultira u fizičkom oštećenju i povećanoj osjetljivosti na sekundarni kemijski tretman. Sekundarni tretman koristi oksidativni biocid Peraclean® Ocean da se postigne kompletna dezinfekcija malih organizama i bakterija. Proizvođač sugerira da je sistem SEDNA® superiorna drugim sistemima za obradu balastnih voda i ne ograničuju ga faktori kao što je količina sedimenata u vodi, salinitet i temperatura vode kao ni dužina putovanja. Sistem je potpuno automatski i posada može lagano naučiti kako ga koristiti i popravljati ukoliko se ukaže potreba.

Rezultati testa efikasnosti koji je napravio proizvođač pokazuje da je sistem sposoban odstraniti do 405 čestica > 10 µm i >95 % suspendirane krute tvari >30 µm. Test za biološku materiju je pokazao da je sistem bolji od zahtjeva D-2 standarda BWM konvencije <sup>[11]</sup>



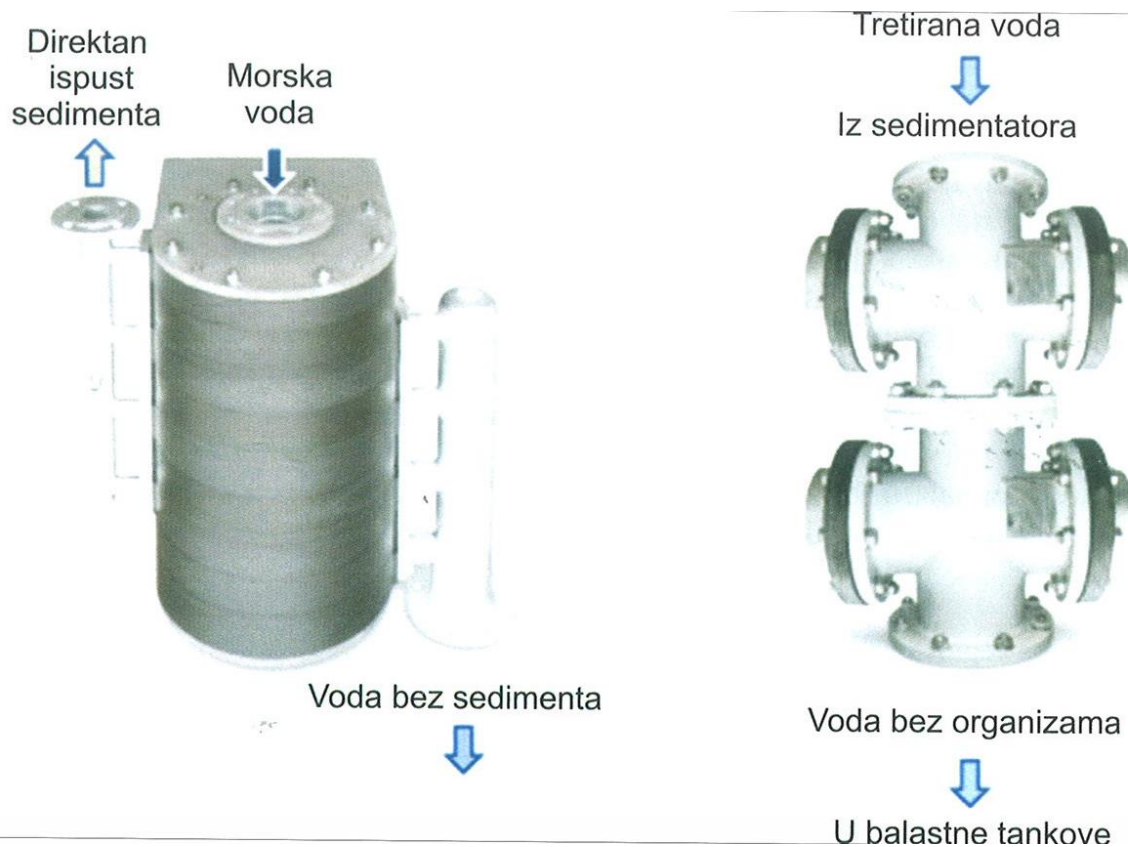
Slika 18. Shematski dijagram tri faze tretmana balastnih voda sistema SEDNA®

## 6.4 Kavitacija i filtracija

Tvrtka Environmental Tehnologies Inc. I Qwater Corporation, SAD razvijaju sistem za tretman koji kombinira filtraciju i kavitaciju. Iako ne postoje podatci o efikasnosti tih dvaju sistem, vjeruje se da prethodna filtracija smanjuje efikasnost kavitacije time što odstranjuju čestice koje uništavaju manje organizme u sudarima. Alternativna varijanta koja zaslužuje daljnje istraživanje je kombinacija kavitacije s kemijskim biocidom ili UV tretmanom. Mason i Gavand su demonstrirali da se efikasnost kavitacije poveća dodatkom kemikalija kao što su klor, ozon, vodikov peroksid. Sassi et al (2005) su pokazali da se efikasnost ultrazvučnog sistem tretmana značajno poboljšava kada se kombinira s UV zračenjem. Na sadašnjem stupnju razvoja ultrazvučne tehnologije se mogu smatrati prikladnim za korištenje na brodu za tretman balastnih voda zbog skupe opreme, zahtjeva za električnom snagom i visoke cijena rada i održavanja. <sup>[1]</sup>

## 6.5 Mehanička separacija i elektroklorinacija

Nekoliko je kompanija proizvelo dvostepene sisteme za tretman balastnih voda u kojima je sistem za separaciju, a slijedi ga sistem za dezinfekciju korištenjem elektroklorinacije. Tvrtka Greenship Ltd, Nizozemska, je konstruirala sistem za tretman balastnih voda na brodu koji ima dio zvan "Terminox" – elektrolitička ćelija koja proizvodi natrijev hipoklorit za dezinfekciju. Mjerenja efikasnosti vršena u laboratoriju na pokusnoj jedinici kapaciteta 50m<sup>3</sup>/h pokazala su da je „Sedimentor“ sposoban odstraniti 100% čestice dijametra 20µm i veće, i 80% čestica većih od 10µm. Osim laboratorijskih pokusa napravljeni su i pokusi u obalnom laboratoriju s prirodnom morskom vodom upotrebom sistema kapaciteta 100 m<sup>3</sup>/h. Rezultati su pokazali da je sistem odstranio 100% organizama >50µm, 98-100% organizama veličine 10-50 µm i eliminirao 99,9-100% aerobičkih heterofičnih bakterija uključujući E. coli i Enterococcae. <sup>[1]</sup>



Slika 19. Glavna komponenta sistema za tretman balastnih voda Greenship i „Terminox“ generator hipoklorita

Ostali nedostaci sistema uključujući potencijalno povećanje korozije balastnog tanka i mogućnost da je ispuštena balastna voda toksična. Testovi toksičnosti tretirane balastne vode pokazali su da nema negativnih efekata na larve rakova (*Artemia franciscana*) ili na upravno fertilizirana jaja i larve ribe list nakon 24 sata, ali diatom *Selektonema costatum* nije preživjela ekspoziciju tretiranoj balastnoj vodi 96 sati nakon njenog tretmana. Da bi sistem mogao raditi i u slatkoj vodi potrebno je u njega ubaciti slanu ili morsku vodu. Procjena cijene koštanja za instalaciju kompletnog sistema je US\$2.300.000 za sistem koji može tretirati tok od 2000 m<sup>3</sup>/h. Ovaj sistem je dobio osnovnu dozvolu od IMO još 2008. godine.<sup>[1]</sup>

## 6.6 Ostali sistemi

Neke tvrtke kombiniraju filtraciju i tretman pomoću slobodnih radikala. Tako su na primjer tvrtke RWO GmbH Marine Water Tehnology i Veolia Water Solutions and Tehnologies razvili uređaj zvan „CleanBallast!“- dvostepeni sistem za tretman balastnih



voda koji se sastoji od dijela za mehaničku separaciju i dijela za elektrokemijski tretman. Dio za mehaničku filtraciju koristi samo-čišćene disk filtre za odstranjivanje suspendiranih čestica, sediment i veće organizme i sprječava akumulaciju sedimenta u balastnim tankovima. Sistem za filtraciju se sastoji od baterije kućišta za filter koji rade paralelno i samo su čisteći što dozvoljava da se proces filtracije odvija bez redukcije protoka balastne vode. Elektrokemijski tretman proizvodi aktivnu tvar in-situ koristeći Ectosys® jedinicu za elektrokemijski tretman.<sup>[1]</sup>



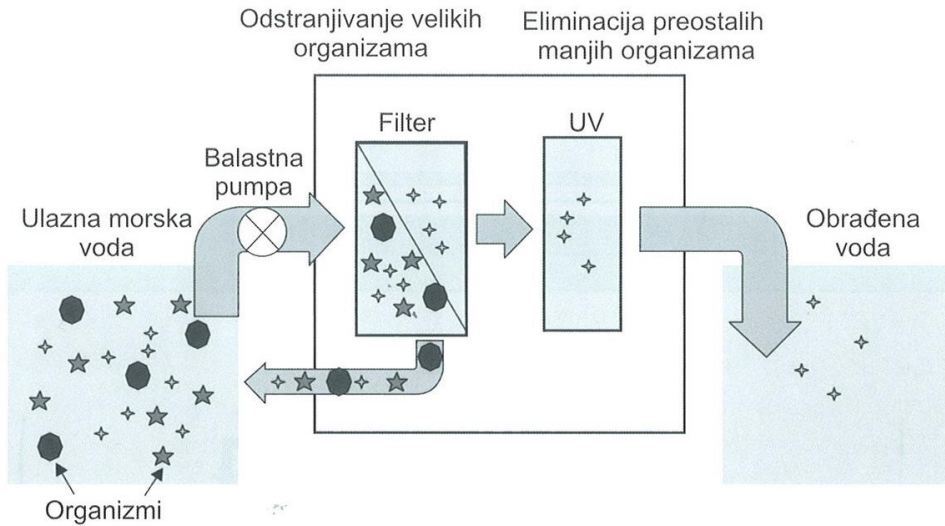
Slika 20. Sistem „CleanBallast“ tvrtke RWO GmbH Marine Water Tehnology

Postoji samo mali broj podataka o efikasnosti „CleanBallast“ sistema. Filterska komponenta sistema može odstraniti 100% cista *Artemia salina*. Testiranja biološke efikasnosti provedena u rijekama, boćatim vodama i morskoj vodi na četiri različite lokacije pokazala su da sistem može biti bolji od D-2 standarda BWM Konvencije za tri klase veličine organizama.<sup>[1]</sup>

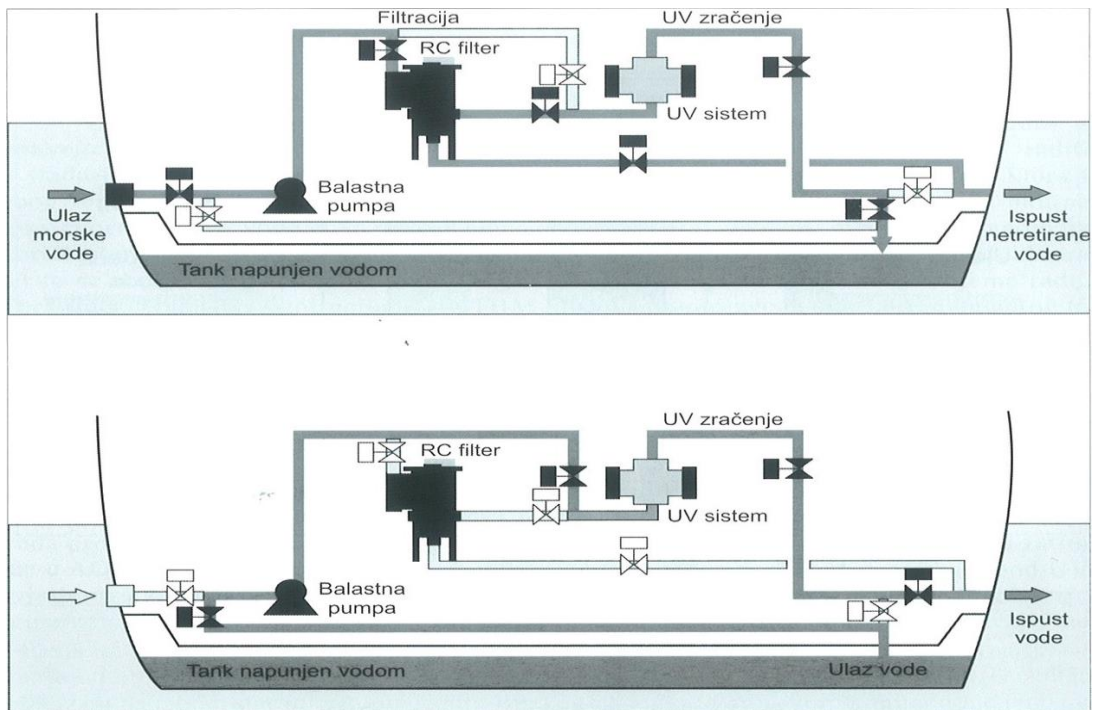
Sistem za tretman balastnih voda ECOMARINE UV kojeg je razvila tvrtka Sumitomo Electric koristi filtraciju i UV zračenje. Sistem kombinira patentom zaštićen efikasan filter s UV zračenjem da postigne efikasno čišćenje vode uz nisku cijenu. Slike 21. i 22. pokazuju konfiguracije sistema i shematski prikaz uzimanja i ispuštanja vode.



Sistem ima filtar koji separira veće organizme i vraća ih u more. Dio manjih organizama i bakterija koje su prošle kroz filtar se dezinficira u dijelu uređaja s UV zračenjem.



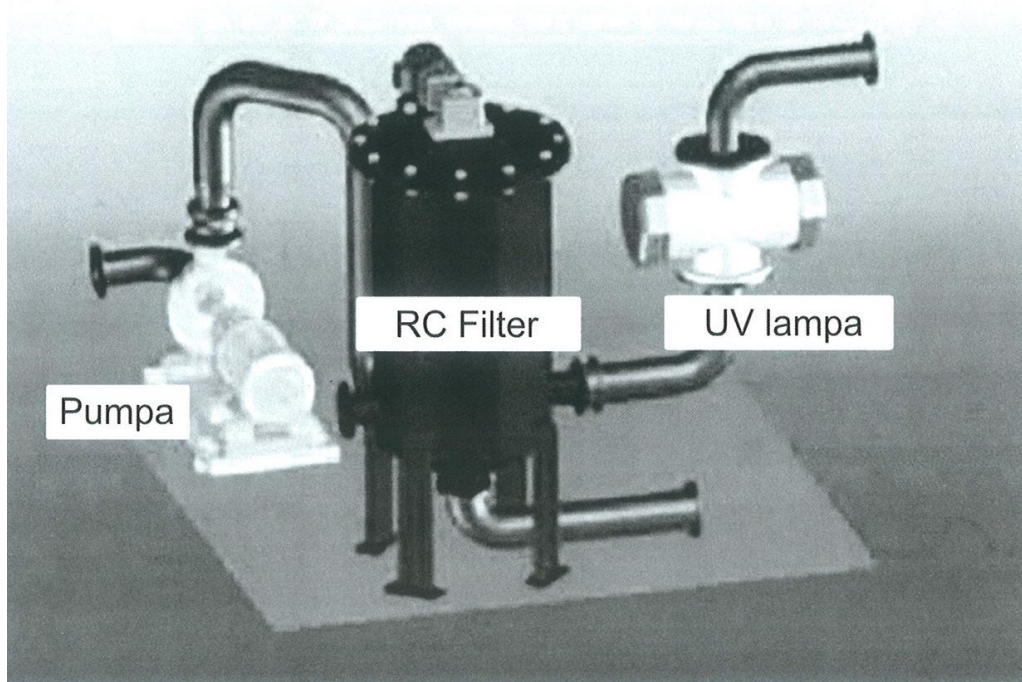
Slika 21. Princip rada sistema ECOMARINE UV



Slika 22. Procesi uzimanja i izbacivanja balastne vode

Karakteristike ECOMARINE UV uređaja su:<sup>[1]</sup>

- Velika efikasnost filtracije i mala potrošnja električne snage UV jedinice. To je naročito povoljno za manje brodove koji imaju ograničenu električnu snagu na brodu.
- Prikladan je za okoliš. Sistem ne koristi kemijske materijale. Koristi samo filter i UV jedinicu za uništenje i odstranjivanje vodenih organizama.
- Zbog nekorištenja kemikalija rad sistema je jeftin. Nema skladištenja kemikalija na brodu niti kupovanja kemikalija u lukama.

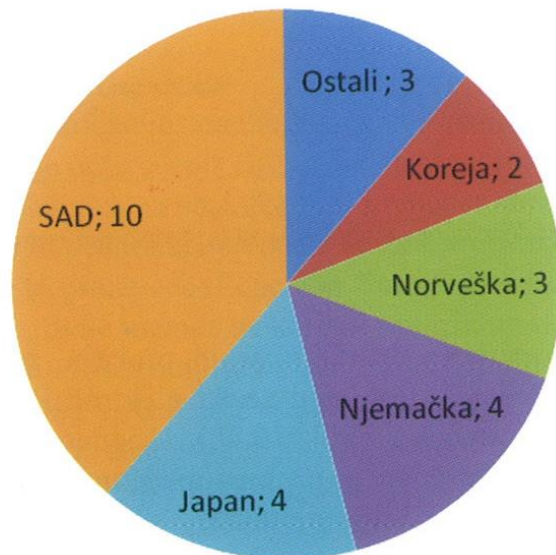


Slika 23. Konfiguracija sistema ECOMARINE UV

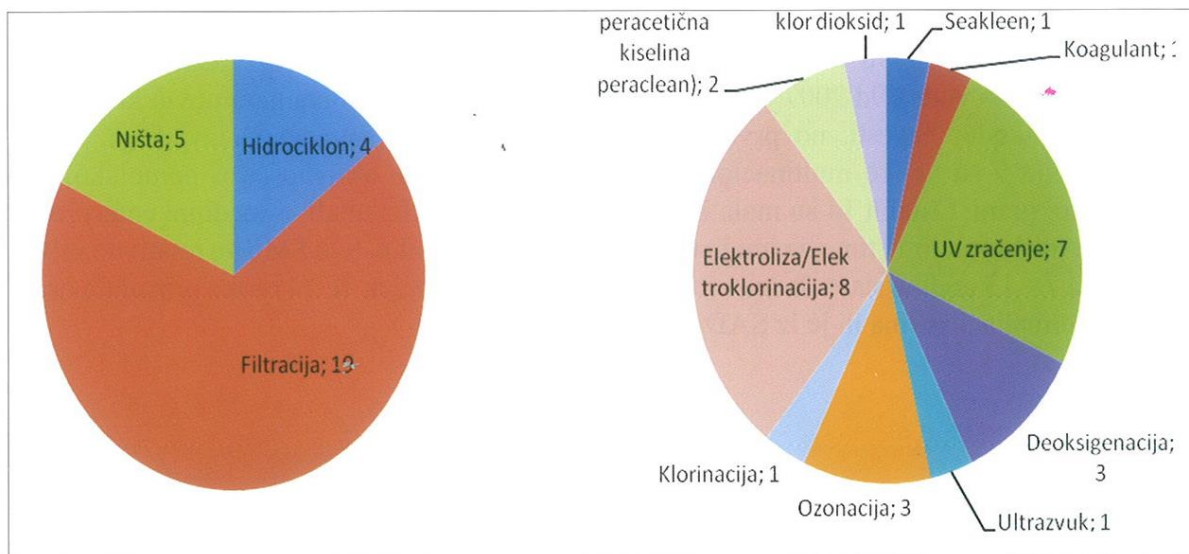
## 7. PROIZVOĐAČI OPREME

U ovom ću poglavlju navesti neke od proizvođača opreme za tretman balastnih voda. Ovaj pregled ne može biti kompletan jer tvrtke prestaju proizvoditi određenu opremu i prilagođavaju se tržištu skoro svakodnevno. Također niz tvrtki proizvodi komponente uređaja za tretman balastnih voda kao što su filtri, elektroklorinacijski uređaji, kemikalije za dezinfekciju i UV sterilizatore.

U izvješću Loyd's (2007) obrađene su 24 tvrtke proizvođača uređaja za tretman balastnih voda. Od 2007 godine stanje se je promijenio osnivanjem novih kompanija. Od te 24 kompanije 9 su velike multinacionalne tvrtke s značajnom aktivnošću u pomorskoj i/ili inženjerskoj grani. Ostalih 14 su mala i srednja poduzeća (SME, small to medium enterprises) definirana među ostalim i time da imaju manje od 250 zaposlenika. Sve SME su relativno mlade tvrtke tada 7-13 godina stare. Jedna je vladina organizacija. Te 24 tvrtke pripadaju osam različitih zemalja a većina ih je iz SAD. <sup>[1]</sup>



Slika 24. Proizvođači prema državama

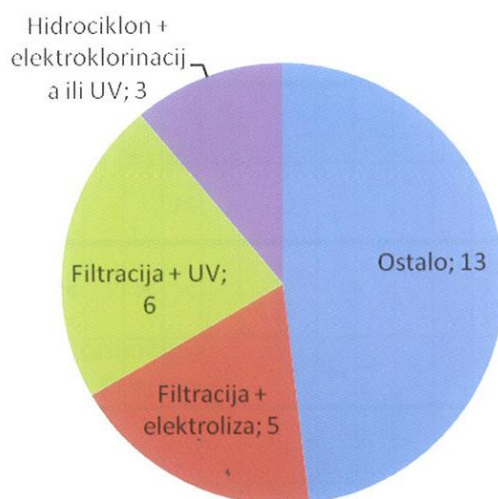


Slika 25. Prikaz učestalosti opcija tehnologija za (a) fizički pre-tretman i (b) dezinfekcija

Postoji čak osam različitih dezinfekcijskih procesa, međutim većina sistema u ovoj studiji osnivaju se na elektrolitičkom tretmanu ili UV zračenju (slika 25b). U jednom slučaju UV zračenja se primjenjuju skupa s titanovim dioksidom da bi se pojačala oksidativna moć UV svijetlosti. Većina elektrolitičkih procesa koristi istosmjernu struju za elektrolizu vode. Elektrolitičke tehnologije za tretman balastne vode osnivaju se na proizvodnji klora, što je slučaju klasičnim elektroklorinacijskim procesima, ili neke druge oksidativne proizvode. Ti se procesi osnivaju na korištenju saliniteta morske vode pa kad je balastna voda slatkovodna potrebno je zaslanjivanje. Postoji samo jedan primjer upotrebe proizvoda SeaKleen ili klor dioksid za dezinfekciju. Deset razmatranih tehnologija ne koristi kemikalije za dezinfekciju i mogu se smatrati da nemaju aktivne tvari. Od tih deset tehnologija koje ne koriste kemikalije, šest koristi UV dezinfekciju, jedna koristi ultrazvuk u kombinaciji s filtracijom, a tri koriste ubacivanje plina za deoksigenaciju.<sup>[1]</sup>

Konfiguracija procesa je način na koji se pojedinačni procesi koriste da se dobije tehnologija tretmana balastne vode, više od polovice proizvoda su ili filtracija iza koje slijedi UV zračenje, filtracija iza koje slijedi elektrolitički tretman ili hidrociklonska separacija poslije koje slijedi elektrostatički tretman ili UV zračenje. Upotreba filtracije prije UV zračenja je bitna za odstranjivanje čestica, naročito malih, koje sprječavaju UV

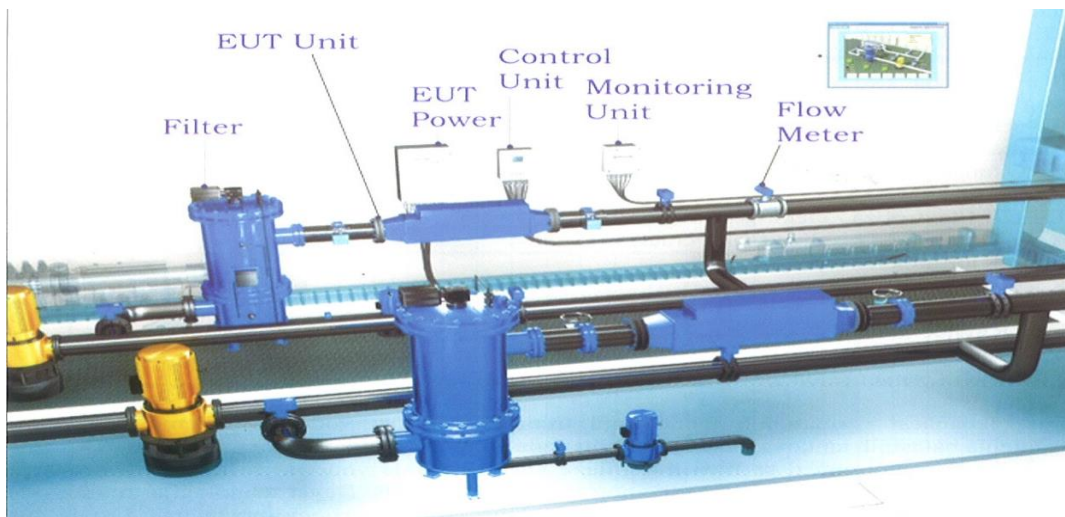
djelovanje zbog raspršenja svjetla. Korištene UV cijevi su uglavnom tipa sa srednjim tlakom što je prikladno za korištenje na brodu. Isto kao kod UV dezinfekcije, prethodna čvrsto-tekuće separacije i kod kemijske obrade da se smanjuje opterećenja česticama na proces dezinfekcije. To smanjuje rizik začepljenja i zamuljivanja jedinice za dezinfekciju.<sup>[1]</sup>



Slika 26. Konfiguracija procesa tretmana: kombinacija filtracija ili hidrociklona s elektro-klorinacijskom elektrolizom ili UV zračenjem.

Opisat ću neke sisteme detaljnije. Jedan od sistema za upravljanje balastnim vodama je OceanGard® BWMS. Taj su sistem razvili i proizveli tvrtka Headway Technology Co., Ltd i Harbin Engineering University, Nangang District, Harbin, Kina. Slika 27 prikazuje upravljački sistem za tretman balastnih voda. Struktura sistema i jedinstvena konstrukcija dozvoljavaju brodu da sigurno ispušta balastne vode bez ugrožavanja okoliša.





Slika 27. Upravljački sistem balastne vode, OceanGard® BWMS

Sistem OceanGard® BWMS koristi takozvani napredni elektrostatički oksidacijski proces (Advanced Eledtrocatalysis Oxidation Process, AEOP) za uništavanje mikroba, bakterija, virusa i jajašca prisutnih u vodi koristeći specijalni poluvodički materijal s elektronskom uzбудom i hidrosil radikale (-OH) koje formiraju molekule vode. Hidrosil radikal (-OH) kojeg proizvodi AEOP je jedan od najaktivnijih materijala s velikom oksidacijskom snagom. Materijal može reagirati nizom kemijskih reakcija sa skoro svim biološkim makromolekulama, miroorganizmima i ostalim organskim zagađivačima skoro trenutačno.<sup>[1]</sup>

Važno je napomenuti da voda tretirana hidrosil radikalima ne uzrokuje koroziju broskog trupa. Čitav se proces odvija za vrijeme uzimanja balastne vode i nije potrebno vodu ponovo tretirati kod ispuštanja. Sistem se može ugraditi u sve tipove brodova. Za tretman 1.000 m<sup>3</sup> balastne vode potrebno je oko 17 kWh energije. Sistem ima certifikat sigurnosti za eksplozije pa ga je moguće instalirati na tankere koji prevoze naftu ili ukapljeni plin.<sup>[1]</sup>

Proizvođači	Metoda	G9		G8
		Osnovna	Konačna	
Hitachi Plant Technologies	Koagulacija i magnetska separacija	Odobrena	Odobrena	Procjena
Mitsui Engineering and Ship-building i Association of Marine Safety, Pj	Specijalna ulazna cijev + O <sub>3</sub>	Odobrena		Procjena
JFE Engineering	Filter+Hipoklorična kiselina+Venturi (kavitacija)	Odobrena		Procjena
SHINKO	Specijalna ulazna cijev+Paraclean	Odobrena		
KURARAY	Netkani filter + kemikalije u čvrstom stanju			
TAIKO SNAGYO	Sterilizacija toplinom			
Sumitomo Electric Industries	Magnetska separacija			

Tablica 5. Trendovi razvoja u Japanu

Tablica 5 prikazuje situaciju u Japanu, zemlji koja ima nekoliko proizvođača opreme i čiji su znanstvenici patentirali niz postupaka za obradu balastne vode.



**special pipe**



**ozonizer**

Slika 28. Sistem tvrtke Mitsui Engineering an ship-bilding i Association of Marine Safety.



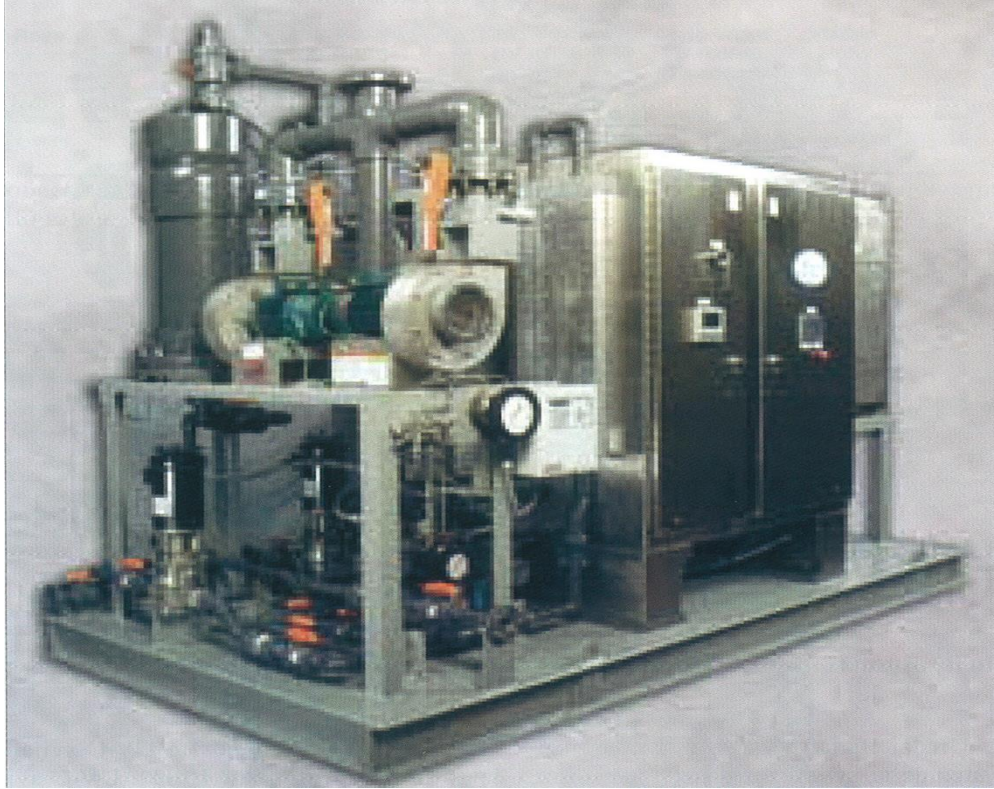
Slika 29. Sistem tvrtke JFFE Engineering

Sljedeći sistem kojeg ću opisati je BalPure® sistem za tretman balastnih voda kojeg proizvodi tvrtka Severn Trent De Nora iz Sugaar Land, Texas, SAD. Njihov sistem proizvodi biocide, posjeduje mjerače i analizira rezidualne nivoe kako biocida tako i sredstava za neutraliziranje i bilježi ukupni rad i performansu čitavog sistema. Izlazna voda BalPure® sistema zadovoljava predložene kriterije IMO i američke obalne straže.

BalPure® sistem sastoji se od pet ključnih komponenti:<sup>[1]</sup>

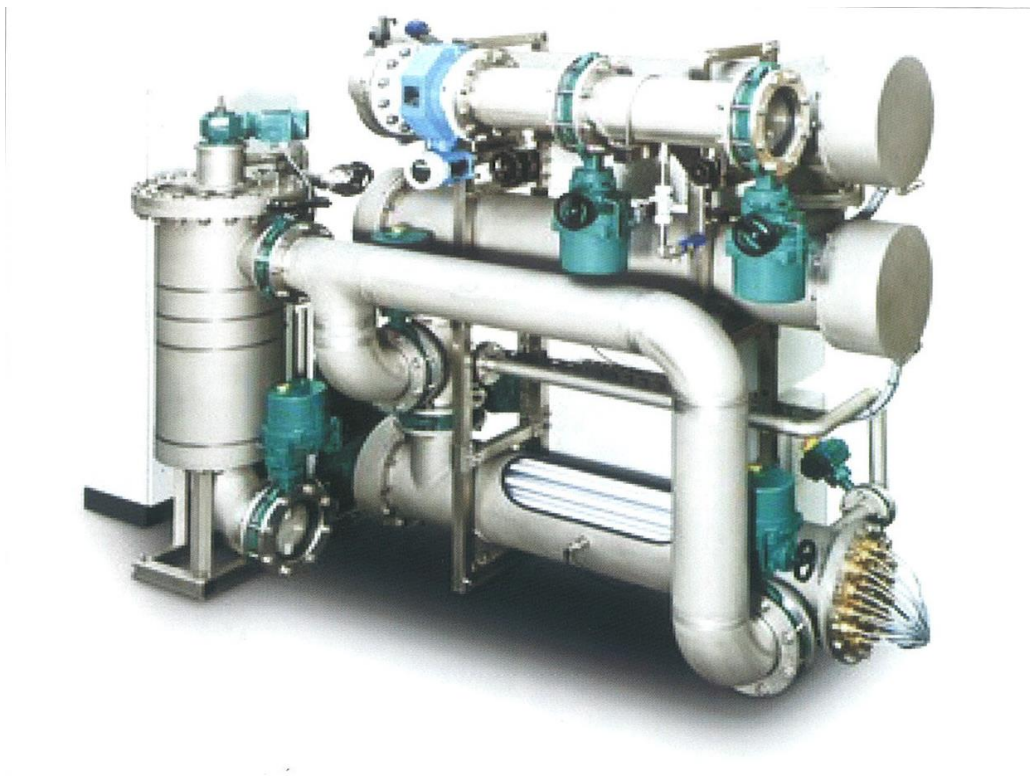
- Generator oksidirajućeg sredstva
- Analizator oksidirajućeg sredstva (on-line/ real time)
- Sistem za neutralizaciju oksidirajućeg sredstva
- Analizator sulfite (on-line/ real time)
- Bilježenje ključnih parametara rada





Slika 30. BalPure® syste

Opisat ću još proizvod BallastMaster ultraV njemačke tvrtke GEA Westfalia Separator Group, Oelde. To je uređaj za tretman balastnih voda na brodu koji je još 2011. godine dobio dozvolu njemačke federalne pomorske i hidrografske agencije za tretman balastne vode u suglasnosti s IMO. Koristeći filtraciju i UV-C tretman, BallastMaster ultraV garantira visoki stupanj sigurnosti s obzirom za inaktivaciju mikroorganizama kao što su fitoplankton, zooplankton, bakterije, virusi, larve riba i ostalo ako i sedimenata u balastnim vodama. Sistem radi s malom potrošnjom energije i malom cijenom rada, ne treba nikakve kemikalije i prikladan je za ugradnju na nove brodove kao i za instalaciju na postojeće.<sup>[1]</sup>

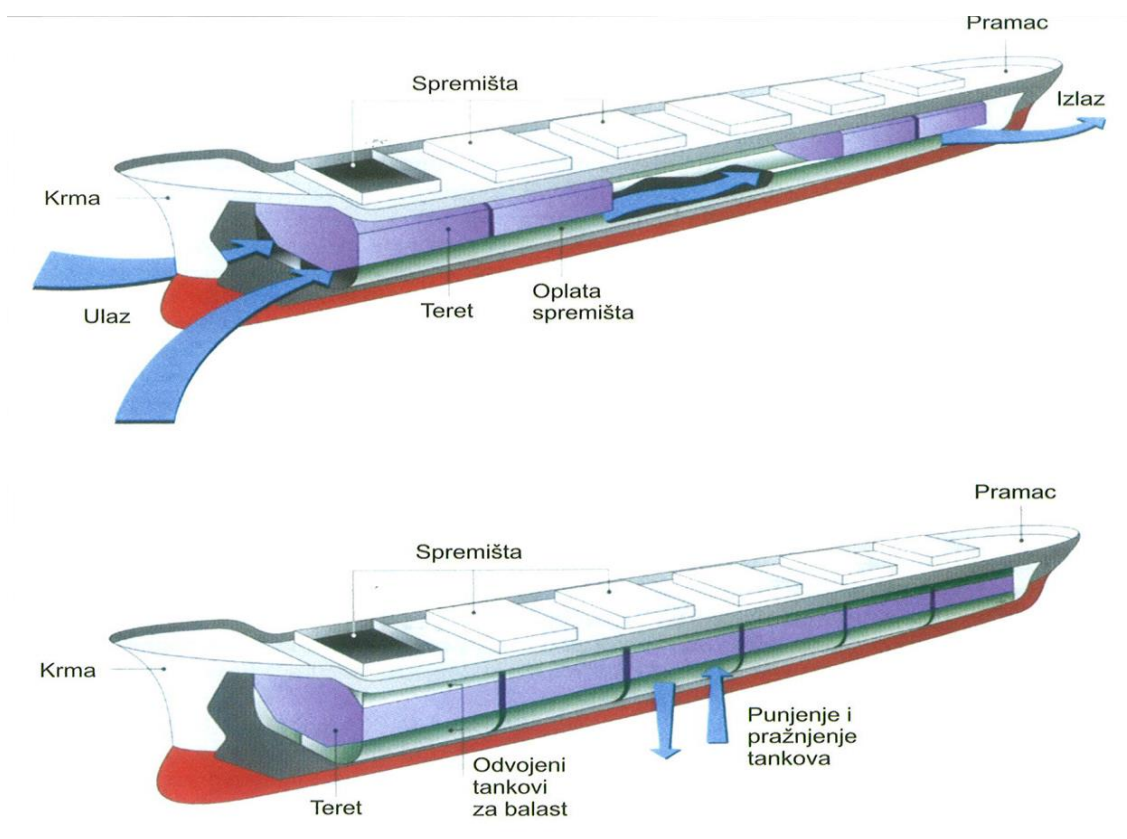


Slika 31. BallastaMaster ultraV-mehanička pre-filtracija plus UV-C dezinfekcija bez korištenja ili pravljenja kemikalija

Uređaj BallastMaster ultraV se osniva na korištenju ultraljubičaste UV-C svjetlosti. Valne dužine te svjetlosti pokrivaju područje 200-280 nm. UV-C svjetlo je germicidalno- tj. ono deaktivira DNA molekulu bakterije, virusa i ostalih patogena i tako uništava njihovu mogućnost razmnožavanja i uzrokovanja oboljenja. Navedeni uređaj koristi germicidalnu svjetlost valne dužine 254 nm. Za njegov rad nisu potrebne nikakve kemikalije niti u radu proizvoda neželjene kemijske nusprodukte koji bi trebali biti neutralizirani ili uskladišteni na brodu.<sup>[1]</sup>

## 8. BUDUĆI RAZVOJ

Jedna tehnologija koja bi mogla smanjiti prijenos morskih organizama je takozvana „ballast-free ship“ – brod bez balasta. Taj je koncept patentiran u 2004. godini i trebao bi se primjenjivati samo kod novih konstrukcija brodova. Korištenje tog sistema zahtjeva promjenu dizajna sistema balastnih voda na brodu tkao da se ustanovi protok vode uzduž broda i time eliminira transport balastne vode. Predloženi koncept uključuje zamjenu tradicionalnih balastnih tankova s longitudinalnim strukturnim kanalima ispod područja u kojem je spremljen brodski teret. U tim se kanalima nalazi morska voda da bi se smanjio uzgon broda i zbog kretanja brodova kroz vodu dolazi do polaganog i kontinuiranog toka „lokalne morske vode“ te otvorene balastne kanale. Kada brod ukrcava teret balastni kanali se mogu izolirati od mora s odgovarajućim ventilima a voda iz balastnih kanala se može ispumpati običnim balastnim pumpama.<sup>[1]</sup>



Slika 32. Princip rada „broda bez balasta (gornja slika) i usporedba s tradicionalnim balastnim tankovima (donja slika)

Kompjutersko modeliranje i pokusi s modelima pokazali su da je realizacija ideje tehnički i ekonomski izvediva za brodove koji se kreću normalnom brzinom, međutim treba imati na umu da se čitava konstrukcija broda treba promijeniti da bi se podržao predloženi koncept a to može biti prikladno samo za neke vrste brodova. Ukoliko bi se pokazao uspješnim ovaj koncept broda bi eliminirao potrebu za nabavom skupe opreme potrebne za uređaj koji tretira balastnu vodu i aktivne supstance- kemikalije, a čak bi mogao doći i do smanjenja snage potrebne za kretanje broda za otprilike 7,3%. Istraživači sugeriraju da bi nova konstrukcija broda rezultirala u uštedi oko US\$ 540.000 u izgradnji broda pa bi to kombinirano s očekivanom uštedom goriva moglo koštati u jeftinijem transportu. Ukupna cijena transporta bi se mogla smanjiti za oko US\$ 2,55 po toni tereta.<sup>[1]</sup>

Ispitan je veliki broj fizičkih metoda za odstranjivanje neželjenih organizama iz balastnih voda uključujući primjenu akustičkih frekvencija, električnih pulseva i magnetskog polja. Specifične akustičke frekvencije ubijaju specifične organizme pa zbog toga akustički tretman može biti uspješan kad se želi odstraniti specifična vrsta a ne za široki spektar vrsta koje su prisutne u balastnim vodama. U laboratorijskim pokusima je pokazano da magnetska polja uspješno uništavaju neke beskraljeznjake, kao na primjer dagnje. Djelovanje te metode na niz organizama koji žive u morskoj vodi još nije ispitano pa efikasnost metode tek treba utvrditi. Električni su pulsevi mogu poslati kroz balastnu vodu, oni pritom ubiju većinu organizama. Glavni nedostaci te metode za tretman balastnih voda su opasnost za posadu, veličina i cijena postrojenja.<sup>[1]</sup>

### **8.1 Daljinski upravljani BWT sistem**

Daljinski upravljani BWT sistem je opisan u tezi (Bakalar 2013) „Samo-monitoring tretirane BW na brodu upotrebom najnovije senzorske tehnologije i satelitske komunikacije“. Model se sastoji od tri podsistema i daljinskog upravljanja iz ureda na obali te je neovisan o posadi broda. Daljinske operacije se sve više koriste na brodovima. Daljinski kontrolirani mjerač protočne citometrije analizira balastne vode nakon recirkulacije. Protočna citometrija je tehnologija korištena za analizu fizičkih i kemijskih karakteristika čestice u tekućini za vrijeme prolaza kroz laserski snop. Mjere se fluorescencije i tako se određuje svojstva čestica. Mogu se mjeriti svojstva kao što si granularnost čestica, veličine, intenziteta fluorescencije i interna kompleksnost čestice.

Dobiveni podaci su transmitirani preko INSMARST satelitskog komunikacijskog sistema. Kada detekcija pokaže da voda zadovoljava D-2 standard, brod dobiva „potvrdu o čistoći“ i može uploviti u luku. Oficiri broda mogu nadgledati proces preko monitora u kontrolnoj prostoriji za teret. Na taj način detekcija ne utječe na stabilnost broda a sam proces detekcije i slanje informacija je autonomno. Također, posada broda ne može ući u sistem i ne može utjecati na mjerenje i prijenos podataka. Na taj način izbjegava se potreba za uzorkovanjem balastne vode po uplovljavanju broda u luku i nema gubitka vremena čekajući rezultate analize.<sup>[1]</sup>

## **8.2 Patenti o BWT sistemima**

U ovom tekstu ću navesti neke od novijih patenata koji obrađuju tematiku obrade balastne vode i koji bi u skoroj budućnosti mogli rezultirati u novim sistemima obrade balastne vode.

Kompanija Intellectual Property India je publicirala patentnu prijavu (7211/DELNP/2013 A) prijavljenu od tvrtke Bawat A/S, Denmark, dana 13.8.2013 za sistem koji tretira balastnu vodu u balastnom tanku. Aplikacija je publicirana u broju No 04/2015. Prema abstraktu prijave ona se sastoji od sistema za tretman balastnih voda u balastnim tankovima na brodovima ili u obalnim građevinama a sastoji se od jednog ili više balastnih tankova s cirkuliranom pumpom koja može cijevima prebacivati vodu iz jednog tanka u drugi itd.. Prijava se odnosi samo na mehaničku konstrukciju uređaja.<sup>[1]</sup>

Publikacija No, WO/2014/188930 tiskana 27.11.2014 ima naslov izuma „Uređaj za tretman balastne vode i sistem upravljanja balastnom vodom“. Prijavu patenta je izvršila kompanija Sumitomo Electric Industries Ltd. Prema abstraktu kojeg je obznanila Svjetska organizacija za intelektualno vlasništvo (World Intellectual Property Organization, WIPO) uređaj za tretman balastnih voda je sastavljen od sljedećih dijelova: ispusni kanal za izbacivanje balastne vode iz tanka u kojem se drži balastna voda; uređaj za ozračivanje balastne vode koja se ispušta ispusnim kanalom UV zračenjem uključivši i UV lampu; sistem cirkulacije balastne vode.<sup>[1]</sup>

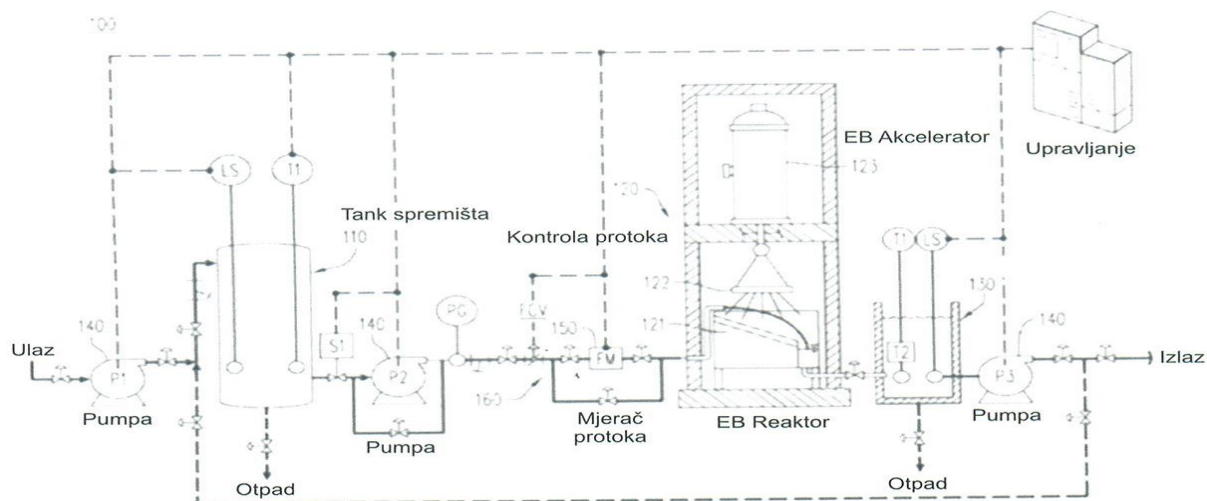
Patent U.S. No. 8.900.461, odobreno 02.12.2014 tvrtki EB-Tech Co. Ltd. (Daejeon, Južna Koreja), ima naslov „Uređaj i metoda za tretman brodskih balastnih voda koristeći snop elektrona“. Izumitelji su Bum Soo Han (Deajeon, Južna Koreja), Jin



Kyu Kim (Deajeon, South Korea), Yu Ri Kim (Gyeryong-si, South Korea) i Ho Kang (Deajeon, South Korea). Prema abstraktu kojeg je tiskao U.S Patent & Trademark Office u patentu je opisan uređaj i metoda za obradu brodskih balastnih voda pri čemu se snopovima elektrona ozračava balastna voda i inducira radioliza vode i pritom se ubijaju štetni organizmi prisutni u balastnoj vodi pomoću radikala proizvedenih radiolizom.<sup>[1]</sup>

Izum opisan u ovoj patentnoj prijavi ima za namjeru razvijanje uređaja i metode za obradu brodskih balastnih voda pomoću snopa elektrona čime bi se spriječila pojava zvana crvena plima pomoću uništenja ili samo oštećenja stanica štetnih morskih organizama, uključujući viruse, bakterije, crvene alge koje su prisutne u balastnim vodama i to pomoću ozračivanja snopa elektrona čime se mogu odstraniti različiti zagađivači iz balastne vode i spriječiti uništenje i poremećaj ekosistema.

Drugi cilj ovog izuma je da se izradi uređaj i metoda za obradu balastnih voda pomoću snopa elektrona koja bi bila konstruirana tako da snop elektrona može kontinuirano ozračavati vodu čime se poboljšava efikasnost odstranjivanja zagađivača iz balastne vode. Cilj je istovremena eliminacija mogućnosti sekundarne kontaminacije prisutne kod nekih drugih metoda.<sup>[1]</sup>



Slika 33. Prikaz strukture uređaja za tretman balastnih voda koristeći snop elektrona

MOL Mitusi O.S.K Lines Ltd. objavio je namjeru da instalira sistem za tretman balastnih voda na veliki tanker koji već plovi. To će biti prvi takav sistem na japanskom

brodu koji već plovi. Vlasnici broda su izabrali sistem JFE Ballast Ace razvijen u JFE Engineering Corporation. Instalacija će se izvršiti dok je brod u luci i trajat će dva mjeseca.

Vrsta broda. Jako veliki tanker za prijevoz nafte. Registracija broda/ klasa: Marshall Islands/Nippon Kaiji Kyokai. Nosivost broda približno 300.000 tona, Dužina:333m, Širina: 60m.<sup>[1]</sup>

Sistem za tretman balastne vode: <sup>[1]</sup>

Kapacitet obrade: 3.500m<sup>3</sup>/h x 2 jedinice (zaštićeno od mogućnosti eksplozije), 350m<sup>3</sup> x 1 jedinica. Metoda tretmana: Filtri i ubacivanje kemikalija.



Slika 34. VLCC, kompanija Mitsui O.S.K Lines.

## 9. ZAKLJUČAK

Problem balastnih voda je stvar koja se može vrlo teško izbjeći, budući da su balastne vode neophodne za sigurnu plovidbu praznih tankera i drugih trgovačkih brodova. Sistematski gledano, u balastnim vodama sakupljeni su živi organizmi od virusa, bakterija i modrozelenih algi do višestaničnih životinja.

Invazija novih organizama, danas predstavlja veoma ozbiljan problem, koji može imati značajan utjecaj na okolinu i veoma nepovoljan učinak na gospodarstvo mnogih zemalja (turizam, ribarstvo, kao i na različite vrste industrije čija su postrojenja vezana uz more). Zato je danas jedan od glavnih zadataka znanstvenika da pronađu najbolji način kako bi se isključio ili barem značajno umanjio prijenos ili utjecaj novih organizama putem balastnih voda.

Također bi se trebala istaknuti Konvencija koja je uzela u obzir geografske posebnosti pojedinih obalnih država te normirala čak i mogućnost izmjene balastnih voda i na udaljenostima znatno manjim od onih koje je propisala. Na taj je način pružena odgovarajuća zaštita od onečišćenja i unutar zatvorenih i poluzatvorenih mora, ukoliko se navedena izmjena mora obaviti.

Metode obrade vodenog balasta od kojih neke imaju realne izgleda za buduće korištenje na brodovima, su još uvijek u fazi razvoja i istraživanja. Izrazito veliki broj raznih ispitivanih metoda navodi na zaključak kako još nema jedinstvenog stava o konačnom odabiru onih koje bi našle širu primjenu na brodovima.



## LITERATURA

- [1] Kutle A., Valković V.: „Balastne vode“, Zagreb, 2015. god.
- [2] Amižić Jelovčić: Onečišćenje morskog okoliša balastnim vodama s posebnim osvrtom na međunarodnu Konvenciju o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima, 2004. god.
- [3] Mountort, D.O., Hay, C. Taylor.,M., Buchanan, S., Gibbs, W.: Heat treatment of ship's ballast water: development and application of a model based on laboratory studies. 1999. god (prevedeno s engl. jezika)
- [4] Tamburri, M. N., Wasson, K., Matsudda, M.: Ballast water deoxygenation can prevent aquatic introduction while reducing ship corrosion. 2002. god. (prevedeno s engl. jezika)
- [5] Hallegraeff, G. M., Valentine, J. P., Marshall, J., Boch, C. J.: Temperature tolerances of toxic dinoflagellate cysts. application to the treatment of ships ballast water 1997. god
- [6] Rigby, G. R., Hallegraeff, G. M., Taylor, A. H.: Ballast water heating offers a superior treatment option. 2004. god (prevedeno s engl. jezika)
- [7] Kurtla, Ž., Komadina, P. 2010.: Application of Hydrocyclone and UV radiation as a ballast water Treatment Method. 2010. god (prevedeno s engl. jezika)
- [8] Van Den Dries: Ballast Water and waater and ports: many questions, few answers. The Ballast Water Times. 2012. god (prevedeno s engl. jezika)
- [9] Kikuchi, T., Yoshida, K., Kino, S., Fukuyo, Y.: Progress report on the 'Special Pipe System' as a potential mechanical tretment for ballast water. 2004. god. (prevedeno s engl. jezika)

[10] Andersen, A. B. : MetaFill AS OceanSaver® Ballast water Management System, [http://www.vannforeningen.no/iKnowBase/Content/19556\(7\)%20Age%20B%20Andersen.pdf](http://www.vannforeningen.no/iKnowBase/Content/19556(7)%20Age%20B%20Andersen.pdf) ( pristupljeno: 20.7.2016)

[11] HSB: The SEEDNA®-System, A Hamann Modular Ballast Water Treatment System. Technical Description and Test Results. 2006. god HSB International. <http://www.hsbinternational.nl> (pristupljeno 25.7.2016)

## **POPIS SLIKA:**

Slika 1. Presjek broda i ilustracija uloge balastnih voda.

Slika 2. Presjek trupa broda s jednim balastnim tankom

Slika 3. Konvencionalni nosač rasutog tereta s tankovima za balastne vode.

Slika 4. Prikaz različitih obrada balastne vode i taloga

Slika 5. (a) Filtracija, i (b) Proces hidrociklone

Slika 6. De-oksigenacija balastnih voda. Presjek kroz trup broda

Slika 7. Tretman toplotom

Slika 8. Prihvatljive metode upravljanja balastnim vodama

Slika 9. Zona izmjene balastne vode za brodove u Sredozemnom moru

Slika 10. Procedura izmjene balastne vode

Slika 11. Ilustracija prijenosa organizama pomoću balastnih voda.

Slika 12. Primjer broda koji ispušta balastne vode u luci

Slika 13. Protokol uzorkovanja za tretman u tanku

Slika 14. Protokol uzorkovanja za in-line tretman

Slika 15. Konfiguracija „Ecomarine“ sistema s jednom UV jedinicom i dvije filter jedinice

Slika 16. UV cijev i sistem za obradu balastne vode

Slika 17. Veličina morskih organizama i propusnost pojedinih vrsta pročišćivača

Slika 18. Shematski dijagram tri faze tretmana balastnih voda sistema SEDNA®

Slika 19. Glavna komponenta sistema za tretman balastnih voda Greenship i „Terminox“ generator

Slika 20. Sistem „CleanBallast“ tvrtke RWO GmbH Marine Water Tehnology.

Slika 21. Princip rada sistema ECOMARINE UV

Slika 22. Procesi uzimanja i izbacivanja balastne vode

Slika 23. Konfiguracija sistema ECOMARINE UV

Slika 24. Proizvođači prema državama

Slika 25. Prikaz učestalosti opcija tehnologija za (a) fizički pre-tretman i (b) dezinfekcija

Slika 26. Konfiguracija procesa tretmana: kombinacija filtracija ili hidrociklona s elektro-klorinacijskom elektrolizom ili UV zračenjem.

Slika 27. Upravljački sistem balastne vode, OceanGard® BWMS

Slika 28. Sistem tvrtke Mitsui Engineering an ship-bilding i Association of Marine Safety.

Slika 29. Sistem tvrtke JFFE Engineering

Slika 30. BalPure® system

Slika 31. BallastaMaster ultraV-mehanička pre-filtracija plus UV-C dezinfekcije bez korištenja ili pravljenja kemikalija.

Slika 32. Princip rada „broda bez balasta (gornja slika) i usporedba s tradicionalnim balastnim tankovima (donja slika)

Slika 33. Prikaz strukture uređaja za tretman balastnih voda koristeći snop elektrona

Slika 34. VLCC, kompanija Mitsui O.S.K Lines.

## **POPIS TABLICA:**

Tablica 1. Vremenski raspored za instaliranje sistema za tretman balastne vode

Tablica 2. Raspored implementacije sistema za tretman balastne vode

Tablica 3. Scenarij za izmjenu balastne vode

Tablica 4. Faze postupka dobivanja odobrenja za uređaj koji tretira balastne vode

Tablica 5. Trendovi razvoja u Japanu