

II 39.837

Universitatea Dunărea de Jos, Galați
Facultatea de Mecanică

**REDUCEREA POLUĂRII PRODUSE
DE INSTALAȚIILE DE BALAST ALE
NAVELOR MARITIME**

Rezumatul tezei de doctorat

Doctorand: Nicoleta Parască (Acomi)
Conducător științific: Prof. Dr. Ing. Ion C. Ioniță

-Galați 2011-

629.5

P33

ROMANIA
 MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI
 UNIVERSITATEA DUNĂREA DE JOS DIN GALAȚI

Mineralele și petrolul
 Calea 68
 E-mail: rectorat@univ-dj.ro



TEL: +40-236-461353
 FAX: +40-236-461353
 WWW: www.univ-dj.ro

Către _____

Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați vă face cunoscut că în data de _____ ora _____ în _____ va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată: "Reducerea poluării produse de instalațiile de balast a navelor maritime", elaborată de domnul/doamna Ing. PARASCĂ NICOLEȚA (ACOMI), în vederea conferirii titlului științific de doctor în Domeniul de doctorat - Inginerie mecanică.

Comisia de doctorat are următoarea componență:

1. Președinte: Prof.univ.dr.ing. Cătălin FETECAU
 Decan - Facultatea de Mecanică
 Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați
2. Conducător de doctorat: Prof.univ.dr.ing. Ion IONITĂ
 Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați
3. Referent oficial: Prof.univ.dr.ing.habil. Ionuț IONEI
 Universitatea "POLITEHNICA" din Timisoara
4. Referent oficial: Conf.univ.dr.ing. Teodor POPA
 Universitatea OVIDIUS Constanța
5. Referent oficial: Prof.univ.dr.ing. Valeriu CEANGĂ
 Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați

Cu această ocazie vă transmitem rezumatul tezei de doctorat și vă invităm să participați la susținerea publică. În cazul în care doriți să faceți eventuale aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării, vă rugăm să le transmiteți în scris pe adresa Universității, str. Domnească nr. 47, 800008 - Galați, Fax - 0236 / 461353.

RECTOR
 Prof.dr.ing. Viorel MINZU



SECRETAR DOCTORAT,
 Ing. Lina IONITĂ

[Handwritten signature]

39.837

Universitatea Dunărea de Jos, Galați
Facultatea de Mecanică

REDUCEREA POLUĂRII PRODUSE DE INSTALAȚIILE DE BALAST ALE NAVELOR MARITIME

Rezumatul tezei de doctorat



Doctorand: Nicoleta Parască (Acomi)
Conducător științific: Prof. Dr. Ing. Ion C. Ioniță

-Galați 2011-

Mulțumiri

Teza aceasta este rodul colaborării mai multor persoane. Mulțumesc tuturor celor care m-au susținut și m-au încurajat în realizarea ei.

În primul rând, mulțumesc domnului **Prof Dr. Ing. Ion C. Ioniță**, conducătorul meu științific, pentru că m-a acceptat ca doctorand și pentru îndrumarea activității mele științifice.

Mulțumesc în mod deosebit domnului **Niclas Dahl**, Manager de vânzări la firma Alfa Laval pentru cotațiile pe care mi le-a pus la dispoziție, cotații ce au contribuit la o evaluarea cât mai exactă a costurilor necesare tratării apei de balast la bordul navei.

De asemenea, mulțumesc domnului inginer **Dragoș Plopeanu**, Group Leader la Daewoo-Mangalia Heavy Industries, pentru sprijinul acordat în vederea creșterii preciziei rezultatelor.

Și nu în ultimul rând, mulțumesc soțului meu Șef Mecanic Inginer **Ovidiu Acomi**, care a făcut posibilă ambarcarea mea la bordul unei nave comerciale pentru o perioadă de o lună de zile, timp în care mi-a pus la dispoziție o parte din materialele necesare elaborării acestei teze de doctorat.

INTRODUCERE	3
STADIUL ACTUAL AL CUNOASTERII	6
1. Soluții de reducere a poluării produse prin apa de balast	7
1.1. Metoda de înlocuire a apei de balast	7
1.2. Metoda de tratare a apei de balast prin filtrare și iradiere cu ultraviolete	8
1.3. Metoda de tratare a apei de balast prin deoxigenare	9
1.4. Metoda de tratare a apei de balast cu biocide	10
CONTRIBUȚII PROPRII PRIVIND REDUCEREA POLUĂRII PRODUSE DE INSTALAȚIILE DE BALAST ALE NAVELOR MARITIME. CALCULAREA COSTURILOR APLICĂRII METODELOR DE TRATARE A APEI DE BALAST ȘI A RENTABILITĂȚII UTILIZĂRII ACESTORA	12
2. Calculul costurilor de aplicare a soluțiilor de tratare a apei de balast la bordul navei	12
2.1. Modelul matematic general de calcul al costurilor	13
2.2. Aplicarea modelului matematic pentru soluțiile de tratare alese	17
2.2.1. Costurile aplicării metodei secvențiale de înlocuire a apei de balast MSIAB	19
2.2.2. Costurile aplicării metodei de tratare prin filtrare/ hidrociclonare și iradiere cu ultraviolete MTHIU	20
2.2.3. Costurile aplicării metodei de tratare prin deoxigenare MTDAB	21
2.2.4. Costurile aplicării metodei de tratare cu biocide MTBAB	22
3. Analiza comparată cost/ calitate a metodelor de tratare a apei de balast	23
3.1. Compararea metodelor de tratare a apei de balast în funcție de raportul cost/ calitate	23
3.2. Parametrii de calitate pentru tratarea apei de balast	24
3.3. Diagrama comparativă cost/calitate pentru soluțiile analizate	24
4. Rentabilitatea aplicării soluțiilor de reducere a poluării	28
4.1. Rentabilitatea protejării mediului ambiant prin utilizarea MTHIU	30
4.2. Rentabilitatea protejării mediului ambiant prin utilizarea MTDAB	33
4.3. Rentabilitatea protejării mediului ambiant prin utilizarea MTBAB	35
5. Propunere de Proiect de lege pentru dezvoltarea unui Plan Național de acțiune în vederea prevenirii poluării și răspunsul în situații de urgență care implică operațiuni cu apa de balast	37
CONCLUZII	39
CONTRIBUTII PROPRII	42
PERSPECTIVE	43
BIBLIOGRAFIE	44

INTRODUCERE

Această lucrare își propune să analizeze posibilitățile de reducere a poluării produse de instalațiile de balast ale navelor maritime. După prezentarea generală a metodelor de management al apei de balast, în teza de față am calculat costurile de tratare a apei de balast la bordul navei și am analizat rentabilitatea aplicării metodelor cunoscute și recomandate internațional pentru balastarea ecologică a navelor.

Apa de balast transportată la bordul navelor, care este folosită din motive de stabilitate, conține organisme vii. Aceste organisme pot fi moluște, crabi, iarbă de mare, fitoplancton, zooplancton, viruși, bacterii, spori, diferite tipuri de paraziți, organisme patogene, scoici și larve ale diferitor specii biologice. În timpul deballastării navei, aceste organisme ajung în mediul acvatic de destinație a navei.

Odată cu creșterea vitezei medii de deplasare a navelor și creșterea tonajului navelor de transport, crește și probabilitatea ca organismele prezente în apa de balast să supraviețuiască, și să ajungă în alte zone de pe glob. În unele situații aceste organisme nu produc daune ecosistemului în care ajung, dar există numeroase cazuri de tulburări grave ale echilibrului ecologic.

În trecut nu a existat o preocupare cu privire la acest sector al protecției mediului marin, însă, în februarie 2004, în cadrul unei conferințe a IMO, a fost adoptată „Convenția pentru controlul și managementul apei de balast și a sedimentelor la bordul navelor”[80]. Pentru a preveni transferul speciilor marine dintr-o zonă maritimă în alta, convenția introduce, pe lângă metoda înlocuirii apei de balast deja existentă, și standarde calitative ce presupun tratarea acesteia prin diferite metode.

Pentru această lucrare mi-am propus să analizez patru metode de tratare a apei de balast:

- **MSIAB** - Metoda secvențială de înlocuire a apei de balast. Aceasta este metoda cea mai des utilizată la bordul navelor;
- **MTHIU** - Metoda tratării prin filtrare, hidrociclonare și iradiere cu ultraviolete;
- **MTDAB** - Metoda de tratare prin deoxigenarea apei de balast;
- **MTBAB** – Metoda de tratare cu biocide a apei de balast.

Implementarea acestor metode de tratare trebuie în primul rând să îndeplinească standardele de calitate cerute de Convenția pentru controlul și managementul apei de balast și a sedimentelor la bordul navelor”[80], dar și să prezinte costuri de achiziție și exploatare rezonabile.

În prezent există atât instalații de tratare la nivel experimental, cât și instalații introduse în exploatare la scară largă. Toate acestea furnizează noi date

referitoare la costurile pe care le presupun, astfel încât în momentul când „Convenția IMO pentru controlul și managementul apei de balast și a sedimentelor la bordul navelor”[80] va deveni obligatorie, piața va selecta metoda sau metodele cele mai performante din punctul de vedere al raportului cost/calitate.

Teza își propune să ofere armatorilor ce vor dota navele cu instalații de tratare a apei de balast, câteva repere pentru alegerea soluției optime. Aceste repere privesc atât costul de implementare la bordul navei a tehnologiilor de tratare a apei de balast (am inclus în costul total: costul de achiziție și instalare, costul consumabilelor și costul de exploatare și întreținere) cât și parametrii de calitate a apei de balast obținute în urma tratării.

Astfel, în capitolul doi am prezentat modelul matematic de calcul al costurilor de aplicare la bordul navelor a metodelor de tratare mai sus menționate. Pornind de la aceste rezultate obținute pentru fiecare metodă în parte, în cadrul capitolului trei este prezentată o analiză comparată cost/ calitate a metodelor de tratare a apei de balast. Pentru aceasta am identificat trăsăturile de calitate pentru instalațiile ecologice de balast ale navelor maritime. Unele dintre acestea pot fi cuantificate procentual (ex. Rata de dezinfecție) sau în zile, cum este perioada necesară echipamentului pentru tratarea apei de balast, iar pentru altele ce nu pot fi cuantificate mai precis deocamdată, pornind de la ideea dezvoltată de Prince William Sound Regional Citizens' Advisory Council [108], am reușit o clasificare a lor, prin alocarea de stele.

Parametrii de calitate în funcție de care se va realiza analiza comparată cost/ calitate sunt următorii:

- Q_1 - Rata de dezinfecție a apei de balast R [%]
- Q_2 - Timpul economisit în urma tratării apei de balast T [zile]
- Q_3 - Siguranță în operarea instalațiilor de tratare a apei de balast [*]
- Q_4 - Eficiență în protejarea mediului ambiant [*]
- Q_5 - Eficacitate în uciderea organismelor și microorganismelor [*]
- Q_6 - Ușurința în exploatarea echipamentelor [*]

Analiza comparată cost/ calitate este prezentată sub formă de grafice, în care cele patru metode de tratare se află în zona competitivă sau în zona necompetitivă în funcție de parametrul de calitate analizat (Q_i). Prezentarea sub formă de grafice a rezultatelor obținute în urma calculului poate servi deținătorilor de nave pentru a alege o tehnologie de tratare a apei de balast atât în funcție de cerințele Organizației Maritime Internaționale, cât și în funcție de suma de bani alocată achiziționării echipamentului.

În lucrarea de față am analizat rentabilitatea aplicării metodelor de tratare a apei de balast (MTHIU, MTDAB, MTBAB) prin raportarea costurilor unitare de tratare a apei de balast, la costul unitar de înlocuire a apei de balast prin metoda secvențială (MSIAB). Altfel spus, se compară, pe rând, costurile de aplicare ale metodei celei mai utilizate în prezent, metoda secvențială de înlocuire a apei de balast, cu fiecare dintre cele trei tehnologii noi de tratare a apei de balast la bordul navei. Pentru a demonstra rentabilitatea protejării mediului ambiant, aduc argumente comparative în favoarea celorlalte trei metode

de tratare a apei de balast, în sensul că deși metoda actuală a înlocuirii apei de balast pare ieftină, pe parcursul voiajelor apar costuri suplimentare ce îi fac aplicarea la fel de costisitoare ca a celorlalte tehnologii de tratare.

Costurile suplimentare care apar în cazul aplicării metodei actuale de înlocuire a apei de balast și care datorită tehnologiei utilizate, nu apar în cazul tratării prin hidrociclonaie și iradiere cu ultraviolete, deoxigenării sau tratării cu biocide, sunt de două tipuri:

- costuri suportate de către armator, și
- costuri necesar a fi suportate de autorități locale sau organisme naționale sau internaționale.

În plus, pe lângă soluțiile tehnice de reducere a poluării mediului marin, am propus în această teză și o soluție legislativă, absolut necesară pentru reducerea poluării produse de instalațiile de balast ale navelor maritime.

De-a lungul timpului Marea Neagră a fost afectată de diferiți invadatori biologici marini care au creat dezechilibre atât mediului marin cât și sectorului economic. Ca urmare a analizei evenimentelor în care a fost implicată Marea Neagră, ca donor sau acceptor, în această teză am propus un proiect de lege care are scopul de a reduce riscul de pătrundere și răspândire a dăunătorilor, și de a coordona acțiunile de răspuns în cazul noilor invadatori biologici sau răspândirii celor existenți într-o anumită zonă.

În capitolul cinci este prezentat proiectul de lege propus în această teză de doctorat pentru dezvoltarea Planului Național de acțiune în vederea prevenirii poluării și răspunsul în situații de urgență care implică operațiuni cu apa de balast.

Convenția Internațională pentru Controlul și Managementul Apei de Balast și al Sedimentelor Navelor va intra în vigoare la 12 de luni de la ratificarea de către 30 state, reprezentând 35 % din tonajul maritim mondial. Numărul de state care au ratificat/ aderat la Convenție până la data de 28 februarie 2010 este de 22, ceea ce reprezintă un procentaj de 22,56 din tonajul mondial [100].

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

Pentru transportarea mărfurilor dintr-un loc în altul se folosesc diferite mijloace de transport dar peste 80% din totalul mărfurilor sunt transportate pe mare. În timpul acestor operațiuni, din motivele arătate mai sus se transferă milioane de tone de balast per an.

Prin apa de balast provenind din industria shipping-ului se transportă dintr-un port în altul un număr mare de organisme marine. Aceste organisme sunt periculoase deoarece pot cauza probleme mediului înconjurător atunci când, accidental sau intenționat, sunt transportate din zona natală într-o altă regiune.

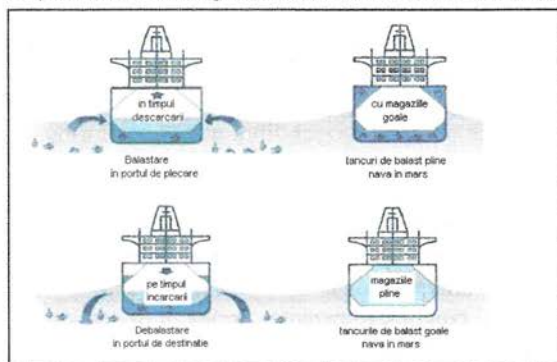


Fig. 1.1. Situații posibile de poluare prin apa de balast [97]

În funcție de locul în care se desfășoară activitatea de balastare, toate organismele existente în apă în zona respectivă, fie că înoată sau au aderat la alte organisme, pot fi introduse în tancurile de balast ale navei. Aceste organisme pot pluti liber, *holoplancton*, pot fi larve aflate în diferite stadii de dezvoltare, *meroplancton*, pot fi înotătoare. Acestea includ o largă varietate de animale și plante cum sunt: moluște, crabi, iarbă de mare, fitoplancton, zooplancton, viruși, bacterii, spori, diferite tipuri de paraziți, organisme patogene, scoici și larve ale diferitor specii.

Problema este de fapt că unele dintre aceste organisme sunt încărcate în tancurile de balast în stadii timpurii ale dezvoltării, se adaptează noilor condiții de viață, și supraviețuiesc astfel în tancul de balast. În prezent nu sunt cunoscute metode pentru a determina când și/ sau în ce condiții speciile introduse vor supraviețui. Din fericire, majoritatea organismelor nu vor supraviețui în apa de balast și nu vor forma colonii [22].

Organismele supraviețuitoare însă, odată ajunse în noi regiuni au cauzat schimbări în mediu, costuri crescute datorate dezechilibrului biologic creat și distrugerii speciilor originare din regiunile respective. Ele sunt responsabile pentru 70% din speciile acvatice dispărute în ultimii 100 de ani [65]. În urma acestui impact, cercetătorii din toată lumea au dezvoltat diferite modalități de curățire a apei de balast de organismele marine care ar putea coloniza noi habitate.

Introducerea și răspândirea speciilor nonindigene în diferite medii acvatice este o serioasă amenințare asupra mediului ambiant, economiei, sănătății și siguranței omului. În cazul apei de balast, speciile introduse neintenționat au avut un impact major asupra mediului acvatic.

1. Soluții de reducere a poluării produse prin apa de balast

Metodele de management al apei de balast se împart în trei categorii: înlocuirea apei de balast, tratarea apei de balast (chimică, fizică și mecanică) și izolarea apei de balast.



Fig. 1.2. Metode de management al apei de balast

În cele ce urmează sunt prezentate cinci metode de management al apei de balast și anume: metoda înlocuirii apei de balast, metoda de tratare prin hidrociclonare, metoda de tratare prin iradiere cu ultraviolete, metoda de tratare prin deoxigenare a apei de balast și metoda tratării cu biocide.

1.1. Metoda de înlocuire a apei de balast

Metoda secvențială. Presupune golirea completă a tancurilor de balast și apoi reumplerea lor cu apă din ocean.

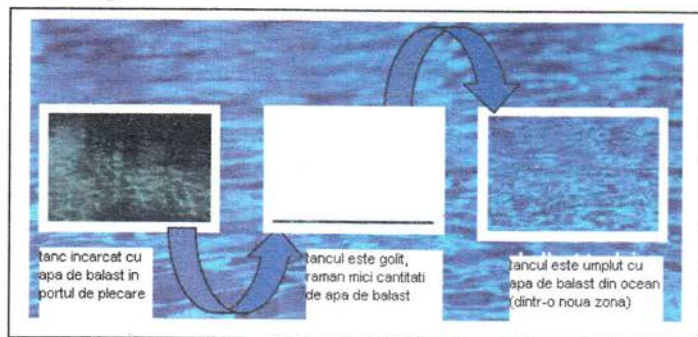


Fig. 1.3. Metoda secvențială de înlocuire a apei de balast [101]

Metoda presării tancurilor de balast. Necesită pomparea apei din ocean într-un tanc de balast plin, pentru o perioadă de timp egală cu triplul perioadei necesare umplerii aceluiași tanc.

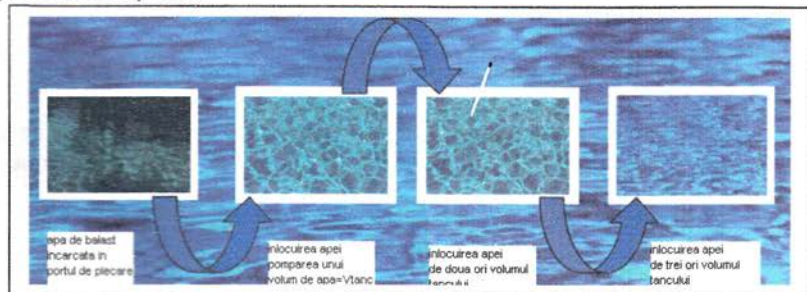


Fig. 1.4. Metoda presării tancurilor pentru înlocuirea apei de balast [101]

1.2. Metoda de tratare a apei de balast prin filtrare și iradiere cu ultraviolete

Sistemul de tratare propus de **OptiMarin** se numește OptiMar Ballast System și constă în separarea solidelor, filtrare și iradiere cu ultraviolete, folosind pompele de balast existente la bord, instalația și sistemul de control existent. Sistemul poate asigura un debit de la $100-3000 \left[\frac{m^3}{h} \right]$ per pompă de balast [48].

Separatorul MicroKill

Separatorul MicroKill înlătură suspensiile solide mai mari de 250 micrometri.

Capacitate: $100-3000 \left[\frac{m^3}{h} \right]$

MicroKill Filter

Filtrul MicroKill înlătură solidele care s-au depus până la o anumită mărime. În funcție de dimensiunile filtrelor, pot fi înlăturate microorganismele de până la 25 micrometri, 50, 100, sau 150 micrometri.

Capacitate: $100-700 \left[\frac{m^3}{h} \right]$

MicroKill UV

MicroKill UV distruge sau inactivează bioorganismele, inclusiv zooplanctonul, algele și bacteriile din apa de balast, fără a afecta operațiunile normale de la navă. Apa de balast este tratată atât în timpul operațiunilor de balastare cât și de debalastare, pentru protecție maximă.

Capacitate: $100-3000 \left[\frac{m^3}{h} \right]$

Putere: $1,2-58 \text{ [kW]}$

Sistemul este dotat cu panou de control pentru tratarea cu ultraviolete. Acesta monitorizează și înregistrează performanțele sistemului, urmărește ca toată apa care trece prin camera cu ultraviolete să primească cel puțin doza minimă de UV.

Sistemul a fost instalat la bordul navei C/S Regal Princess. Instalarea s-a realizat în by-pass, după pompele de balast [48]:

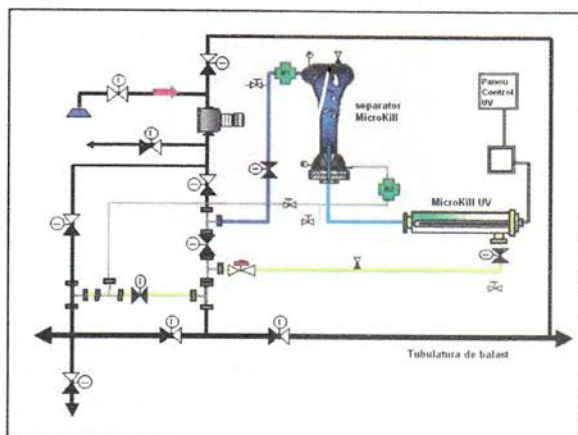


Fig. 1.5. Schema instalației de filtrare și iradiere cu ultraviolete, Echipamente Microkill [OptiMarin]

1.3. Metoda de tratare a apei de balast prin deoxigenare

Deoxigenarea constă în insuflarea nitrogenului sau a gazelor de evacuare în apa de balast pentru a reduce conținutul de oxigen.

Metoda propusă de **NEI Treatment Systems** utilizează în procesul de deoxigenare **gazul inert** în locul nitrogenului. Exploatănd capacitatea monoxidului de carbon de a îngloba molecule de oxigen, se ajunge la distrugerea organismelor invadatoare datorită lipsei de oxigen din apa de balast. Drept gaze inerte se utilizează gazele arse de la caldarine sau gazele obținute de la generatoare independente.

Procesul de deoxigenare se poate realiza într-un sistem de tratare a apei de balast, numit **Venturi Oxygen Stripping (VOS)**, special proiectat pentru a împiedica transportarea speciilor acvatice și a încetini coroziunea tancurilor de balast. VOS reprezintă o tehnologie ce înlătură rapid 95% din oxigenul dizolvat în apa de balast [68]. Odată cu deoxigenarea este încetinită coroziunea tancurilor de balast.

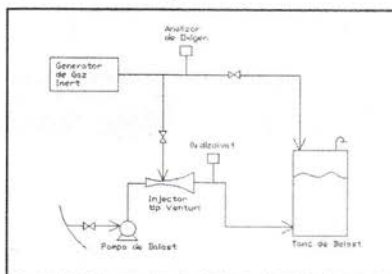


Fig. 1.6. Sistemul de deoxigenare VOS [68]

În figura de mai jos este prezentat gradul de reducere a coroziunii în urma tratamentelor de deoxigenare aplicate atât apei cât și aerului din tancurile de balast.

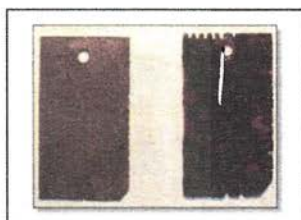


Fig. 1.7. Procesul de încetinire a ruginirii pereților tancurilor este redus în 270 zile cu 85% [106]

Deoxigenarea nu a primit undă verde din cauza eșecului în a ucide organismele rezistente în mediul sărac în oxigen. Metoda de deoxigenare a apei de balast merită folosită ca tratament, cel puțin până când legislația internațională va impune uciderea în totalitate a organismelor din apa de balast.

1.4. Metoda de tratare a apei de balast cu biocide

Firma Alfa Laval a dezvoltat o metodă de tratare a apei de balast numită PureBallast care include una sau mai multe unități de tratare, AOT (Advanced Oxidation Technology), ce vor trata apa de balast cu radicali hidroxil atât în timpul procesului de balastare cât și de debalastare. Tratarea apei de balast cu instalația Pure Ballast se desfășoară în două stadii: pre-tratare și tratare finală.

În timpul balastării (fig. 1.8.) apa trece printr-un filtru mecanic pentru a elimina organismele mari. Apoi apa este condusă prin unitatea AOT, care produce radicali de OH ce distrug membranele organismelor care au trecut de filtre. Sedimentarea organismelor în tancul de balast este evitată datorită prefiltrării, iar la orice înfundare a filtrelor apa este returnată în ocean în timpul balastării, printr-un mecanism de spălare a filtrelor.

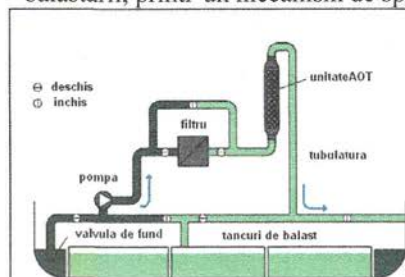


Fig. 1.8. Tratarea pe timpul balastării [90]

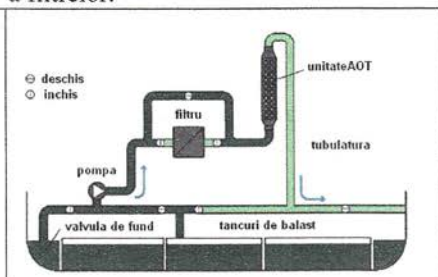


Fig. 1.9. Tratarea pe timpul debalastării [90]

În timpul debalastării (fig.1.9.) apa trece din nou prin unitatea AOT, pentru a distruge organismele care au supraviețuit tratării și s-au dezvoltat pe timpul voajului. Filtarea este by-pass-ată, pentru a evita înfundarea filtrelor, respectiv

rămânerea în tanc a organismelor. Astfel se elimină riscul contaminării prin filtrare, pe timpul deballastării.

Echipamentul a fost instalat pe nava MV Don Quijote, în anul 2003. În urma testelor [75], s-a obținut o rată de tratare de $25 \left[\frac{m^3}{h} \right]$.

Unitățile AOT conțin catalizatori de dioxid de titan care generează radicali de hidroxil (OH), în prezența luminii. Acești radicali, a căror durată de viață este de câteva milisecunde, distrug membrana microorganismelor fără a folosi substanțe chimice sau a crea reziduuri periculoase [75].

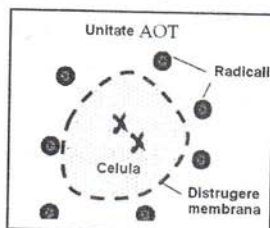


Fig. 1.10. Acțiunea radicalilor OH asupra membranei microorganismelor[90]

Eficiența demonstrată [75] în urma testării pilot a instalației PureBallast arată că standardele cerute de IMO sunt îndeplinite.

Soluțiile de reducere a poluării prin apa de balast prezentate mai sus, pentru a putea fi aplicate la bordul navelor trebuie studiate din mai multe puncte de vedere. Astfel, o tehnologie de tratare a apei de balast pentru a fi avantajoasă trebuie să îndeplinească următoarele criterii:

- Eficiență în uciderea potențialilor invadatori;
- Siguranță pentru membrii echipajului;
- Să nu afecteze mediul înconjurător;
- Cost permisibil pentru armatori.

Primele trei criterii au fost abordate în prezentul capitol urmând ca în capitolul 2 să fie analizate tehnologiile de tratare din punctul de vedere al costurilor pe care le vor plăti armatorii pentru instalarea și utilizarea la bordul navelor a uneia dintre aceste tehnologii.

**CONTRIBUȚII PROPRII PRIVIND REDUCEREA POLUĂRII
PRODUSE DE INSTALAȚIILE DE BALAST ALE NAVELOR
MARITIME. CALCULAREA COSTURILOR APLICĂRII METODELOR
DE TRATARE A APEI DE BALAST ȘI A RENTABILITĂȚII
UTILIZĂRII ACESTORA**

2. Calculul costurilor de aplicare a soluțiilor de tratare a apei de balast la bordul navei

Pentru elaborarea acestei lucrări m-am documentat timp de o lună și jumătate la bordul unei nave comerciale de tip port-container, în perioada februarie-martie 2007. În cele ce urmează voi folosi pentru a calcula costurile aplicării soluțiilor de tratare a apei de balast, caracteristicile echipamentelor instalate la bordul acestei nave extrase din documentația navei:

- Navă de tip port-container cu 19 tancuri de balast cu o capacitate totală a tancurilor de balast:

$$V_{TOT} = \sum_{i=1+19} V_i = 17285 [m^3] \quad (2.1)$$

- nava, în timp de un an (decembrie 2005- noiembrie 2006) a introdus în tancurile de balast următorul volum (volumul total de balast schimbat), $[m^3/an]$, astfel:

$$V_{T-S} = \sum_{i=1+19} V_i^{IN} = 123345 [m^3/an] \quad (2.2)$$

- dacă ar fi fost dotată cu o instalație de tratare a apei de balast, volumul total de balast tratat într-o perioadă de un an, ar fi fost:

$$V_{T-T} = 92484 [m^3/an] \quad (2.3)$$

Această valoare a rezultat din volumul total de balast schimbat la navă în decurs de un an scăzând cantitatea de balast înlocuită înainte de intrarea în port. În tabelul de mai jos sunt prezentate volumele apei de balast în $[m^3]$, introduse în fiecare tanc de balast $[T_1 - T_{19}]$, pentru o perioadă de un an.

Tabel 2.1. Cantitățile totale de balast introduse în fiecare tanc

Nr.tk	T 1 (m ³)	T 2 (m ³)	T 3 (m ³)	T 4 (m ³)	T 5 (m ³)	T 6 (m ³)	T 7 (m ³)	T 8 (m ³)	T 9 (m ³)	T 10 (m ³)	T 11 (m ³)	T 12 (m ³)	T 13 (m ³)	T 14 (m ³)	T 15 (m ³)	T 16 (m ³)	T 17 (m ³)	T 18 (m ³)	T 19 (m ³)
T1																			
T2																			
T19																			
123345 (m ³)	3269	19686	9833	10218	11630	13633	2645	2610	2647	1143	1167	2618	2618	2426	9918	6458	7724	7741	5361

2.1. Modelul matematic general de calcul al costurilor

Costurile reprezintă consumuri de resurse determinate de desfășurarea unei activități, exprimate monetar. Aceste resurse pot fi de materii prime, personal, capacități de producție, etc.

Pentru a calcula costul aplicării soluțiilor de tratare a apei de balast trebuie să ne hotărâm de la început asupra unității de măsură (Eur/tona marfă transportată, Eur/m³ de balast tratat, Eur/an) pe care dorim să o folosim, [35]. Orice unitate de măsură am alege, la numitor vom cuprinde toate trăsăturile de calitate ale operațiunii de tratare a apei de balast, iar la numărător se află costul tuturor eforturilor pe care le facem pentru a respecta cerințele de calitate.

Calculul costului total este efectuat pentru o perioadă de un an. Structura costului cuprinde trei termeni principali [18],[36],[38],[39],[40],[41]:

$$C_T = C_{inv} + C_C + C_{EI} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right] \quad (2.4)$$

unde:

- C_T - cost total;
- C_{inv} - cost investițional;
- C_C - cost consumabile;
- C_{EI} - cheltuieli de exploatare și întreținere.

Costul pe care îl voi obține în urma calculului va fi un cost unitar, exprimat în $\left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right]$ de balast tratat. Pentru aceasta costul total exprimat în $\left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]$, va fi raportat la volumul total de balast schimbat/ tratat într-o perioadă de un an, exprimat în $v \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}} \right]$ astfel:

$$C_U \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right] = \frac{C_T \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]}{v \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}} \right]} \quad (2.5)$$

Înainte de prezentarea costurilor facem următoarele specificări:

Ipozeza 1 Consider că întreținerea instalației de balast nu necesită pregătire suplimentară și poate fi efectuată de către personalul calificat în timpul orelor de program; de aceea costurile de întreținere ale instalației nu se vor regăsi în costul unitar de tratare al apei de balast;

Ipozeza 2 Cazarea și hrana fiecărui membru de echipaj sunt incluse în diurnă; din acest motiv aceste cheltuieli nu apar ca fiind costuri individuale;

- **Costul investițional** a fost calculat ținând cont că echipamentul instalat este în primul an de funcționare, și este compus din costul de achiziție și cheltuielile de instalare;

$$C_{inv} = C_{ac} + C_{inst} \left[\text{Eur} \right] \quad (2.6)$$

Pentru a include costul investițional în costul total anual, va trebui să calculăm amortizarea anuală. Această amortizare anuală $A \left[\frac{\text{Euro}}{\text{an}} \right]$, o vom

obține raportând valoarea totală a investiției C_{inv} [Eur] la termenul de amortizare T [ani].

$$A \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right] = \frac{C_{inv} [\text{Eur}]}{T [\text{ani}]} \quad (2.7)$$

$$A \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right] = \frac{C_{ac} + C_{inst} [\text{Eur}]}{T [\text{ani}]} \quad (2.8)$$

- **Costul consumabilelor** este alcătuit din costul energiei (utilizate pentru funcționarea pompelor de balast și a echipamentelor de tratare a apei de balast), costul substanțelor chimice (folosite pentru tratarea balastului prin dezinfectare), costul combustibilului (utilizat pentru producerea gazelor de evacuare sau a gazului inert necesar pentru tratarea apei de balast prin deoxigenare);

$$C_C = C_{en} + C_{s-chi} + C_{cb} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right] \quad (2.9)$$

Notă: costul per kWh produs la bordul navei a fost calculat de Termo King Corporate [114] pentru combustibilul HFO/ ILO; având în vedere costul actual de 450 USD tona metrică de combustibilul [95], și cursul de schimb din noiembrie 2009 de 1 Euro = 1,5 USD, am calculat costul mediu al unui kWh.

Pentru a calcula costul energiei C_{en} [Eur/an], considerăm prețul unui kWh = 0,10 [Euro] și mai avem nevoie de următoarele date:

- puterea echipamentului respectiv: P [kW];
- volumul total de balast tratat/ schimbat într-un an: V_T [m³/an];
- capacitatea de tratare a apei de balast echipamentului respectiv: R_t [m³/h].

Astfel consumul total de energie electrică kWh per an va fi:

$$N_T \left[\frac{\text{kWh}}{\text{an}} \right] = P [\text{kW}] \cdot \frac{V_T \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}} \right]}{R_t \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]} \quad (2.10)$$

iar costul total al energiei consumate pentru tratarea volumului V_T [m³/an], cu ajutorul instalației respective, va fi:

$$C_{en} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right] = 0,10 \left[\frac{\text{Eur}}{\text{kWh}} \right] \cdot N_T \left[\frac{\text{kWh}}{\text{an}} \right] \quad (2.11)$$

$$C_{en} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right] = 0,10 \left[\frac{\text{Eur}}{\text{kWh}} \right] \cdot P [\text{kW}] \cdot \frac{V_T \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}} \right]}{R_t \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]} \quad (2.12)$$

Pentru a calcula costul substanțelor chimice utilizate C_{s-chi} [Eur/an], considerăm prețul unui kg de dezinfectant = Y [Euro], și mai avem nevoie de următoarele date:

- consumul de substanțe chimice dezinfectante, necesare pentru a trata 1 m³ de balast: R_{s-chi} [kg/m³];

- volumul total de balast tratat într-un an: $V_T \left[\frac{m^3}{an} \right]$;

Astfel consumul total de substanțe chimice per an va fi:

$$N_{s-chi} \left[\frac{kg}{an} \right] = R_{s-chi} \left[\frac{kg}{m^3} \right] V_T \left[\frac{m^3}{an} \right] \quad (2.13)$$

iar costul total al substanțelor chimice consumate pentru tratarea volumului $V_T \left[\frac{m^3}{an} \right]$, cu ajutorul instalației respective, va fi:

$$C_{s-chi} \left[\frac{Eur}{an} \right] = Y \left[\frac{Eur}{kg} \right] N_{s-chi} \left[\frac{kg}{an} \right] \quad (2.14)$$

$$C_{s-chi} \left[\frac{Eur}{an} \right] = Y \left[\frac{Eur}{kg} \right] R_{s-chi} \left[\frac{kg}{m^3} \right] V_T \left[\frac{m^3}{an} \right] \quad (2.15)$$

Pentru a calcula costul combustibilului utilizat pentru producerea gazului inert, necesar funcționării instalației de deoxigenare $C_{cb} \left[\frac{Eur}{an} \right]$, considerăm prețul unei tone de combustibil greu (HFO-IFO 380) = 450 USD/t [95] și mai avem nevoie de următoarele date:

- consumul de combustibil al echipamentului ce va produce gazul inert necesar tratării balastului respectiv, exprimat în $N_{cb} \left[\frac{tone}{h} \right]$;

- capacitatea echipamentului de tratare a apei: $R_{cb} \left[\frac{m^3}{h} \right]$;

- volumul total de balast tratat într-un an: $V_T \left[\frac{m^3}{an} \right]$.

1. Calculăm numărul de ore de funcționare a echipamentului, cu ajutorul volumului total de balast și capacității de tratare:

$$Nr \left[\frac{h}{an} \right] = \frac{V_T \left[\frac{m^3}{an} \right]}{R_{cb} \left[\frac{m^3}{h} \right]} \quad (2.16)$$

2. Calculăm consumul total de combustibil necesar pentru tratarea volumului $V_T \left[\frac{m^3}{an} \right]$:

$$N_{T-cb} \left[\frac{tone}{an} \right] = N_{cb} \left[\frac{tone}{h} \right] \cdot Nr \left[\frac{h}{an} \right] \quad (2.17)$$

3. Costul total al combustibilului consumat pentru tratarea volumului $V_T \left[\frac{m^3}{an} \right]$, cu ajutorul echipamentului respectiv, va fi:

$$C_{cb} \left[\frac{Eur}{an} \right] = C_{cb-U} \left[\frac{Eur}{tone} \right] \cdot N_{T-cb} \left[\frac{tone}{an} \right] \quad (2.18)$$

$$C_{cb} \left[\frac{Eur}{an} \right] = 300 \left[\frac{Eur}{tone} \right] \cdot N_{cb} \left[\frac{tone}{h} \right] \cdot Nr \left[\frac{h}{an} \right] \quad (2.19)$$

• **Cheltuielile de exploatare și întreținere** au fost calculate din costurile pieselor de schimb, cheltuielile de întreținere și exploatare efectivă ale echipamentului respectiv, cheltuielile cu pregătirea personalului, acolo unde este cazul;

$$C_{EI} = C_p + C_{main} + C_{ech} \left[\frac{Eur}{an} \right] \quad (2.20)$$

Pentru a calcula costurile pieselor C_p , știind că este necesar ca piesele să se înlocuiască la un anumit număr de ore de funcționare, calculăm numărul de ore de funcționare a echipamentului respectiv în decurs de un an, cunoscând:

- capacitatea de tratare a apei de balast a echipamentului respectiv, $R \left[\frac{m^3}{h} \right]$;
- volumul total de balast tratat într-un an $V_T \left[\frac{m^3}{an} \right]$;

Atunci, numărul de ore de funcționare a echipamentului într-un an, va fi:

$$Nr \left[\frac{h}{an} \right] = \frac{V_T \left[\frac{m^3}{an} \right]}{R \left[\frac{m^3}{h} \right]} \quad (2.21)$$

Știind că la $nr_{ore \text{ / piesa}}$ se schimbă piesa B_1 , (notăm cu B_{1-x} , toate piesele care se vor schimba în timp de un an, în cadrul unei metode de tratare), în valoare de $B^1 \left[\frac{Eur}{buc} \right]$, (notăm cu B^{1-x} , toate costurile individuale ale pieselor care se vor schimba în timp de un an, în cadrul unei metode de tratare), calculăm câte piese din tipul respectiv se schimbă pe an:

$$N_p \left[\frac{buc}{an} \right] = \frac{Nr \left[\frac{h}{an} \right]}{nr \left[\frac{h}{buc} \right]} \cdot X \quad (2.22)$$

unde X – numărul de piese din tipul respectiv, existente în funcționare la navă; și, care este costul pieselor respective:

$$C_{pB_1} \left[\frac{Eur}{an} \right] = N_p \left[\frac{buc}{an} \right] \cdot B^1 \left[\frac{Eur}{buc} \right] = N_p \cdot B^1 \left[\frac{Eur}{an} \right] = \frac{V_T \left[\frac{m^3}{an} \right]}{R \left[\frac{m^3}{h} \right]} \cdot \frac{h}{nr \left[\frac{h}{buc} \right]} \cdot X \cdot B^1 \left[\frac{Eur}{buc} \right] \quad (2.23)$$

Costul total al pieselor de schimb va fi:

$$C_p \left[\frac{Eur}{an} \right] = C_{pB_1} + C_{pB_2} + \dots + C_{pB_x} \quad (2.24)$$

Costurile cu salariile echipajului, pentru metodele care solicită supraveghere suplimentară din partea echipajului, le-am calculat ținând cont de:

- salariul per oră al persoanei care se ocupă de exploatarea sau întreținerea echipamentului respectiv:

$$D_h \left[\frac{Eur}{h} \right] = \frac{D \left[\frac{Eur}{luna} \right]}{h \left[\frac{ore}{zi} \right] \cdot z \left[\frac{zi}{luna} \right]} = \frac{D \left[\frac{Eur}{luna} \right]}{8 \left[\frac{ore}{zi} \right] \cdot 30 \left[\frac{zi}{luna} \right]} = \frac{D}{240} \left[\frac{Eur}{h} \right] \quad (2.25)$$

- timpul de funcționare a echipamentului, $Nr \left[\frac{h}{an} \right]$,

și am obținut cheltuielile cu echipajul:

$$C_{ech} \left[\frac{Eur}{an} \right] = Nr \left[\frac{h}{an} \right] \cdot D_h \left[\frac{Eur}{h} \right] \quad (2.26)$$

Pentru echipamentele a căror utilizare necesită personal calificat în mod special, am considerat suportarea de către companie a cursurilor necesare pentru doi membri ai echipajului.

Unitatea de măsură finală, în care va fi exprimat costul unitar al aplicării fiecărei soluții de tratare a apei de balast, este Euro per m^3 de balast tratat:

$$C_U \left[\frac{Eur}{m^3} \right] = \frac{C_T \left[\frac{Eur}{an} \right]}{V_T \left[\frac{m^3}{an} \right]} = \frac{C_T}{V_T} \left[\frac{Eur}{m^3} \right] \quad (2.27)$$

2.2. Aplicarea modelului matematic pentru soluțiile de tratare alese

Pentru a calcula costurile unitare pentru aplicarea soluțiilor de tratare a apei de balast am introdus modelul matematic detaliat mai sus într-o simulare numerică realizată în programul Excel. Calculul este prezentat în această lucrare atât detaliat cât și sub forma de foi de calcul, ca anexe ale tezei.

Interfața foii de calcul se prezintă astfel:

Calculul costului unitar de tratare a apei de balast

Costul unitar exprimat în [Eur/m ³] este obținut prin raportarea costului total de implementare la bordul navei a metodei de tratare [Eur/an], raportat la volumul total de balast tratat în decursul unui an [m ³ /an]	[Eur/m ³]			
	MSIAB	MTHIU	MTDAB	MTBAB
	0.12	0.435	0.589	0.741

Categoriile de costuri ce alcătuiesc costul total				
Costul investițional a fost calculat ținând cont că echipamentul instalat este în primul an de funcționare, și este compus din costul de achiziție, cheltuielile de instalare și costuri suplimentare	[Eur/an]			
	MSIAB	MTHIU	MTDAB	MTBAB
	10000	35013.33	47333.33	60000
Costul consumabilelor este alcătuit din costul energiei, costul substanțelor chimice, costul combustibilului	[Eur/an]			
	MSIAB	MTHIU	MTDAB	MTBAB
	2253.19	1692.823	4640.768	6005.4
Cheltuielile de exploatare și întreținere au fost calculate din costurile pieselor de schimb, cheltuielile de întreținere și exploatare efectivă ale echipamentului respectiv, cheltuielile cu pregătirea personalului, acolo unde este cazul;	[Eur/an]			
	MSIAB	MTHIU	MTDAB	MTBAB
	2599.2	3514.39	2548.1	2548.1

Volumul total introdus în tancurile de balast ale navei, în decurs de un an	[m ³ /an]			
	123345			
	246690			

Volumul total de balast tratat într-o perioadă de un an dacă nava ar fi fost dotată cu o instalație de tratare a apei de balast	[m ³ /an]			
	92484			
	184968			

266.589



Costul investițional

	Cost total	Per amortizare	Cost per an	
Cost achiziție	500000	10	50000	
Cheltuielile de inst	60000	10	6000	
Costuri suplimentare	0	10	0	
			56000	37333.3333

Costul Consumabilelor

	Caractere ristici echip.	Capacitate de tratare R	Consum ul total N	Costul total per an
Costul energiei / pompele de balast	45	500	22202.1	2220.21
Costul energiei / antifouling	5	1870	329.80	32.98
Costuri suplimentare				0.07
Costul energiei / unitate UV	0.128	350	33.82272	3.382272
Costul energiei / echip. deoxigenare	25	1000	2312.1	231.21
Costul combustibil/ gaz inert	100	1000	9248.4	2720.11765

	Cost
Costul unui kwh [Eur]	0.1
Pretul per tona combustibil greu HFO 380 [USD]	450
Curs de schimb USD - Eur	1.5
Pretul per litru de combustibil [Eur]	0.29

Cheltuielile de exploatare și întreținere

Cost piese de schimb	Ore fct echip.	Durata de viața per piesa	Nr de piese de același fel	Cost per piesa	Costul total al pieselor
Cost piese schimb / inst balast					406.7
Cost piese schimb / unitate UV	264.24	1000	16	130	549.6192

NOTA: Variabilele sunt în celulele albastre

2.2.1. Costurile aplicării metodei secvențiale de înlocuire a apei de balast MSIAB

Costul investițional cuprinde costurile pompelor de balast, ale conductelor ce compun instalația de balast și ale echipamentului anti-fouling [122] în valoare totală de aproximativ 100 000[Eur].

Amortizarea anuală A [Eur/an] o vom obține din costul investițional C_{inv} [Eur] raportat la termenul de amortizare $T=10$ [ani].

$$A = \frac{C_{inv}[\text{Eur}]}{10[\text{ani}]} = \frac{100000[\text{Eur}]}{10[\text{ani}]} = 10000 \text{Eur}/\text{an} \quad (2.28)$$

Costul consumabilelor va fi compus din costurile energiei utilizate pentru funcționarea instalației de balast compusă din pompele de balast și echipamentul anti-fouling:

$$C_c = C_{en}^{pp} + C_{en}^{a-f} [\text{Eur}/\text{an}] \quad (2.29)$$

$$C_c = C_{en}^{pp} + C_{en}^{a-f} = 2220,21 [\text{Eur}/\text{an}] + 32,98 [\text{Eur}/\text{an}] = 2253,19 [\text{Eur}/\text{an}] \quad (2.30)$$

Costurile de întreținere și exploatare sunt alcătuite din costul pieselor de schimb și cheltuielile cu echipajul. Piesele de schimb pot fi înlocuite la un anumit număr de ore de funcționare, iar altele vor fi înlocuite în caz de deteriorare.

$$C_{EI} = C_p + C_{ech} [\text{Eur}/\text{an}] \quad (2.31)$$

$$C_{EI} = C_p + C_{ech} = 542,42 + 2052,46 = 2594,88 \text{Eur}/\text{an} \quad (2.32)$$

Costul total al aplicării metodei secvențiale de înlocuire a apei de balast

$$C_T = A + C_c + C_{EI} = 10000 + 2253,19 + 2594,88 = 14848,07 \text{Eur}/\text{an} \quad (2.33)$$

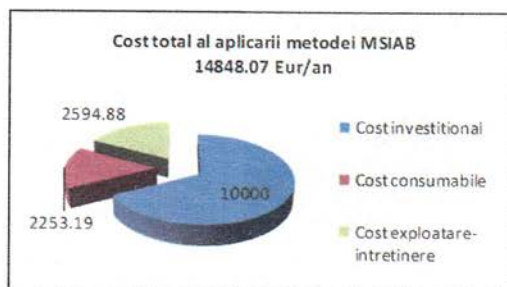


Fig. 2.1. Costul total al aplicării metodei MSIAB

Costul unitar de înlocuire a apei de balast prin metoda secvențială, calculat în $\left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3}\right]$ va fi:

$$C_U \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3}\right] = \frac{C_T \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}}\right]}{V_T \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}}\right]} = \frac{14848,07 \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}}\right]}{123345 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}}\right]} \approx 0,12 \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3}\right] \quad (2.34)$$

2.2.2. Costurile aplicării metodei de tratare prin filtrare/ hidrociclonaire și iradiere cu ultraviolete MTHIU

Costul investițional este compus din [76]: costul de achiziție $C_{ac} = 199600\$,$ costul manoperei echipei care a realizat instalarea propriu-zisă $C_{inst} = 108700\$,$ și cheltuielile suplimentare $C_S = 66900\$.$ Aceste costuri ale echipamentelor de tratare prin hidrociclonaire și iradiere cu ultraviolete le adăugăm la costurile instalației de balast deja existente $C_{inv}^{BW+AF} = 100000$ Eur

$$A = \frac{C_{inv-T} [Eur]}{10 [ani]} = \frac{350133,33 [Eur]}{10 [ani]} = 35013,33 Eur/an \quad (2.35)$$

Costul consumabilelor este alcătuit din costul energiei utilizate pentru funcționarea instalației de balast și a unității de tratare cu ultraviolete;

$$C_C = C_{en}^{i-b} + C_{en}^{UV} [Eur/an] \quad (2.36)$$

$$C_C = C_{en}^{i-b} + C_{en}^{UV} = 1688,44 + 3,38 = 1692,82 Eur/an \quad (2.37)$$

Cheltuielile de exploatare și întreținere au fost calculate din costurile pieselor de schimb, cheltuielile de întreținere și exploatare efectivă ale echipamentului respectiv, cheltuielile cu pregătirea personalului acolo unde este cazul;

$$C_{EI} = C_p + C_{main} + C_{ech} [Eur/an] \quad (2.38)$$

$$C_{EI} = C_p + C_{main}^{HC} + C_{ech} = 926,7 + 417 + 2139,2 = 3482,9 [Eur/an] \quad (2.39)$$

Costul total al aplicării metodei de tratare prin hidrociclonaire și iradiere cu ultraviolete este:

$$C_t = A + C_c + C_{EI} = 35013,33 + 1692,82 + 3482,9 = 40189,05 [Eur/an] \quad (2.40)$$

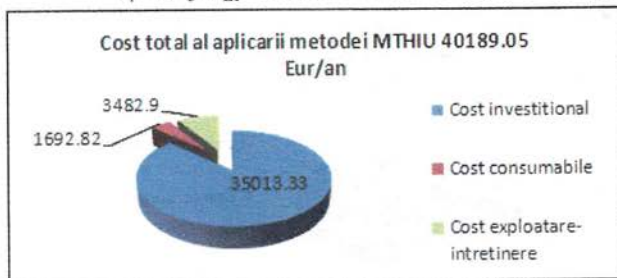


Fig. 2.2. Costul total al aplicării metodei MTHIU

Costul unitar al aplicării soluției de tratare a apei de balast prin hidrociclonaire și iradiere cu ultraviolete în Euro per m^3 de balast tratat $[Eur/m^3]$, se va obține astfel:

$$C_{unitar} = \frac{C_t}{V_{total-tratat}} = \frac{40189,05 [Eur/an]}{92484 [m^3/an]} \approx 0,435 [Eur/m^3] \quad (2.41)$$

2.2.3. Costurile aplicării metodei de tratare prin deoxigenare MTDAB

Costul investițional a fost calculat ținând cont că echipamentul instalat este în primul an de funcționare, și este compus din costul de achiziție $c_{ac} = 500000\$$, cheltuielile de instalare $c_{inst} = 60000\$$ [88] la care adăugăm la costurile instalației de balast deja existente $c_{inv}^{BW+AF} = 100000$ Eur. Amortizarea anuală $A[\text{Eur}/\text{an}]$ o vom obține din costul investițional $C_{inv}[\text{Eur}]$ raportat la termenul de amortizare T [ani].

$$A = \frac{C_{inv} - T \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]}{T \left[\text{ani} \right]} = \frac{473333.33 \text{ Eur}}{10 \text{ ani}} = 47333.33 \text{ Eur}/\text{an} \quad (2.42)$$

Costul consumabilelor este alcătuit din costul energiei utilizate de instalația de balast și echipamentul de deoxigenare și costul combustibilului utilizat de echipamentul de deoxigenare;

$$C_C = C_{en} + C_{cb} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right] \quad (2.43)$$

$$C_C = C_{en}^{i-h} + C_{en}^{d-oxy} + C_{cb} = 4640.76 \text{ Eur}/\text{an} \quad (2.44)$$

Cheltuielile de exploatare și întreținere au fost calculate ținând cont de costurile pieselor de schimb, cheltuielile de întreținere și exploatare efectivă ale echipamentului respectiv și cheltuielile cu pregătirea personalului acolo unde este cazul;

$$C_{EI} = C_p + C_{ech} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right] \quad (2.45)$$

$$C_{EI} = C_p + C_{ech} = 406.70 + 2139.2 = 2545.9 \text{ Eur}/\text{an} \quad (2.46)$$

Costul total al aplicării metodei de tratare prin deoxigenare va fi:

$$C_T = A + C_C + C_{EI} = 47333.33 + 4640.76 + 2545.9 = 54519.99 \text{ Eur}/\text{an} \quad (2.47)$$

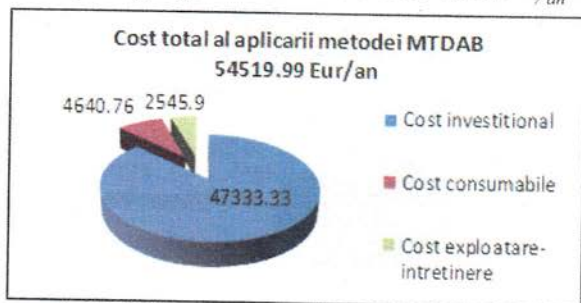


Fig. 2.3. Costul total al aplicării metodei MTDAB

Costul unitar al aplicării metodei de tratare a apei de balast prin deoxigenare, în Euro per m^3 de balast tratat $\left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right]$, se va obține astfel:

$$C_U = \frac{C_T \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]}{V_{T-T} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}} \right]} = \frac{54519.99 \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]}{92484 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}} \right]} \approx 0.589 \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right] \quad (2.48)$$

2.2.4. Costurile aplicării metodei de tratare cu biocide MTBAB

Costul investițional a fost calculat ținând cont că echipamentul instalat este în primul an de funcționare; Producătorul, Alfa Laval, vinde sistemul complet, inclusiv instalarea acestuia, la prețul de 500000Eur. Acest cost îl adăugăm la costurile instalației de balast deja existente $C_{inv}^{BW+AF} = 100000$ Eur. Amortizarea anuală A [Eur/an] o calculăm din C_{inv-T} de 600000 [Euro] valoarea totală a echipamentului raportată la termenul de amortizare $T = 10$ [ani].

$$A = \frac{C_{inv-T} [Eur]}{10 [ani]} = \frac{600000 Eur}{10 ani} = 60000 Eur/an \quad (2.49)$$

Costul consumabilelor este alcătuit din costul energiei utilizate pentru funcționarea instalației de balast c_{en} , costul lămpilor utilizate pentru producerea radicalilor OH C_{lampi}^{P-B} , costul pieselor de schimb C_{piese}^{P-B} și costul fluidului de tratare C_{CIP}^{P-B} ; Producătorul a aproximat costurile consumabilelor pentru operarea sistemului Pure Ballast la $0,07 \text{ USD}/m^3$.

$$C_C = C_C^{P-B} + C_{en}^{i-b} = 0,04666 \frac{Eur}{m^3} \cdot 92484 m^3/an + 1689,44 \frac{Eur}{an} = 6005,36 \frac{Eur}{an} \quad (2.50)$$

Cheltuielile de exploatare și întreținere au fost calculate din costurile pieselor de schimb C_p , cheltuielile de întreținere și exploatare efectivă ale echipamentului respectiv C_{EI}^{P-B} , cheltuielile cu pregătirea personalului C_{ech} acolo unde este cazul;

$$C_{EI} = C_p^{i-b} + C_{ech} = 406,70 + 2139,2 = 2545,9 \frac{Eur}{an} \quad (2.51)$$

Costul total al aplicării metodei de tratare cu biocide va fi:

$$C_T = C_{inv-T} + C_C + C_{EI} = 60000 + 6005,36 + 2545,9 = 68551,26 \frac{Eur}{an} \quad (2.52)$$

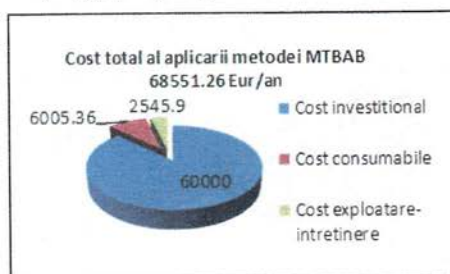


Fig. 2.4. Costul total al aplicării metodei MTBAB

Costul unitar al aplicării metodei de tratare a apei de balast prin sistemul Pure Ballast, în Euro per m^3 de balast tratat $\left[\frac{Eur}{m^3} \right]$, se va obține astfel:

$$C_U = \frac{C_T \left[\frac{Eur}{an} \right]}{V_{T-T} \left[\frac{m^3}{an} \right]} = \frac{68551,26 \left[\frac{Eur}{an} \right]}{92484 \left[\frac{m^3}{an} \right]} \approx 0,741 \left[\frac{Eur}{m^3} \right] \quad (2.53)$$

3. Analiza comparată cost/ calitate a metodelor de tratare a apei de balast

Modelul matematic al soluțiilor de tratare a apei de balast s-ar putea exprima prin ecuația polinomială $C(Q_1, \dots, Q_i) = 0$, unde [C] este o funcție polinomială reprezentând costul aplicării metodei de tratare iar $[Q_{1..i}]$ este variabila, reprezentată de trăsăturile de calitate ale metodei respective. O funcție polinomială are forma generală:

$$C(Q) = a_i Q^i + a_{i-1} Q^{i-1} + \dots + a_2 Q^2 + a_1 Q^1 + a_0 \quad (3.1)$$

Optimizarea matematică în cazul funcției de cost nu se poate realiza deoarece funcția nu este continuă. În secțiunea următoare se propune o soluție practică de compromis.

3.1. Compararea metodelor de tratare a apei de balast în funcție de raportul cost/ calitate

Pentru a putea compara două sau mai multe metode de tratare între ele nu este suficient să le comparăm doar costurile obținute în această lucrare (cap 2), ci este nevoie să ținem cont și de calitățile apei de balast rezultate. Pentru aceasta trebuie să identificăm parametrii de calitate ai echipamentului de tratare și ai apei de balast și apoi să comparăm metodele de tratare între ele, funcție atât de costuri cât și de acești parametri.

Astfel vom realiza compararea metodelor de tratare prin plasarea lor în diagrame comparative cost/calitate. În ordonatele acestor diagrame vor fi înscrise valorile costurilor obținute exprimate în $[Eur/m^3]$, iar în abscise vor fi înscrise pe rând trăsăturile de calitate [37]. Raportul cost calitate, notat cu CQR (cost to quality ratio) pentru fiecare metodă de tratare în parte se poate exprima cu relația $CQR = C/Q$, unde Q reprezintă parametrul de calitate al apei de balast rezultate sau al echipamentului utilizat.

Această legătură este reprezentată în Fig 3.1, unde ordonata C reprezintă costul „C” de tratare a apei de balast, pe când abscisa Q reprezintă parametrul de calitate.

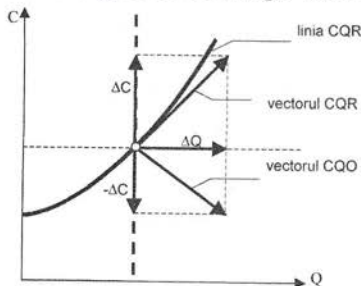


Fig 3.1. Diagrama cost/ calitate [37]

Linia CQR (raportul cost/calitate) este generată de însumarea vectorială a vectorului de variație a costului $\overline{\Delta C}$ cu vectorul de variație a calității $\overline{\Delta Q}$. Vectorul rezultat $\overline{CQR} = \overline{\Delta C} + \overline{\Delta Q}$ este întotdeauna tangent la linia CQR. Pentru a obține această linie va trebui să depășim dificultatea exprimării numerice a calității „Q” [37].

Putem trasa vectorul tendinței de reducere a costului $-\overline{\Delta C}$ și putem scrie ecuația vectorială:

$$-\overline{\Delta C} + \overline{\Delta Q} = \overline{CQO} \quad (3.2)$$

Vectorul rezultat \overline{CQO} este vectorul optimizării cost/calitate, care are tendința de a reduce costul de tratare a apei de balast „C” și de a mări calitatea apei de balast sau a echipamentului de tratare „Q”.

Aceasta înseamnă că cele patru metode de tratare a apei de balast vor fi amplasate pe diagrama C(Q) în puncte diferite. Cele aflate deasupra liniei CQR arată că metodele respective de tratare a apei de balast se află în zona neprofitabilă, pe când metodele de tratare aflate sub linia CQR se află în zona competitivă. Care dintre metodele de tratare a apei de balast vor fi alese de către cumpărător este o problemă ce depinde de posibilitățile sale materiale și de calitatea dorită.

3.2. Parametrii de calitate pentru tratarea apei de balast

În vederea realizării unei analize comparate a metodelor de tratare a apei de balast am identificat câteva trăsături de calitate. Unele dintre acestea pot fi cuantificate procentual (ex. Rata de dezinfectie) sau în număr de zile cum este perioada necesară echipamentului pentru tratarea apei de balast. Altele nu pot fi cuantificate și de aceea am făcut o clasificare a lor, prin alocarea de stele (o stea reprezintă nivelul minim iar trei stele reprezintă nivelul maxim pozitiv în ceea ce privește tratarea apei de balast). Parametrii de calitate în funcție de care se va realiza analiza comparată cost/ calitate sunt următorii:

- Q₁ Rata de dezinfectie a apei de balast R [%]
- Q₂ Timpul economisit în urma tratării apei de balast T [zile]
- Q₃ Siguranță în operarea instalațiilor de tratare a apei de balast*
- Q₄ Eficiență în protejarea mediului ambiant*
- Q₅ Eficacitate în uciderea organismelor și microorganismelor*
- Q₆ Ușurința în exploatarea echipamentelor*

3.3. Diagrama comparativă cost/calitate pentru soluțiile analizate

În cele ce urmează voi face o analiză comparată a metodelor de tratare a apei de balast prin reprezentarea grafică a soluțiilor în diagrame Cost/ Calitate. Costul unitar de tratare exprimat în [Eur/m³] va fi reprezentat pe axa OC (pe ordonată) și este costul obținut în urma aplicării modelului matematic general pentru cele patru metode de tratare a apei de balast analizate. Pe axa OQ (pe abscisă) vor fi reprezentate pe rând trăsăturile de calitate pentru tratarea apei de balast.

Metoda analizată	Q₁ Rata de dezinfecție a apei de balast R [%]
MSIAB	Teoretic = 95%. Practic [77] 70%
MTHIU	În funcție de gradul de iradiere aplicată se poate obține o rată de dezinfecție mai mare de 99% [49].
MTDAB	Institutul de Cercetări Marine din Monterey Bay [105], majoritatea speciilor (>80%) nu rezistă într-un mediu sărac în oxigen.
MTBAB	Rezultatele obținute de producători [AlfaLaval] arată o rată de dezinfecție de 99%.

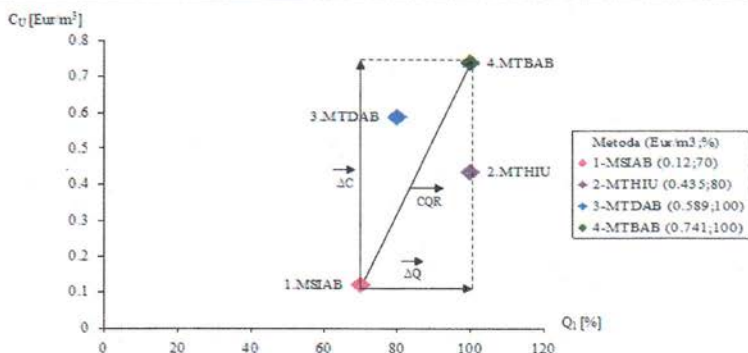


Fig 3.2. Analiza comparată cost/ calitate a soluțiilor de tratare a apei de balast funcție de rata de dezinfecție

Metoda analizată	Q₂ Timpul economisit în urma tratării apei de balast T [zile]
MSIAB	$T_1 \approx 19$ zile
MTHIU	$T_1 \approx 15$ zile
MTDAB	$T_1 \approx 17$ zile
MTBAB	$T_1 \approx 3$ zile

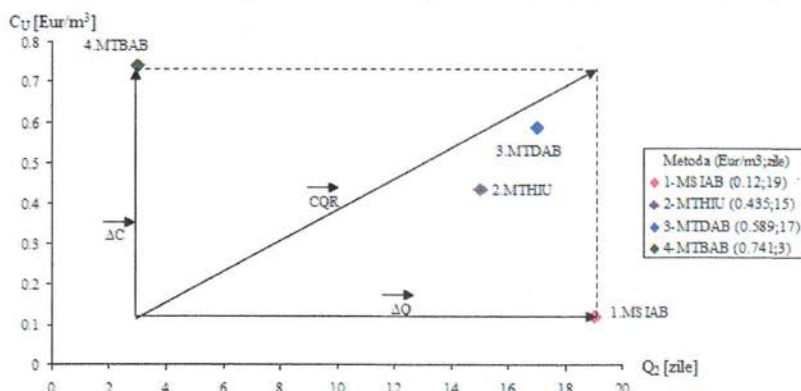


Fig 3.3. Analiza comparată cost/ calitate a soluțiilor de tratare a apei de balast funcție de timpul economisit în urma tratării apei de balast

Metoda analizată	Q ₃ Siguranță în operarea instalațiilor
MSIAB	Rating: *
MTHIU	Rating: ***
MTDAB	Rating: **
MTBAB	Rating: **

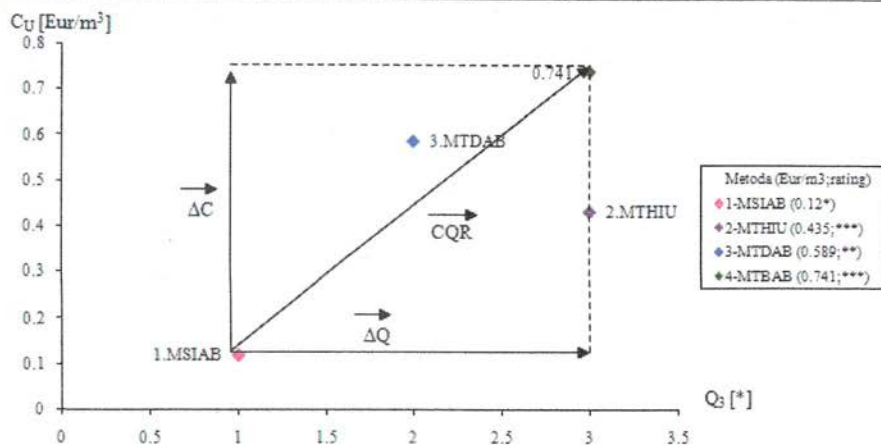


Fig. 3.4. Analiza comparată cost/calitate a soluțiilor de tratare a apei de balast funcție de siguranța în operarea instalațiilor

Metoda analizată	Q ₄ Eficiență în protejarea mediului ambiant
MSIAB	Rating: *
MTHIU	Rating: ***
MTDAB	Rating: **
MTBAB	Rating: **

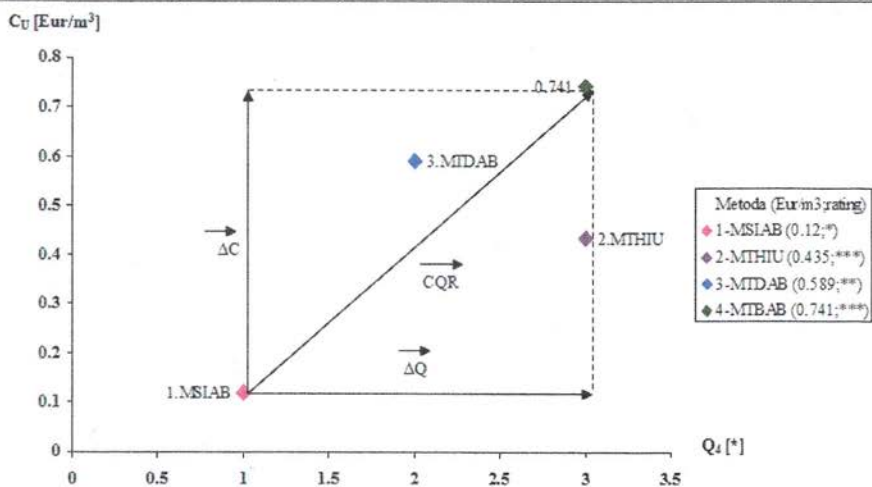


Fig. 3.5. Analiza comparată cost/calitate a soluțiilor de tratare a apei de balast funcție de eficiența în protejarea mediului ambiant

Metoda analizată	Q ₅ Eficacitate în uciderea/ înlăturarea organismelor și microorganismelor
MSIAB	Rating: *
MTHIU	Rating: ***
MTDAB	Rating: **
MTBAB	Rating: ***

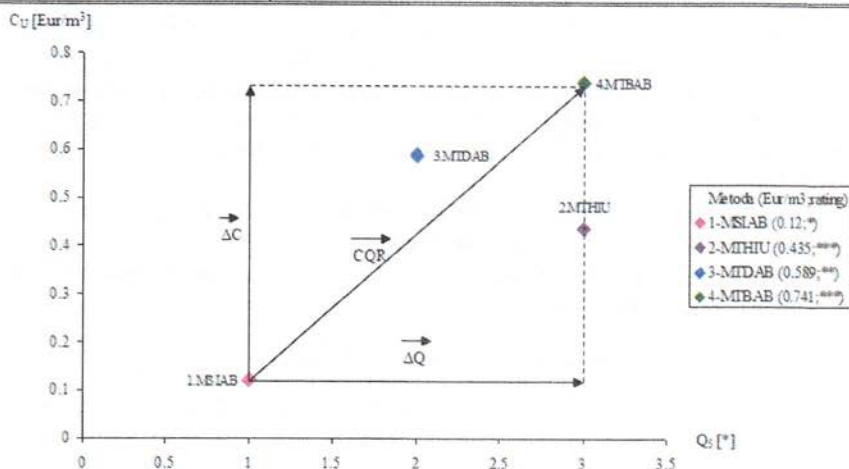


Fig 3.6. Analiza comparată cost/ calitate a soluțiilor de tratare a apei de balast funcție de eficacitatea în uciderea/ înlăturarea organismelor

Metoda analizată	Q ₆ Ușurința în exploatarea echipamentelor
MSIAB	Rating: ***
MTHIU	Rating: ***
MTDAB	Rating: **
MTBAB	Rating: **

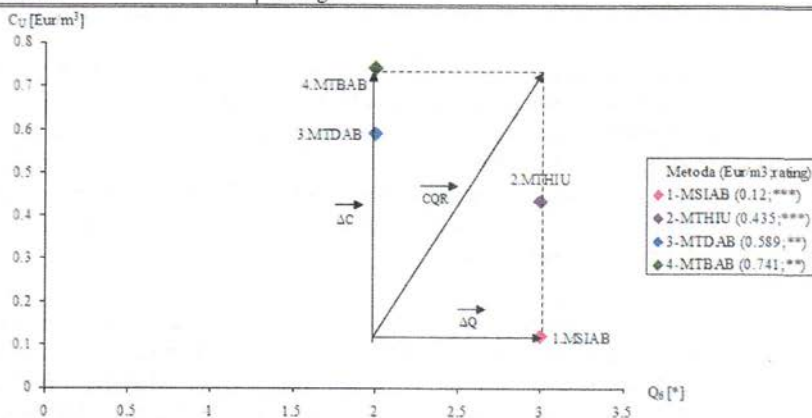


Fig 3.7. Analiza comparată cost/ calitate a soluțiilor de tratare a apei de balast funcție de ușurința în exploatarea echipamentelor

4. Rentabilitatea aplicării soluțiilor de reducere a poluării

În acest capitol sunt analizate din punct de vedere economic condițiile în care tratarea apei de balast la bordul navei este rentabilă. După cum rezultă atât din costurile obținute în capitolul precedent pentru aplicarea metodelor de tratare a apei de balast cât și din practică, metoda cea mai ieftină este cea a înlocuirii apei de balast prin metoda secvențială. Însă aceste costuri rezultate trebuie privite ținând cont și de calitatea apei de balast rezultate și de raportul cost/ calitate, existând astfel posibilitatea ca situația sus menționată în care metoda secvențială de înlocuire a apei de balast MSIAB este cea mai ieftină, să se poată inversa.

Utilizând metoda secvențială de înlocuire a apei de balast MSIAB, apar costuri suplimentare ce pot inversa acest raport:

- Costuri pentru intrarea periodică a navelor în dry-dock pentru curățarea tancurilor de balast $C_{SI} \left[\frac{Eur}{m^3} \right]$;
- Costuri pentru vopsirea pereților tancurilor de balast $C_{S2} \left[\frac{Eur}{m^3} \right]$;
- Costuri pentru tratarea și curățarea de rugină, a tancurilor de balast $C_{S3} \left[\frac{Eur}{m^3} \right]$;
- Costuri cauzate de invadarea speciilor originare din alte zone care odată ce au pătruns într-un alt mediu pot crea dezechilibre ecologice, economice și asupra stării de sănătate a oamenilor. Statele Unite, de exemplu, au estimat costul cauzat de speciile nonindigene la 10 miliarde USD per an. [76]
- Costuri uriașe ce nu pot fi exprimate în bani, au fost cauzate de virusul holerei, de exemplu, ce a fost introdus din Asia în Gulf Coast al SUA în 1991 prin intermediul apei de balast și s-au înregistrat mai mult de 10000 decese. Un caz asemănător s-a întâmplat în America Centrală între 1997-1999. [111]
- Tot la această categorie de costuri trebuie să menționăm și penalitățile pe care le vor suporta armatorii în caz de poluare a mediului.

În mod obișnuit, când aplicăm o soluție nouă este nevoie de o sumă de bani, numită subvenție, care trebuie investită la început, până când soluția respectivă devine rentabilă și se poate susține singură [42], [43]. Pentru început situația se prezintă aproape de fiecare dată în felul următor: costul metodei vechi este mai mic decât costul metodei noi.

$$C^V < C^N \quad (4.1)$$

În situația prezentată în această teză metoda veche este metoda secvențială de înlocuire a apei de balast MSIAB, iar metodele de tratare a apei de balast prin hidrociclone și iradiere cu ultraviolete MTHIU, metoda deoxigenării MTDAB și metoda tratării cu biocide a apei de balast MTBAB vor fi soluțiile noi.

În cazul în care metodele noi de tratare a apei de balast par a fi promițătoare va trebui să găsim subvenția S [Eur], pentru a susține financiar

aplicarea soluției noi. Vom considera că subvenția pentru aplicarea soluției noi va fi utilizată pentru tratarea unui anumit volum de apă V_{T-T} [m^3] de balast iar subvenția unitară S_U va fi:

$$S_U = S / V_{T-T} \left[\frac{Eur}{m^3} \right] \quad (4.2)$$

unde: V_{T-T} este volumul total de balast tratat [m^3]

Pornind de la relațiile de mai sus putem scrie ecuația următoare:

$$C^V + S_U = C^N \quad (4.3)$$

Pentru a putea obține subvenția pentru a aplica o nouă soluție de tratare a apei de balast în scopul obținerii volumului V_{T-T} [m^3] de balast tratat, va trebui să calculăm valoarea totală a subvenției S [Eur]:

$$S = V_{T-T} \cdot S_U \text{ [Eur]} \quad (4.4)$$

Această sumă „S” ar putea fi o subvenție suportată de armator sau de stat. Cum statul de cele mai multe ori nu susține financiar astfel de investiții în domeniul privat, și având la îndemână posibilitatea legiferării protejării mediului marin împotriva poluării cu apa de balast, această subvenție va fi suportată de către armator. În prezent (2010), armatorii nu sunt obligați să trateze apa de balast, însă în momentul intrării în vigoare a „Convenției pentru controlul și managementul apei de balast și a sedimentelor la bordul navelor” [80], armatorii vor fi obligați să doteze navele cu un echipament de tratare a apei de balast.

Valoarea subvenției unitare S_U [Eur] o vom obține înlocuind în ecuația 4.3 costurile obținute în capitolul doi pentru aplicarea metodei secvențiale de înlocuire a apei de balast MSIAB ce va fi considerată metoda veche, și costurile de aplicare a metodelor de tratare a apei de balast cu fiecare dintre metodele 2, 3 și 4 respectiv MTHIU metoda de tratare a apei de balast prin hidrociclonaire și iradiere cu ultraviolete, MTDAB metoda tratării prin deoxigenare a apei de balast și MTBAB metoda tratării cu biocide a apei de balast, care vor fi considerate pe rând metode noi.

$$S_U = C^N - C^V = C^N - C^{MSIAB} = \frac{1}{V_{T-T}} (C_{INV}^N + C_C^N + C_{EI}^N) - \frac{1}{V_{T-S}} (C_{INV}^{MSIAB} + C_C^{MSIAB} + C_{EI}^{MSIAB}) \quad (4.5)$$

Subvenția S [Eur] va fi:

$$S = C_{INV}^N + C_C^N + C_{EI}^N - \frac{V_{T-T}}{V_{T-S}} (C_{INV}^{MSIAB} + C_C^{MSIAB} + C_{EI}^{MSIAB}) \quad (4.6)$$

Relația 4.6 este esențială pentru analizarea profitabilității aplicării metodelor de tratare a apei de balast deoarece cuprinde factorii ce influențează subvenția și valoarea ei. Pentru ca soluția să devină rentabilă valoarea subvenției trebuie să fie nulă $S = 0$ [42], [43]. Înlocuim în relația 4.6 și în acest caz putem scrie:

$$C_{INV}^N + C_C^N + C_{EI}^N = \frac{V_{T-T}}{V_{T-S}} (C_{INV}^{MSIAB} + C_C^{MSIAB} + C_{EI}^{MSIAB}) \quad (4.7)$$

Pentru ca această relație să fie adevărată va trebui să ținem cont și de cheltuielile suplimentare ce intervin în cazul aplicării fiecărei metode de management al apei de balast. Este clar că o sumă de bani suplimentară va fi

suportată de către armator, însă în cele ce urmează voi argumenta prin calcul această sumă, urmând a constata rentabilitatea folosirii metodelor de tratare a apei de balast.

4.1. Rentabilitatea protejării mediului ambiant prin utilizarea MTHIU

În cele ce urmează voi argumenta prin calcule rentabilitatea utilizării soluției de tratare MTHIU comparativ cu utilizarea metodei MSIAB. Pentru aceasta voi folosi următoarele notații:

C^V – costul unitar al aplicării soluției folosite în prezent la scară largă, a înlocuirii secvențiale a apei de balast MSIAB: $C^V = C_u = 0.12 \text{ Eur}/m^3$

C_{MTHIU}^N – costul unitar al aplicării soluției noi de tratare a apei de balast prin hidrociclonație și iradiere cu ultraviolete: $C_{MTHIU}^N = C_u = 0.435 \text{ Eur}/m^3$

După cum se observă:

$$C^V < C_{MTHIU}^N \quad (4.8)$$

Aplicând subvenția S vom obține egalitatea:

$$C^V + S = C_{MTHIU}^N \quad (4.9)$$

Pentru ca aplicarea metodei de tratare a apei de balast prin hidrociclonație și iradiere cu ultraviolete MTHIU să fie rentabilă, adică $S=0$, trebuie îndeplinită condiția:

$$C^{MSIAB} = C^{MTHIU} \quad (4.10)$$

Deoarece costul aplicării unei metode noi, nu poate să scadă atât de mult încât să fie valabilă egalitatea de mai sus, voi aduce argumente pentru a demonstra că aplicarea metodei vechi implică și alte costuri suplimentare (C_S) care o vor face cel puțin la fel de scumpă ca celelalte metode.

$$C^{MSIAB} + C_S = C^{MTHIU} \quad (4.11)$$

Costurile suplimentare care apar în cazul aplicării metodei de înlocuire a apei de balast și care datorită tehnologiei utilizate, nu apar în cazul tratării prin hidrociclonație și iradiere cu ultraviolete, sunt:

1. Costurile suportate de către armator

Costurile suportate de către armator pot fi cuantificate și pot fi incluse în calculul per m^3 de balast tratat. Acestea vor fi notate în continuare cu $C_{SI} \left[\frac{\text{Eur}}{m^3} \right]$, cost suplimentar.

- Costuri pentru intrarea periodică a navelor în dry-dock pentru curățarea tancurilor de balast $C_{SI} \left[\frac{\text{Eur}}{m^3} \right]$;

Pentru calcularea costurilor suportate de armator în cazul intrării navei în șantier pentru curățarea tancurilor, vom considera că în cazul aplicării metodei de înlocuire a apei de balast este necesară curățarea tancurilor la o perioadă de 2

ani. Prețul de curățare este $C_U^{mal} = 95 \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right]$, costul este per m^3 de mâl/ rugină cutățate, transportate la țârm și neutralizate [116].

Calculăm cantitatea aproximativă de mâl/ rugină ce va fi extrasă din tancurile de balast la o perioadă de doi ani (suprafața de sprijin * 0,25m);

$$N_{mal} = S_{tk_balast} \left[\text{m}^2 \right] \cdot 0,25 \text{m} \approx 2150 \text{m}^2 \cdot 0,25 \text{m} = 537,5 \text{m}^3 \quad (4.12)$$

Calculăm apoi costul de curățare, depozitare la țârm și neutralizare a mълului din tancurile de balast;

$$C_{SIT}^{mal} = N_{mal} \left[\text{m}^3 \right] \cdot C_U^{mal} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right] = 537,5 \text{m}^3 \cdot 95 \frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} = 51062,5 \text{Eur} \quad (4.13)$$

După curățarea tancurilor de balast de mâl/ noroi/ rugină urmează spălarea tancurilor și suflarea cu aer. Costurile pentru aceste operațiuni sunt per m^2 astfel:

$$- C_U^{spalare} = 1,13 \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^2} \right]; [122]$$

$$- C_U^{suflare_aer} = 0,4 \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^2} \right]; [122]$$

Suprafața totală a tancurilor de balast $[\text{m}^2]$ necesar a fi curățată este:

$$S_t = 11876,43 \frac{\text{m}^2}{2 \text{ani}}$$

Calculăm costul total de curățare a tancurilor $C_{SIT} \left[\frac{\text{Eur}}{2 \text{ani}} \right]$ din costul per m^2 de tanc înmulțit cu suprafața totală obținută la punctul anterior;

$$C_{SIT}^{spalare} \left[\frac{\text{Eur}}{2 \text{ani}} \right] = C_U^{spalare} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^2} \right] \cdot S_t \left[\frac{\text{m}^2}{2 \text{ani}} \right] = 13420,37 \frac{\text{Eur}}{2 \text{ani}} \quad (4.14)$$

$$C_{SIT}^{suflare_aer} \left[\frac{\text{Eur}}{2 \text{ani}} \right] = C_U^{suflare} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^2} \right] \cdot S_t \left[\frac{\text{m}^2}{2 \text{ani}} \right] = 4750,57 \frac{\text{Eur}}{2 \text{ani}} \quad (4.15)$$

Calculăm costul de curățare a tancurilor per an $C_{Sla} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]$ din costul total de curățare a tancurilor, raportat la numărul de ani la care se execută o astfel de operațiune;

$$C_{Sla} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right] = \frac{C_{SIT}^{mal} + C_{SIT}^{spalare} + C_{SIT}^{suflare_aer}}{2} = 34616,74 \frac{\text{Eur}}{\text{an}} \quad (4.16)$$

Calculăm costul de întreținere a tancurilor de balast $C_{S1} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right]$ din costul anual de întreținere a tancurilor raportat la volumul total de apă de balast tratată;

$$C_{S1} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right] = \frac{C_{Sla} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]}{V_T \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}} \right]} = \frac{34616,74 \frac{\text{Eur}}{\text{an}}}{246690 \frac{\text{m}^3}{\text{an}}} = 0,14 \frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \quad (4.17)$$

➤ Costuri pentru vopsirea pereților tancurilor de balast $C_{S2} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right]$;

Pentru calcularea costurilor suportate de armator în cazul intrii navei în șantier pentru vopsirea tancurilor vom considera că în cazul aplicării metodei de înlocuire a apei de balast este necesară vopsirea tancurilor la o perioadă de 2 ani. Prețul unitar de vopsire este de aproximativ 2 Eur/ m^2 [116].

Calculăm costul total de vopsire a tancurilor $C_{S2T} \left[\frac{Eur}{2ani} \right]$ din suprafața totală necesară a fi vopsită $S_t \left[\frac{m^2}{2ani} \right]$ și costul unitar de vopsire $C_U^{vopsire} \left[\frac{Eur}{m^2} \right]$;

$$C_{S2T} \left[\frac{Eur}{2ani} \right] = S_t \left[\frac{m^2}{2ani} \right] \cdot C_U^{vopsire} \left[\frac{Eur}{m^2} \right] = 23752.86 \frac{Eur}{2ani} \quad (4.18)$$

Calculăm costul de vopsire a tancurilor de balast per an $C_{S2a} \left[\frac{Eur}{an} \right]$ din costul total de vopsire $C_{S2T} \left[\frac{Eur}{2ani} \right]$, raportat la numărul de ani la care se execută o astfel de operațiune;

$$C_{S2a} \left[\frac{Eur}{an} \right] = \frac{C_{S2T} \left[\frac{Eur}{2ani} \right]}{2} = 11876.43 \frac{Eur}{an} \quad (4.19)$$

Calculăm costul unitar de vopsire a tancurilor de balast $C_{S2} \left[\frac{Eur}{m^3} \right]$, din costul anual de vopsire a tancurilor $C_{S2a} \left[\frac{Eur}{an} \right]$, raportat la volumul total de apă de balast tratată;

$$C_{S2} \left[\frac{Eur}{m^3} \right] = \frac{C_{S2a} \left[\frac{Eur}{an} \right]}{V_T \left[\frac{m^3}{an} \right]} = \frac{11876.43 \frac{Eur}{an}}{246690 \frac{m^3}{an}} = 0.048 \frac{Eur}{m^3} \quad (4.20)$$

2. Costuri necesare a fi suportate de autorități locale sau organisme naționale sau internaționale

Costurile necesare a fi suportate de către autorități includ eforturile pentru eliminarea speciilor invadatoare în vederea restabilirii echilibrului ecologic, costuri suplimentare cauzate de aceste specii unităților ce utilizează apa de mare (prin înfundarea conductelor de apă), costuri suportate de către populație în caz de îmbolnăvire și mai grav ce nu poate fi evaluat în bani pierderi de vieți omenești. Aceste costuri nu vor fi exprimate unitar în $\left[\frac{Eur}{m^3} \right]$ de balast tratat. Voi calcula

suma minimă ce va fi suportată de către armator pentru tratarea apei de balast și implicit pentru protejarea mediului ambiant.

Putem scrie acum următoarea relație:

$$C^{MSIAB} + C_{S1} + C_{S2} + C_{PM} = C^{MTHIU} \frac{Eur}{m^3} \quad (4.21)$$

$$0.12 + 0.14 + 0.048 + C_{PM} = 0.435 \frac{Eur}{m^3} \quad (4.22)$$

$$\text{rezulta } C_{PM} = 0.127 \frac{Eur}{m^3} \quad (4.23)$$

Am notat cu $[C_{PM}]$, costul necesar a fi suportat de către armator pentru protejarea mediului. Pentru o navă care transportă per an un volum total de balast $V_T = 92484 m^3$, costul pentru protejarea mediului ambiant se ridică la $11745.47 \left[\frac{Eur}{an} \right]$, o sumă înfrigurantă având în vedere imensele pagube create de speciile invadatoare [112].

$$C_{PM}^{total} \left[\frac{Eur}{an} \right] = C_{PM} \left[\frac{Eur}{m^3} \right] \cdot V_{T-T} \left[\frac{m^3}{an} \right] = 11745.47 \frac{Eur}{an} \quad (4.24)$$

4.2. Rentabilitatea protejării mediului ambiant prin utilizarea MTDAB

Pentru a calcula rentabilitatea utilizării soluției de tratare prin deoxigenare a apei de balast MTDAB voi folosi următoarele rezultate obținute pentru costurile unitare:

C^V – costul unitar al aplicării soluției folosite în prezent la scară largă, a înlocuirii apei de balast: $C^V = C_u = 0.12 \text{ Eur}/\text{m}^3$

C_{MTDAB}^N – costul unitar al aplicării soluției a cărei rentabilitate vreau să o demonstrez, a tratării apei de balast prin deoxigenare: $C_{\text{MTDAB}}^N = C_u = 0.589 \text{ Eur}/\text{m}^3$

După cum se poate observa:

$$C^V < C_{\text{MTDAB}}^N \quad (4.25)$$

Dupa modelul detaliat mai sus voi calcula suma minimă ce va fi suportată de către armator pentru tratarea apei de balast și implicit pentru protejarea mediului ambiant: $[C_{PM}]$

1. Costurile suportate de către armator

➤ Costuri pentru intrarea periodică a navelor în dry-dock pentru curățarea tancurilor de balast $C_{S1} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right]$ și pentru vopsirea acestora $C_{S2} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right]$, costuri calculate în prezentul capitol (rel 4.17 și 4.20);

$$C_{S1} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right] = \frac{C_{S1a} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]}{V_T \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}} \right]} = 0.14 \text{ Eur}/\text{m}^3 \quad (4.26)$$

$$C_{S2} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right] = \frac{C_{S2a} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]}{V_T \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}} \right]} = 0.048 \text{ Eur}/\text{m}^3 \quad (4.27)$$

➤ Costuri pentru tratarea și curățarea de rugină, a tancurilor de balast $C_{S3} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right]$. Pentru calcularea costurilor suportate de armator în vederea curățării

de rugină a tancurilor de balast considerăm că odată la 2 ani, la intrarea navei în dry-dock se vor curăța tubulaturile ruginite și componentele corodate ale pompelor. În cazul aplicării metodei de tratare a apei de balast prin deoxigenare tancurile și tubulaturile de balast vor fi protejate împotriva coroziunii (fig.4.2).

Utilizând deoxigenarea cu gaz inert prin tehnologia Venturi Stripping Oxygen, se poate coborî nivelul de oxigen sub 0,5%. Rata de coroziune a tancurilor se va reduce sub 90%. Specialiștii de la NEI afirmă că în acest mod întreținerea tancurilor de balast este redusă la zero. [99]

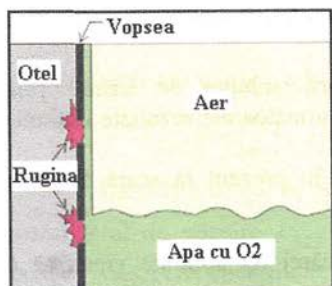


Fig 4.1. *Tancuri neprotejate* [99]

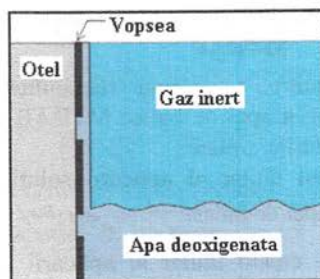


Fig 4.2. *Tancuri protejate prin deoxigenare* [99]

Pentru curățarea tancurilor de rugină se va folosi GreaseMaster R-300 [104]; produs ecologic de curățire a tancurilor de balast. Costul total de înlăturare a stratului de rugină de pe tancurile și tubulaturile de balast $C_{S3} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right]$, va fi calculat din costul unitar de tratare per metru pătrat $C_{S3U} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^2} \right]$ și suprafața totală $S_t = 11876.43 \text{m}^2 / 2 \text{ani}$.

Calculăm mai întâi costul total de tratare împotriva ruginirii $C_{S3T} \left[\frac{\text{Eur}}{2 \text{ani}} \right]$ din costul unitar de tratare per metru pătrat $C_{S3U} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^2} \right]$ (conform notei de mai jos 1m^2 tratat costă aproximativ $8 \frac{\text{Eur}}{\text{m}^2}$) și suprafața totală necesar a fi tratată $S_t \left[\frac{\text{m}^2}{2 \text{ani}} \right]$:

$$C_{S3T} \left[\frac{\text{Eur}}{2 \text{ani}} \right] = S_t \left[\frac{\text{m}^2}{2 \text{ani}} \right] \cdot C_{S3U} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^2} \right] = 95011.44 \frac{\text{Eur}}{2 \text{ani}} \quad (5.40)$$

Calculăm costul de tratare împotriva ruginirii a tancurilor și tubulaturilor per an $C_{S3a} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]$ din costul total de tratare a tancurilor $C_{S3T} \left[\frac{\text{Eur}}{2 \text{ani}} \right]$, raportat la numărul de ani la care se execută o astfel de operațiune;

$$C_{S3a} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right] = \frac{C_{S3T} \left[\frac{\text{Eur}}{2 \text{ani}} \right]}{2} = \frac{95011.44 \frac{\text{Eur}}{2 \text{ani}}}{2} = 47505.72 \frac{\text{Eur}}{\text{an}} \quad (4.28)$$

Calculăm costul unitar de tratare împotriva ruginirii a tancurilor și tubulaturilor de balast $C_{S3} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right]$ din costul anual de tratare a tancurilor $C_{S3a} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]$, raportat la volumul total de apă de balast tratată;

$$C_{S3} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \right] = \frac{C_{S3a} \left[\frac{\text{Eur}}{\text{an}} \right]}{V_T \left[\frac{\text{m}^3}{\text{an}} \right]} = \frac{47505.44 \frac{\text{Eur}}{\text{an}}}{246690 \frac{\text{m}^3}{\text{an}}} = 0.19 \frac{\text{Eur}}{\text{m}^3} \quad (4.29)$$

Nota: conform specificațiilor producătorilor [104] costul per sq.ft. este de 75 cenți/ sq.ft.
 $100 \text{ft}^2 = 9.29 \text{m}^2$



Fig 4.3. Înainte de curățirea cu GreaseMaster



Fig 4.4. După curățirea cu GreaseMaster [104]

2. Costuri necesare a fi suportate de autorități locale sau organisme naționale sau internaționale

Voi calcula suma minimă ce va fi suportată de către armator pentru tratarea apei de balast și implicit pentru protejarea mediului ambiant: $[C_{PM}]$

$$C^{MSLAB} + C_{S1} + C_{S2} + C_{S3} + C_{PM} = C^{MTDAB} \text{Eur}/m^3 \quad (4.30)$$

$$0.12 + 0.14 + 0.048 + 0.19 + C_{PM} = 0.589 \text{Eur}/m^3 \quad (4.31)$$

$$\text{rezulta } C_{PM} = 0.091 \text{Eur}/m^3 \quad (4.31)$$

Am notat cu $[C_{PM}]$, costul necesar a fi suportat de către armator pentru protejarea mediului. Pentru o navă care transportă per an un volum total de balast $V_T = 92484 m^3$, costul pentru protejarea mediului ambiant va fi:

$$C_{PM}^{total} [\text{Eur}/\text{an}] = C_{PM} [\text{Eur}/m^3] V_T [m^3/\text{an}] = 8416.044 \text{Eur}/\text{an} \quad (4.32)$$

4.3. Rentabilitatea protejării mediului ambiant prin utilizarea MTBAB

Pentru a calcula rentabilitatea utilizării soluției de tratare cu biocide a apei de balast MTBAB voi folosi următoarele rezultate obținute pentru costurile unitare:

C^V – costul unitar al aplicării soluției folosite în prezent la scară largă, a înlocuirii apei de balast: $C^V = C_u = 0.12 \text{Eur}/m^3$

C^N_{MTBAB} – costul unitar al aplicării soluției a cărei rentabilitate vreau să o demonstrez, a tratării apei de balast cu radicali hidroxil: $C^N_{MTBAB} = C_u = 0.741 \text{Eur}/m^3$

Dupa modelul de mai sus voi calcula suma minimă ce va fi suportată de către armator pentru tratarea apei de balast și implicit pentru protejarea mediului ambiant: $[C_{PM}]$

$$C^{NSLAB} + C_{S1} + C_{S2} + C_{PM} = C^{MTBAB} \text{Eur}/m^3 \quad (4.33)$$

$$0.12 + 0.14 + 0.048 + C_{PM} = 0.741 \text{Eur}/m^3 \quad (4.34)$$

$$\text{rezulta } C_{PM} = 0.433 \frac{Eur}{m^3} \quad (4.35)$$

Am notat cu $[C_{PM}]$, costul necesar a fi suportat de către armator pentru protejarea mediului. Pentru o navă care transportă per an un volum total de balast $V_T = 92484 m^3$, costul pentru protejarea mediului ambiant se ridică la:

$$C_{PM}^{total} [Eur/an] = C_{PM} \left[\frac{Eur}{m^3} \right] V_T \left[m^3/an \right] = 40045.57 Eur/an \quad (4.36)$$

Suma obținută nu este tocmai redusă, însă trebuie să o raportăm la calitatea apei de balast tratată într-o astfel de instalație. În funcție de prevederile normelor internaționale această metodă va fi, sau nu utilizată la scară largă.

Costurile necesare a fi suportate de armator pentru implementarea uneia dintre cele trei metode de tratare a apei de balast sunt de departe mai ridicate decât costurile de aplicare ale metodei de înlocuire a apei de balast, metodă practică până când IMO va impune altfel. Cu cât valoarea $[C_{PM}]$ este mai mică (chiar apropiată de zero, deși nu este cazul) metoda este mai avantajoasă pentru armator.

Având în vedere costurile mari suportate de autorități în urma dezastrelor ecologice create prin deversarea apei de balast este necesară tratarea apei de balast la bordul navelor. Aceste costuri suplimentare $[C_{PM}]$, ce vor fi suportate de armator în urma dotării navelor cu una dintre instalațiile de tratare a apei de balast nu se vor regăsi ca avantaje bănești imediate, în timp însă, în schimbul acestor sume suportate de ei populația se va bucura de un mediu curat și armatorii vor fi scutiți de eventualele amenzi ce pot apărea în cazul unei poluări accidentale sau intenționate.

Deoarece există mai multe metode de tratare a apei de balast la bordul navei și în urma aplicării fiecărei metode rezultă apă de balast cu calități diferite, consider că este nevoie de o legislație în domeniu pentru a reduce riscul de pătrundere și răspândire a dăunătorilor și care să coordoneze acțiunile de răspuns în caz de urgență la pătrunderea noilor invadatori sau răspândirii celor existenți într-o anumită zonă.

În cele ce urmează este prezentat proiectul de lege conceput în urma studiilor efectuate în această teză de doctorat.

5. Propunere de Proiect de lege pentru dezvoltarea unui Plan Național de acțiune în vederea prevenirii poluării și răspunsul în situații de urgență care implică operațiuni cu apa de balast

Planul Național este structurat în 5 articole astfel:

1. Introducere
2. Cadrul general
3. Scopul Centrului Maritim de Coordonare
4. Centrul Maritim de Coordonare
5. Activități dezvoltate de Centrul Maritim de Coordonare

În scopul aplicării prevederilor Convenției Internaționale pentru Controlul și Managementul Apei de Balast și al Sedimentelor Navelor, prin care părțile se angajează să acorde atenție deplină prevenirii, minimizării și în final eliminării transferului de organisme acvatiche dăunătoare prin intermediul apei de balast și a sedimentelor, adoptată la Londra la 13 februarie 2004, România se angajează să elaboreze prin Centrul Maritim de Coordonare, Planul Național de acțiune pentru prevenirea poluării și răspunsul în situații de urgență care implică operațiuni cu apa de balast, denumit în continuare Plan Național.

Planul Național cuprinde ansamblul măsurilor pe care România le va întreprinde în vederea evitării invaziei de organisme dăunătoare prin apa de balast și acțiunile de răspuns, în cazul introducerii accidentale ale acestora în apele naționale, pentru evitarea extinderii poluării.

1. Prevenirea: menținerea invadatorilor în afara Mării Negre

Prevenirea invaziei dăunătorilor are două aspecte:

- Minimizarea riscului introducerii invadatorilor noi în apele Mării Negre
- Minimizarea riscului de translocare/ răspândire a invadatorilor în interiorul Mării Negre

2. Răspunsul în caz de urgență

Centrul Maritim de Coordonare va elabora un plan de răspuns în cazul unei eventuale invadări a dăunătorilor în spațiul Mării Negre. Decizia de a pune în aplicare planul de răspuns se bazează pe o anumită listă a speciilor dăunătoare; oricum, eventualitatea apariției și a altor dăunători în afară de cei cunoscuți trebuie avută în vedere.

3. Controlul și managementul acțiunilor de răspuns

Controlul și managementul acțiunilor de răspuns în cadrul Centrului Maritim de Coordonare sunt realizate de Departamentul de Supraveghere și Control. Acesta se ocupă să urmărească și să controleze orice invadare a dăunătorilor marini care și-au stabilit și dezvoltat populații într-o anumită zonă a Mării Negre. Departamentul de Supraveghere și Control este responsabil pentru urmărirea evoluției fiecărei specii.

Planul Național desemnează unitățile răspunzătoare pentru îndeplinirea măsurilor de mai sus, astfel:

a) Pentru implementarea și respectarea legilor de protecție a mediului marin, Ministerul Apelor și Protecției Mediului ca punct de contact național cu autoritățile internaționale în domeniu;

b) Pentru elaborarea și actualizarea prezentului Plan Național este responsabilă Autoritatea Navală Română prin Centrul Maritim de Coordonare;

c) Departamentul de supraveghere și control este responsabil pentru urmărirea evoluției fiecărei specii;

d) Comisia Mării Negre cu care Centrul Maritim de Coordonare colaborează în vederea dezvoltării planului de răspuns în caz de urgență.

Va fi dezvoltată o strategie de comunicare la nivel național pentru a crește gradul de conștientizare a gravității problemei invadatorilor marini. Strategia subliniază metodele de comunicare cele mai eficiente din industria marină. Va fi creat un website care va informa despre invadatorii marini pentru a furniza tuturor sectoarelor maritime și publicului larg accesul la informații despre organismele dăunătoare și cum să le menținem în afara apelor Mării Negre.

CONCLUZII

Din studiul detaliat al costurilor se observa ca motivul pentru care statele intarzie cu semnarea acordului, ce ar duce la intrarea in vigoare a „Convenției pentru controlul și managementul apei de balast și a sedimentelor la bordul navelor”, nu este acela că statele nu consideră aceasta ca fiind o prioritate, ci din cauza costurilor ridicate și dificultăților întâmpinate la instalarea unui echipament de tratare. La o primă vedere a costurilor echipamentelor (fig. 1), observăm într-adevăr nivelul ridicat al costului investitional.

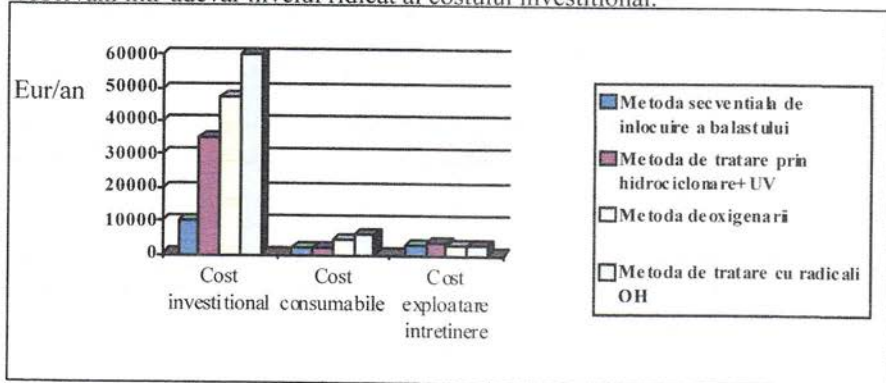


Fig 1 Categoriile de costuri

Costul cel mai redus, după aplicarea modelului matematic, este cel al înlocuirii apei de balast prin metoda secvențială. Dar, în același timp, este și metoda cu cea mai mică rată de dezinfecție 70%. Metoda este larg folosită până când IMO va impune alt mod de tratare, mai eficient pentru protejarea mediului ambiant.

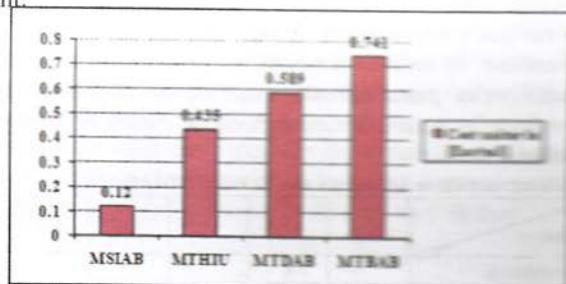


Fig. 2 Costul unitar de tratare a apei de balast

Am comparat costurile unitare obținute în urma calculului cu cele obținute de cercetătorii de la Centrul de Cercetare Tehnică din Finlanda VTT [63], și am obținut valori medii apropiate pentru primele două metode: metoda secvențială MSIAB și metoda tratării prin hidrociclona și iradiere cu ultraviolete MTHIU.

Tabel 1 Costurile unitare pentru tratarea apei de balast

Metode care au fost testate la scară largă		
Metoda	Costul unitar în Euro per m ³ de balast tratat	
Metoda secvențială	0.12	0.014 – 0.30
Metoda presării tancurilor		0.019 – 0.171
Hidrociclonaire		0.059 – 0.241
Hidrociclonaire+UV	0.435	0.149 – 0.528
Filtrare		0.065 – 0.177
Iradiere cu UV		0.090 – 0.287
Filtrare+UV		0.154 – 0.464
Deoxigenare	0.589	
Oxidare	0.741	

Sursa: Rezultate proprii | Sursa: VTT – Centrul de Cercetare Tehnică din Finlanda [63]

În ceea ce privește costul obținut pentru ce-a de-a treia metodă de tratare prin deoxigenare, deoarece nu a fost utilizată la scară largă, nu sunt date concrete despre costul per m³ de balast tratat. Pot spune doar, comparându-l cu cea de-a doua metodă, că este de aproximativ 1,5 ori mai mare. Pentru a avea un punct în plus în fața altor metode, trebuie specificat avantajul pe care îl constituie metoda deoxigenării în ceea ce privește protecția tancurilor împotriva coroziunii.

Cea de-a patra metodă pentru care am calculat costurile de tratare, utilizează radicali hidroxil pentru distrugerea celulelor microorganismelor. Costurile obținute pentru tratarea apei de balast cu ajutorul echipamentului numit PureBallast sunt mai mari decât cele obținute pentru tratarea prin hidrociclonaire și iradiere cu ultraviolete, și decât cele obținute pentru tratarea prin deoxigenare.

Deoarece simpla comparare a costurilor nu ne permite tragerea unor concluzii am realizat compararea metodelor de tratare a apei de balast functie de parametri de calitate. În cele ce urmează voi prezenta centralizat datele obținute în urma plasării celor patru metode analizate în diagrame comparative cost/calitate. Am evidențiat pentru fiecare metodă de tratare în parte prezența în zona de competitivitate.

- Metoda secvențială de înlocuire a apei de balast MSIAB

Zona \ Q	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆
Competitivă		x				x
La limită	x		x	x	x	
Ne-competitivă						

- Metoda tratării prin hidrociclonaire și iradiere cu ultraviolete MTHIU

Zona \ Q	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆
Competitivă	x	x	x	x	x	x
La limită						

Ne-competitivă						
----------------	--	--	--	--	--	--

- Metoda tratării prin deoxigenare a apei de balast MTBAB

Zona \ Q	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆
Competitivă		x				
La limită						
Ne-competitivă	x		x	x	x	x

- Metoda tratării apei de balast cu biocide MTBAB

Zona \ Q	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆
Competitivă						
La limită	x		x	x	x	
Ne-competitivă		x				x

Observăm că ținând cont de raportul cost/ calitate, metoda tratării prin hidrociclonaie și iradiere cu ultraviolete se află în zona de competitivitate din toate punctele de vedere.

Metoda cea mai puțin competitivă este metoda tratării apei de balast prin deoxigenare. Această metodă este competitivă din punct de vedere al timpului necesar tratării apei de balast însă din punctul de vedere al celorlalți parametri de calitate analizați metoda se află în zona necompetitivă.

Pornind de la costurile unitare de tratare a apei de balast, am demonstrat prin calcule rentabilitatea protejării mediului ambiant. Din calculul de rentabilitate a rezultat ca aplicarea metodei vechi (MSIAB) implica alte costuri suplimentare ce vor fi suportate în timp, atât de armator cât și de autoritățile locale. Costurile suplimentare care apar în cazul aplicării metodei de înlocuire a apei de balast și care datorită tehnologiilor utilizate, nu apar în cazul tratării apei de balast prin aplicarea diferitor metode, sunt:

- costuri suportate de către armator pe care acesta le poate deduce în timp (costuri pentru curățarea tancurilor de balast, pentru vopsirea tancurilor de balast, pentru tratarea împotriva coroziunii a tancurilor de balast), și
- costuri necesar a fi suportate de autorități locale sau organisme naționale sau internaționale.

După cum a rezultat din calculele de rentabilitate efectuate, folosind metoda de tratare cu biocide, armatorul va trebui să suporte un cost destul de mare pentru protejarea mediului ambiant, cost ce nu va fi dedus.

$$C_{PM}^{total} [Eur/an] = C_{PM} \left[\frac{Eur}{m^3} \right] V_T \left[\frac{m^3}{an} \right] = 40045,57 \frac{Eur}{an} \quad (5)$$

Costuri mult mai mici au rezultat din calculul rentabilității efectuat pentru aplicarea metodei de tratare a apei de balast prin hidrociclonaie și iradiere cu ultraviolete:

$$C_{PM}^{total} [Eur/an] = C_{PM} \left[\frac{Eur}{m^3} \right] V_T \left[\frac{m^3}{an} \right] = 11745,47 \frac{Eur}{an} \quad (6)$$

și metodei de tratare a apei de balast prin deoxigenare:

$$C_{PM}^{total} [Eur/an] = C_{PM} \left[\frac{Eur}{m^3} \right] V_T \left[\frac{m^3}{an} \right] = 8416,044 \frac{Eur}{an} \quad (7)$$

În urma efectuării calculului de rentabilitate am obținut costul cel mai scăzut necesar a fi suportat de către armator pentru protejarea mediului ambiant pentru metoda deoxigenării apei de balast, însă nu cu mult mai mic decât costul obținut pentru metoda tratării prin hidrociclonare și iradiere cu ultraviolete. **Ținând cont atât de rezultatele obținute în urma analizei cost/calitate cât și de rezultatele obținute în urma efectuării calculului de rentabilitate, pot afirma că dintre metodele analizate, cea mai indicată soluție este aplicarea metodei de tratare a apei de balast prin hidrociclonare și iradiere cu ultraviolete.**

Având în vedere întârzierea cu care statele ratifică această Convenție [80] și situațiile în care a fost implicată Marea Neagră ca donor sau acceptor, în capitolul cinci am propus un proiect de lege pentru dezvoltarea Planului Național de acțiune în vederea prevenirii poluării și răspunsul în situații de urgență care implică operațiuni cu apa de balast.

Planul Național cuprinde ansamblul măsurilor pe care România le va întreprinde în vederea evitării invaziei de organisme dăunătoare prin apa de balast și acțiunile de răspuns, în cazul introducerii accidentale ale acestora în apele naționale, pentru evitarea extinderii poluării.

Poluarea cu apa de balast reprezentând un tip de poluare marină am propus înființarea unui Departament de Supraveghere și Control. Acesta se ocupă să urmărească și să controleze orice invadare a dăunătorilor marini care și-au stabilit și dezvoltat populații într-o anumită zonă a Mării Negre. Departamentul de Supraveghere și Control va fi responsabil pentru urmărirea evoluției fiecărei specii.

Preocuparea Organizației Maritime Internaționale de a face navigația mai sigură elaborând și adoptând convenții ce vor diminua poluarea mediului, trebuie însoțită de conștientizarea de către noi a efectelor poluării și de căutarea cu continuitate a soluțiilor de reducere a acesteia.

CONTRIBUȚII PROPRII

1. Pentru realizarea tezei de față m-am documentat la bordul unei nave tip port-container de unde am cules informațiile despre instalația de balast, echipamentul anti-fouling și despre aplicarea metodei înlocuirii secvențiale a apei de balast care constituie prima metodă de tratare analizată - MSIAB.

2. Am adus argumente ce arată necesitatea prevenirii invaziei de organisme și microorganisme prin intermediul apei de balast și am propus în această teză patru soluții de reducere a poluării mediului acvatic, pe care le-am analizat din diferite puncte de vedere.

3. Am elaborat un model matematic de calcul al costurilor de tratare a apei de balast la bordul navei, model pe care l-am aplicat apoi pentru cele patru metode de tratare analizate. Pentru a facilita obținerea rezultatelor și pentru

actualizarea lor în funcție de costul combustibilului, al energiei electrice sau adaptarea la fluctuațiile de curs valutar, am transpus modelul matematic într-un program de calcul tabelar în format Excel.

4. Cum costul nu este singurul parametru reprezentativ de care trebuie să se țină cont la achiziționarea unui echipament am stabilit șase parametri de calitate pentru apa de balast rezultată în urma tratării.

5. Ținând cont de costul unitar de tratare a apei de balast și de parametrii de calitate propuși am realizat o analiză comparată prin plasarea celor 4 metode de management al apei de balast în diagrame comparative cost/ calitate. Aceste diagrame au pe abscisă costul aplicării soluțiilor iar pe ordonată au câte un parametru de calitate.

6. Am demonstrat prin calcul rentabilitatea aplicării soluțiilor de tratare a apei de balast prin raportarea costurilor de aplicare a metodelor de tratare a apei de balast (metodelor noi), la costurile de aplicare a metodei înlocuirii apei de balast (metoda veche utilizată în prezent). În urma calculului am obținut sumele ce ar trebui suportate de către armatori pentru protejare mediului ambiant în vederea reducerii poluării produse prin apa de balast.

7. În finalul tezei am elaborat o propunere de proiect de lege pentru dezvoltarea Planului Național de acțiune în vederea prevenirii poluării și răspunsul în situații de urgență care implică operațiuni cu apa de balast.

PERSPECTIVE

Modelul matematic ce stă la baza obținerii costurilor unitare de tratare a apei de balast la bordul navei poate fi aplicat și altor metode de tratare decât cele patru studiate în prezenta teză. Intenționez să aplic acest model matematic pentru calculul costurilor de aplicare a metodelor de management al apei de balast enumerate în Fig. 2.1, pagina 9.

Astfel voi putea oferi deținătorilor de nave un sprijin în alegerea soluțiilor optime de tratare a apei de balast. Pentru aceasta doresc să pun la dispoziția utilizatorilor prin intermediul internetului atât modelul matematic în format Excel pentru obținerea costurilor cât și calculul de rentabilitate în speranța ca îi voi convinge de necesitatea dotării navelor cu astfel de echipamente chiar și până în momentul intrării în vigoare a Convenției.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Acomi N.** - *Metode de Prevenire a Poluării în Epoca Modernă* – Simpozionul „Prevenirea și Combaterea Poluării Mediului Marîn”, Revista Transporturi Navale, Nr 3, Ed. Nautica, Constanța, 2005, ISSN 1582-0319, pag 80-83, 2005
- [2] **Acomi N.** - *The Ships' Ballast Water Management* - Analele Universității Maritime Constanța, Vol 9, ISSN 1582-3601, pag 11-16, Constanța, 2006
- [3] **Acomi N.** - *Particularly Sensitive Sea Areas* - Revista Transporturi Navale, Nr 5, Ed. Nautica, ISSN 1582-0319, pg 9-13, Constanța, 2006
- [4] **Acomi N.** - *Ballast water Deoxygenation as treatment method* – Colocviul național cu participare internațională ACVADEPOL, Ediția a XIII-a, Ed. Arionda, ISBN-10 973-8349-20-6, ISBN-13 978-9738-349-20-9, Galați, 2006
- [5] **Acomi N.** - *Analiza comparata a metodelor de tratare a apei de balast* - Colocviul național cu participare internațională ACVADEPOL, Ediția a XIV-a, Ed. Arionda, ISBN 978-973-8349-32-2, Galați, 2007
- [6] **Acomi N.** - *Dealing With Ballast Water In Naval Transport. Methods And Costs Analysis* - The Twelfth International Conference Of Hong Kong Society For Transportation Studies, Hong Kong, 8-10 December 2007
- [7] **Acomi N.** - *Costurile de tratare a apei de balast prin metoda deoxigenării*, Colocviul național cu participare internațională ACVADEPOL, Ediția a XV-a, Ed. Arionda, Galați, 2008
- [8] **Acomi N.** - *The quality parameters for ballast water treatment methods*, Conferința științifică anuală a cadrelor didactice și cercetătorilor științifici, Ediția a II-a, Universitatea Alma Mater din Sibiu, Sibiu, 2008
- [9] **Acomi N.** - *Cost analyses for treating and exchanging ballast water*, Ovidius University Annals of Mechanical, Industrial and Maritime Engineering Volume X, Tom I, 2008, ISSN-1223-7221, Ovidius University Press 2008
- [10] **Acomi N.** - *The Costs for Treating Ballast Water By Advanced Oxidation Technology*, Analele Universității Maritime Constanța, Vol 11, ISSN 1582-3601, Constanța, 2008,
- [11] **Acomi N., Acomi O.C.** - *Profitability Of Using Ballast Water Treatment In Naval Transport*, International Scientific Conference XXIII. microCAD, University of Miskolc, ISBN 978-963-661-866-7, ISBN 978-963-661-881-0, pag 1-6, Hungary, 19-20 March 2009
- [12] **Acomi N., Acomi O.C.** - *Profitability Of Using Cyclonic Separation And Ultra Violet Irradiation For Treating Ships Ballast Water*, Sibiu Alma Mater University Conference with International Participation, Third Edition, March 26–28, ISSN 1844-5381, pag 464-467, Sibiu, 2009
- [13] **Acomi N.** - *Profitability Of Using Advanced Oxidation Technologies For Treating Ships Ballast Water*, The 33rd Annual Congress of the American Romanian Academy of Arts and Science ARA, Alma Mater University of Sibiu, Romania, June 02-07, ISBN 978-2-553-01433-8, pag 478-480, Sibiu, 2009
- [14] **Acomi N.** - *The Impact Of Ballasting And De-Ballasting Operations In Maritime Environment*, Colocviul național cu participare internațională ACVADEPOL, Ediția a XVI-a, Ed. Arionda, Galați, 2009
- [15] **Aladin N.V., Chuikov Yu.S., Panov V.E., Plotnikov I.S.** – *Chronology of Marii Negreemiopsis and Beroe invasions to the Black, Azov and Caspian Seas. Risk of Marii Negreemiopsis invasion to the Baltic Sea*, Helcom-BSRP Meeting on Ballast Waters, February 22-24, 2005
- [16] **Altmann M., Weinberger M., Weindorf W.** – *Life Cycle Analysis results of fuel cell ships*, Recommendations for improving cost effectiveness and reducing environmental impacts, 2004
- [17] **Buchholz K., Tanis H., Macomber S., Farris E.** - *Ballast water secondary treatment technology review*, Battelle Duxbury Operations for Northeast Midwest Institute, Washington D.C., 1998
- [18] **Bejan A., e.a.** – *Thermal Design & Optimization*, John Wiley & Sons, New York, 1996
- [19] **Cangelosi A., Mays N.** – *Great Ships for the Great Lakes? A Scoping Report for the Great Ships Initiative*, 2006
- [20] **Carins, W.L.** - *Comparison of UV disinfection technologies using low intensity monochromatic and high intensity polychromatic UV lamps*, Ontario, Canada, 2001
- [21] **Chirila E., Draghici C.** – *Analiza poluanților*, Ed. Universității „Transilvania”, Brașov, 2003
- [22] **Cohen A.N., Carlton J.T.** - *Nonindigenous aquatic species in a United States estuary: A case study of the biological invasions of the San Francisco Bay and Delta*. U.S. Fish and Wildlife Service, 1995
- [23] **Dumitru D., Panaiteșcu M.** – *Construcția și proiectarea pompelor centrifuge*, Institutul de Marină Civilă, 1994
- [24] **Damian V., Iosifescu C., Coman G.** – *Termotehnica*, Ed.Academica, Galați, 2005
- [25] **Danescu, Popa, Radcenco** – *Termotehnica și masini termice*, Ed. Didactica și Pedagogica, București, 1985
- [26] **Dinu D., Dinu V.** – *Prevenirea poluării mediului marin*, Ed. Fundatiei Universitare “Dunarea de Jos”, Galați, 2004
- [27] **Dragomir I.** – *MARPOL 73/78, Instalatii pentru prevenirea poluării intalnite la bordul navelor*. Suport de curs, CERONAV, Constanta, 2004

- [28] Dragomir I.C., Panaitescu M., Panaitescu V. – *Masini si instalatii navale. Prevenirea poluarii si PSI*, Vol II, Ed. Ex Ponto, Constanta, 2002
- [29] Hallegraef, G.M., Valentim, J.P., Marshall, J.A. and Bolch, C.J. - *Temperature tolerances of toxic dinoflagellate cysts: Application to the treatment of ship's ballast water*, Aquatic Ecology, 1997
- [30] Hart S., Klepinger M., Wandell H., Garling D., Wolfson L. - *Integrated Pest Management for Nuisance Exotics in Michigan Inland Lakes*, Michigan Department of Environmental Quality, June 2000
- [31] Hay C., Tenis H.D. - *Mid-ocean ballast water exchange: Procedures, effectiveness, and verification*, New Zealand, 1998
- [32] Husain M. Et al - *Ballast water treatment by De-oxygenation with elevated CO₂ for a shipboard installation - a potentially affordable solution*, 2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium, 21-23 July 2003, IMO, London
- [33] Husain M., Felbeck H. – *An Economical Ballast Water System*, Ireland, 2004
- [34] Ioniță C.I., Apostolache J. – *Instalații navale de bord*, Ed. Tehnica, București, 1986
- [35] Ioniță C.I., Dragomir M. – *Optimizarea și analiza comparată cost/ calitate în producerea energiei termice*, STTR, 2006
- [36] Ioniță C.I., Cernega, O. – “*The Exergoeconomic Analysis a Procedure to Minimize Both the Products Costs and the Noxious Emissions of the Power Plants*”. Heat Engines and Environmental Protection, 25-28 May, 1997 Proceedings, Tata, Hungary, pp.233-238
- [37] Ioniță C.I. - *Engineering and economic optimization of energy production*, International Journal of Energy Research 26: 697-715 (DOI: 10.1002/er.811), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. 2002
- [38] Ioniță C.I. – “*Romanian University Project of Thoroughgoing and Extension of the Exergoeconomic Analysis*” ECOS'98 Nancy, France
- [39] Ioniță C.I. – “*Beyond Thermo-Economic Analysis Of Thermal Systems: The Compared Cost-To-Quality Analysis*”, Metime, 2005
- [40] Ioniță C.I., Popa.V. “*The Analysis of the HVAC Systems Using Cost-to-Quality Criterion of Optimization*”, 7th REHVA World Congress Clima 2000, Napoli 2001
- [41] Ioniță C.I. – “*Extending thermo-economic analysis by cost to quality optimisation*”. Proceedings of ECOS 2002 July 3-5, 2002, Berlin, Germany
- [42] Ion V.I., Ioniță C.I. – “*Mathematical modeling for the profitableness of an alternative energy conversion system*”, METIME, 2007
- [43] Ion V.I., Ioniță C.I., Negoita D., Paraschiv S. – *The profitableness of hybrid solar vehicles (HSV)*, Salerno, 2006
- [44] Lafontaine Y., DeBlois M. – *Rapid Deoxygenation of Ballast Water*, Canada, 2004
- [45] Mountford D.O., Dodgshun T., Gibbs W., McCallin B. - *Towards a feasible heat treatment system for ship's ballast water*, Australia, 1999
- [46] Munteanu R. – *Poluarea sonoră. Importanța hârțurilor acustice*, Buletinul AGIR nr. 4/2007, pag 85-87, 2007
- [47] Nicolae F. – *Masini și instalații navale*, Ed. Ex Ponto, Constanța, 2002
- [48] Nilsen B., Nilsen H. - *OptiMar Ballast System a practical solution for the treatment of ballast water on ships*, OptiMarin AS, USA, 1998-1999-2000
- [49] Oemcke D. - *The Treatment of Ships' Ballast Water*, James Cook University, Australia, 1999
- [50] Panaitescu M., Panaitescu V. – *Masini si instalatii navale, Poluare si PSI*, Ed. Ex Ponto, Constanta, 2001
- [51] Parască N. – *Soluții de reducere a poluării mediului ambiant*, Referat de doctorat, susținut la Galați, Universitatea Dunărea de Jos, Facultatea de Mecanică, 2007
- [52] Parască N. – *Costurile aplicării soluțiilor de reducere a poluării mediului ambiant*, Referat de doctorat, susținut la Galați, Universitatea Dunărea de Jos, Facultatea de Mecanică, 2007
- [53] Parască N. – *Rentabilitatea protejării mediului ambiant*, Referat de doctorat, susținut la Galați, Universitatea Dunărea de Jos, Facultatea de Mecanică, 2008
- [54] Parsons, M.G. - *Flow through ballast water exchange*. CMCAME transactions, 1998
- [55] Parsons, M.G. - *Recent Advances in the Naval Architecture for NIS Control*, 7th MTS Research Conference, November 16, 2004
- [56] Parsons M.G., Harkins R.W. - *The Great Lakes ballast technology project filtration mechanism test program*. Proceedings of the ninth annual international aquatic nuisance species and Zebra Mussel conference, 1999
- [57] Pascale D., Dragomir I., Uzunov G. – *Industria navală de noua*, Ed. Tehnica, București, 1983
- [58] Pruiu A., Dragomir I., Uzunov G. – *Manualul ștelistului mecanic marinier*, Ed. Tehnica, București, 1998
- [59] Renninger J. – *Understanding Damping Techniques for Noise and Vibration Control*, E-A-R Specialty Composites Indianapolis, Indiana
- [60] Rigby G.R., Hallegraef G.M. - *The transfer and control of harmful marine organisms in shipping ballast water: Behavior of marine plankton and ballast water exchange trials on the MTORON Ripault*, Journal of Marine and Environmental Engineering, 1995
- [61] Rigby G.R., Hallegraef G.M., Sutton C. - *Novel ballast water heating technique offers non-effective treatment to reduce the risk of global transport of harmful marine organisms*, Marine Ecology, 1999
- [62] Roman C. – *Motoare navale. Instalatii auxiliare*, Ed. Ex Ponto, Constanta, 2000

- [63] Rytikönen J. - *Methods to restrict the invasion of alien species*, VTT Industrial Systems, Finland, Seminar on The Environmental Impacts of the Maritime Industry, 2003
- [64] Spencer Schilling - *Ballast Water Treatment Retrofit. A Case Study and Reality Check*, Herbert Engineering Corp., Alameda, USA, 2001
- [65] Tagg R., Mackey T., Parsons M. - *Technologies for ballast water Management*, the 8th ICMES Symposium, New York, 2002
- [66] Tamburri M. et al - *Venturi Oxygen Stripping (Trademark) as a Ballast Water Treatment to Prevent Aquatic Invasions and Ship Corrosion*, Naval Research Lab Stennis Space Center MS Oceanography Div, 2003
- [67] Tamburri M., Wasson K., Matsuda M. - *Ballast Water Deoxygenation can prevent species introductions while reducing ship corrosion*, 2002
- [68] Tamburri M., Ruiz G., - *Evaluations of a Ballast Water Treatment to Stop Invasive Species and Tank Corrosion*, 2005
- [69] Toaca I.A. - *Caldari navale. Defectiuni si reparatii*. Ed. CPPMC, Constanta, 1993
- [70] Toaca I.A., Dragomir I. - *Masini marine. Intrebari si raspunsuri* Ed. Muntenia, Constanta, 2005
- [71] Tofan L. - *Metode practice de determinare a poluarii mediului*. Ed. Universitatii „Ovidius”, Constanta, 2004
- [72] Uzunov I., Pruiu A. - *In drumarul ofiterului mecanic de nave*. Ed. Muntenia, Constanta, 1999
- [76] Wakefield K., Faulds A. - *Aquatic Invaders of the Delaware Estuary Symposium*, Penn State Great Valley Campus Malvern, Pennsylvania, May 20, 2003
- [74] Woodward J.B., Parsons M.G., Troesch A.M. - *Ship operational and safety aspects of ballast water exchange at sea marine technology*, 1994
- [75] *** *Alfa Laval first with ballast water treatment system*, September 2006
- [76] *** *Glosten-Herbert, Hyde Marine - Full-Scale Design Studies of Ballast Water Treatment Systems*, April 2002
- [77] *** *Dames & Moore - Phase I final report. Ballast water exchange and treatment*. California Association of Port Authorities, Pacific Merchant Shipping Association, 1999.
- [78] *** *International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil, 1954 (OILPOL 1954)*
- [79] *** *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL 73/78)*
- [80] *** *International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments*, Adoption: 13 February 2004
- [81] *** *International Conference on Tanker Safety and Pollution Prevention, 1978. Final Act of the Conference, including the Protocol of 1978 Relating to the International Convention for the Prevention of Pollution From Ship, 1973*
- [82] *** *International Conference on Tanker Safety and Pollution Prevention, 1978. Final Act of the Conference, including the Protocol of 1978 Relating to the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974*
- [83] *** *International Maritime Organization, Internatione Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water and Sediments, 2004, Guidance document on arrangements for responding to emergency situations involving ballast water operations, BWM.2/Circ.17, 20 October 2008*
- [84] *** *Marine Environment Protection Committee, (MEPC) 55th Session, Brief description of the technologies presented, October 2006*
- [85] *** *OECD "Cost Savings Stemming From Non-Compliance With International Environmental Regulations In The Maritime Sector"*, 2003
- [86] *** *Registru Naval Român. Reguli pentru prevenirea poluării de către nave. Construcție și exploatare*, București, 1980
- [87] *** *Rezoluția Parlamentului European din 22 mai 2007 privind stoparea pierderii biodiversității până în 2010 (2006/2233(INI))* <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP/NONSGML+TA+P6-TA-2007-0195+0+DOC+WORD+V0//RO>
- [88] *** *Royal Haskoning, - Global market analysis of ballast water treatment technology*. Northeast-Midwest Institute, Washington, D.C., 2001
- [89] *** *State Water Resources Control Board California Environmental Protection Agency, Evaluation of Ballast Water Treatment Technology for Control of Nonindigenous Aquatic Organisms*, 2002
- [90] *** *The Glosten Associates - Ballast Treatment Systems*, Prepared for State of Washington / Puget Sound Action Team Olympia, Washington, 2006
- [91] *** *West Coast Regional Applied Ballast Management Research and Demonstration Project*, Marine Invasive Species Program, April 2005
- [92] www.alfalaval.com
- [93] www.arrowweb.com
- [94] <http://blacksea.orlyonok.ru/e2-1.shtml>
- [95] <http://www.bunkerworld.com/markets/prices/nl/rtm/>
- [96] www.emperoraquatics.com
- [97] http://www.fimr.fi/en/tietoa/tulokaslajit/en_GB/kampamancetti/
- [98] www.hamannag.com
- [99] www.hanovia.com

- [100] www.imo.org
- [101] www.imo.org/About/mainframe.asp?topic_id=848&doc_id=3455
- [102] http://www.imo.org/Conventions/contents.asp?doc_id=678&topic_id=258
- [103] http://www.imo.org/environment/mainframe.asp?topic_id=231
- [104] www.international-marine.com
- [105] www.mbari.org
- [106] www.nei-marine.com
- [107] www.nemw.org
- [108] www.pwsrca.com
- [109] www.rna.ro/servicii/Structura/SAR-Poluare/PrezentareCMC.mht!PrezentareCMC_files/frame.htm
- [110] www.rusteco.com/news.cfm
- [111] www.sealsales.com
- [112] www.severntrentservices.com
- [113] www.shipbrokering.com
- [114] <http://www.thermoking.com/aboutus/newsroom/pressDisplay.asp?id=396>
- [115] www.trajamuv.com/papers/comp-meno-hi-hm
- [116] www.trebawa.eu/environment.php
- [117] <http://www.tc.gc.ca/marinesafety/ocp/environment/ballastwater/alienspecies.htm>
- [118] <http://www.vemw.org/abstracts.htm>
- [119] www.vships.com
- [120] http://en.wikipedia.org/wiki/Marij_Negreemiopsis_leidy
- [121] http://www.wa.gov/puget_sound Ballast Water and Shipping Patterns in Puget Sound, Considerations for Siting of Alternative Ballast Water Exchange Zones, 2000
- [122] cotații practice de Santierul Naval Mangalia
- [123] **Acomi N** - *Reducerea poluării produse de navele maritime* – Ed. Nautica; Constanța, ISBN: 978-973-787-277-7, 2008.



266-589.