

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
GEMİ İNŞAATI VE DENİZ BİLİMLERİ FAKÜLTESİ



GEMİ VE DENİZ TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ

TEKNİK RAPOR

Rapor Tipi: İnceleme – Araştırma

Rapor No: DEN 2017 / 2

Tarih: 15.03.2017

Onaylayan:

BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNİN
İNCELENMESİ

Dr. Ceren BİLGİN GÜNEY

ÖNSÖZ

Denizel istilanın sürdürülebilir gelişime olumsuz etkilerinin kamu ve hükümetler tarafından fark edilmesi, ulusal ve uluslararası ölçekte çeşitli düzenlemelerin geliştirilmesine yol açmıştır. IMO tarafından üye ülkelerin imzasına açılan “Gemi Balast Sularının ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi” 08 Eylül 2017’de yürürlüğe girecektir. Sözleşmenin yürürlüğe girmesiyle, sözleşmeye taraf olan devletlerin bayrağını taşıyan 400 GT ve üzeri ticari tüm gemilerin, balast suyu arıtma sistem ile donatılması gerekecektir. Bu nedenle denizcilik sektörü gemi ile ilgili teknik çözümlerin ve çevresel faktörlerin bir arada değerlendirileceği, oldukça yüksek maliyetli bir problemle karşı karşıya kalacaktır. Ülkemiz gemi inşa ve deniz ticareti sektörlerinin bu sürece mümkün olan en iyi şekilde uyum sağlayabilmesi, en başta balast suyu arıtım teknolojileri ve kullanılacak teknolojilerin yasal ve teknik kısıtlarının anlaşılmasıyla mümkündür

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
1 GİRİŞ.....	1
2 GEMİLERİN BALAST SUYU YÖNETİMİ İÇİN ULUSLARARASI DÜZENLEMELER	5
2.1 IMO Gemi Balast Sularının ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi'ne Genel Bakış.....	5
2.2 IMO BWM Sözleşmesi Altında Gemilerde Balast Suyu Yönetimi.....	9
2.2.1 IMO BWM Sözleşmesi Altında Gemilerde Balast Suyu Yönetimi Metodu Olarak Balast Suyu Değişimi.....	11
2.2.2 IMO BWM Sözleşmesi Altında Gemilerde Balast Suyu Yönetimi Metodu Olarak Balast Suyu Arıtımı.....	14
2.3 Amerika Birleşik Devletleri'nde Balast Suyu Yönetimi Uygulamaları.....	18
3 GEMİLERDE BALAST SUYU ARITIMI	21
3.1 Balast Suyu Arıtım Sistemlerinde Kullanılan Yöntemler.....	22
3.1.1 Mekanik Yöntemler	23
3.1.2 Fiziksel Yöntemler.....	24
3.1.3 Kimyasal Yöntemler	27
3.1.4 Elektrokimyasal yöntemler	29
3.2 Balast Suyu Arıtımı İçin Mevcut Sistemler	30

3.2.1	Balast suyu arıtım sistemlerinin verimliliği ve verimliği etkileyen önemli parametreler	36
3.2.2	Balast suyu arıtım sistemlerinin kapasiteleri, enerji ihtiyaçları ve boyutları 40	
3.2.3	Balast Suyu Arıtım Sistemlerinin Maliyeti.....	41
4	SEKTÖRDE ÇOK TERCİH EDİLEN BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİ.	45
4.1	GloEn-Patrol™ Balast Suyu Arıtma Sistemi	47
4.2	OceanGuard® Balast Suyu Arıtma Sistemi	48
4.3	PureBallast Balast Suyu Arıtma Sistemi.....	49
4.4	Electro-Cleen™ Balast Suyu Arıtma Sistemi	51
4.5	JFE BallastAce® Balast Suyu Arıtma Sistemi	52
4.6	BalClor® Balast Suyu Arıtma Sistemi.....	54
4.7	COSCO BOS Balast Suyu Arıtma Sistemi	54
4.8	NK-O3 balast suyu arıtma istemi	55
4.9	Optimarin Balast Suyu Arıtım Sistemi	56
4.10	Hyde GUARDIAN Gold® Balast Suyu Arıtma Sitemi	57
5	BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNİN SEÇİLMESİ VE GEMİLERE ENTEGRASYONU.....	59
5.1	Sistemlerin Onayı.....	59
5.2	Gemi tipi ve operasyonel karakteristikler	60
5.3	Genel Kriterler.....	63
5.4	Sistemlerin mevcut gemilere retrofit olarak entegrasyonu	63
6	DEĞERLENDİRME	67
KAYNAKLAR		

KISALTMALAR

BWWG:	Balast Suyu Çalışma Grubu (<i>Ballast Water Working Group</i>)
EPA:	Çevre Koruma Ajansı (<i>Environmental Protection Agency</i>)
FPSOs:	Yüzen Üretim depolama ve Yükleme üniteleri
FSUs:	Yüzen Depolama Üniteleri
GESAMP:	Deniz Kirliliğinin Bilimsel Yönlü İncelemesinde Uzmanlar Grubu (<i>Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection</i>)
IMO:	Uluslararası Denizcilik Örgütü (<i>International Maritime Organization</i>)
İO:	İleri Oksidasyon
IOPP:	Uluslararası Petrol Kirliliği Önleme Belgesi
MEPC:	Deniz Çevresini Koruma Komitesi (<i>Marine Environment Protection Committee</i>)
ULCC:	Ultra Büyük Ham Taşıyıcı
USCG:	Birleşik Devletler Sahil Güvenlik (<i>United States Coast Guard</i>)
VGP:	Gemi Genel İzni (<i>Vessel General Permit</i>)
VLCC:	Çok Büyük Ham Taşıyıcı

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: BWM sözleşmesini destekleyen IMO rehberleri.....	9
Tablo 2: Sözleşmenin imzaya açıldığı tarihte öngörülen gemilere ilişkin balast suyu yönetimi gereklilikleri	11
Tablo 3: IMO Balast Suyu Sözleşmesi Kural D-2	15
Tablo 4: Balast suyu deşarj standartlarının karşılaştırılması.....	19
Tablo 5: Tip onayı almış olan sistemlerde kullanılan teknolojiler.....	31
Tablo 6: USCG Alternatif Yönetim Sistemleri.....	35
Tablo 7: Sistemlerde kullanılan teknolojilerin avantaj ve dezavantajları	37
Tablo 8: Balast suyu arıtım sistemlerini test eden farklı kuruluşların deniz suyu parametreleri	38
Tablo 9: Balast suyu arıtım sistemlerinde kullanılan teknolojilerinin enerji tüketimi.....	41
Tablo 10: Balast suyu arıtım sistemlerinin maliyetleri	42
Tablo 11: Arıtım sistemlerinin teknolojiye göre değişen ortalama maliyetleri	43
Tablo 12: En çok satılan balast suyu arıtım sistemleri.....	46
Tablo 13: GloEn-Patrol™ markası ile satılan balast suyu sisteminin mevcut kombinasyonları.....	47
Tablo 14: IMO Balast Suyu Sözleşmesi'ne taraf olan devletler	59
Tablo 15: Bazı teknolojilerin önemli karakteristikleri.....	61

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: IMO çatısı altında BWM Sözleşmesi'ne gelinen sürecin dönüm noktaları	6
Şekil 2: IMO BWM sözleşmesi altında Balast Suyu Yönetimi	10
Şekil 3: Akdeniz için belirlenen balast suyu değişim alanları.....	12
Şekil 4: Balast Suyu Değişimi - Sıralı Yöntem	13
Şekil 5: Balast Suyu Değişimi – Taşıma Yöntemi.....	13
Şekil 6: Balast Suyu Değişimi – Seyreltme Yöntemi.....	14
Şekil 7: Balast suyu arıtma sistemlerinin onay süreci	16
Şekil 8: Balast suyu arıtım sistemlerinin onayı için akış diyagramı	17
Şekil 9: ABD Suları'nda geçerli olana balast suyu yönetimi düzenlemeleri	18
Şekil 10: Balast suyu arıtımının aşamaları	22
Şekil 11: Balast suyu arıtım sistemlerinde kullanılan temel yöntemler	23
Şekil 12: FilterSafe® Marka perde filtrenin dış, iç ve detay görüntüsü.....	23
Şekil 13: Hidrosiklon seperatör	24
Şekil 14: BAWAT marka balast suyu arıtım sisteminde yer alan pastörizasyon birimi ...	25
Şekil 15: Wartsila - AQUARIUS UV balast suyu arıtma sistemi ve UV modülü	26
Şekil 16: Wartsila - AQUARIUS UV balast suyu arıtma sisteminin UV odasından bir kesit	26
Şekil 17: SeaCleen®'e maruz kaldıktan iki saat sonra <i>Glenodinium foliaceum</i> kistleri ...	28
Şekil 18: Membran Elektrolizi	29
Şekil 19: Elektrokimyasal yöntem ile arıtım	30
Şekil 20: Üç adet UV bölmeli Optimarin Balast Suyu Arıtım Sistemi	34
Şekil 21: JFE BallastAce® Sisteminde kullanılan sıvı veya granül formdaki kimyasal ve nötrleştirici	36
Şekil 22: Balast tankında deşarj edilemeyen ve tank dibinde biriken çamur	39
Şekil 23: GloEn-Patrol™ markası ile satılan balast suyu arıtım sistemi.....	47

Şekil 24: OceanGuard® Filtre ve EUT birimi	48
Şekil 25: OceanGuard® sistem bileşenleri.....	49
Şekil 26: PureBallas 1.0 ve PureBallast 2.0	49
Şekil 27: Üçüncü nesil PureBallast 3.1 arıtım sistemi	50
Şekil 28: Kızaklı şekilde satışa sunulan PureBallast sistemi.....	51
Şekil 29: Electro-Cleen™ Sistemi ile balast suyu arıtımı	52
Şekil 30: Electro-Cleen™ Sistemi ile deşarj öncesi nötralizasyon	52
Şekil 31: JFE BallastAce® sıvı dezenfektan sistemi	53
Şekil 32: JFE BallastAce® granül dezenfektan sistemi	53
Şekil 33: BalClor® Balast Suyu Arıtma Sistemi	54
Şekil 34: COSCO BOS Balast Suyu Arıtma Sistemi	55
Şekil 35: NK-O3 balast suyu arıtma sistemi	55
Şekil 36: Optimarin Balast Suyu Arıtım sistemi -334 m ³ /sa kapasiteli.....	56
Şekil 37: Optimarin Balast Suyu Arıtım sistemi - 500 m ³ /sa kapasiteli.....	57
Şekil 38: Hyde GUARDIAN Gold® Balast Suyu Arıtma Sistemi.....	57
Şekil 39: Rotterdam Limanı'nın düşük tuzluluğa sahip bulanık deniz suyu.....	62
Şekil 40: Argo Navis Marine Danışmanlık ve Mühendislik Firması tarafından gerçekleştirilen 3B Lazer Tarama.....	64
Şekil 41: OceanGuard Balast suyu arıtım sisteminin bir gemiye retrofit uygulamasında 3B tarayıcı kullanımı	65

BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Zararlı sucul organizmaların ve patojenlerin balast tanklarında taşınması doksanlı yıllardan bu yana dünyanın farklı bölgelerinde birçok araştırmaya konu olmuştur. Bu araştırmalar problemin küresel boyutunu ve önemini ortaya koymaktadır. IMO, “Gemilerin Balast Suları ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi”ni 14 Şubat 2004 tarihinde üye ülkelerin imzasına açmıştır. Sözleşme’nin yürürlüğe girmesi için gereken toplam tonaj şartı Finlandiya’nın sözleşmeyi imzalamasıyla 8 Eylül 2016’da sağlanmıştır. Sözleşmenin yürürlüğe girmesiyle 400 GT ve üzeri gemilerin, Sözleşmede yer alan balast suyu performans standartlarını sağlaması gerekecektir. Standartları sağlamak için gemilerin IMO Tip Onayı almış balast suyu arıtım sistemleri ile donatılması gerekmektedir. Bu nedenle 08 Eylül 2017 tarihinden itibaren denizcilik sektörü gemi ile ilgili teknik çözümlerin ve çevresel faktörlerin bir arada değerlendirileceği, ekonomik maliyeti gemi başına ortalama 1.000.000 ABD Doları olacak olan bir problemle karşı karşıya kalacaktır. Piyasada 100’ün üzerinde balast suyu arıtım sistemi mevcuttur. Şu ana kadar bunlardan 69 tanesi IMO Tip onayı almıştır. Sistemlerin gemilere entegrasyonunda en önemli konu mevcut seçenekler hakkında bilgi sahibi olmak ve bu seçenekler arasında gemi için en uygun çözümü tespit edebilmektir. Bu da ancak yasal yükümlülüklerin, gemi kısıtlarının ve balast suyu arıtım sistemlerinin özelliklerinin birlikte değerlendirileceği bir süreç sonunda sağlanabilir.

Bu çalışmanın temel amacı fakültemizde bu yönde yapılacak çalışmaların teorik altyapısını oluşturmak; bu süreçte kullanılacak teknolojileri ve kullanılacak teknolojilerin yasal ve teknik kısıtlarını belirlemek; nihai olarak da ülkemiz gemi inşa ve deniz ticareti sektörlerinin bu sürece adaptasyon sürecine katkı sunmaktır

Anahtar Kelimeler: Balast Suyu Yönetimi; Balast Suyu Sözleşmesi; Balast Suyu Arıtım Sistemleri

INVESTIGATION OF BALLAST WATER TREATMENT SYSTEMS

SUMMARY

Transportation of harmful aquatic organisms and pathogens through the ballast tanks has been a popular research topic in various parts of the world since the nineties. These studies expose the global dimension and the importance of the problem. The IMO adopted the “International Convention for the Control and Management of Ships’ Ballast Water and Sediments” on February 14th 2004. The Convention attained the required global aggregate tonnage for global full implementation with Finland’s ratification on 8th September 2016 and The convention will enter into force on 8th September 2017. After the entry into force, all ships greater than 400 GT should comply with the Ballast Water Performance Standards which are stipulated with the Convention. To comply with the standards, the ships will be installed with IMO Type Approved Ballast Water Treatment Systems. Hence, after 8th September 2017, The Global Maritime Industry will have to face a 1000.000 US Dollar costing problem per ship, where ship specific technical solutions and environmental factors should be considered together. There are more than 100 ballast water treatment systems available in the market. However, 69 systems have Type Approval so far. The most important matter for the integration of the ballast water treatment systems is to be informed about of the technologies used within the systems and determine the mot proper solution for the ships. This can be applicable through a process where legal responsibilities, ship specific limitations and treatment systems specifications are considered together.

The core objective of this study is to create the theoretical basis of the works in this area conducted within in our faculty; To identify technologies to be used in this process and the legal/technical constraints of these technologies; Ultimately contributing to the adaptation of the shipbuilding and maritime sectors of our country to this process

Keywords: Ballast Water Management; Ballast Water Convention; Ballast Water Treatment Sytems,

1 GİRİŞ

Dünya ticaret filosu 50.000 gemiyle küresel ticaretin %90'ını, yine dünya ticaretinin yaklaşık %5 maliyetiyle gerçekleştirmektedir (Url 1). Bununla birlikte içinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli hedeflerinden birisi olan sürdürülebilir gelişme, deniz ticareti sektörüne de çeşitli yükümlülükler getirmektedir. Ulusal, bölgesel ve uluslararası düzeyde yapılan çeşitli yasal düzenlemeler nedeniyle sektör başa çıkılması zor teknik ve ekonomik problemlerle karşı karşıya kalmaktadır.

Diğer taraftan gemilerin balast tanklarında doğal sınırları ötesine taşınıp bu bölgelere yerleşen yabancı istilacı türler dünya okyanuslarının karşı karşıya olduğu en önemli tehditlerden birisi olarak kabul edilmekte, biyoçeşitlilik için gittikçe büyüyen bir sorun olarak görülmektedir. Bu türler geldikleri yeni bölgelere yerleştikten sonra, çevre üzerinde potansiyel tehdit oluşturmakta, orada yaşayan yerel türlerle rekabet ederek bazen yeni çevrelerini tamamen ele geçirmektedirler. Bu türler aynı zamanda kıyı bölgelerinde yer alan endüstriyel ve altyapı tesislerine önemli zararlar da verebilmektedir. İstilacı türlerin yanı sıra insan sağlığı için zararlı birçok mikroorganizma da balast suları ile taşınabilmekte, alıcı ortam için tehdit oluşturabilmektedir. Bu türlerin etkileri ve zararları, doğrudan gözle görülmemesine rağmen, geçen zamanla birlikte insan sağlığına yönelik potansiyel tehditleri de dâhil olmak üzere, artmakta ve geri dönülmez boyutlara doğru ilerlemektedir. Bu türlerin ABD ekonomisine maliyeti yılda 14 milyar ABD Doları (Pimentel ve diğ., 2005), Avrupa ekonomisine maliyeti ise yılda 12 milyar Avro (Shine, 2010) olarak tahmin edilmektedir.

Denizel istilanın sürdürülebilir gelişime olumsuz etkilerinin kamu ve hükümetler tarafından fark edilmesi, ulusal ve uluslararası ölçekte çeşitli düzenlemelerin geliştirilmesine yol açmıştır (Hewitt ve Campbell, 2007). Aslında yabancı türlerin balast tanklarında taşınması 1970lerden itibaren IMO (*International Maritime Organization*-Uluslararası Denizcilik Örgütü) gündeminde de yer almaktadır. Nihai olarak 2004 senesinde yine IMO tarafından üye ülkelerin imzasına açılan “Gemi Balast Sularının ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi” 08 Eylül 2017’de yürürlüğe girecektir. Türkiye 2014 senesinde sözleşmeye taraf olmuştur (Resmi Gazete, Sayı: 28974). Sözleşmenin yürürlüğe girmesiyle, sözleşmeye taraf olan devletlerin bayrağını taşıyan 400 GT ve üzeri ticari tüm gemilerin, balast suyu arıtma sistem ile

donatılması gerekecektir. Bu nedenle 08 Eylül 2017 tarihinden itibaren denizcilik sektörü gemi ile ilgili teknik çözümlerin ve çevresel faktörlerin bir arada değerlendirileceği, ekonomik maliyeti gemi başına ortalama 1.000.000 ABD Doları olacak olan bir problemle karşı karşıya kalacaktır.

Öte yandan sözleşmenin yürürlüğe girme tarihinden sonra dünya genelinde 40.000- 50.000 civarında geminin, ilk IOPP sürveylerinde balast suyu arıtım sistemi ile donatılması beklenmektedir. Bu da önümüzdeki beş yıl için 50 milyar dolarlık bir küresel pazar oluşturacaktır. Bu pazarın üç senede tavan yapması ve balast suyu arıtım sistemlerinin retrofit olarak entegrasyonun yılda yaklaşık 10.000 (ortalama 27 gemi /gün) gemiyi bulması; daha sonraki üç senede ise retrofitin giderek erimesi ve yerini yılda 2.000 yeni inşa gemiye (ortalama 5 gemi /gün) bırakması beklenmektedir (King, 2016). Gemi başına hesaplanan retrofit maliyeti sadece balast suyu arıtım sisteminin satın alma maliyetini değil, bu sistemin gemiye entegre edilmesi için gereken tersane ve mühendislik hizmetlerini de kapsamaktadır. Bu maliyetler sistemlerin entegrasyonunun yapıldığı yere göre değişecektir. Gemi sahipleri seçtikleri sistemlerin entegrasyonunda maliyetleri aşağı çekmek amacıyla çeşitli arayışlara girecektir. Sistemlerin gemilere entegrasyonunda en önemli konu mevcut seçenekler hakkında bilgi sahibi olmak ve bu seçenekler arasında gemi için en uygun çözümü tespit edebilmektir. Bu da ancak yasal yükümlülüklerin, gemi kısıtlarının ve balast suyu arıtım sistemlerinin özelliklerinin birlikte değerlendirileceği bir süreç sonunda sağlanabilir.

Bu çalışmanın temel amacı fakültemizde bu yönde yapılacak çalışmaların teorik altyapısını oluşturmak; bu süreçte kullanılacak teknolojileri ve kullanılacak teknolojilerin yasal ve teknik kısıtlarını belirlemek; nihai olarak da ülkemiz gemi inşa ve deniz ticareti sektörlerinin bu sürece adaptasyon süresinin kısaltılmasına katkı sunmaktır.

Dünya genelinde 100 civarı balast suyu arıtım sistemi piyasaya sunulmuştur. Ancak bunlar arasından, geminin tabi olduğu yasal rejime göre “onay” almış olan sistemlerin gemiye entegrasyonu gerekmektedir. Burada kast edilen yasal rejim geminin tabi olduğu bayrak devletinin yanı sıra geminin balast sularını deşarj edeceği liman devletinin tabi olduğu yasal rejimi kapsamaktadır. Dünya ticaret filosunu etkileyecek en önemli iki yasal rejim Uluslararası Denizcilik Örgütü- IMO şemsiyesi altında uygulanacak olan (*International Maritime Organization*) “Gemi Balast Sularının ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi” ve Amerika Birleşik Devletleri’nin kendi sularında uygulayacağı düzenlemelerdir. IMO Sözleşmesi’ne taraf olan ülkelerde (bayrak ve liman idareleri) bu

sözleşme uygulanacaktır. Bununla birlikte ABD, IMO Sözleşmesine taraf olmayarak daha katı uygulamaların yer aldığı farklı bir rejim uygulamaktadır. Bu nedenle IMO Sözleşmesini onaylamış olan bir bayrak devletine ait herhangi bir gemi ABD limanlarına girerken ABD’de uygulanan balast suyu yönetim rejimine uymakla yükümlüdür.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde, yukarıda belirtilen yasal kısıtların açıklanabilmesi için öncelikle ülkemizin bayrak ve liman devleti olarak tabi olduğu IMO Balast Suyu Sözleşmesi genel olarak irdelenmiş, ayrıca dünya ticaret filosunu etkileyecek ikinci rejim olan ve ABD’de uygulanan balast suyu düzenlemeleri hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümü, gemilerde balast suyu arıtımında kullanılacak sistemlere ayrılmıştır. Günümüzde piyasada 100 civarı sistem mevcuttur. Ancak bu sistemler belli mekanik, fiziksel ve kimyasal yöntemlerin farklı kombinasyonundan oluşmaktadır. Bu sistemlerin 69 adedi IMO Tip Onay’ına sahiptir. Üçüncü bölümün ilk kısmında balast suyu arıtım sistemlerinde kullanılan teknolojiler anlatılmış, daha sonra ise IMO onayı almış sistemler irdelenmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümü balast suyu arıtım sistemi seçiminde belirleyici olan kriterler ve dikkat edilmesi gereken hususlara yer verilmiştir.

Çalışmanın beşinci ve son bölümünde değerlendirme yapılmıştır.

2 GEMİLERİN BALAST SUYU YÖNETİMİ İÇİN ULUSLARARASI DÜZENLEMELER

Gemilerin sucul organizmaları doğal sınırlarının ötesine taşınması ve bu organizmaların geldikleri yeni bölgelerde yayılması uzun yıllardır dünyanın çeşitli bölgelerinde yapılan bir çok çalışmaya konu olmuştur (Medcof, 1975; Carlton, 1979; Hallegraeff, 1998; Lavoie, D.M. ve diğ., 1999; Gollasch, S., 2006.; McGee S., ve diğ., 2006. Mimura H, ve diğ., 2005; Casas-Monroy ve diğ; 2011). Bu türlerin yeni geldikleri bölgelerde sebep oldukları sağlık, çevre ve ekonomi problemleri (Carlton, 2002; Olenin ve diğ., 2000; Knowler, D.,2005; Takahashi ve diğ., 2008; Ma ve diğ., 2009 Aguirre-Macedo ve diğ., 2008; McCharty ve Khambaty, 1994) konunun bilim dünyasının ötesine taşınmasına neden olmuştur; dünya genelinde ulusal, bölgesel ve uluslararası düzeyde çeşitli yasal düzenlemelerin yapılmasını sağlamıştır.

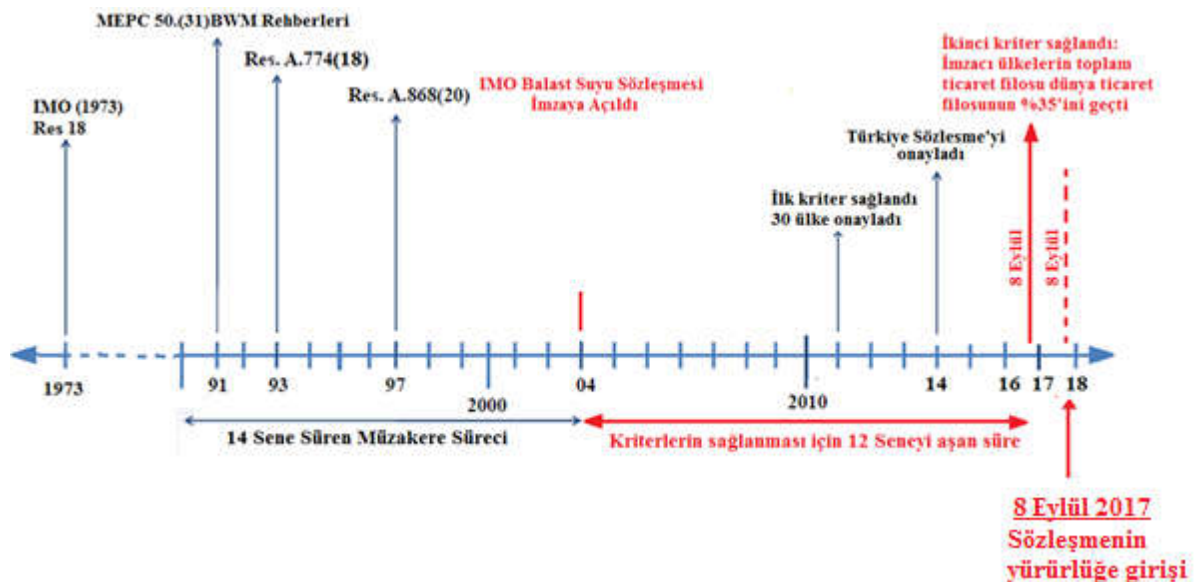
Bu düzenlemelere baktığımızda IMO Balast Suyu Sözleşmesi ve USCG (Birleşik Devletler Sahil Güvenlik (*United States Coast Guard*) düzenlemeleri dünya ticaret filosunu etkileyecek en önemli iki yasal rejim olarak öne çıkmaktadır. IMO Balast Suyu Sözleşmesi Birleşmiş Milletler çatısı altında gerçekleştirilen ve etki alanı en geniş olan sözleşmedir. USCG düzenlemeleri ise, IMO Sözleşmesine taraf olmayan ABD’de gerçekleştirilmesi zorunlu uygulamaları içermektedir. Bu iki rejim dışında dünyanın birçok yerinde ulusal ve bölgesel düzeyde yapılmış olan düzenlemeler de mevcuttur. Ancak bu düzenlemelerin önemli birçoğu IMO Balast Suyu Sözleşmesi yürürlüğe girene kadar yapılacak olan geçici uygulamaları içermektedir ve hatta IMO standartlarını temel almaktadır (Arslan, 2014). Bu nedenle bu raporda IMO Balast Suyu Sözleşmesi ve USCG düzenlemelerine yer verilmiştir.

2.1 IMO Gemi Balast Sularının ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi’ne Genel Bakış

IMO gemilerin balast tanklarında bulunan balast suları vasıtası ile taşınan zararlı organizma ve patojenlerin deniz çevresine ve dolayısı ile insanlığa verdiği zararları ve önlem alınması gerekliliğini uzun yıllardan beri gündeme getirmekte; bu konuda bilimsel araştırma yapılmasını teşvik etmekte ve 1970lerin başından itibaren bu konuda çeşitli düzenlemeler yapmaktadır (Şekil 1). Nihai olarak “Gemi Balast Sularının ve Sedimanlarının Kontrolü ve

Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi”13 Şubat 2014 tarihinde IMO tarafından üye ülkelerin imzasına açılmıştır. Sözleşmenin yürürlüğe girme şartı ve takvimi 18. Madde’de “dünya ticaret filosunun % 35’ini temsil eden 30 ülkenin onayından 12 ay sonra yürürlüğe girecektir” şeklinde belirtilmiştir (IMO, 2004). Ülke sayısı şartı, Moğolistan ve Palau Adaları’nın sözleşmeyi kabul etmesiyle 28 Eylül 2011 senesinde sağlanmış, tonaj şartı ise ancak bundan beş sene sonra 8 Eylül 2016’da Finlandiya’nın onayıyla sağlanabilmiştir. Nihayetinde sözleşme 08 Eylül 2017’de yürürlüğe girecektir. Sözleşme bu raporda kısaca IMO Balast Suyu Sözleşmesi olarak anılacaktır. Kısaltma olarak IMO tarafından da kullanılan “BWM” (*Ballast Water Management* – Balast Suyu Yönetimi) kullanılacaktır.

Sözleşmenin yürürlüğe girmesi için gereken şartların sağlanması 12 seneden fazla sürmüştür. Bunun çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Öncelikle sözleşmenin çeşitli maddeleri ve düzenlemeleri, IMO bünyesinde hazırlanacak rehberlere atıfta bulunmasına rağmen, rehberlerin hazırlanması oldukça uzun zaman almıştır. Ayrıca sözleşmenin imzaya açıldığı tarihte balast suyu arıtım teknolojilerinin yetersizliği de oldukça önemli bir nedendir. Sözleşmede işaret edilen balast suyu deşarj standartlarının sağlanması için teknoloji geliştirme çalışmaları, ancak bu tarihten sonra hız kazanmıştır. Onay almış sistemlerin tesis edilmesi için gerekli kapasite yetersizliği ve sistemlerin maliyeti öne çıkan problemlerdendir. Bunlara ek olarak liman devleti kontrolü, balast suyu örneklemesi ve analizindeki mevcut belirsizlikler önemli etmenlerdendir.



Şekil 1: IMO çatısı altında BWM Sözleşmesi’ne geline sürecin dönüm noktaları

IMO Balast Suyu Sözleşmesi'nin hedefi 'gemi balast suları ve sedimanlarının kontrolü ve yönetimi yoluyla zararlı sucul organizmaların ve patojenlerin taşınmasını önlemek, azaltmak ve tamamen ortadan kaldırmaktır'(BWM Sözleşmesi, Madde 2/1). Sözleşme yirmi iki madden ve sözleşmenin ayrılmaz bir parçası olan ekinden oluşmaktadır. Sözleşmede liman devletleri, bayrak devletleri ve gemi endüstrilerinin rolleri, sorumlulukları tanımlanmış, balast suyu yönetiminin yanı sıra sediman kontrolü ve yönetimi için kurallar belirtilmiştir.

Sözleşmenin ekinde ise aşağıdaki ana başlıklar altında toplanmış kurallar yer almaktadır:

BÖLÜM A- Genel Hükümler:

Bu bölüm tanımları, sözleşmenin genel uygulanabilirlik şartlarını, istisnaları muafiyet ve eşdeğer uyum ile ilgili kuralları içermektedir.

BÖLÜM B - Gemiler İçin Kontrol ve Yönetim Gereklilikleri:

Bu bölüm gemilerde bulundurulması gereken balast suyu yönetim planı ve balast suyu kayıt defteri, gemi için balast suyu yönetimi, balast suyu değişimi, gemilerde sediman yönetimi, gemi adamları ve zabıtların görevleri hususlarını içermektedir.

BÖLÜM C – Belirli Alanlarda Özel Gereklilikler:

Bu bölüm bazı ilave tedbirleri, bazı alanlarda balast alımı konusunda ikazları, ilgili bayrak devleti tedbirlerini ve bilgi değişimi ilgili hükümleri içermektedir.

BÖLÜM D– Balast Suyu Yönetimi İçin Standartlar

Bu bölümde balast suyu değişim standardı, balast suyu performans standartları, balast suyu sistemleri için onaylama gereklilikleri, prototip balast suyu teknolojilerinin ve standartların örgüt tarafından gözden geçirilmesi ile ilgili hükümler yer almaktadır.

BÖLÜM E – Balast Suyu Yönetimi İçin Denetim ve Belgelendirme Gereklilikleri

Bu bölümde denetim, sertifikalandırma veya onaylama, yetkilendirilmiş kurum, belgelerin geçerliliği ve süresi ile ilgili hükümler bulunmaktadır.

Sözleşmeye taraf olan devletler sözleşmenin ve eklerinin hükümlerini tam ve eksiksiz yerine getireceklerdir. Buna göre her bir Taraf, Sözleşme'de tanımlı standartlar ve Ek'indeki gereklilikler ile birlikte kendi bayrağını taşıyan veya kendi idaresi altında faaliyet gösteren ve Sözleşme kapsamına giren gemilerden, bu Sözleşme'de belirtilen gerekliliklere

uymalarını talep edeceklerdir. Ayrıca, bu gemilerin bu gerekliliklere uymasını sağlamak amacıyla etkin tedbirler alacaktır.

Sözleşme, uluslararası taşıma yapan bütün gemilerin balast sularını ve sedimanlarını, gemiye özel bir balast suyu yönetimi planı çerçevesinde, belli başlı standartlara göre yönetmesini gerektirmektedir (IMO, 2016). Balast Suyu Yönetimi Sözleşmesi'nde gemi tanımı 'FPSO, FSU, yüzen platformlar, yüzen araçlar, dalabilir deniz araçlarını da içeren ve deniz çevresinde faaliyet gösteren hangi tip olursa olsun deniz aracını kapsamaktadır. Sözleşme, sözleşmede belirtilen istisnalar dışında bir tarafın bayrağını taşıyan gemilere ve bir tarafın bayrağını taşımayan ancak bir tarafın otoritesi altında faaliyet gösteren gemilere uygulanacaktır (IMO, 2004).

Bununla birlikte aşağıdaki gemiler sözleşme kapsamı dışındadır:

- Balast suyu taşıyacak şekilde tasarlanmamış veya inşa edilmemiş gemiler,
- Savaş gemileri, yardımcı savaş gemileri, bir devlete ait veya devlet tarafından şimdilik sadece idarenin ticari olmayan hizmetlerinde kullandığı gemiler
- Diğer Taraf'ın çevresine zarar vermeme koşulu ile sadece bir Taraf'ın yetkisi altında olan sularda faaliyet gösteren gemiler
- Sadece bir Tarafın sularında ve açık denizinde faaliyette bulunan gemiler
- Tecrit edilmiş balast tanklarında deşarja tabi olmayan kalıcı balast suyu taşıyan gemiler.

Sözleşmede ayrıca taraf olmayan devletlerle ilgili olarak, “ taraflar, bu devletlerin gemilerine, bu sözleşmenin gereklerinden daha az etkin olmayan muamelede bulunacaklardır” hükmü yer almaktadır. Buna göre Sözleşme'ye taraf olmayan bir devlete ait geminin, taraf bir devletin limanında sözleşmenin balast suyu yönetimi ile ilgili gereklilik ve koşullarını sağlaması gerekmektedir. Sözleşmenin uluslararası yeknesak bir şekilde uygulanmasını desteklemek amacıyla IMO MEPC (*Marine Environment Protection Committee*-Deniz Çevresini Koruma Komitesi) tarafından hukuki bağlayıcılığı olmayan çeşitli rehberler yayınlanmıştır. Bu rehberlerden öncelikli olan ilk on dördü, referans olan sözleşme hükümleri ve ilgili MEPC kararları Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1: BWM sözleşmesini destekleyen IMO rehberleri

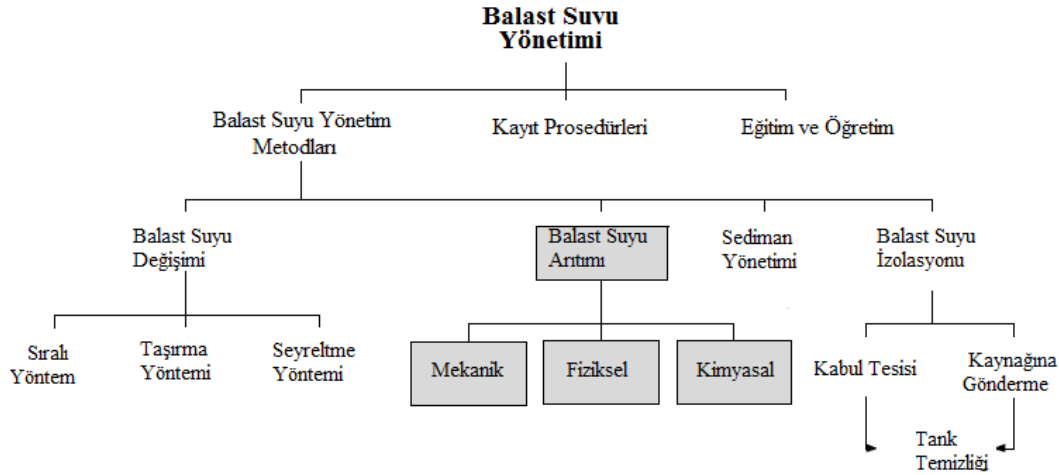
Kılavuzun Kısa Adı	Kılavuzun Adı	Kılavuz Başlığının Türkçe Karşılığı	Kılavuzun Dayalı Olduğu Karar	Referans
G1	<i>Guidelines for sediment reception facilities</i>	Sediman kabul tesisleri ile ilgili rehberler	MEPC.152(55)	Madde 2
G2	<i>Guidelines for ballast water sampling</i>	Balast suyu örnekleme ile ilgili rehberler	MEPC.173(58)	Madde 9
G3	<i>Guidelines for ballast water management equivalent compliance</i>	Balast suyu yönetiminin eşdeğer uyumu ile ilgili rehberler	MEPC.123(53)	Kural A-5
G4	<i>Guidelines for ballast water management and development of ballast water management plans</i>	Balast suyu yönetimi ve balast suyu yönetim planlarının oluşturulması ile ilgili rehberler	MEPC.127(53)	Kural B-1
G5	<i>Guidelines for ballast water reception facilities</i>	Balast suyu kabul tesisleri ile ilgili rehberler	MEPC.153(55)	Kural B-3
G6	<i>Guidelines for ballast water exchange</i>	Balast suyu değişimi ile ilgili rehberler	MEPC.124(53)	Kural B-4
G7	<i>Guidelines for risk assessment under regulation A-4 of the BWM convention</i>	BWM Sözleşmesinin A-4 düzenlemesi altında risk değerlendirmesi ile ilgili rehberler	MEPC.162(56)	Kural A-4
G8	<i>Guidelines for approval of ballast water management systems</i>	Balast suyu yönetimi sistemlerinin onayı ile ilgili rehberler	MEPC.174(58)	Kural D-3.1
G9	<i>Procedure for approval of ballast water management systems that make use of active substances</i>	Aktif madde kullanan balast suyu yönetimi sistemlerinin onayı için süreçler	MEPC.169(57)	Kural D-3.2
G10	<i>Guidelines for approval and oversight of prototype ballast water treatment technology programmes</i>	Prototip balast suyu arıtma teknoloji programlarının onaylaması ve gözetimi ile ilgili rehberler	MEPC.140(54)	Kural D-4.
G11	<i>Guidelines for ballast water exchange design and construction standards</i>	Balast suyu değişimi tasarımı ve inşaat standartları ile ilgili rehberler	MEPC.149(55)	Kural D-1
G12	<i>Guidelines on design and construction to facilitate sediment control on ships</i>	Gemi üzerinde sediman kontrolünün sağlanmasına yönelik tasarım ve inşaat standartları ile ilgili rehberler	MEPC.209(63)	Kural B-5
G13	<i>Guidelines for additional measures regarding ballast water management including emergency situations</i>	Acil durumları kapsayan ilave tedbirler ile ilgili rehberler	MEPC.161(56)	Kural C-1
G14	<i>Guidelines on designation of areas for ballast water exchange</i>	Balast suyu değişim alanlarının tahsisi ile ilgili rehberler	MEPC.151(55)	Kural B-42

Balast Suyu Yönetimi Sözleşmesi altında, 400 GT ve üzeri tüm gemilerin sertifikalandırma ve sorvey süreçleri diğer IMO sözleşmelerinde olduğu gibi gerçekleştirilecektir. Balast Suyu Yönetimi Sertifikası başlangıç sorveyinin tamamlanmasının ardından verilecek ve beş yıl süreyle geçerli olacaktır. Bu sertifikalar aynı zamanda yıllık sorvey, ara sorvey ve yenileme sorveylerine tabi olacaktır. 400 GT altındaki gemiler için ise ulusal sertifikalandırma ve sorvey süreçleri uygulanacaktır.

2.2 IMO BWM Sözleşmesi Altında Gemilerde Balast Suyu Yönetimi

IMO Balast Suyu Sözleşmesi'nde, balast suyu yönetimi 'Balast Suyu ve Sedimanı içerisindeki Zararlı Sucul Organizmaların ve Patojenlerin temizlenmesi, deşarjı veya

alınmasının önlenmesi veya zararsız hale getirilmesi amacıyla tek başına veya birleşik olarak yapılan mekanik, fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemler’ olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2). Bu çalışmada ise Balast Suyu Arıtımı detaylı bir şekilde incelenecektir.



Şekil 2: IMO BWM sözleşmesi altında Balast Suyu Yönetimi (ABS, 2016a’dan uyarlanmıştır)

Gemi üzerinde balast suyu yönetimi yukarıda belirtilen amaçla gemide yapılan uygulamaların tamamını içermektedir. “Gemiler İçin Kontrol ve Yönetim Gereklilikleri”, Balast Suyu Sözleşmesi’nin Ek’inde yer alan Bölüm B ile belirtilmektedir. Buna göre Sözleşmenin yürürlüğe girmesi ile sözleşmenin uygulanacağı tüm gemiler şunları sağlamak zorundadır (IMO, 2004) :

1. İdare tarafından onaylanmış Balast Suyu Yönetim Planı’na sahip olmalı
2. Balast Suyu Kayıt Defteri bulundurmalı
3. Gemilere ilişkin balast suyu yönetimi gerekliliklerini yerine getirmeli

Son maddede ifade edilen ‘gemilere ilişkin balast suyu yönetimi gereklilikleri’ gemilerde balast suyu değişimi icra edilerek veya balast suyu arıtımı sistemi kullanılarak yapılmaktadır. Bu yöntemler için sözleşmede belirlenen Balast Suyu Performans Standartları sözleşmenin ekinde Bölüm D’de Kural D-1 ve Kural D-2 ile belirtilmektedir. Kural D-1 mevcut gemilerin artıma sistemi takana kadar sağlamaları gereken balast suyu değişim standartlarını içermektedir. Kural D-2 ise nihai olarak tüm gemilere uygulanacak deşarj edilebilecek balast suyu standartlarını belirtmektedir. Sözleşmeye göre bu standardı sağlamak için gemiler balast suyu arıtım sistemleri ile donatılıp, balast suyu arıtımı icra edecekler veya mevcut liman idaresi tarafından gösterilebilecek balast suyu kabul

tesislerine balast sularını deşarj edebileceklerdir. Ancak balast suyu kabul tesisi bulundurmak liman idareleri için ihtiyari bir tedbirdir, zorunluluk değildir. Sözleşme, sadece gemiler için tedbir zorunluluğu getirmiştir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda D-2 standardının gemiler tarafından sağlanması gerekmektedir. Bu da aslında gemilere balast suyu arıtım cihazıyla donatılma zorunluluğunu getirmektedir.

Gemilerin balast suyu yönetimi gerekliliklerinin yerine getirilme takvimi Sözleşmede Kural B-3 ile belirtilmekte ve Tablo 2’de özetlenmektedir. Tablo 2’den de anlaşılabileceği gibi balast suyu değişimi IMO tarafından önerilen geçici bir uygulamadır. Ancak arıtım sistemi mevcut gemilerde bu sistemin arızalanması gibi zorunlu hallerde de balast suyu değişimi uygulanması gerekmektedir. Her iki yöntem için de gemilerin uyması gereken standartlar Sözleşme’nin Ek’inde Bölüm D’de yer almaktadır.

Sözleşmenin yürürlüğe girme tarihi, Sözleşmede ön görülen tarihlerin gerisinde kaldığı için (Tablo 2) sözleşmenin uygulama takviminde zorunlu değişiklikler yapılmıştır.

Tablo 2: Sözleşmenin imzaya açıldığı tarihte öngörülen gemilere ilişkin balast suyu yönetimi gereklilikleri, Pazouki ve diğ. (2008) den uyarlanmıştır

	İnşa tarihi	Balast Suyu Kapasitesi	Uygulanacak Kural	Uygulama Tarihi
Yeni Gemiler	2009 sonrası ve	$Kap. < 1500 m^3$	D-2	2009 ve sonrası
		$1500 m^3 \leq Kap. \leq 5000 m^3$	D-2	2009 ve sonrası
	2012 sonrası ve	$Kap. > 5000 m^3$	D-2	2012 ve sonrası
Mevcut Gemiler	2009’dan önce	$Kap. < 1500 m^3$	D-1 veya D-2	2016’ya kadar
		$1500 m^3 \leq Kap. \leq 5000 m^3$	D-1 veya D-2	2014’e kadar
	2012’den önce	$Kap. > 5000 m^3$	D-1 veya D-2	2016’ya kadar

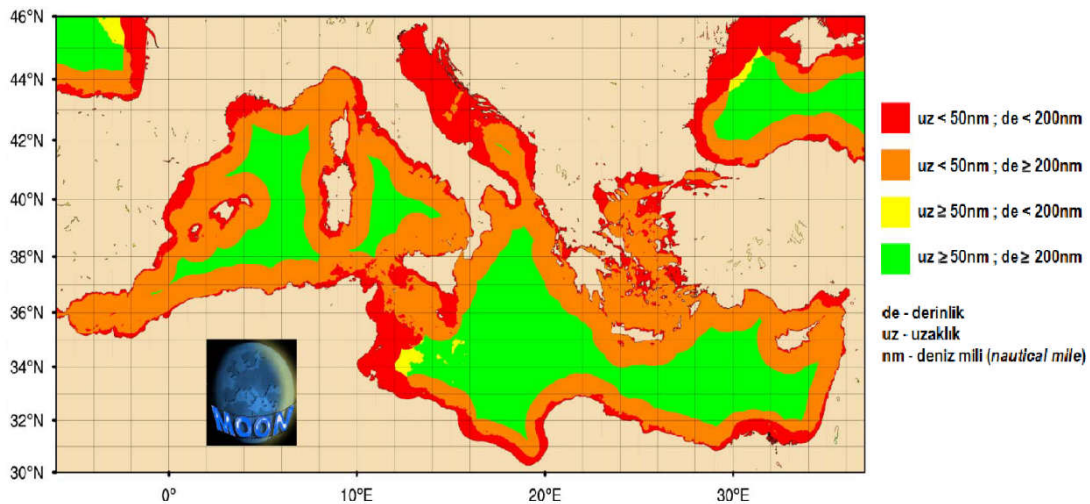
Nihai durumda sözleşmenin uygulanacağı bütün gemiler, sözleşmenin yürürlüğe girme tarihi olan 8 Eylül 2017 sonrasındaki ilk IOPP’ye bağlı yenileme sürveyinde Sözleşmenin D-2 (deşarj) standardını sağlayacak balast suyu arıtım sistemleriyle donatılmış olacaklardır (IMO, 2016; MEPC, 2008).

2.2.1 IMO BWM Sözleşmesi Altında Gemilerde Balast Suyu Yönetimi Metodu Olarak Balast Suyu Değişimi

Balast suyu değişimi yöntemi, balast operasyonu sırasında kıyı bölgesinden alınan balast suyunun açık deniz suyu ile değiştirilmesi olarak tanımlanabilir. Balast suyu değişim yönteminin ardındaki ana düşünce, balast suyu ile alınan çok sayıdaki kıyı

organizmalarının açık denizde deşarj edildiğinde yaşama şansının düşük olması ve değişim esnasında alınan az sayıdaki açık deniz organizmalarının kıyı bölgelerine bırakılmasının ardından buralarda yaşayamayacağıdır (Gollasch ve diğ., 2007). Balast suyu değişimi sonucunda organizmaların etkisizleştirilmesinde rol alan önemli mekanizmalar, yer değiştiren canlılarda tuzluluk farkı nedeni ile ortaya çıkan ozmotik stres ve sıcaklık farkıdır (Zhang ve Dickman, 1999; Hülsmann ve Galil, 2001 ; Bailey ve diğ., 2006).

Gemiler, Sözleşmenin yürürlüğe girmesinden sonra, balast suyu arıtım sistemleriyle donatılması gereken zaman olan ilk IOPP'ye bağlı yenileme sürveylerine kadar geçecek sürede balast suyu değişimi icra etmek zorundadır. Sözleşme'ye göre balast suyu değişimi karadan 200 deniz mili uzaklıkta, 200 m derinlikte olan yerlerde, bu koşulun uygulanamayacağı hallerde karadan 50 deniz mili uzaklıkta yine 200 m derinliği olan yerlerde gerçekleştirilmelidir (Kural B-4). Akdeniz için belirlenen balast suyu değişim alanları Şekil 3'de yer almaktadır.



Şekil 3: Akdeniz için belirlenen balast suyu değişim alanları
(IMO, 2011'den uyarlanmıştır)

Balast suyu değişiminin uygulanmasında güvenlik nedeni ile bazı kısıtlayıcı faktörler mevcuttur (MEPC, 2005):

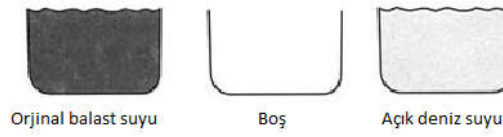
- Geminin stabilite ve boyuna mukavemet gereklilikleri
- Tanklardaki çalkantı, serbest su yüzeyi etkisi ve titreşim
- Pervanenin suya dalması için yeterli su çekiminin sağlanması
- Kaptan köşkünde uygun görüş kabiliyetinin sağlanması

Balast suyu değişimi için uygun bulunan üç farklı yöntem mevcuttur (MEPC, 2005). Bu yöntemler sıralı yöntem, taşıma yöntemi ve seyreltme yöntemi olarak adlandırılmaktadır.

Ancak hangi yöntem uygulanırsa uygulansın gemiler, balast suyu değişimini hacimsel olarak %95 yeterlilikte olacak şekilde gerçekleştirmelidir (Kural D-1).

1-Sıralı Yöntem:

Sıralı yöntem, balast tanklarında mevcut kıyı suyunun açık denizde boşaltılıp, tankların yeniden açık deniz suyu ile doldurulması şeklinde uygulanmaktadır (Şekil 4). Bu yöntemle balast suyunun hacimsel olarak %95'inin değiştirilmesi gerekmektedir (MEPC, 2005). Bu yöntem ile yapılacak balast suyu değişimi işlemi, açık denizde karşılaşılabilecek olumsuz hava ve deniz koşulları nedeni ile, geminin yapısal bütünlüğü için önemli riskler içermektedir (Woodward ve diğ., 1994; Endresen ve diğ., 2002).

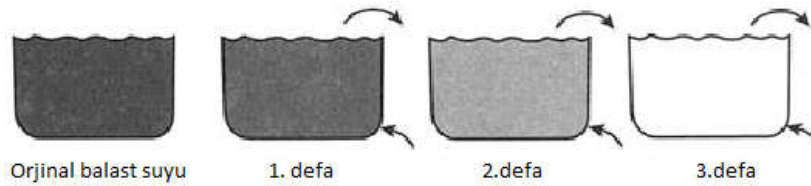


Şekil 4: Balast Suyu Değişimi - Sıralı Yöntem

Yukarıda belirtilen sınırlayıcı faktörler en çok bu yöntem için önem arz etmektedir. Balast tanklarının açık denizde boşaltılması ve tekrar doldurulması, gerek dinamik yüklerin sebep olacağı problemler gerekse geminin mukavemetini tehlike altında bırakacak durumların gerçekleşebilmesi nedeni ile gemi güvenliği açısından önemli bir tehdit olabilir. Ayrıca gemi pervanesinin manevra kabiliyetini geçici olarak yitirecek şekilde su dışında kalması olasılığı da gemi güvenliğini tehdit edebilecek başka bir unsurdur. IMO tarafından kabul görmesine rağmen balast suyu değişimi için sıralı yöntem değil, diğer iki yöntemin uygulanması tavsiye edilmektedir (Karaminas, 2000).

2-Taşırma Yöntemi:

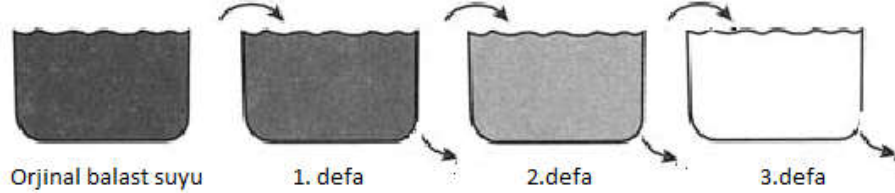
Bu yöntem balast tanklarına alınan balast suyunun, güverteye taşıntı (*overflow*) çıkışlarından ya da farklı tertibatlar kullanılarak taşırılması suretiyle gerçekleştirilmektedir (Şekil 5). İstenilen %95'lik değişim standardının sağlanabilmesi için tankların hacminin üç katı kadar suyun pompalanarak tanklardan taşmasına izin verilmesi gerekmektedir (MEPC, 2005).



Şekil 5: Balast Suyu Değişimi – Taşırma Yöntemi

3-Seyreltme yöntemi:

Balast tanklarındaki mevcut balast suyunu değiştirme, tanklara üst kısmından su alınırken dipten aynı miktarda suyun aynı hızda boşaltılması yoluyla gerçekleştirilir (Şekil 6). Bu yöntemle %95 hacim değişimin sağlanabilmesi için tankların hacminin üç katı kadar suyun tanklara üstten doldurulup, tank dibinden deşarj edilmesi gerekmektedir (MEPC, 2005).



Şekil 6: Balast Suyu Değişimi – SeyreltmeYöntemi

Her üç yöntemde de istenilen oranda (%95) değişim sağlansa bile bu yöntemin organizmaların giderilmesinde istenilen başarıyı sağlayamadığı bilinmektedir. Balast suyu değişimi yapılan gemilerde, bu yöntemin başarısını tehdit eden en önemli faktörlerden birisi değişim esnasında deşarj edilemeyerek tank diplerinde kalan su ve sedimandır (Dickman ve Zhang, 1999; Bailey vd., 2007; Wonham vd., 2005; Casas-Monroy vd., 2011). ABD ile Kanada arasındaki göller topluluğu olan Büyük Göller Bölgesi'ne girerken balast suyunun tamamını deşarj eden ve balast suyu taşımadığını deklare eden gemilerin (NOBOB- No Ballast On Board) dahi, tank dibinde kalan sediman nedeni ile istilacı türlerin taşınmasında büyük risk taşıdığı tespit edilmiştir (Baily, 2004; Briski vd.; 2012; Sutherland ve Levings, 2003). Tüm bunların ötesinde balast suyu değişimi türlerin taşınma riskini azaltsa bile her rota ve operasyonel koşul için uygun değildir (Miller ve diğ., 2011).

2.2.2 IMO BWM Sözleşmesi Altında Gemilerde Balast Suyu Yönetimi Metodu Olarak Balast Suyu Arıtımı

Gemiler, BWM Sözleşmesi'nin yürürlüğe girmesinin ardından, ilk IOPP'ye bağlı yenileme sürveylerinde, balast suyu deşarj limitlerini sağlayacak yönetim tedbirlerini almak zorunda kalacaklar. Sözleşmede balast suyu yönetimi yapan gemilerin deşarj edecekleri balast suyunun uyması gereken standartlar Kural D-2 ile belirtilmektedir. Bu kurala göre birim hacimde yaşayacak organizma sayısı, organizmaların boyutuna göre belirlenmiştir. İnsan sağlığı standardı olarak da üç tip mikrop indikatör olarak belirlenmiş, bu mikropların birim hacimde bulunabilecekleri sayı sınırlandırılmıştır (Tablo 3).

Gemilerin Kural D-2 ile belirtilen deşarj standartlarını sağlayabilmeleri için kabul edilen en genel ve uygulanabilir yöntem gemilerin balast suyu arıtım sistemleri donatılmalarıdır.

Sözleşmeye göre gemilere entegre edilecek olan bu sistemlerin IMO G8 rehberine uygun olarak verilmiş Tip Onayı Sertifikasına sahip olmasını gerekmektedir (IMO, 2004). Tip Onayı, imalatı yapılan bir ürün grubunun, o ürünü temsil eden bir ya da daha fazla örneğinin seçilerek kural ve/veya standart taleplerine uygunluğunun saptanması ve gerekli testlerin yapılarak, ürünün koşulları sağlayacak şekilde üretilebileceğinin tespit edilerek belgelenmesi şeklinde tanımlanabilmektedir.

Tablo 3: IMO Balast Suyu Sözleşmesi Kural D-2, Bilgin Güney ve Yonsel (2008) den uyarlanmıştır

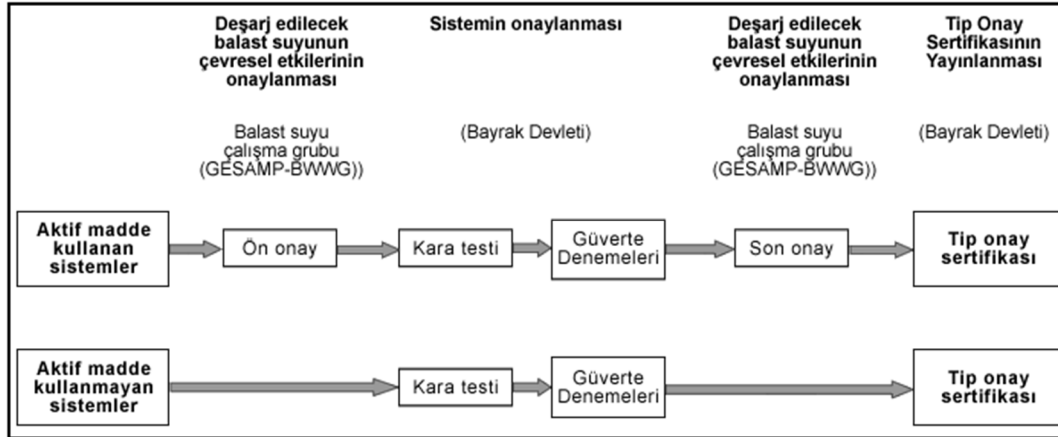
Organizma		Birim Hacimdeki İzin Verilen Yaşayabilir Organizma Miktarı
Organizma boyu $\geq 50 \mu\text{m}$		<10 adet / m^3
50 μm > Organizma boyu $\geq 10 \mu\text{m}$		<10 adet / ml
İnsan sağlığı ile ilgili standartlar	Toxigenic Vibrio Chlorae (Serotip O1 ve O 139)	<1 *cfu/100ml (zooplankton örneklerinde ıslak ağırlık olarak 1 cfu/g'dan az)
	Escherichia coli	<250 *cfu/100 ml
	Intestinal Enterococci	<250 *cfu/100 ml

* colony forming unit: koloni oluşturma birimi

Sözleşmede balast suyu yönetim sistemine ilişkin onay gereklilikleri Kural D-3 ile belirtilmektedir. Buna göre balast suyu yönetim sistemleri Sözleşmenin D-2 (deşarj) standartlarını sağlamalı ve İdare tarafından IMO G8 (MEPC, 2008) rehberinde belirtilen şartlara uygun olarak verilmiş “Tip Onayı” Sertifikasına sahip olmalıdır. Herhangi bir balast suyu sisteminin Tip Onayı alabilmesi için hem karasal tesiste hem de gemi üzerinde test edilerek D-2 standartlarını sağladığı ispat edilmelidir. Bunun için testler sistem üreticisi tarafından laboratuvarlara yaptırılmaktadır. Bu sonuçlara bağlı olarak İdare veya İdare tarafından yetkilendirilmiş bir kuruluş Tip Onayı Sertifikası vermektedir. Bu testlerin şartları G8 rehberinde ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır.

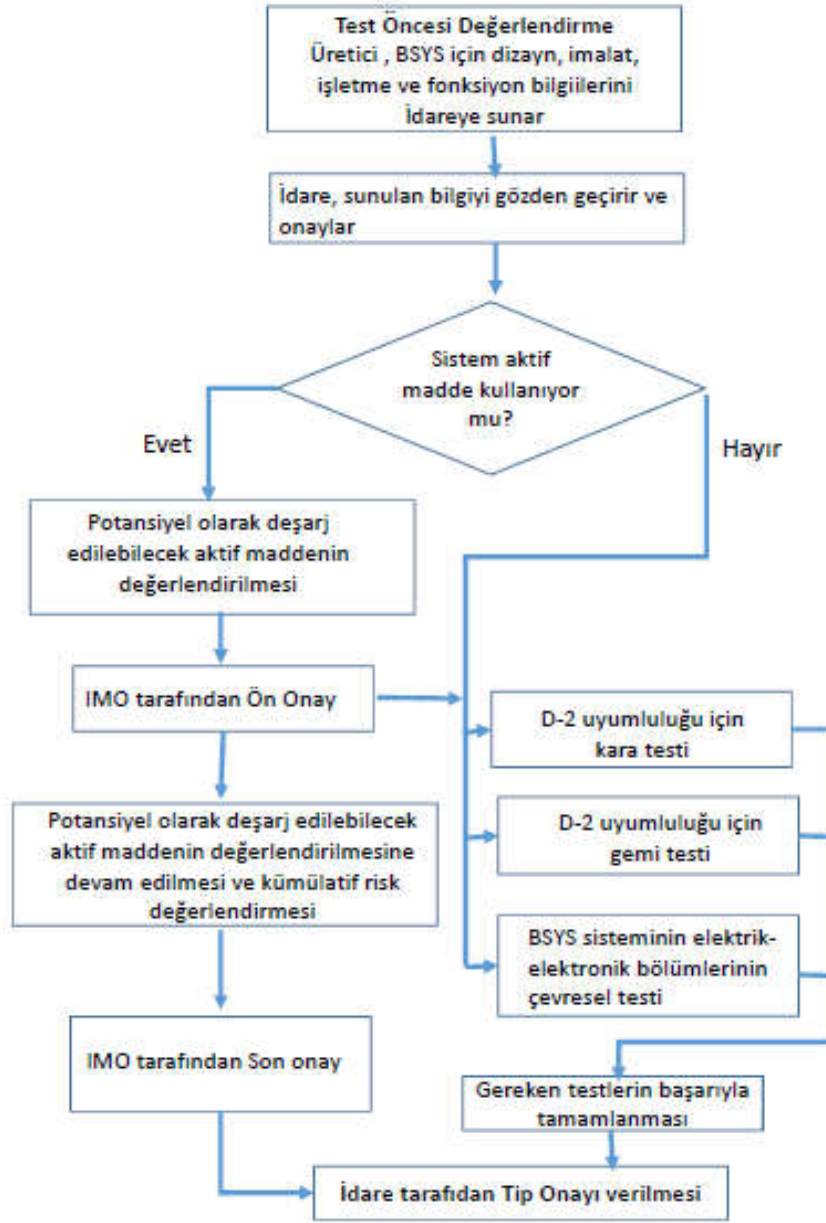
Sözleşmeye göre sistemler “aktif madde kullanan sistemler” ve “aktif madde kullanmayan sistemler” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Akif madde sözleşmede “zararlı suçul organizmalara ve patojenlere karşı genel veya belirli bir etkisi olan, virüs ve mantarların da dâhil olduğu, her türlü madde ve organizma” olarak tanımlanmaktadır (IMO, 2004). Eğer bir balast suyu arıtma sistemi aktif madde ihtiva ediyorsa G9 rehberine uygun olarak ikinci bir onay sürecine daha tabi tutulmaktadır. Bu ikinci onay süreci sistemin verimliliği ile ilgili değildir. Bu süreç kullanılan aktif maddelerin, bunların hazırlanma aşamalarının ve bu aktif maddelerin uygulanmasının güvenlik, insan sağlığı ve çevre açısından

uygunluğunun değerlendirilmesi içindir (Kim ve diğ., 2008). G9 rehberine bağlı bu onay süreci iki aşamalı olarak bizzat IMO'ya bağlı bir grup olan GESAMP-BWWG (*Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection - Ballast Water Working Group*) tarafından gerçekleştirilmektedir.



Şekil 7: Balast suyu arıtma sistemlerinin onay süreci, Olgun ve diğ.(2009) dan uyarlanmıştır

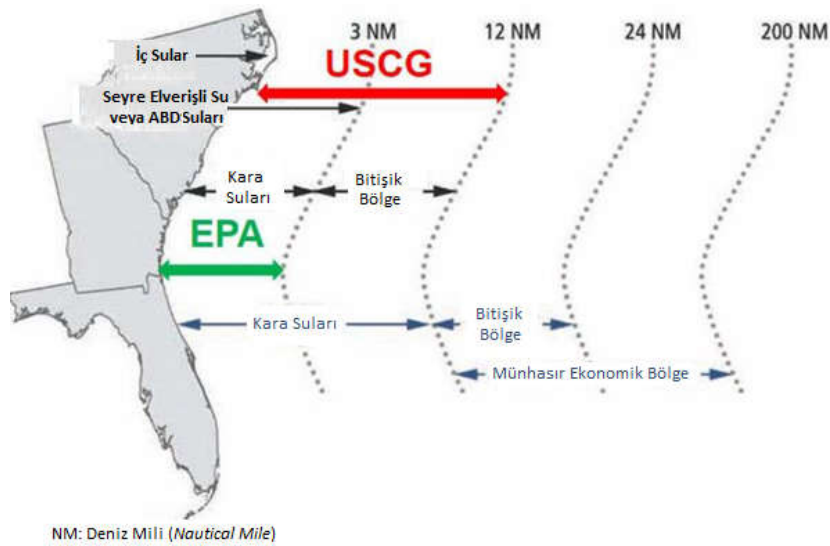
Birinci aşamada sistemle ilgili başvuru belgeleri incelenerek aktif maddeler açısından kara testinde ve gemi üzerinde kullanılmasında sakınca olmadığını belgeleyen “Ön Onay” verilmektedir (Şekil 8). Bundan sonra sistem karasal tesiste ve gemi üzerinde test edilebilir. İkinci aşamada ise karada ve gemi üzerinde yapılan testlerde arıtma sonrası çıkış suyundaki aktif maddeler kontrol edilmekte, ancak uygun limitlerdeyse “Son Onay” verilmektedir. Aktif madde kullanan sistemlerde, G8 ve G9 rehberlerinde yer alan prosedürlerin yerine getirilmesi ve sistemin onaylanması en uygun şartlarda dahi iki seneyi bulmaktadır (Gollasch ve diğ., 2007).



Şekil 8: Balast suyu arıtım sistemlerinin onayı için akış diyagramı (ABS, 2014'den uyarlanmıştır)

2.3 Amerika Birleşik Devletleri'nde Balast Suyu Yönetimi Uygulamaları

IMO Balast Suyu Sözleşmesine taraf olmayan ABD'de Sözleşmeye göre çok daha katı uygulamalar mevcuttur. Bu uygulamalara göre Balast suyu yönetimi açısından ABD sularına giren gemiler kademeli olarak üç farklı düzenlemeye uymakla yükümlüdür. Öncelikle ABD sularına giriş yapan gemilerin, karadan itibaren 12 deniz mili açığa kadar olan bölgenin tamamında USCG (*United States Coast Guard*-Birleşik Devletler Sahil Güvenlik) düzenlemelerine uymaları gerekmektedir (Şekil 10). Gemiler karaya üç deniz mili ve/veya daha az mesafede ise USCG kurallarının yanı sıra EPA (*Environmental Protection Agency*- Çevre Koruma Ajansı) kurallarına uymak zorundadır (Fradelos, S., 2016)



Şekil 9: ABD Suları'nda geçerli olana balast suyu yönetimi düzenlemeleri

Bu iki federal düzenlemeye ek olarak gemiler ayrıca hangi eyaletin limanına giriş yapıyorsa o eyalette geçerli olan yasalarla da uyumlu olmalıdır. En katı kurallar Kaliforniya Eyaletinde mevcut olmakla birlikte (Tablo 4) Kaliforniya dâhil toplam 16 eyalet, balast suyu yönetimi için kendi kurallarını uygulamaktadır.

USCG standartları 21 Haziran 2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu standartlar ABD sularına giren, ABD bayraklı olan veya olmayan tüm gemilere uygulanmaktadır. USCG uygulamalarına göre yeni gemilerin teslimat esnasında, mevcut gemilerin ise 1 Haziran 2016 tarihinden sonraki ilk kuru havuzda balast sistemleri ile donatılmış olmalıdır (ABS, 2014). Balast suyu arıtım sistemlerinin uyması gereken deşarj standartları IMO standartlarına göre 1000 kata kadar daha katıdır (Tablo 4). USCG, IMO Sözleşmesinden farklı olarak, balast suyu deşarj standartlarının yanı sıra, gemilere operasyonel prosedürleri

ile ilgili bazı zorunluluklar da getirmektedir. Bu zorunluluklardan bazıları IMO Sözleşmesinde tavsiye olarak belirtilen ihtiyari tedbirleri de kapsamaktadır (DNV GL, 2009):

- Balast tankları, sedimandan arındırılması için, düzenli olarak temizlenmeli
- Çıpa çekildikten sonra çıpa ve zinciri suyla yıkanmalı
- Tekne, boru sistemi ve tanklar düzenli olarak fouling organizmalardan temizlenmeli
- Yukarıda belirtilen hususların da yer aldığı balast suyu yönetimi planı bulundurulmalı
- Balast ve fouling yönetimi ile ilgili kayıt bulundurulmalı
- ABD limanlarına uğramadan 24 saat önce rapor rapor verilmeli

Balast suyu arıtım sistemlerinin onay süreçleri USCG düzenlemelerinde, IMO Sözleşmesine göre daha belirgin kurallara dayalı olarak gerçekleşmektedir. Onay süreçlerinde gerekli olan testler ancak USCG tarafından belirlenmiş olan test kuruluşları tarafından yine USCG adına test edilmektedir. Şu an için sadece bir sistem USCG Tip Onayı almıştır. Bununla birlikte USCG bazı istemleri sınırlı süre için Alternatif Yönetim Sistemi olarak belirlemiştir. Bu sistemler Kısım 3.2’de yer almaktadır.

Tablo 4: Balast suyu deşarj standartlarının karşılaştırılması

Organizma Boyutu	IMO D-2 Standardı	USCG Standardı	Kaliforniya Eyaleti
>50 µm	< 10 canlı organizma/m ³	< 1 canlı organizma/100 m ³	Tespit edilebilir canlı organizma bulunmamalı
< 50 µ ve >10µ	< 10 canlı organizma /ml	< 1 canlı organizma /100 ml	< 0.01 canlı organizma /ml
< 10 µm	Limit yok	< 10 ³ bakteri/100 ml < 10 ⁴ virus/100 ml	< 10 ³ bakteri/100 ml < 10 ⁴ virus/100 ml
Escherichia coli	< 250 cfu/100 ml	< 126 cfu/100 ml	< 126 cfu/100 ml
Intestinal enterococci	< 100 cfu/100 ml	< 33 cfu/100 ml	< 33 cfu/100 ml
Toxicogenic Vibrio cholerae	< 1 cfu/100 ml veya zooplankton örneklerinde ıslak ağırlık olarak: < 1 cfu/gram	< 1 cfu/100 ml	< 1 cfu/100 ml veya zooplankton örneklerinde ıslak ağırlık olarak: < 1 cfu/gram

EPA tarafından 28 Mart 2013 tarihinde yayınlanan 2013 Gemi Genel İzni (*Vessel General Permit – VGP*), balast suyu dahil olmak üzere, normal gemi operasyonları sonucu ABD sularına yapılacak olan tüm sıvı deşarjlarını kapsamaktadır. 2013 yılında yayınlanmış olan bu VGP 19 Aralık 2013-18 Aralık 2018 tarihleri arasında geçerli olacaktır. USCG ile genel olarak uyumlu olan 2013 VGP, USCG düzenlemelerinde bulunmayan bazı tanımları, hariç tutmaları ve yönetim gerekliliklerini içermektedir.

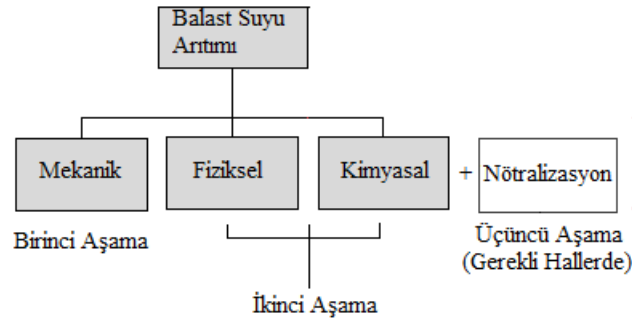
3 GEMİLERDE BALAST SUYU ARITIMI

Gemilerin sucul organizmaları doğal sınırlarının ötesine taşınması ve bu organizmaların geldikleri yeni bölgelerde yayılması uzun yıllardır dünyanın çeşitli bölgelerinde yapılan bir çok çalışmaya konu olmuştur (Medcof, 1975; Carlton, 1979; Hallegraeff, 1998; Lavoie, D.M. ve diğ., 1999; Gollasch, S., 2006.; McGee S., ve diğ., 2006. Mimura H, ve diğ., 2005; Casas-Monroy ve diğ; 2011). Bu türlerin yeni geldikleri bölgelerde sebep oldukları sağlık, çevre ve ekonomi problemleri (Olenin ve diğ., 2000; Knowler, 2005; Ma ve diğ., 2009 Aguirre-Macedo ve diğ., 2008; McCharty ve Khambaty, 1994) ise konunun bilim dünyasının ötesine taşınmasına neden olmuştur; dünya genelinde ulusal, bölgesel ve uluslararası düzeyde çeşitli yasal düzenlemelerin yapılmasını sağlamıştır. Bu yasal düzenlemeler balast suyu ile taşınan türlerle mücadele için teknoloji geliştirme çalışmalarını hızlandırmıştır. Özellikle 2004 senesinde IMO (*International Maritime Organization* – Uluslararası Denizcilik Örgütü) tarafından “Gemi Balast Sularının ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi” nin üye ülkelerin imzasına açılmasıyla yapılan çalışmalar büyük bir ivme kazanmıştır (Gregg ve diğ. 2009; Gonçaves ve Gagnon, 2012).

Balast suyu arıtımının temel hedefi balast suyu ile taşınan organizmaların giderilmesi veya etkisizleştirilmesidir. Balast suyu arıtım sistemlerinde bu, genellikle kentsel veya endüstriyel atık sularda kullanılan tekniklerin geliştirilmesi ve balast suyu için kullanılmaya uygun hale getirilmesi ile sağlanmaktadır. Balast suyu arıtımı ilk anda çözülmesi kolay bir problem olarak düşünülmektedir. Ancak balast suyu arıtımı için uygun teknoloji geliştirilmesinde ve uygulamasında atık su veya içme suyu arıtımında karşılaşılmayan birçok zorlukla karşılaşmıştır. Öncelikle balast sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri, balast operasyonunun yapıldığı bölgeye bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Bu özelliklerin her biri kullanılacak yöntem üzerinde farklı etkilere neden olabilmektedir. Ayrıca hedef alınan organizmalar da balast operasyonunun yapıldığı bölgeye bağlı olarak değişmekte ve dipte yaşayan bentik organizmalardan su fazında yer alan palejik organizmalara, kabuklulardan denizanalarına, virüslerden balıklara, farklı yaşam evrelerinde çok geniş bir yelpazede bulunmaktadır. Balast suyu özelliklerinin ve organizmaların yanı sıra, gemilerin teknik ve operasyonel koşulları da balast suyu sistemlerinin geliştirilme aşamasında kısıtlayıcı etmenler arasında yer almaktadır.

Öncelikle sistemlerin değişen balast suyu hacimleri ve balast suyu pompa kapasiteleri ile uyumlu çalışması gerekmektedir. Ayrıca seyir süreleri ve buna bağlı olan balast sularının tanklardaki bekleme süreleri gibi değişen işletim koşulları; sistemlerin enerji ihtiyacının gemi üzerinde karşılanabilmesi ve sistemlerin gemi üzerinde kaplayabileceği hacmin kısıtlı olması sistemlerin geliştirilmesini zorlaştıran önemli etmenlerdir.

Uzun yıllar süren çalışmalar göstermiştir ki bir tek yöntem balast suyu arıtımı için yeterli değildir. Bu nedenle balast suyu arıtımı için birden fazla yöntemin bir arada kullanıldığı karma sistemler geliştirilmiş, piyasaya sunulmuştur. Bu sistemlerde genel olarak iki farklı aşama yer almaktadır. Birinci aşamada (ön arıtma) balast suyunda mevcut partikül ve büyük organizmalar mekanik yöntemlerle tutulmaktadır. Böylece balast suyu ikinci aşamada yer alan arıtma yöntemlerine hazırlanmaktadır (Şekil 10).



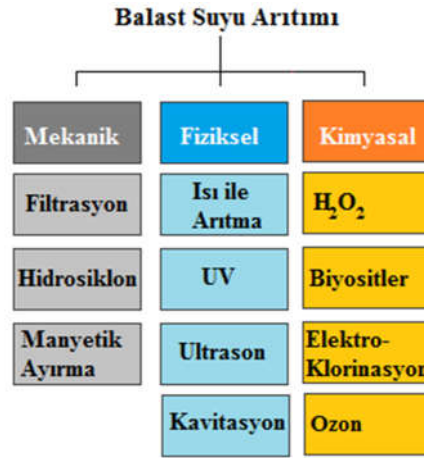
Şekil 10: Balast suyu arıtımının aşamaları

Eğer sistemler aktif madde kullanıyorsa/üretiyorsa çıkış suyunda kalan dezenfektan yan ürünleri ve kalıntıları, üçüncü bir aşama ile nötrale edilmektedir. Bu sistemlerde birinci ve ikinci aşamalarda yer alan her bir bileşenle, farklı organizmalar hedef alınarak sistemin verimliliğini arttırmaktadır. Bu şekilde bir kaç basamaktan oluşan kombine sistemlerle, balast suyu arıtım sisteminin esnekliği arttırılırken hedef alınan organizma yelpazesinin genişletilmesi amaçlanmaktadır.

3.1 Balast Suyu Arıtım Sistemlerinde Kullanılan Yöntemler

Balast suyu arıtım sistemlerinde her bir aşama farklı yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Yaygın olarak kullanılan yöntemler Şekil 11’de yer almaktadır. Birincil arıtımda genellikle filtreler ve hidrosiklonlar kullanılmaktadır. İkincil aşamada kullanılan fiziksel yöntemlerin en yaygını UV ile arıtma yöntemidir. Bununla birlikte oksijensizleştirme, kavitasyon ve ısı ile arıtma da kullanılan fiziksel yöntemler arasındadır. Kimyasal yöntemlerde çeşitli kimyasallar doğrudan kullanılabildiği gibi, deniz suyunun elektrolizi ile gemi üzerinde de

dezenfektan üretilebilmektedir (Bilgin Güney, 2011; Bilgin Güney ve Yonsel, 2013). Kimyasal aşamada kullanılan biyositler oksitleyici ve oksitleyici olmayan biyositler olmak üzere iki tipte üretilmektedir.



Şekil 11: Balast suyu arıtım sistemlerinde kullanılan temel yöntemler

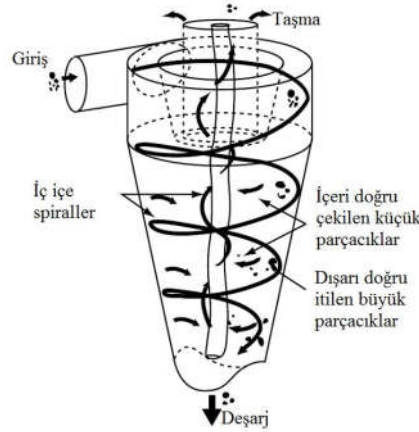
3.1.1 Mekanik Yöntemler

Balast suyu arıtımında perde filtreler, membran filtreler ve disk filtreler yaygın olarak kullanılmaktadır. Piyasada farklı filtrasyon kapasitelerine sahip sistemler bulunmakla birlikte filtre sistemlerinin kullanımında karşılaşılan en önemli sıkıntılardan birisi tıkanma problemleridir (Matheickal ve diğ., 2003). Bununla birlikte birçok filtre sisteminde geri yıkama işlemi ile bu problem aşılakta basınç farkını belirleyen algılayıcılardan faydalanılarak gerçekleşen kısa süreli otomatik geri yıkama sayesinde filtrelerin temizliği sağlanabilmektedir (Cluskey ve diğ., 2005; Dobroski ve diğ., 2009, Matheickal ve diğ., 2003).



Şekil 12: FilterSafe® Marka perde filtrenin dış, iç ve detay görüntüsü

Hidrosiklonlarda, akışkan sisteme teğet bir biçimde girmekte (Şekil 13) ve silindirik bölme sayesinde akışın spiral olması sağlanmaktadır (Cluskey ve Holdø; 2009). Bu şekilde gerçekleşen rotasyonel akış ve akışkan üzerindeki merkezkaç kuvvet yüksek yoğunluklu katı parçacıkların seperatör duvarına doğru itilerek dışarı atılmasını sağlamaktadır (Zhou ve diğ., 2005a; Cluskey ve Holdø; 2009).



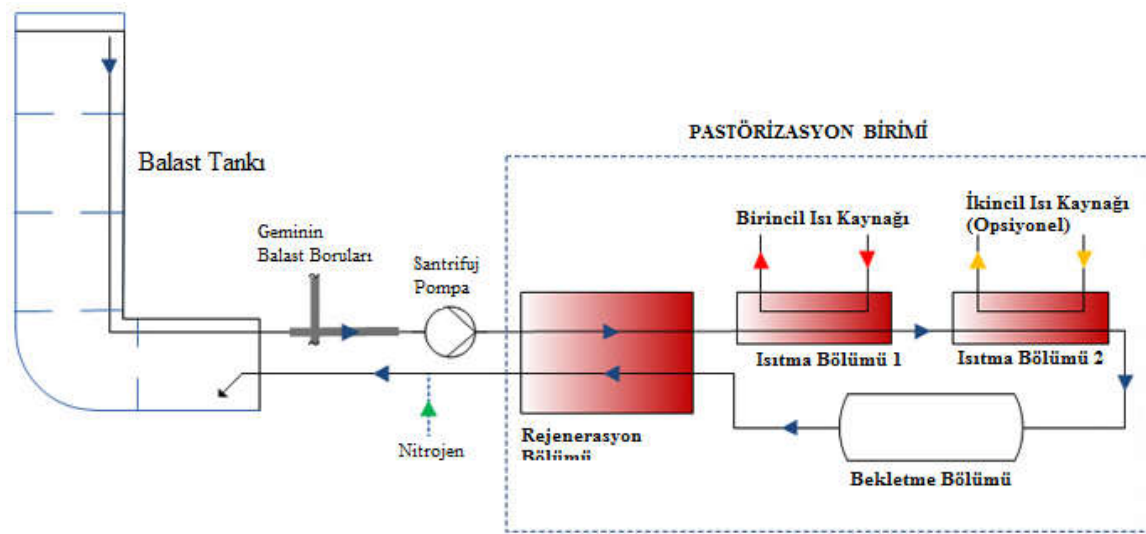
Şekil 13: Hidrosiklon seperatör, Cluskey ve Holdø (2009) dan uyarlanmıştır

Hidrosiklonlarda tıkanıklık problemi yaşanmadığı için geri yıkama ihtiyacı yoktur ve sediman arıtımında (50 μ ve üzeri) %89'a kadar başarı elde edilmiştir (Zhou ve diğ., 2005b). Ancak organizmaları arıtma kabiliyeti filtreler kadar verimli değildir (Parsons ve Harkings, 2002; Waite ve diğ., 2003) ve balast suyunun içerdiği partiküllerin ve organizmaların yoğunluğuna ve şekline bağlı olarak değişebilmektedir (Zhou ve diğ., 2005b). Bununla birlikte çok yüksek balast suyu debilerinde çalışabilme kapasitesi ve sedimanın bertarafındaki verimi sonucu suyun berraklığını arttırabilmesi ön arıtımda kullanılabilir bir seçenek olmasını sağlamaktadır (Kurtela ve Komadina, 2010; Abu-Khader ve diğ., 2011).

3.1.2 Fiziksel Yöntemler

Her organizmanın yaşayabildiği optimal bir ısı aralığı vardır. Bu aralığın dışına çıkılması birçok organizmanın ölümüne yol açabilmektedir. Balast suyu ile taşınması problem olan dayanıklı organizmalar olan zehirli dinoflagellatlar ve bunların kistleri ile yapılan çalışmalar ısı ile yapılan dezenfeksiyonun başarılı sonuçlar verdiğini göstermektedir (Hallegraeff ve diğ., 1997). Ancak ısı ile arıtmanın uygulanabilirliği seyir esnasında balast suyunun ısınısını gerekli sıcaklığa kadar yükseltip, bu sıcaklıkta arıtım için gereken süre boyunca tutabilecek enerjinin teminine bağlıdır. Sıcaklık arttıkça arıtma için gereken süre düşmektedir (Oemcke ve Mountfort, 2001, Quilez-Badia ve diğ., 2008). Diğer taraftan, Quilez-Badia ve diğ. (2008) daha düşük sıcaklıklarda da, maruz kalma süresinin

uzatılmasıyla gereken arıtımın sağlanabileceğini tespit etmişlerdir. Gereken enerjinin teminini sağlamak amacıyla ana makine, yardımcı makineler ve gemi üzerindeki diğer ısı kaynaklarından sağlanacak ısı enerjisi ile farklı gemi tipleri için uygulanabilecek alternatif sistemler çeşitli araştırmacılar tarafından önerilmiştir. (Balaji ve diğ., 2014a; Mesbahi ve diğ., 2007; Mountfort ve diğ., 2003; Quilez-Badia ve diğ., 2008; Radan ve Lovric, 2002; Rigby ve diğ., 2004; Stocks ve diğ., 2004). Piyasada BAWAT markası ile yer alan balast suyu arıtımında sisteminde yer alan pastörizasyon biriminde de gemi üzerindeki atık ısıdan faydalanılmaktadır (Şekil 14) Ancak ısı ile arıtım piyasada mevcut balast suyu arıtım sistemlerinde çok fazla kullanılmamaktadır.

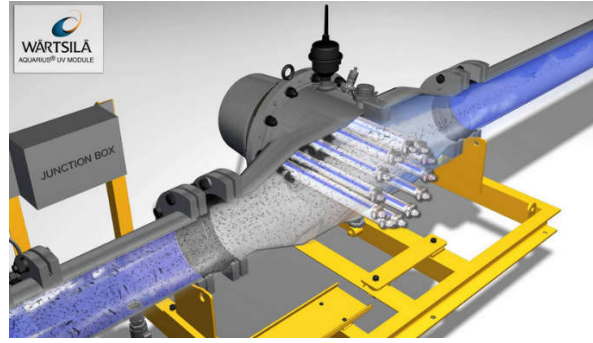


Şekil 14: BAWAT marka balast suyu arıtım sisteminde yer alan pastörizasyon birimi

UV ışınması organizmaları DNA ve RNA moleküllerindeki ve hücre proteinlerindeki kimyasal bağları bozarak etkisizleştirilmektedir (EPA, 1999; Hijnen ve diğ., 2006; Hess-Erga ve diğ., 2008). Mikroorganizmalar üzerinde oldukça etkili olan bu yöntemin verimliliği suyun berraklığı ile doğrudan ilişkilidir (Azar Daryany ve diğ., 2008; Hess-Erga ve diğ., 2008; Hijnen ve diğ., 2006; Mackey ve diğ., 2000) ve verimli bir ön arıtma sonrasında kullanılması tavsiye edilmektedir. Diğer taraftan yüksek yaşam formları ve kabuklu organizmalar UV tabanlı arıtıma oldukça dirençli olduğu için bu tip organizmalar üzerinde yeterli etkiye sahip değildir. (Sutherland ve diğ., 2003; Kriesel ve diğ., 2004; Wright ve diğ., 2004). UV kullanan sistemlerde ön arıtımın verimi bu tip organizmaların bertarafı için oldukça önemlidir. UV teknolojisinin mevcut kısıtlarını aşmak için, balast suyu arıtma sistemlerinin önemli bir kısmında UV yöntemi, fotolizle meydana gelen oksitleyici radikallere dayanan ileri oksidasyon teknikleri ile birlikte kullanılmaktadır (Zhang ve diğ., 2014; Wu D, ve diğ., 2011a-2011b).



Şekil 15: Wartsila - AQUARIUS UV balast suyu arıtma sistemi ve UV modülü



Şekil 16: Wartsila - AQUARIUS UV balast suyu arıtma sisteminin UV odasından bir kesit

Ultrasonun teknolojisinin amacı sıvı içerisinde yaratılan yüksek frekanslı titreşimlerle akustik kavitasyon meydana getirmek ve bu esnada gerçekleşen fiziksel ve kimyasal süreçlerin dezenfektan etkisinden yararlanmaktır. Kavitasyon esnasında oluşan mikroskobik gaz baloncukları patladıklarında çok yüksek yerel ısı açığa çıkmakta, aynı zamanda hidroksil radikalleri ve hidrojen peroksit gibi dezenfektanların oluşmasına neden olmaktadır (Viitasalo ve diğ., 2005; Sassi ve diğ., 2002). Bu teknolojinin etkisi organizmanın büyüklüğüne bağlı olarak değişmekte, büyük organizmalarda küçük organizmalara nazaran daha kısa sürede daha düşük enerji ile sonuç alınabilmektedir (Gavand ve diğ., 2007, Holm ve diğ., 2008). Bununla birlikte yaratılan kavitasyon frekansa, güç yoğunluğuna, etki süresine ve söz konusu suyun özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Öte yandan büyük ölçekli sularda mikrobiyolojik dezenfeksiyonda istenilen standardın sağlanabilmesi için yüksek yoğunlukta ultrason enerjisi gerekmektedir (Joyce ve diğ. 2003). Bu nedenle ultrason teknolojisinin balast suyu hacmine düşen maliyeti oldukça yüksektir (Mesbahi, 2004). Bu sistem daha çok düşük balast kapasitesi ve düşük

debiler için uygundur. Bununla birlikte şu an için balast suyu arıtımında çok yer almayan hidrodinamik kaviteasyon, daha düşük enerji tüketimi ve işletim maliyetleri nedeni balast suyu arıtımında önemli bir potansiyele sahiptir (Cvetković ve diğ., 2015).

Organizmaların anoksik veya hipoksik koşullara karşı toleransları değişmekle birlikte birçok organizma hipoksik koşullarda ancak bir kaç saat yaşamını sürdürebilirken, çok azı bir kaç gün dayanabilmektedir. Oksijenin su içerisindeki çözünürlüğü az olmasına rağmen balast tanklarında gerçekleşen metabolik aktivitenin düşük olması sebebi ile normal koşullarda balast tanklarında haftalarca anoksik koşullar gerçekleşmez (Josefsen ve Markussen, 2002). Bu nedenle balast tanklarında hipoksik veya anoksik koşullar elde edilmesi için oksijensizleştirme işlemi uygulanabilmektedir. Fiziksel yöntemler arasında yer alan oksijensizleştirme, oksijenin mekanik yöntemlerle (Browning ve diğ., 2004) sıyırılması veya nitrojen (Tamburri ve diğ., 2002; Tamburri ve diğ., 2004) ve karbondioksit (Husain ve diğ., 2004) gibi inert gazlar ilave edilerek bu gazların tanklardaki oksijenle yer değiştirmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir.

3.1.3 Kimyasal Yöntemler

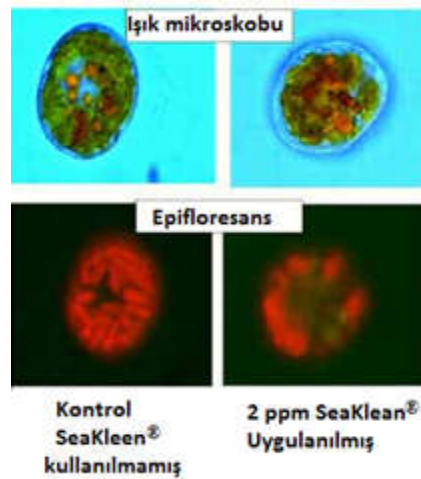
Balast suyu arıtımında kimyasal yöntem kullanımı IMO'nun balast suyu deşarj standartlarının kapsamına mikrobiyal organizmaları da dâhil etmesi sonucunda önemli bir çalışma alanı haline gelmiştir ve ticari ürünlerin de içinde bulunduğu çeşitli kimyasal maddelerin hedef bazı türler üzerindeki etkilerinin araştırılması hız kazanmıştır. Balast suyu arıtımında kullanılacak olan kimyasallar genel olarak “oksitleyici biyositler” ve “oksitleyici olmayan biyositler” olmak üzere iki başlık altında incelenebilir.

Hücre zarı ve diğer organik yapıları tahrip ederek (Şekil 17) çalışan oksitleyici tipteki biyositler genellikle atık su arıtımında da kullanılmaktadır (Dobroski ve diğ., 2007; Kazumi, 2007). Klor, klordioksit, brom, hidrojen peroksit, perasetik asit ve ozon oksitleyici biyositlerin başında gelmektedir. Piyasada balast suyu arıtımı için satışa sunulan ve sıvı halde ticari bir ürün olan Peraclean® Ocean, aktif maddesi perasetik asit (PAA) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) olan hızlı bir oksitleyicidir (Fuchs ve diğ., 2003; Fuchs ve de Wilde, 2004; de Lafontaine ve diğ., 2008)

Korozyon balast suyu dezenfeksiyonunda biyosit kullanımında dikkat edilmesi gereken önemli bir noktadır. Oksitleyici biyositlerin, oksidasyon potansiyelini arttırması ile korozyonda artış gerçekleşebilir (Dragsund ve diğ., 2004; Kornmueller., 2007).

Oksitleyici olmayan biyositler, korozyon problemi nedeni ile oksitleyici biyositlere alternatif olarak geliştirilmektedir. Oksitleyici olmayan biyositler, organizmaların üreme ve sinir sistemlerini tahrip ederek veya metabolik işlevlerine müdahale ederek organizmaların etkisizleştirilmesini sağlamaktadırlar. (Kazumi, 2007). Wright ve diğ. (2007) düşük molekül ağırlıklı 18 kuinon (birçok biyolojik molekülün ortak yapıtaşı, örn. K1 vitamini) bileşiğini test etmiş, bunlardan dördünün (juglon, plumbagin, menadion ve naftahazarin) 1,0 mg/l' nin altındaki derişimlerde bile birçok planktonik organizma üzerinde etkili olduğunu belirlemiştir.

Etken maddesi menadion olan ve SeaKleen® markası ile pazarlanan ticari ürün yine bu isim altında çeşitli çalışmalarda test edilmiştir (Wright ve Dawson, 2003; Cutler ve diğ., 2004; Wright ve diğ., 2004; Raikow ve diğ., 2006; Wright ve Mackey, 2006; Gregg ve Hallegraeff, 2007). Cutler ve diğ. (2004), tipik balast tankı koşullarında SeaKleen®'in balast tankındaki organizmaları giderebilecek kadar uzun süre dayandığını, bu organizmalar sayesinde de SeaKleen®'in normal bir kargo gemisinin seyahat süresi kadar bir zamanda zehirli olmayan derişimlere düştüğünü, ayrıca SeaKleen®'in indirgenerek zararsız hale geldiğini belirlemiştir. Ancak Gregg ve Hallegraeff (2007) ise, yaptıkları çalışmalarda, SeaKleen®'i bakteriler üzerinde biyosit olarak yetersiz olduğunu ve SeaKleen®'in bozunmasının 15 gün sonunda dahi minimal düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 17: SeaCleen®'e maruz kaldıktan iki saat sonra *Glenodinium foliaceum* kistleri (Cutler ve diğ., 2004)

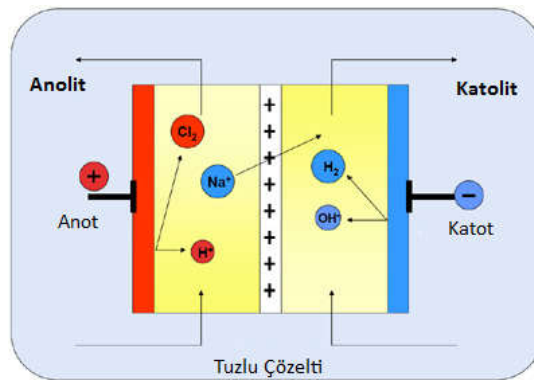
Balast suyu dezenfeksiyonunda, dezenfeksiyon kapasitesinin yanında göz önünde bulundurulması gereken diğer önemli bir konu ise dezenfeksiyon yan ürün oluşumudur.

Dezenfeksiyon için kullanılan kimyasalın deniz suyunda mevcut olan diğer kimyasal maddelerle zararlı yan ürün oluşturmaması, oluşacak bu yan ürünlerin dezenfeksiyonun sağlayacağı yararın üstünde çevresel zarar getirmesi kaçınılması gereken bir durumdur.

3.1.4 Elektrokimyasal yöntemler

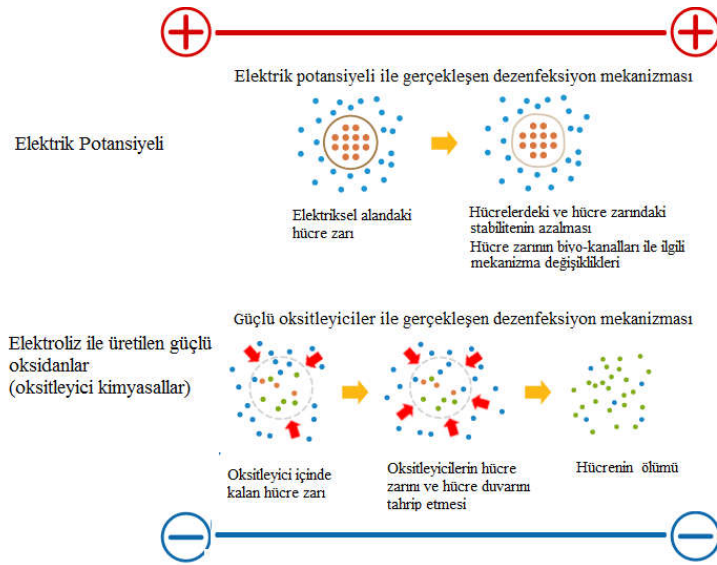
Kimyasal dezenfektanların gemi üzerinde depolanması, yeterli depolama alanı sağlanması açısından problem içerirken mürettebat güvenliği açısından riskler içermektedir. Ayrıca bu dezenfektanların her limanda tedariki mümkün olmadığından balast suyu dezenfeksiyonunda kullanımı her zaman çok uygun olmayabilir. Diğer taraftan klor (Cl_2) gazı ve hipokloröz asit (HOCl) gibi çeşitli dezenfektanların elektrokimyasal prosesler uygulanarak yerinde (*in situ*) üretimi geçen yıllar içinde büyük bir önem kazanmıştır (Vijayaraghavan vd., 1999; Kraft vd., 1999; Jorquera vd., 2002) ve balast suyu arıtımı için önemli bir alternatif oluşturmaktadır.

Balast suyu arıtımında elektrokimyasal yöntemlerin kullanımı iki farklı yaklaşımla gerçekleştirilmektedir. Birinci yaklaşımda (Şekil 18) balast suyunun bir kısmı elektroliz hücrelerinden geçirilmekte ve elektroliz işlemi sonucunda yüksek konsantrasyonda serbest klor, klor dioksit, ozon, hidrojen peroksit gibi dezenfektanların üretimi için kullanılmaktadır (Aliotta ve diğ., 2003; Lefler ve diğ., 2004; Matousek ve diğ., 2006; Bilgin Güney ve Yonsel, 2013). İkinci yaklaşımda (Şekil 19). ise balast suyunun tamamı elektroliz hücrelerinden geçirilmekte, öncelikle elektriksel alanın öldürücü etkisinden faydalanılmaktadır (Dang ve diğ., 2004; Kim ve diğ., 2006; Tsolaki ve diğ., 2010). Ancak bu yaklaşımda da, düşük konsantrasyonda olsa dahi dezenfektanlar açığa çıkmakta ve arıtımı desteklemektedir. Sonuç olarak her iki yöntemde de deniz suyuna herhangi bir aktif madde ilave edilmemekle birlikte, elektroliz esnasında aktif maddeler açığa çıkmaktadır.



Şekil 18: Membran Elektrolizi, Url 3'den uyarlanmıştır

Elektrokimyasal sistemlerin verimliliği deniz suyunun tuzluluk ve sıcaklığının yanı sıra içerdiği kirleticiler ve bunların konsantrasyonlarından etkilenmektedir (Bilgin Güney, 2011) bu nedenle balast suyu arıtımında kullanılacak elektrokimyasal sistemlerin farklı deniz suyu özelliklerine göre optimize edilmesi gerekmektedir (Bilgin Güney ve Yonsel, 2011; Yonsel ve diğ., 2014). Ayrıca elektroliz ürünlerinin balast tanklarında korozyonu hızlandırabileceği göz önüne alınmalıdır (Kim ve Jang, 2009; Lui, ve diğ., 2011).



Şekil 19: Elektrokimyasal yöntem ile arıtım, Url 4’den uyarlanmıştır

3.2 Balast Suyu Arıtımı İçin Mevcut Sistemler

Dünya genelinde farklı ülkelerden çeşitli üreticiler tarafından piyasaya sunulmuş yüzden fazla balast suyu arıtım sistemi mevcuttur. Ancak balast suyu probleminin çözümüne yönelik ulusal, bölgesel ve uluslararası düzeylerde birçok düzenleme yapılmış çeşitli kurallar getirilmiştir. Bu nedenle sistemlerin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken ilk parametre sistemin, kullanılacağı coğrafyada geçerli olan yasal düzenlemelere uygun olan bir onaya sahip olup olmadığıdır. Bu raporda IMO Tip Onayı almış olan sistemler ve USCG Alternatif Yönetim Sistemi Onayı alan üretici firmaların bilgilerine yer verilmiştir.

Balast Suyu Sözleşmesine göre kullanılacak olan sistemlerin IMO Tip Onayı Sertifikasına sahip olması gerekmektedir. Sistemlerin onay durumları ile ilgili güncel bilgi IMO’nun resmi internet sayfasında yayınlanmaktadır. En son Kasım 2016’da güncellenmiş olan listeye göre Tip Onayı sertifikasına sahip 69 sistem kaydı mevcuttur (Url 2) . Bu sistemler,

üreticileri, sistemlerde kullanılan teknolojiler ve sistemlerin mevcut IMO onayları Tablo 5’de yer almaktadır. Bununla birlikte IMO Tip onayına sahip olup aynı zamanda USCG tarafından Alternatif Yönetim Sistemi kabul edilen sistemlerin üreticileri de Tablo 6’da belirtilmektedir. USCG tarafından en son 2 Mart 2017 tarihinde yapılan güncellemeye göre (Url 5) Piyasada mevcut sistemlerden sadece üçü USCG tip Onayı’na sahiptir. Bunlardan Optimarin AS tarafından üretilen Optimarin OBS ve Optimarin OBSEx ‘USCG Tip Onayı alan ilk sistem’ ünvanına sahiptir (Şekil 20). Optimarin sistemini Alfa Laval Tumba tarafından üretilen PureBallast 3.0 ve OceanSaver IP AS tarafından üretilen OceanSaver BWT MKII sistemleri izlemiştir.

Tablo 5’de yer alan sistemlerden Hamann AG /Degussa GmbH tarafından üretilen SEDNA piyasadan çekilmiştir ve Shanghai Jiazhou Environmental Mechanical & Electric tarafından üretilen BALWAT hakkında herhangi bir bilgi bulunamamıştır. Bununla birlikte IMO Tip Onayı listesinde farklı kapasiteler için birden fazla onay aldığı anlaşılan sistemlere, Tablo 5’de birer kez yer verilmiştir.

Tablo 5: Tip onayı almış olan sistemlerde kullanılan teknolojiler

	Üretici	Aritma Sistemi	Aktif madde	IMO onayı	Ön arıtma	Aritma
1	Ahead Ocean Technology	Ahead BWMS	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
2	Alfa Laval Tumba	PureBallast 1.0	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	UV ve iO** (TiO ₂)
3	Alfa Laval Tumba	PureBallast 2.0	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV ve iO** (TiO ₂)
4	Alfa Laval Tumba	PureBallast 2.0 Ex	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV ve iO** (TiO ₂)
5	Alfa Laval Tumba	PureBallast 3.0	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
6	AQUA Eng. Co., Ltd.	AquaStar™	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	YOK	EL/EK* ve Kaviteasyon
7	Auramarine Ltd.	CrystalBallast	YOK	Tip Onayı	YOK	UV
8	Bawat A/S	Bawat BWMS	YOK	Tip Onayı	YOK	Isı ve Oksijensizleştirme
9	Bio-UV	BIO-SEA	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
10	Cathelco Ltd	Cathelco BWT System	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
11	COSCO(Weihai) Shipbuilding Marine Technology	Blue Osean Shield (BOS) BWMS	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV ve Ultrason
12	Coldharbour Marine Limited	GLD™	YOK	Tip Onayı	YOK	Oksijensizleştirme ve Ultrason
13	Cyeco Environmental Technology (Shanghai)	Cyeco™ Ballast Water Treatment System	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
14	Severn Trent De Nora	Balpure®	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	EL/EK
15	DESMI Ocean Guard A/S	OxyClean BWTS	Var	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	UV
16	Ecomarine Technology Research Association	ECOMARINE EC	YOK	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	EL/EK*

*Elektroliz/Elektroklorinasyon

**İleri Oksidasyon (*Advanced oxidation*)

	Üretici	Aritma Sistemi	Aktif madde	IMO onayı	Ön arıtma	Aritma
17	Ecochlor Inc	Ecochlor	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	YOK	Kimyasal/biyolojik
18	Elite marine ballast water treatment	Seascope-BWMS	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
19	ERMA FIRST SA	Erma First	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon ve Hidrosiklon	EL/EK*
20	Evoqua Water Technologies	Seacure	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	EL/EK*
21	GEA Westfalia	BallastMaster UltraV	VAR	Ön Onay, Son Onay Yok???, Tip Onayı	Filtrasyon	UV ve US osilasyon
22	Hanla IMS	EcoGuardian	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	EL/EK*
23	Headway Technology Co Ltd	OceanGuard	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	Elektrokataliz, Ultrasonve İO** (OH-)
24	Hitachi Ballast Water Management Systems	ClearBallast	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	koagülan
25	Hyde Marine, Inc.	Hyde GUARDIAN	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
26	Hyundai Heavy Industries	EcoBallast	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	UV
27	Hyundai Heavy Industries	HiBallast	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	EL/EK*
28	JFE Engineering Corporation	JFE BallastAce®	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	Cl ve Kavitasyon
29	Jiangsu Nanji Machinery	NiBallast BWMS	YOK	Tip Onayı	Ön filtrasyon & mikromembran	Oksijensizleştirme
30	Jiujiang Precision Measuring Technology	OceanDoctor BWMS	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	UV ve İO** (OH-)
31	Knutsen Ballast water AS	KBAL	YOK	Tip Onayı	Yok	UV ve basınç/vakum reaktör
32	KURARAY Co., Ltd.	MICROFADE	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	Cl
33	Mahle Industrie filtration GmbH	Ocean Protection System (OPS)	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
34	Mitsui Engineering & Shipbuilding	FineBallastMF	YOK	Tip Onayı	Ön filtrasyon & Membrane	YOK
35	Mitsui Engineering & Shipbuilding	Fineballast OZ	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	YOK	O ₃ ve Kavitasyon
36	Miura Co.,Ltd	Miura BWMS	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
37	MMC Green Technology AS	MMC BWMS	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
38	N.E.I. Treatment Systems, LLC	VOS	YOK	Tip Onayı	YOK	Oksijensizleştirme ve Kavitasyon
39	NIPPON YUKA KOGYO CO., LTD.	SKY-SYSTEM (ex. Peraclean Ocean)	Var	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	YOK	Kimyasal enjeksiyonu
40	NK Co. Ltd.	NK-O3 Blueballast	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	YOK	O ₃

*Elektroliz/Elektroklorinasyon

**İleri Oksidasyon (Advanced oxidation)

	Üretici	Arıtma Sistemi	Aktif madde	IMO onayı	Ön arıtma	Arıtma
41	Oceansaver AS	MKI	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	Oksijensizleştirme + Kavitasyon+ EL/EK*
42	Oceansaver AS	MKII	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	EL/EK* ve Kavitasyon
43	Optimarin AS	OBS & OBS Ex	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
44	Pact Environmental Technology	PACT marine™ BWMS	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
45	PANASIA CO., LTD	GloEn-Patrol™	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
46	Resource Ballast Technologies (Pty.) Ltd.	Resource Ballast Water TreatmentSystem	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon +	Kavitation+ O ₃ +EL/EK*
47	RWO GmbH	CleanBallast	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	EL/EK* ve İO** (OH·)
48	Samkun Centry Co., Ltd	ARA PLASMA BWTS	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV ve Plazma
49	Samsung Heavy Industries Co., Ltd	Purimar TM	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	EL/EK* ve Res
50	Sembcorp Marine Reparis & Upgrades Pet.Ltd.	Semb-Eco LUV 500	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
51	Shanghai LEE's FUDA Electromechanical Technology Co. Ltd	LeesGreen Ballast Water Managemet Systems	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
52	Shanghai Hengyuan Marine Equipment Co.,Ltd	HY-BWMS	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
53	Shanghai Jiazhou Environmental Mechanical & Electrical	BALWAT Ballast Water Management System	YOK	Tip Onayı	Bilgi bulunamadı	Bilgi bulunamadı
54	SUNBO INDUSTRIES Co. Ltd., DSEC Co. Ltd.	Blue Zone BWMS DNS 250	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	YOK	O ₃
55	SunRui Marine Environment Engineering Company	BalClor	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	EL/EK*
56	TECHCROSS Inc.	Electro-Cleen™ System	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	YOK	EL/EK*
57	Trojan Marinex	Trojan Marinex	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
58	Van Oord Ship Management BV	VO-BWMS	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	YOK	EL/EK*
59	Wärtsilä Water Systems Ltd	Aquarius UV	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV
60	Wärtsilä Water Systems Ltd	Aquarius EC	VAR	Ön Onay, Son Onay, Tip Onayı	Filtrasyon	EL/EK*
61	Wuxi Brightsky	BSKY™ BWMS	YOK	Tip Onayı	Hidrosiklon	UV ve Ultrason
62	Zhejiang Yingpeng Marine Equipment Manufacturer Co. Ltd.	YP-BWMS ballast water managementsystem	YOK	Tip Onayı	Filtrasyon	UV

*Elektroliz/Elektroklorinasyon

**İleri Oksidasyon (Advanced oxidation)

IMO Tip onayı almış olan sistemler (Tablo 5) incelendiğinde, 45 sistemde yer alan filtrasyon tekniğinin en çok tercih edilen ön arıtma yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Hidrosiklon ise iki sistemde kullanılmaktadır ve bu sistemlerden bir tanesinde filtrasyona

eşlik etmektedir. Mevcut sistemlerden 13 tanesinde ise ön arıtma yapılmadığı gözlenmektedir. Ön arıtma özellikle filtrasyon, birçok sistemde arıtma verimliliğini arttırdığı için tercih edilmektedir. Bununla birlikte balast pompa kapasitesi ile uyum sorunu, tıkanıklıklar nedeniyle karşılaşılan geri yıkama zorunluluğu, basınç düşüklüğü problemleri ve gemi üzerindeki mekân kısıtlamaları nedeni ile ikincil arıtma teknolojileri geliştikçe vazgeçilmeye çalışılan bir yöntemdir. Ancak mevcut teknoloji kısıtlarıyla, özellikle UV kullanan sistemler için neredeyse zorunlu bir seçenektir. Ön arıtma kullanılmayan sistemlerin ise daha çok aktif madde kullanan sistemler olduğu tespit edilmektedir



Şekil 20: Üç adet UV bölmeli Optimarin Balast Suyu Arıtım Sistemi

IMO Tip onayı almış olan sistemlerden 41 tanesi ikincil arıtmada bir tek teknolojiye dayanırken, 21 sistemde birden fazla teknoloji kullanılmaktadır. Bu sistemlerden 29 tanesinde aktif madde kullanılırken 33 sistemde aktif madde kullanılmamaktadır. Aktif madde kullanmayan sistemlerin neredeyse tamamında UV teknolojisi mevcuttur. Toplam 31 sistemde yer alan UV teknolojisi, tüm sistemler içinde de en çok tercih edilen yöntemdir. UV teknolojinin bu kadar tercih edilmesinde iki neden öne çıkmaktadır. Bunlardan birincisi UV teknolojinin hâlihazırda su arıtımında kullanılmakta olan, bilinen bir yöntem olmasıdır. İkincisi ise onay süreçlerinin aktif madde kullanan sistemlere göre sağladığı süre (Şekil 7 ve Şekil 8) ve maliyet avantajlarıdır. Ancak, UV sistemlerinin verimliliği daha önceki kısımda da söz edildiği gibi sınırlı olabilmektedir. Bu nedenle sistemlerin bir kısmında, UV teknolojinin, ileri oksidasyon prosesleri başta olmak üzere, farklı yöntemlerle kombine olarak kullanıldığı görülmektedir.

Tablo 6: USCG Alternatif Yönetim Sistemleri

Üretici firma	Alternatif Yönetim Sistemi Kabul Tarihi
Alfa Laval Tumba AB	2.19.2016
AQUASTAR Co., Ltd.	9.13.16
BAWAT A/S	7.12.2016
BIO-UV	3.27.2015
Cathelco Ltd.	2.12.2016
COSCO Shipbuilding Industry Company	8.11.2015
Coldharbour Marine	5.28.2015
Cyeco Environmental Technology Co., Ltd.	8.25.2015
De Nora Water Technologies	3.25.2015
Desmi Ocean Guard A/S	2.07.2013
Eaton	3.12.2014
Ecochlor, Inc.	12.04.2014
Elite Marine Ballast Water Treatment System Corp.	8.10.2015
Envirocleanse inTank BWTS	9.27.2016
ERMA First Esk Engineering Solutions	10.01.2014
Evonik Resource Efficiency GmbH	4.01.2016
Evoqua Water Technologies LLC	10.16.2014
HANLA IMS Co., Ltd.	7.07.2016
Headway Technology Co., Ltd	8.13.2014
Hyde Marine	3.02.2015
Hyundai Heavy Industries (HiBallast)	10.16.2015
Hyundai Heavy Industries (EcoBallast)	6.27.2016
JFE Engineering Corporation	7.04.2016
Jiangsu Nanji Machinery Co., Ltd	10.27.2015
Miura Co., Ltd.	7.17.2015
MMC Green Technology AS	10.26.2016
NK Co., Ltd (NK-CI BlueBallast)	5.22.2016
NK Co., Ltd (NK-O3 BlueBallast)	5.11.2015
NEI Treatment Systems, LLC	2.06.2015
Oceansaver AS	12.17.2014
Optimarin AS	10.16.2014
Panasia Co., Ltd.	12.09.2013
SAMKUN CENTURY CO., LTD.	8.18.2016
Samsung Heavy Industries Co., Ltd	6.24.2015
Semb-Eco Pte. Ltd.	5.13.2016
Sunrui Marine Environment Engineering Co., Ltd.	2.03.2015
Techcross Inc. (ECS HYCHLOR)	7.20.2015
Techcross Inc. (Electro-Cleen)	9.04.2015
Trojan Marinex	4.28.2014
Wartsila Water Systems Ltd. (AQUARIUS EC)	4.17.2014
Wartsila Water Systems Ltd. (AQUARIUS UV)	7.07.2016
Wuxi Brightsky Electronic Co.	4.29.2015

Tüm sistemler birlikte değerlendirildiğinde elektroliz/elektroklorinasyon yöntemi ise 17 sistemle ikinci sırada yer almaktadır. Ancak sadece aktif madde kullanan sistemlere baktığımızda en çok bu teknolojinin tercih edildiği görülmektedir. Bunun en önemli nedeni dezenfeksiyon için gerekli olan kimyasalın gemi üzerinde üretilmesidir. Arıtma için gereken kimyasalın gemi üzerinde üretilmesi önemli avantajlar sağlamaktadır. Özellikle kimyasal enjeksiyonu yapılan sistemlerde ihtiyaç duyulan depolama alanlarına ihtiyaç olmaması, gemi personelinin sağlığı ve çevre açısından içerdiği risklerin az olması, varılan limanlarda tedarik imkânından bağımsız olması bu avantajların başında yer almaktadır.

Fiziksel yöntemler arasında yer alan kavitasyon/ultrason toplam 12 sistemde (aktif madde kullanan ve kullanmayan) ikincil arıtmı desteklemek için kullanılmaktadır.



Şekil 21: JFE BallastAce® Sisteminde kullanılan sıvı veya granül formdaki kimyasal ve nötrleştirici

3.2.1 Balast suyu arıtım sistemlerinin verimliliği ve verimliği etkileyen önemli parametreler

Piyasada yer alan balast suyu arıtım sistemleri ticari ürünler olduğu için mevcut literatürde sistemlerin arıtma verimliliği hakkında doğrudan bilgiye erişilememiştir. Ancak literatürde sistemlerde kullanılan her bir yöntem için ayrı ayrı yayınlar olduğu gibi (bkz. Kısım 3.1) tüm teknolojileri bir arada değerlendiren literatür derleme çalışmaları da mevcuttur. Bu teknolojilerin avantaj ve dezavantajları Tablo 7’de özet olarak yer almaktadır.

Tablo 7: Sistemlerde kullanılan teknolojilerin avantaj ve dezavantajları (Jing ve diğ.; 2012'den uyarlanmıştır)

Avantaj		Dezavanta
Mekanik Yöntemler		
Filtrasyon	İyi anlaşılmış ve kullanımı yaygın olan bir sistem; güvenli bir şekilde zooplankton, büyük organizmalar ve toksin üreten zehirli dinofelagelatların kistlerinin arıtımında kullanılabilir	Düşük arıtma verimi, uzun arıtma süresi; kabul edilemeyecek basınç düşüklükleri; uzun geri yıkama döngüleri; ek akım ve atık depolama ihtiyacı; bakteri ve organik kirleticiler için etkisi düşük
Hidrosiklon	İyi anlaşılmış bir yöntem; yüksek debilerde çalışabilir; az basınç düşüklüğü; gemi üzeri kurulumu güvenli	Mikroorganizmaları gidermede etkisi düşük
Kimyasal Yöntemler		
Klor	Olgunlaşmış bir teknoloji; göreceli olarak düşük maliyetli; hızlı reaksiyon veriyor; çoğu bakteri ve sucul canlı üzerinde etkili	Yüksek konsantrasyonlarda korozyona neden olabilir; sediman varlığından etkileniyor; kalıntıları olumsuz etkiye neden olabilir; toksik ve kalıcı yan ürünler oluşabilir
Klor dioksit	Düşük dozlarda etkili; çevre dostu; düşük yan ürün oluşumu; kısa vadede korozyon etkisi yok; ekstrem su koşullarında ve yüksek debilerde etkili	Yüksek maliyet; jeneratör ihtiyacı; prekürsör (öncül) kimyasallar için depolama ihtiyacı
Ozon	Güçlü oksidan; çevre dostu; kimyasal için büyük depolama alanı ihtiyacı yok; düşük doz ve temas süresi	Kararsız; yerine üretim gerekiyor; prekürsör (öncül) kimyasallar için depolama ihtiyacı
Hidrojen peroksit	Sınırlı risk; hızlı bozunma; zararlı yan ürün yok	Yüksek maliyet; bakteriyal sporlarda etkisiz; taşıma esnasında güvenlik ihtiyacı
Oksijensizleştirme	Çok düşük korozyon; çevre dostu; düşük sermaye maliyeti	Anaerobik bakteri ve bazı türlerin kist evrelerinde etkisiz
Fiziksel Yöntemler		
Isı	Güvenilir ve ekonomik; makinadaki atık ısıyı kullanıyor; sedimandaki organizmaların arıtımında etkili; kabul edilebilir alan ihtiyacı	Yüksek balast kapasiteleri için uzun proses süresi; mikroorganizmalar üzerinde düşük etki; sıcak çıkış suyu deşarjı; korozyonu artırma ve alglerin çoğalmasını hızlandırma olasılığı; büyük hacim ihtiyacı
UV	Bakterisit ve virüs etkisi kanıtlanmış; zararlı yan ürün oluşumu yok; kısa reaksiyon süresi; sıcaklık değişikliklerinden etkilenmiyor; farklı radyasyon seviyeleri; petrol tankerlerinden kaynaklanan hidrokarbonların bozunmasında etkili	Farklı su kaliteleri için değişken öldürücü doz; sediman üzerinde etkisiz; genetiği değişmiş türler deşarjı; UV lambalarından cıva sızıntısı
Ultrason	Kimyasal ekleme ve yan ürün yok; dğer ikincil arıtım teknikleri ile birlikte kullanıldığında oldukça etkili	Suyun devrirdaimi için ek boru hattı ihtiyacı; mikroorganizmalarda etkisiz; gürültü oluşumu; yüksek enerji ihtiyacı; tekne bütünlüğü ile ilgili problemler
Elektrik alan	Kullanımı kolay; yüksek ölçekli arıtma için uygun; kapladığı yüzey alanı az; kimyasal eklenmiyor	Yüksek işletim maliyeti ve güvenlik riski
Biyolojik		
Glutaraldehit	Biyolojik olarak bozunabilir; özel bir ekipmana ihtiyaç yok; zararlı yan ürün üretimi yok	Özel pH; korozi; sedimanda etkisiz; yüksek maliyet; çecresel etkiler
Perasetik asit	Düşük konsantrasyonlarda çoğu mikroorganizmada etkili; sediman ve organik maddeden etkilenmiyor	Potansiyel kalıntıların zehirliliği; pahalı; özel pH; korozyon olasılığı
SeaKleen®	Geniş yelpazede birçok organizme için toksik; memelilerde, balıklarda kuşlarda düşük toksisite; korozi değil; göreceli olarak uygun maliyetli	Dinlenme evrelerindeki dayanıklı organizmalar ve sedimandaki organizmalar üzerinde düşük etki; sedimanda kalıntıları bulunabilir

Tip Onayı almış olan tüm sistemlerin gemi üzerinde ve karada yapılan testlerinde kullanılan örneklerinin IMO D-2 standardını sağlamış olması gerekmektedir; aynı koşullarda üretimi yapılacak ürünlerin de benzer şekilde performans göstermesi beklenmektedir. Diğer taraftan onay sürecinde gerçekleştirilen tüm testlerin üretici tarafından uygun bulunan özel kuruluşlarca, üretici adına gerçekleştirildiği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu test kuruluşları elde ettikleri sonuçları üreticiye teslim etmekte, üretici de tip onayı verecek

idareye sunmaktadır. Ancak dünya genelinde kabul gömüş olan ve onay idareleri tarafından güvenilir bulunan balast suyu test kuruluşu sayısı oldukça azdır. Bu kuruluşlar çevresel şartlar ve test koşulları açısından oldukça önemli farklılıklar göstermektedir (Tablo 8). Bu farklılıklar yapılan testlerde sonuçlar üzerinde etkili olabilir (Gollasch, 2010).

Tablo 8: Balast suyu arıtım sistemlerini test eden farklı kuruluşların deniz suyu parametreleri (Gollasch, 2010'dan uyarlanmıştır)

Parametre	NIOZ Hollanda	MERC ABD	GSI ABD	NRL ABD	DHI Danimarka	DHI Singapur	KOMERI Kore	KORDI Kore	SWBWTCS Çin	NIVA Norveç	MRDTC Japonya
Temp (°C)	değişken	4 – 30	9 – 22	20 – 32	değişken	28 – 31	4.7 – 22.9	3.1 – 29.0	16 – 22	2 – 15	8 – 25
Tuzluluk (PSU)	20 - 34	5 – 25	0 – 1	35 – 41	0 – 33	<0.3 – 32.2	30.3 – 34.3	21.1 – 33.8	32 – 33	0 – 34	31 – 34
TSS (mg l ⁻¹)	5 – 400	1 – 60	2 – 21	1 - 5 ⁻¹	değişken	1.6 – 54	değişken	20 – 90	1 – 5	değişken	5 – 11
POC (mg l ⁻¹)	5 – 20	0.5 – 8	< 1	2 – 4	> 5	değişken	1.1 – 28.8	0.4 – 5.9	≈ 5	değişken	<0.1 – 1.7
DOC (mg l ⁻¹)	1 – 5	2 - 10	6 – 22	2 – 4	> 10	değişken	5.7 – 12.0	0.3 – 32.8	≈ 2	değişken	1.0 – 1.5
Organizma ≥ 50 µm m ⁻³	10,000 – 1,000,000	10,000 - 300,000	100,000 - 3,000,000	50,000 – 180,000	değişken	10 ⁵ – 10 ⁶	3,220 – 78,720	1 – 100 x 10 ⁵	standartı sağlıyor	değişken	5.8 x 10 ³ – 5.3 x 10 ⁵
Organizma < 50 µm and ≥ 10 µm ml ⁻¹	100 – 100,000	500 - 15,000	25 - 1,200	≈ 10 – 200	değişken	10 ² – 10 ⁴	1 - > 800	120 - > 209,100	standartın % 50'si	değişken	değişken
Heterotrofik bakteri ml ⁻¹	10,000 – 10,000,000	10,000 - 10,000,000	> 1,000	10 ⁵ - 10 ⁷	değişken	10 ⁴ - 10 ⁶	değişken	0.2 – 12.7 x 10 ⁶	standartı sağlıyor	değişken	değişken

Kısım 2.2.2'de de anlatıldığı gibi, onay aşamasında tüm sistemlerin verimliliğinin hem karasal tesiste hem de gemi üzerinde test edilmesi ve istenilen standardı sağlaması gerekmektedir. Ancak bu süreçlerinde gerçekleştirilen karasal tesiste ve gemi üzerindeki testlerde sonuçların, testi yapan kuruluşlara ve testlerin yapıldığı koşullara bağlı olarak değişebileceği; daha sonra gerçek deniz koşulları için yanıltıcı olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Birçok sistemin, karasal tesisteki koşullarda sağladığı standardı gemi üzerindeki testlerde dahi gösteremediği bilinmektedir (California State Lands Commission, 2014).

Kullanılan sistemin verimliliği, kullanılan teknoloji kombinasyonuna göre; balast operasyonunun yapıldığı yerdeki deniz suyu ve organizma özelliklerinden, seyir süresinden ve hatta gemi rotasında karşılaşılabilecek meteorolojik koşullardan etkilenebilmektedir. Örneğin deniz suyunun sediman yükü filtrelerin performansı (Matheickal, J.T. ve diğ., 2003), mevcut sedimanın özellikleri hidrosiklon verimi üzerinde önemli etkiye sahiptir (Zhou ve diğ., 2005b). Sediman yükü ikincil arıtımında kullanılacak teknolojileri de olumsuz etkileyebilmektedir. Sediman suyun berraklığını düşürdüğü için UV sistemlerinin verimi sediman varlığında düşmektedir (Hess-Erga ve diğ., 2008).

Yapılan alışmalar tank dibinde biriken sedimanda (şekil 22) bulunan farklı yaşam evrelerindeki organizmaların tamamını gidermede kimyasal arıtımın da etkisiz kaldığını göstermektedir (Gray ve diğ., 2006; Raikow ve diğ., 2006).



şekil 22: Balast tankında deşarj edilemeyen ve tank dibinde biriken amur Url 6'den uyarlanmıştır

Elektrokimyasal yöntem kullanan sistemlerde tuzluluk oldukça önemli bir parametredir ve tatlı sularda seyir yapan gemiler için uygun değildir. Değişen deniz suyu tuzluluklarında çalışabildiği iddia edilen bu sistemlerde mutlaka kullanılan enerji göz önünde bulundurulmalıdır. Elektrokimyasal süreçte kullanılacak deniz suyunun tuzluluğu düştükçe istenilen verimi sağlayabilmek için kullanılan enerji artacaktır (Bilgin Güney ve Yonsel 2013; Yonsel ve diğ., 2014). Bu edenle sistemlerin hangi tuzluluk koşullarında ne verimle test edildiği mutlaka değerlendirilmelidir.

Balast suyu ve ortam sıcaklığı çeşitli sistemlerin verimliliğini etkileyen faktörlerden birisidir. Kimyasal reaksiyonların gerçekleşme oranı sıcaklıkla doğrudan ilişkili olduğu için elektroliz veya kimyasal enjeksiyonu yolu ile biyosit kullanan arıtma istemlerinin verimliliği düşük sıcaklıklarda olumsuz etkilenebilir. Chen ve diğ. (2015) yakın zamanda yaptıkları çalışmada düşük su sıcaklığının UV dezenfeksiyonunu da olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca ısı ile arıtım yapan sistemler, yine soğuk sularda seyir yapan gemiler için çok uygun olmayacaktır. Kullanılan teknolojiye bağlı olarak arıtımda gerekecek sıcaklığı sağlamak için harcanacak enerji, ısıtma süresi ve erişilebilecek maksimum sıcaklık, giriş suyu veya ortam sıcaklığına bağlı olarak değişecektir (Rigby ve diğ., 1999; Boldor ve diğ., 2008).

3.2.2 Balast suyu arıtım sistemlerinin kapasiteleri, enerji ihtiyaçları ve boyutları

Balast suyu arıtım sistemlerinin gemi gereksinimleri ve spesifikasyonları ile uyumlu olması gerekmektedir. Sistemlerde kullanılan bileşenlerin hızı pompa kapasiteleriyle; kullanılacak sistemin enerji tüketimi gemi üzerindeki enerji kaynaklarıyla; sistemin kaplayacağı hacmin ve yüzey alanının gemi üzerindeki kullanılabilecek alan ve hacimle uyumlu olması çok önemlidir. Tüm bu özellikler ise sistemde kullanılan teknolojilerin yanı sıra, geminin balast suyu kapasitesi dolayısıyla da sistemin kapasitesine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

IMO tip onayı almış olan balast suyu arıtım sistemlerinin kapasiteleri 20 m³/sa ile 16.000 m³/sa arasında değişmektedir. Bununla birlikte sistemlerin ebatları da balast suyu kapasitesine bağlı olarak değişecektir. Modüler sistemler gemi üzerine entegre edilirken önemli avantaj sağlamaktadır ancak her sistemin her gemi için ölçeklendirilebilmesi mümkün değildir. Lloyd's, Register, (Url 7) tarafından yayınlanmış olan sistem spesifikasyonlarına göre 500 m³/sa kapasite için olan sistemlerin taban alanı 1m²-12,4 m² iken, 5.000 m³/sa için 77,6 m²'ye kadar ulaşabilmektedir. Yükseklikleri ise 500 m³/sa için en az 1 m iken 6.000 m³/sa saat için 3,9 m'ye ulaşabilmektedir. Sistemlerde kullanılan yöntemler ve sistemlerin ebatları arasında doğrudan ilişki bulunmamaktadır. Aynı yöntemi kullanan fakat farklı üreticiler tarafından piyasaya sunulan sistemlerin ebatları da farklılık göstermektedir. Örneğin 500 m³/sa kapasiteye sahip ön arıtmada filtre, ikincil arıtmada UV kullanan sistemler için gemi üzerinde sağlanması gereken hacim, taban alanı ve yükseklik değerinin doğrudan çarpılmasıyla kabaca bulunabilir. Bu hesaba göre bu tip sistemler için gemi üzerinde sağlanması gereken en küçük hacim 2,7 m³ iken aynı kapasiteye sahip en büyük sistem için ise sağlanması gereken hacim 24,75 m³ olarak bulunmaktadır.

Sistemlerin güç ihtiyacı ise kullanılan teknolojiyle doğrudan ilişkilidir. Tablo 9, yöntemlerin enerji ihtiyacını karşılaştırabilmek için ikincil arıtmada sadece bir tek yöntem kullanan sistemlerin enerji ihtiyacı göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. En çok enerji tüketimi ozon jeneratörü kullanan sistemlerde gerçekleşmektedir. Ancak mevcut sistemler arasında bu yöntem çok az kullanılmaktadır. Enerji tüketiminde ikinci sırada yer alan UV ise balast suyu arıtımında en çok kullanılan sistemdir. Elektrokimyasal teknoloji kullanan sistemler UV kullanan sistemlerin ardından üçüncü sırada yer almaktadır. Bununla birlikte bu sistemlerin enerji tüketimi, tuzluluk azaldıkça artacaktır. Sistemin onaylandığı koşullardaki tuzluluk değeri dikkate alınmalı, daha düşük tuzluluklar için mutlaka enerji tüketimi göz önünde bulundurulmalıdır. En az enerji tüketimi ise doğrudan

klor enjeksiyonu ile arıtım yapan sistemlerde gerçekleşmektedir. Ancak büyük balast hacimlerinde klor enjeksiyonu ekonomi, gemi üzerinde uygulanabilirlik ve çevre açılarından değerlendirildiğinde çok uygun değildir.

Tablo 9: Balast suyu arıtım sistemlerinde kullanılan teknolojilerinin enerji tüketimi

Yöntem	500 m ³ /sa için tüketim (kW)		5000 m ³ /sa için tüketim (kW)	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Cl	21	-	-	-
EL/EK	15,9	19	121,2	530*
UV	24,4	107,5	232	804**
O ₃	67,3	-	450,7	-

*6000m³/sa için

**5100m³/sa için

Yukarıda değerlendirilen hususlar özellikle balast sistemlerinin var olan gemilere entegrasyonu için önemli kısıtlardır. Yeni inşa gemiler için ise baştan dizayn aşamasında aşılabilecek veya kontrol edilebilecek problemlerdir.

3.2.3 Balast Suyu Arıtım Sistemlerinin Maliyeti

Balast suyu arıtım sistemlerinin maliyeti ile ilgili doğrudan ve kesin bilgi sağlanması mümkün değildir. Çoğu sistemin maliyeti satıcı firmalar tarafından açıklanmamakta, teklif ile potansiyel müşterilere bildirilmektedir ve de birçok satıcı firma verdiği tekliflere gizlilik şartı eklemektedir (Stamatis Fradelos¹, kişisel görüşme, 14 Aralık 2016). Bu nedenle literatürde birbirinden farklı maliyet hesaplarına rastlanabilmektedir. Örneğin USCG gemilere entegre edilmiş sistemlerin maliyetlerinin US\$400.000 – 1.500.000 olacağına dair bir değerlendirme yaparken, sektör uzmanlarına göre bu maliyetler USCG tarafından öngörülen maliyetlerin iki veya üç katı olacağı yönündedir (Croot, 2012). Balaji ve diğ. (2014b) sistemlerin satın alma maliyeti için MEPC tahminlerinin US\$640.000 – 947.000 arasında olduğunu belirtmektedirler. IMO onayı almış bazı sistemlerin Lloyd's Register (2010) tarafından yayınlanan maliyeti ve kullandıkları teknolojiler Tablo 10 da yer almaktadır. Bu maliyetler yukarıda belirtilen sebepler ve yayın tarihi göz önünde bulundurulduğunda gerçekçi olmayabilir ancak mertebe hakkında fikir sahibi olunması açısından faydalı olacaktır.

Sistem maliyetleri açısından bu kadar çok belirsizlik mevcut olmasına rağmen, teknik açıdan değerlendirildiğinde sistemlerin maliyetlerinin özellikle kapasiteye göre değişeceği açıktır. Mevcut sistemler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde 200 m³/sa kapasiteli bir

¹ ABS, Türkiye (kişisel görüşme, SNAME Türkiye Buluşması, 14 Aralık 2016, İTÜ)

sistem için ortalama maliyet \$298.444 iken 1000 m³/sa kapasiteli bir sistem için ortalama maliyet \$877.500'i bulmaktadır (Balaji ve diğ. 2014b; Balaji ve Yakoob, 2014). Tablo 10'da verilen maliyetlerde kapasite artışının maliyet üzerindeki etkisini göstermektedir. Örneğin İkincil arıtmada UV kullanan Optimarin AS tarafından üretilen sistemin satın maliyeti 200m³/sa için \$290.000 olarak belirtilen sistemin maliyeti, 2000m³/sa için \$1.280.000'a ulaşmaktadır.

Tablo 10: Balast suyu arıtım sistemlerinin maliyetleri

Üretici		Arıtma Sistemi	Ön arıtma Arıtma		Kapasite* x1000 m³/sa	Yatırım Maliyeti**		Operasyon Gideri**
						200 m³/sa	2000 m³/sa	\$/1000 m³
1	Auramarine Ltd.	CrystalBallast	YOK	UV	>10			40
2	Ecochlor Inc	Ecochlor	YOK	Kimyasal/biyolojik	10	500	800	80
3	Hitachi Ballast Water Management Systems	ClearBallast	Filtrasyon	koagülan	>10		400	
4	Hyde Marine, Inc.	Hyde GUARDIAN	Filtrasyon	UV	1,5	230	1200	<\$20
5	JFE Engineering Corporation	JFE BallastAce®	Filtrasyon	Cl ve Kavitasyon	3,5			53
6	N.E.I. Treatment Systems, LLC	VOS	YOK	Oksijensizleştirme ve Kavitasyon	>10	249	670	130
7	NK Co. Ltd.	NK-O3 Blueballast	YOK	O ₃	>10	250	1000	7
8	Oceansaver AS	MKII	Filtrasyon	EL/EK ve Kavitasyon	5	288	1600	
9	Optimarin AS	OBS & OBS Ex	Filtrasyon	UV	>20	290	1280	
10	Headway Technology Co Ltd	OceanGuard	Filtrasyon	Elektrokataliz, Ultrason ve IO*** (OH·)	>10			1,8
11	Resource Ballast Technologies (Pty.) Ltd.	Resource Ballast Water TreatmentSystem	Filtration	Kavitation+ Ozon +EL/EK	4	275	700	<15
12	Severn Trent De Nora	Balpure®	Filtrasyon	EL/EK	>10	630	975	20
13	TECHCROSS Inc.	Electro-Cleen™ System	YOK	EL/EK	>10	200	600	3

*Mevcut maksimum arıtma kapasitesi (>10m kapasitenin belirtilmediği anlamına gelmektedir)

**Tahmini maliyetler

*** İleri Oksidasyon (Advanced Oxidation)

Tablo 10'da ikincil arıtmada tek yöntem kullanan sistemlere bakıldığında koagülan kullanan sistemin en düşük satın alma maliyetli sistem olduğu dikkati çekmektedir. Ancak bu sistemin operasyon giderleri ile ilgili bir bilgi bulunmamaktadır. Özellikle büyük kapasiteli gemilerde koagülan eklenmesinin oldukça yüksek maliyetlere erişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. İkincil arıtmada en çok kullanılan yöntem olan UV ve EL/EK sistemleri değerlendirildiğinde, UV sistemlerinin düşük kapasiteli sistemlerde daha uygun maliyetli olduğu ancak büyük kapasitelerde ise EL/EK sistemlerin UV'ye kıyasla çok daha düşük maliyetli olduğu tespit edilmektedir.

Satın alma maliyetlerinin yanı sıra sistemlerin işletim maliyetleri de göz önünde bulundurulması gereken önemli bir kriterdir. Sistemlerin işletim maliyeti ortamala \$35

civarında olmasına rağmen, sistemler bazında büyük farklılıklar göstermektedir. Örneğin 1000 m³ balast suyu arıtımı için Tablo 10'da 6. sırada yer alan ön arıtma aşaması bulundurmada doğrudan arıtma (oksijensizleştirme ve kavitasyon) yapan sistemin işletim maliyeti \$130 olarak belirtilirken, tabloda 10. sırada yer alan sistemin (filtrasyon + Elektrokataliz, Ultrason ve IO) işletim maliyeti sadece \$1,8 olarak belirtilmiştir.

King ve diğ. (2012) farklı satıcılarla doğrudan e-posta ve telefonla temasa geçerek 8 farklı gemi için teklif almış ve balast suyu arıtım sistemlerinin gemilere entegrasyon maliyetlerini değerlendirmişlerdir. Bu konuda belki de gerçeğe an yakın verileri içeren araştırmalardan biri olan bu çalışma aynı zamanda sistem maliyetlerinin kullanılan teknolojiye bağlı değiştiğini göstermektedir (Tablo 11).

Tablo 11: Arıtım sistemlerinin teknolojiye göre değişen ortalama maliyetleri
(King ve diğ., 2012'den uyarlanmıştır)

Sistem Tipi	Söz konusu sistem tipi için alınan teklif sayısı	Taban Fiyatı	Toplu Fiyat	Alım
Filtrasyon +UV	3 teklif	\$ 933,333	\$ 840,000	
Filtrasyon + Kimyasal	3 teklif	\$ 946,667	\$ 852,000	
Oksijensizleştirme + Kavitasyon	1 teklif	\$ 640,000	\$ 600,000	
Elektroliz-Elektroklorinasyon	3 teklif	\$ 666,667	\$ 600,000	

Bu çalışmaya göre sistemlerin ortalama maliyetleri tek gemi için \$640.000- \$ 946.667 arasında değişmektedir. Bu çalışmada çarpıcı olan bir nokta ise verilen tekliflerden en düşüğünün (\$400.000) ve en yüksekisinin (\$1.670.000) farklı satıcılar tarafından aynı tip sistem için (Filtre + kimyasal) verilmiş olmasıdır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, piyasada mevcut farklı üreticilerden alınacak tekliflerin burada belirtilen ortalamalardan çok daha farklı olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

King ve diğ, 2012, sistemlerin yıllık sabit masrafının gemi tip ve boyutuna bağlı olarak \$9000 - \$17 000 arasında değiştiğini belirtmektedir. Ancak kimyasal enjeksiyonu yapılan sistemlerde gemi kapasitesine bağlı olarak değişen kimyasal tüketimi nedeni ile yıllık maliyet \$31 000 - \$296 arasında gerçekleşmektedir. Benzer kapasite ve gemi tipi için UV ve elektroklorinasyon sistemlerinin işletim maliyetlerininse birbirlerine oldukça yakın olduğu gözlenmektedir. Sistemlerin gemilere entegrasyon maliyeti tersaneye göre değişiklik göstermektedir. Retrofit olarak entegrasyon yeni gemi inşası esnasındaki entegrasyona göre daha yüksek bir maliyete neden olmaktadır (King ve diğ, 2012).

4 SEKTÖRDE ÇOK TERCİH EDİLEN BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİ

Dünya genelinde farklı ülkelerden çeşitli üreticiler tarafından piyasaya sunulmuş yüzden fazla balast suyu arıtım sisteminden 69 adedi IMO Tip onayı sertifikasına sahiptir bu sistemlerden de 42 tanesi aynı zamanda USCG tarafından Alternatif Yönetim Sistemi olarak edilmektedir. Lloyd's, Register tarafından Ekim 2016'da yayınlanan listeye (Url 6) göre 100 adet ve üzerinde satışı yapılan sistemler Tablo 12'de yer almaktadır.

Lloyd's, Register listesinde 100 adet ve üzerinde satış yapan 19 sistem tespit. Bu sistemlerin tamamı IMO Tip Onayı Sertifikası'na sahiptir ve de USCG tarafından Alternatif Yönetim Sistemi olarak onaylanmıştır. Ayrıca bu sistemlerden üçü, (Optimarin AS tarafından üretilen Optimarin OBS ve Optimarin OBSEx, AlfaLaval Tumba tarafından üretilen PureBallast 3.0 ve OceanSaver IP AS tarafından üretilen OceanSaver BWT MKII) USCG Tip Onayı'na da sahip sistemlerdir.

Bu sistemlerin 11 adedinin üreticilerinin merkezi Uzak Doğu ülkelerinde 7 Adedi Avrupa ülkelerinde ve bir tanesi ABD'de yer almaktadır. Uzak Doğu ülkelerinden Çin ve Güney Kore merkezli 5'er sistem, Avrupa'da ise Norveç menşeli 3 sistem bulunmaktadır.

Sistemlerden 17 adedinde ön arıtma mevcuttur. Ön arıtma 15 sistemde sadece filtre ile sağlanırken bir tanesinde filtreye hidrosiklon eşlik etmektedir. Tek başına hidrosiklon kullanarak ön arıtma yapan bir sistem mevcuttur. İki sistemde öne arıtma aşaması yer almamaktadır. Ön arıtma kullanılmayan bu istemlerden birinde ozon jeneratörü kullanılırken diğerinde ise elektoliz teknolojisi kullanılmaktadır.

Bu sistemlerde ikincil arıtma aşamasında en çok kullanılan teknoloji UV ile arıtmadır ve sistemlerin 10 adedinde kullanılmaktadır. İkinci sıradaki elektoliz-elektrolorinasyon teknolojisi ise 5 sistemde yer almaktadır. Oksijensizleştirme, ozon, elektrokataliz ve doğrudan klor enjeksiyonu birer sistemde kullanılmıştır. İkincil arıtmı desteklemek için üç sistemde ultrason teknolojisi kullanılırken iki tanesinde kavitasyondan faydalanılmaktadır.

Bu kısımda **Tablo 12** de ilk 10 sırada yer alan sistemlerle ilgili genel bilgilere yer verilmiştir. Bu bilgiler sitem broşürlerinden ve üreticilerin internet adreslerinden derlenmiştir.

Tablo 12:En çok satılan balast suyu arıtım sistemleri

	Üretici	Arıtma Sistemi	Web adresi	Merkez	IMO Onayı	Satılan	Ön arıtma	Arıtma
1	PANASIA CO., LTD	GloEn-Patrol™	www.worldpanasia.com	Busan, Kore	23.11.2009	1.824	Filtrasyon	UV
2	Headway Technology Co Ltd	OceanGuard	www.headwaytech.com	Qingdao, Çin	1.3.2011	1135	Filtrasyon	Elektrokataliz, Ultrason ve AO (OH·)
3	Alfa Laval Tumba	PureBallast 1.0-3.1	www.alfalaval.com	İsveç	1.6.2008-20.1.2015	1100	Filtrasyon	UV veya UV+ AO (TiO ₂)
4	TECHCROSS Inc.	Electro-Cleen™ System	www.techcross.com	Busan Kore	1.12.2008	976	YOK	EL/EC
5	JFE Engineering Corporation	JFE BallastAce®	www.jfe-eng.co.jp	Tokyo, Japonya	1.3.2011	700	Filtrasyon	Cl ve Kavitasyon
6	SunRui Marine Environment Engineering Company	BalClor	www.sunrui.net	Qingdao, Çin	26.1.2011	568	Filtrasyon	EL/EC
7	COSCO(Weihai) Shipbuilding Marine Technology	BOS BWMS	www.wecosco.com	Weihai, Çin	16.2.2011	500	Filtrasyon	UV ve Ultrason
8	NK Co. Ltd.	NK-O3 Blueballast	www.nkcf.com	Busan, Kore	24.11.2009	480	YOK	O ₃
9	Optimarin AS	OBS & OBS Ex	www.optimarin.com	Sandnes, Norveç	12.11.2009	428	Filtrasyon	UV
10	Hyde Marine, Inc.	Hyde GUARDIAN	www.hydemarine.com	ABD	1.4.2009	>400	Filtrasyon	UV
11	Hyundai Heavy Industries	HiBallast	www.hhi.co.kr	Ulsan, Güney Kore	1.11.2011	350	Filtrasyon	EL/EC
12	Cyeco Environmental Technology (Shanghai)	Cyeco™ Ballast Water Treatment System	www.cyecomarine.com	Shanghai, Çin	12.6.2012	300	Filtrasyon	UV
13	Samsung Heavy Industries Co., Ltd	Purimar TM	www.shipcs.com/eng	Hwaseong, Kore	31.10.2011	250	Filtrasyon	EL/EC ve Res
14	Wuxi Brightsky	BSKY™ BWMS	www.bsky.cn	Jiangsu, Çin	1.5.2011	224	Hidrosiklon	UV ve Ultrason
15	Oceansaver AS	MKII	www.oceansaver.com	Drammen, Norveç	1.12.2011	179	Filtration	Oksijensizleştirme + Kavitasyon+ EL/EC
16	ERMA FIRST SA	Erma First Fit	www.ermafirst.com	Pire, Yunanistan	1.1.2015	159	Filtrasyon ve Hidrosiklon	EL/EC
17	Wärtsilä Water Systems Ltd	Aquarius UV	www.wartsila.com	Helsinki, Finlandiya	20.12.2012	118	Filtrasyon	UV
18	Bio-UV	BIO-SEA	www.ballast-water- treatment.com	LUNEL, Franca	1.6.2013	100	Filtrasyon	UV
19	MMC Green Technology AS	MMC BWMS	www.mmcgt.no	OSNAVÅG, Norve.	1.4.2013	100	Filtrasyon	UV

4.1 GloEn-Patrol™ Balast Suyu Arıtma Sistemi

Merkezi Busan - Kore’de yer alan ve Panasia Co., Ltd tarafından üretilen, GloEn-Patrol™ markası ile satışa sunulan sistemin mevcut sistemler arasında, en çok satılan sistem olduğu görülmektedir. Sistem filtre ve UV teknolojilerinin kombinasyonundan oluşmaktadır (Url 8).



Şekil 23: GloEn-Patrol™ markası ile satılan balast suyu arıtım sistemi

Sistemde yer alan filtre 50 µm üzerindeki organizmaları ve sedimanı bertaraf etmektedir. Daha küçük organizmaların bertarafı ise UV teknolojisi ile gerçekleştirilmektedir. Üretici firma tarafından her çeşit gemi için uygun olduğu ifade edilen bu sistem, farklı boyut ve kapasitelerde üretilabilmektedir. Bu sistem, ihtiyaca göre iki tip filtre ve iki tip UV teknolojisinin üç farklı kombinasyonu olarak üretilmektedir. Bu kombinasyonlardan GloEn-Patrol™ I, 1000 m³ balast suyunu arıtmak için 120 kW enerji tüketirken GloEn-Patrol™ III aynı hacimdeki balast suyunu arıtmak için 56-77 kW enerji tüketmektedir.

Tablo 13: GloEn-Patrol™ markası ile satılan balast suyu sisteminin mevcut kombinasyonları

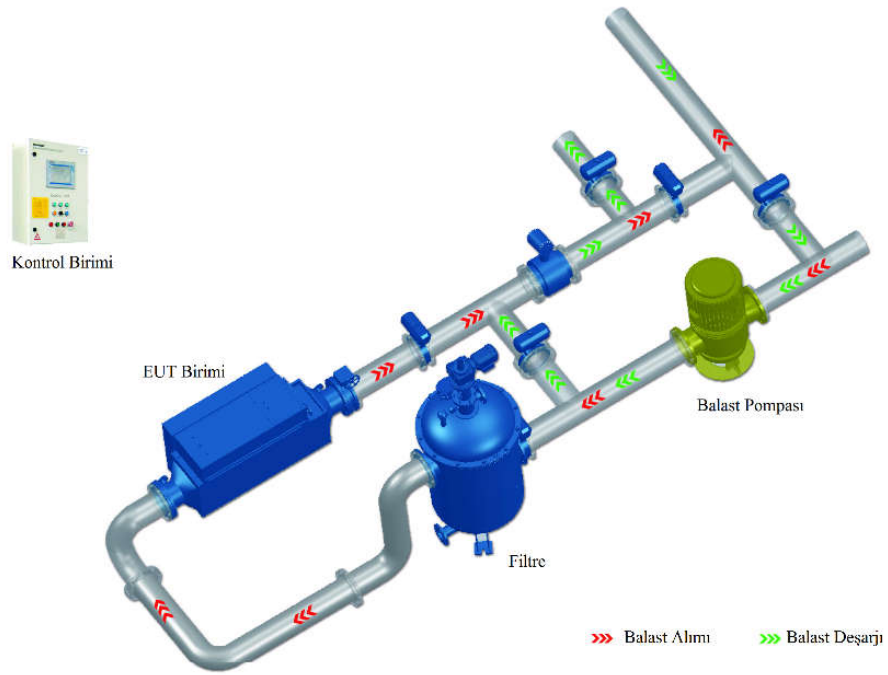
	GloEn-Patrol™ G I	GloEn-Patrol™ G II	GloEn-Patrol™ G III
			
Bileşen	Orjinal Filtre Birimi Orjinal UV Birimi	MEGA Filtre Birimi Orjinal UV Birimi	MEGA Filtre Birimi MEGA UV Birimi
Arıtma Kapasitesi	50~750 m ³ / sa	800~3.000 m ³ / sa	800~3.000 m ³ / sa
Özellik	Tek birimde düşük kapasite	Düşük taban alanı ve enerji tüketimi Yüksek kapasite	Tek birimde büyük kapasite ve yüksek verimlilik

4.2 OceanGuard® Balast Suyu Arıtma Sistemi

Tablo 12’de ikinci sırada merkezi Çin Halk Cumhuriyeti’nde Qingdao şehrinde bulunan Headway Technology Co Ltd tarafından üretilen OceanGuard® sistemi yer almaktadır. Ön arıtmada filtre kullanan OceanGuard® sisteminde arıtım, EUT birimi ile gerçekleştirilmektedir (Url 9). EUT birimi elektrokataliz ve ultrason teknolojilerinin bir arada yer aldığı iki kısımdan oluşmaktadır. Sistem, İleri Elektrokataliz Oksidasyon Prosesi (Advanced Electrocatalysis Oxidation Process - AEOP) uygulayarak balast suyunda mevcut mikropları, bakterileri, virüsleri ve duraklama evrelerindeki yumurtaları öldürmektedir. AEOP ile üretilen hidroksil radikal ($\cdot\text{OH}$) oldukça güçlü bir oksitleyici özelliğe sahiptir. Ön arıtmada kullanılan filtre 50 μm üzerindeki organizmaları ve sedimanı bertaraf etmektedir. Sistemde yer alan EUT birimi 100-3000m³/sa. kapasite ile çalışabilmektedir. Sistemin enerji ihtiyacı oldukça düşüktür. 1000 m³ balast suyu arıtmak için 17kW enerji tüketmektedir.



Şekil 24: OceanGuard® Filtre ve EUT birimi



Şekil 25: OceanGuard® sistem bileşenleri

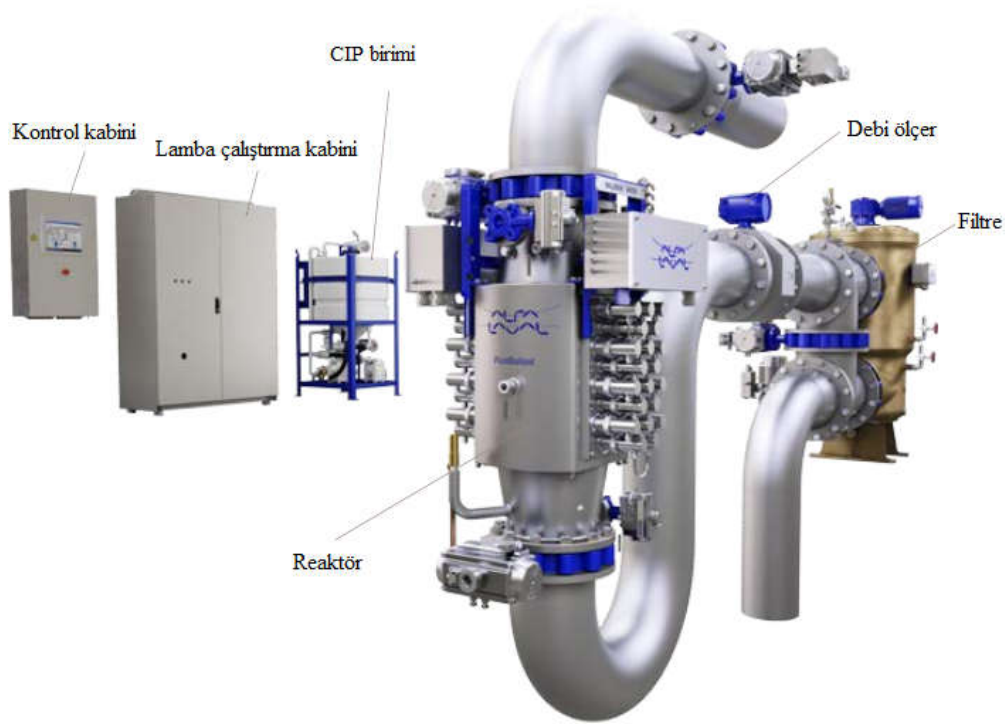
4.3 PureBallast Balast Suyu Arıtma Sistemi

Merkezi İsveç’de Lund şehrinde bulunan AlfaLaval firması tarafından üretilen PureBallast ticari olarak satılan ilk balast suyu arıtma sistemidir ve piyasada üçüncü nesil sistemiyle yer almaktadır. PureBallast sistemi Tablo 12’de üçüncü sırada yer almaktadır. Sistem IMO onayının yanı sıra USCG onayına da sahiptir.

İlk nesil sistemleri PureBallast 1.0, ikinci nesil PureBallast 2.0 üçüncü nesil ise PureBallast 3.0 ve PureBallast 3.1 olarak ayrı ayrı IMO tip onayı almıştır.



Şekil 26: PureBallas 1.0 ve PureBallast 2.0



Şekil 27: Üçüncü nesil PureBallast 3.1 arıtım sistemi (1000 m³/sa)

Ön arıtmada filtre kullanan PureBallast 3.1, dört farklı UV reaktör boyutuna dayanan esnek bir yapıya sahiptir (Url 10). Bu yapısı, boyut seçiminin optimize edilmesine ve geniş bir debi aralığında çözümler üretilmesine olanak tanımaktadır. Mevcut tip onayı 300 ve 1000 m³/saatlik reaktör boyutlarına dayanan 150-3000 m³/saatlik debileri kapsamaktadır. Ancak sistemin 170 ve 600 m³/saatlik reaktörlere dayanan sistemler için de tip onayı alması beklenmektedir. Sistem 1000 m³ balast suyunu arıtmak için 52 kW enerji tüketmektedir

PureBallast, küçük kapasiteli (32-170 m³/sa) gemiler için de çeşitli çözümler sunabilmektedir. Balast pompa kapasitesine bağlı olarak mümkün olan en düşük taban alanı sağlamak amacıyla tüm komponentleri kızığa yerleştirilmiş bir şekilde kompakt olarak da satılmaktadır. Bu şekilde satın alındığında boru devresi ile ilgili işlemler de en aza indirgenmektedir. Bu şekilde kızıklı olarak satılan sistemlerin optimal enerji tüketimi 1kW'dır.

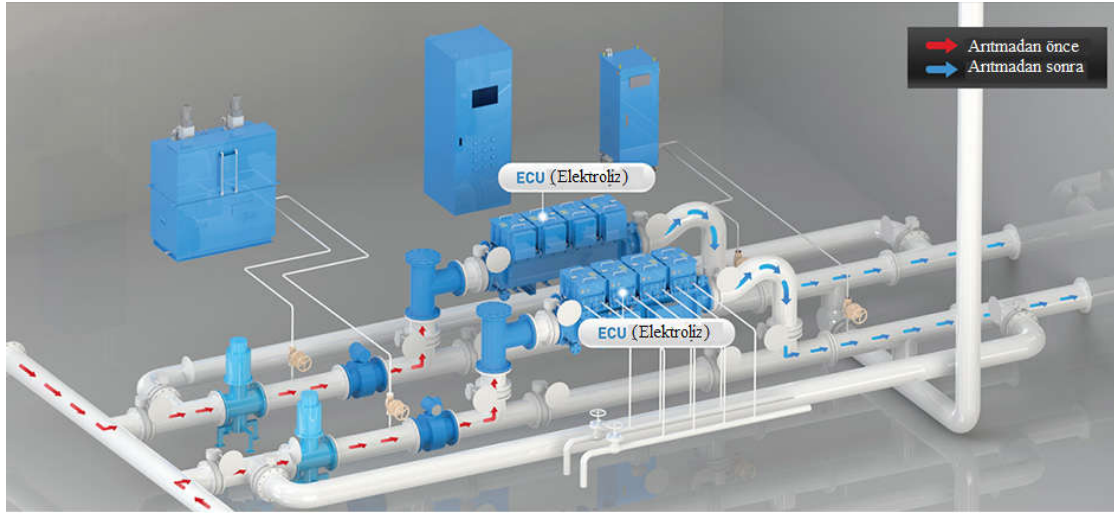


Şekil 28: Kızaklı şekilde satışa sunulan PureBallast sistemi (170 m³/sa)

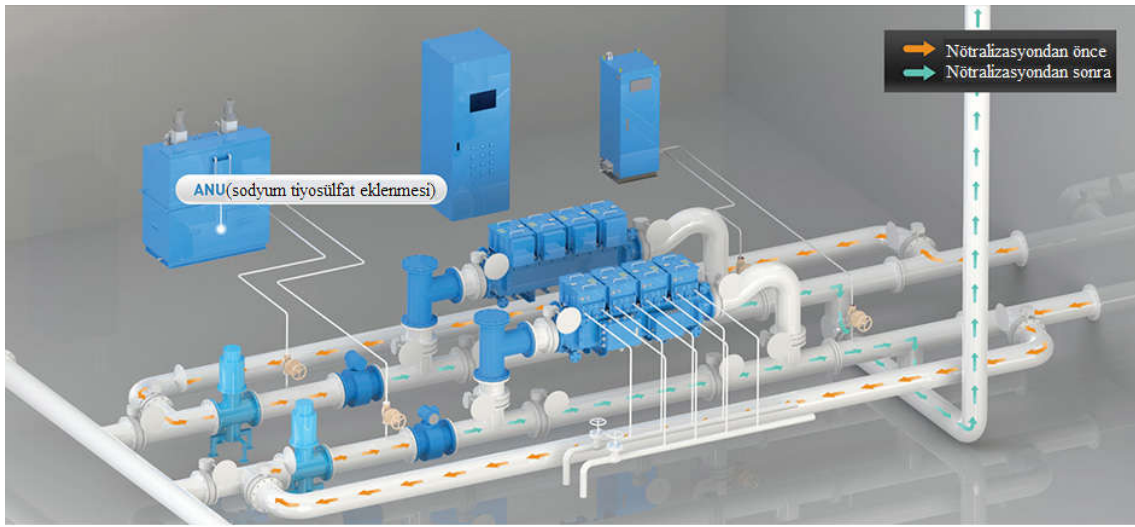
4.4 Electro-Cleen™ Balast Suyu Arıtma Sistemi

Merkezi Kore’de Busan şehrinde bulunan TECHCROSS Inc. tarafından üretilen Electro-Cleen™ Sistemi Tablo 12’de dördüncü sırada yer almaktadır. Herhangi bir ön arıtma ünitesi bulunmayan bu sistemde tüm balast suyu akımı elektroliz ünitesinden geçirilmektedir ve dezenfeksiyon bu esnada tek seferde üç farklı aşamada gerçekleşmektedir (Url 4). Elektriksel potansiyelin öldürücü etkisinin yanı sıra çok kısa süreli olarak açığa çıkan radikaller ve elektrod yüzeyinde açığa çıkan de HOCl, OCl⁻, HOBr, OBr⁻, O₂, H₂O₂ gibi dezenfektanlar sayesinde balast suyundaki organizmalar etkisizleştirilmektedir.

Toplam atık oksidanın bozunması zaman aldığı için tankta yeni organizmaların üremesi de engellenmektedir. Bununla birlikte aktif maddelerin giderilmesi için balast suyunun deşarj öncesinde nötralize edilmesi gerekmektedir. Farklı ebat ve kapasitelerde üretilen ve deniz suyunun elektroliz ile çalışan sistem 8 PSU ve üzeri tuzluluklarda çalışmaktadır.



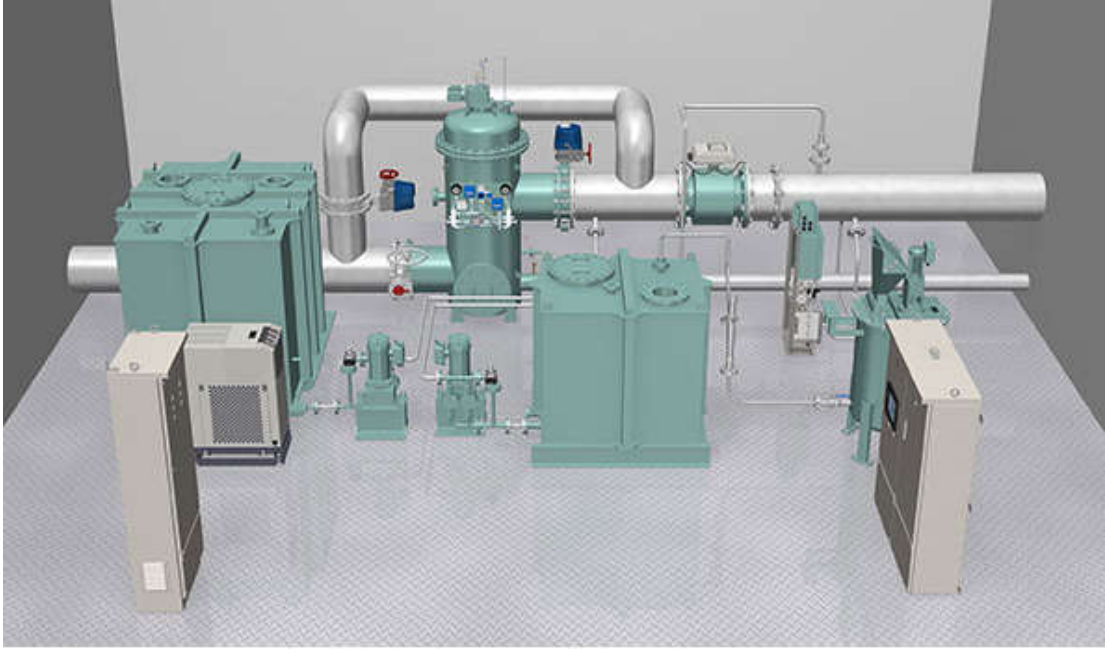
Şekil 29: Electro-Cleen™ Sistemi ile balast suyu arıtımı



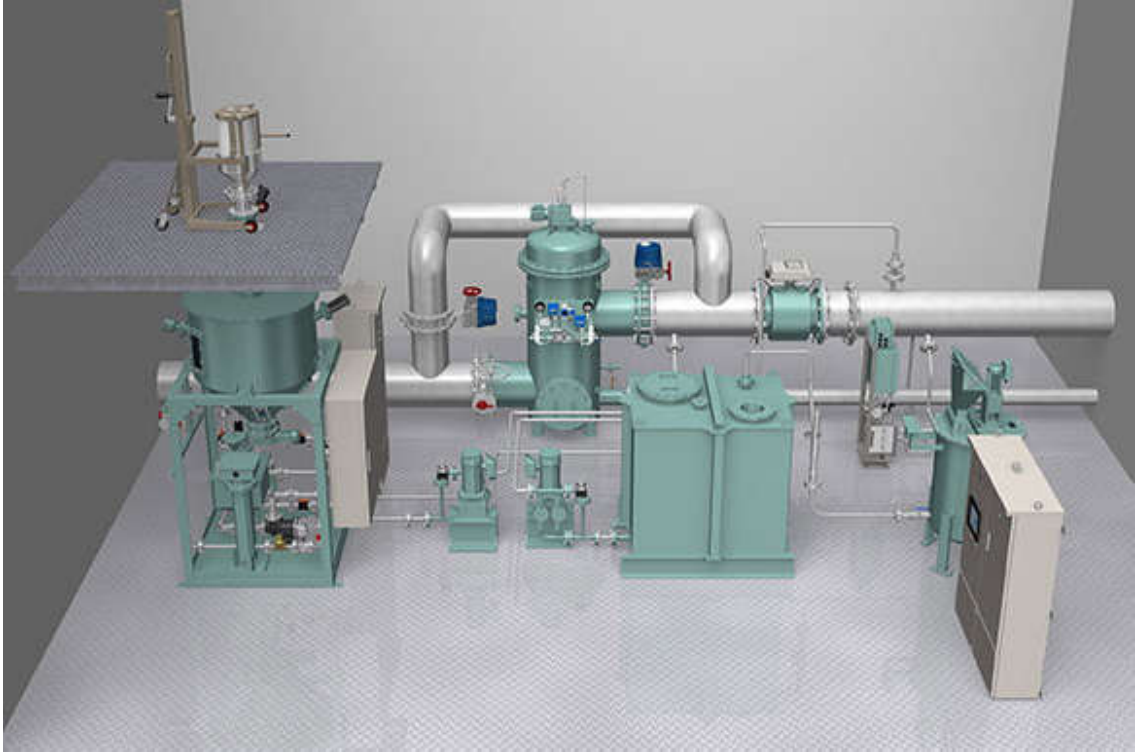
Şekil 30: Electro-Cleen™ Sistemi ile deşarj öncesi nötralizasyon

4.5 JFE BallastAce® Balast Suyu Arıtma Sistemi

Merkezi Japonya’da bulunan ve JFE Engineering Corporation tarafından üretilen JFE BallastAce® Tablo 12’de beşinci sırada yer almaktadır. Bu sistem filtrasyon ve doğrudan kimyasal enjeksiyonu ile balast suyu arıtımı gerçekleştirmektedir (Url 11). Kimyasal olarak sıvı ve granül formda üretilmiş olan klor bazlı dezenfektan kullanılmaktadır. (bkz. Sayfa 36, Şekil 21). Sistem her iki dezenfektan formu için iki farklı konfigürasyonda piyasada yer almaktadır. Her iki konfigürasyonda da balast suyu deşarj edilmeden önce aktif maddelerin giderilmesi için nötralize edilmelidir.



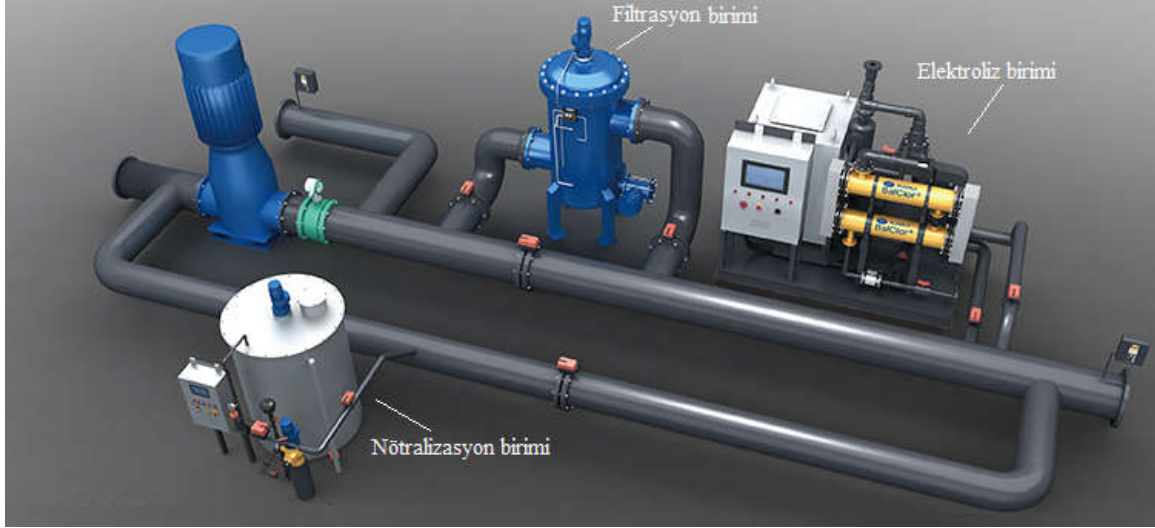
Şekil 31: JFE BallastAce® sıvı dezenfektan sistemi



Şekil 32: JFE BallastAce® granül dezenfektan sistemi

4.6 BalClor® Balast Suyu Arıtma Sistemi

Merkezi Çin Halk Cumhuriyeti’nde bulunan SunRui Marine Environment Engineering Company Ltd tarafından üretilen ve BalClor markası ile piyasaya sunulan arıtma sitemi filtrasyon, elektroliz ve nötralizasyon birimlerinden oluşmaktadır (Url 12).



Şekil 33: BalClor® Balast Suyu Arıtma Sistemi

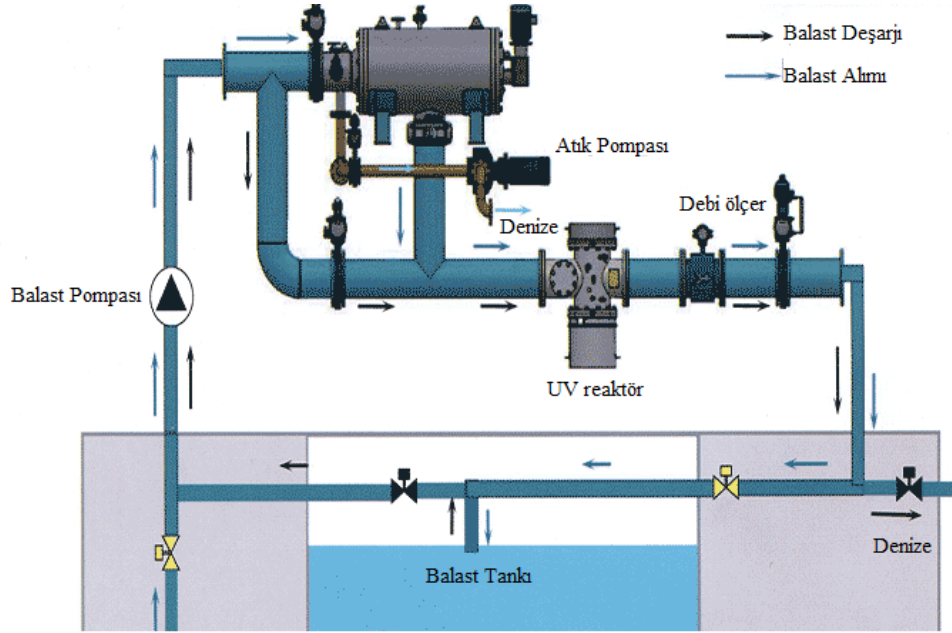
Ön artma aşamasında yer alan filtre 50 µm üzerindeki organizmaları ve sedimanı bertaraf etmektedir. Daha sonra balast suyunun küçük bir kısmı elektroliz biriminden geçirilerek yüksek konsantrasyonda sodyum hipoklorit içeren bir çözelti üretilmektedir. Tuzluluğu 30-40 PSU olan deniz suyu ile üretilen dezenfektan % 2.5 oranında sodyum klorür içermektedir. Dezenfeksiyon kabiliyeti oldukça yüksek olan bu çözelti balast akımına enjekte edilmektedir.

100 m³/sa ile 6200 m³/sa arasındaki balast pompa kapasiteleriyle uyumlu olarak çalışacak çeşitli modelleri mevcuttur. Bu sistemlerin enerji tüketimi 11 kW-210 kW arasında değişmektedir.

4.7 COSCO BOS Balast Suyu Arıtma Sistemi

Merkezi Çin’de bulunan Shipbuilding Marine Technology Co., LTD tarafından üretilen COSCO BOS Tablo 12’de yedinci sırada yer almaktadır. Sistem filtre ve UV bileşenlerinden oluşmaktadır (Url 13). Ön artma aşamasında yer alan filtre 50 µm üzerindeki organizmaları ve sedimanı bertaraf etmektedir. Balast suyu, ön arıtmadan sonra yer alan UV dezenfeksiyonunun ardından tanklara gönderilmektedir. Bu sistemde balast suyu deşarj edilmeden önce bir kez daha UV ile dezenfekte edilmektedir. Ancak bu

aşamadan önce bir kez daha filtrayon yapılmasına gerek yoktur. Bu sistemin 200 m³/sa ile 3500 m³/sa arasındaki balast pompa kapasiteleriyle uyumlu olarak çalışacak çeşitli modelleri mevcuttur. Bu modellerin taban alanı ~2m² - ~11m² arasında değişmektedir.



Şekil 34: COSCO BOS Balast Suyu Arıtma Sistemi

4.8 NK-O3 balast suyu arıtma istemi

Ön arıtma içermeyen ve gemi üzerinde ozon üreten NK-O3 balast suyu arıtma sistemi merkezi Busan-Kore'de yer alan NK Co. Ltd. tarafından üretilmektedir (Url 14) ve Tablo 12'de sekizinci sırada yer almaktadır. Geminin herhangi bir yerine monte edilebilecek olan bu sistem ortamdaki havayı alır ve mevcut olan nitrojeni sıyırıp uzaklaştırarak oksijen konsantrasyonunu artırır, daha sonra yüksek voltaj veya yüksek frekanslı elektriksel alandan geçirilerek ozon üretir.



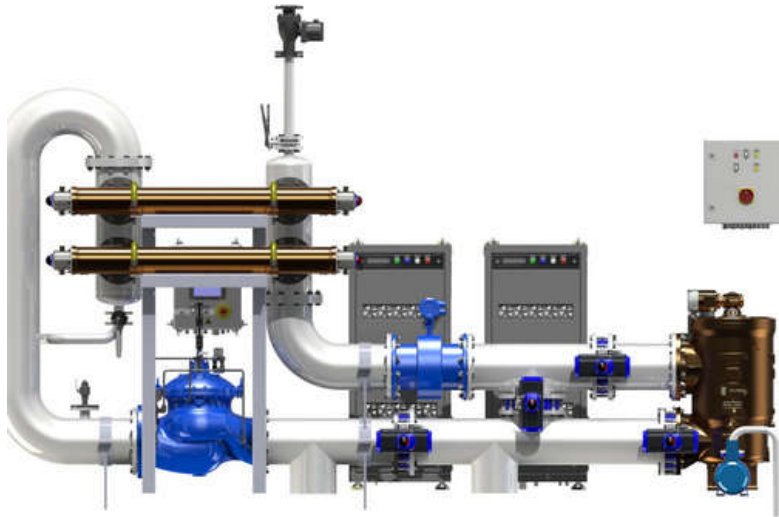
Şekil 35: NK-O3 balast suyu arıtma sistemi

Üretilen ozon balast suyunun alınması esnasında enjekte edilir. Balast suyunda mevcut organizmaların büyük bir kısmı doğrudan ozon ile öldürülürken, kalan organizmalar da ozonun deniz suyunda doğal olarak bulunan kimyasallarla tepkimeye girmesi sonucunda oluşan ve etkili bir dezenfektan olan hipobromit asiti sayesinde ölmektedir.

150 m³/sa ila 4000 m³/sa arasında değişen balast pompa kapasiteleriyle uyumlu çalışabilecek 10 farklı modeli bulunmaktadır. Bu modellerin enerji ihtiyaçları 43.2 kW - 725.4 kW arasında, taban alanları ise 5,8 m² – 43.3 m² arasında değişmektedir.

4.9 Optimarin Balast Suyu Arıtım Sistemi

Merkezi Norveç’de bulunan Optimarin AS tarafından üretilen bu istem IMO onayının yanı sıra USCG tarafından da onaylanan ilk sistem ünvanına sahiptir. **Tablo 12**’de 9. sırada yer alan bu sistem filtre ve UV teknolojilerinin kombinasyonlarından oluşmaktadır (Url 15). Ön arıtma, 40 µm’lik üç farklı tipte filtreyle gerçekleştirilebilmektedir. Sistem kullanılan UV odalarının sayılarının arttırılmasıyla farklı balast suyu kapasiteleri ile uyumlu olarak çalışabilmektedir.



Şekil 36: Optimarin Balast Suyu Arıtım sistemi -334 m³/sa kapasiteli

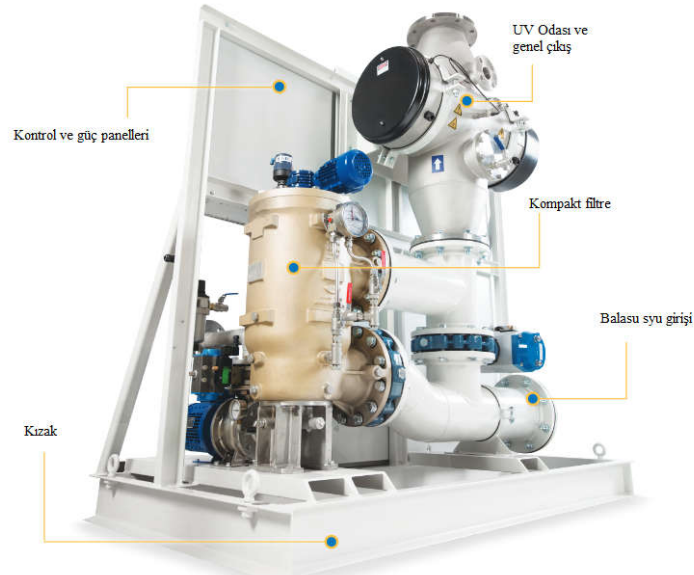
En düşük kapasite ise 50 m³/saattir. 167 m³/saatten daha küçük kapasiteler için tek UV odası kullanılırken 3000 m³/saat için 18 UV odası gerekmektedir. Sistem bakımının kolaylaştırılması amacı ile her bir UV odasında 35 kW’lık bir UV lambası bulunmaktadır. Her UV odası ise 167 m³/saat balast suyu kapasitelidir. Sistemin boyutları ve toplam enerji ihtiyacı, kullanılan filtre ve UV odası sayısına bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 37: Optimarin Balast Suyu Arıtım sistemi - 500 m³/sa kapasiteli

4.10 Hyde GUARDIAN Gold® Balast Suyu Arıtma Sistemi

Merkezi ABD’de bulunan Hyde Marine Inc. Tarafından üretilen Hyde GUARDIAN balast suyu arıtma sistemi filtre ve UV teknolojilerini kullanmaktadır (Url 16). Sistem 60- m³/sa – 1488 m³/saat’e kadar değişen kapasitelerde mevcutken, reaktör sayısı artırılarak 6000 m³/saat’e kadar da özelleştirilebilmektedir. 60 - m³/sa kapasite için güç tüketimi 7-10 kW iken 6000 m³/sa kapasite için 312-456 kW olarak verilmektedir. Ön arıtmada kullanılan filtrenin arıtma kapasitesi çok geniş yelpazede değişmektedir..



Şekil 38: Hyde GUARDIAN Gold® Balast Suyu Arıtma Sistemi

5 BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNİN SEÇİLMESİ VE GEMİLERE ENTEGRASYONU

Sistemlerin gemilere entegrasyonunda en önemli konu mevcut seçenekler arasında gemi için en uygun çözümü tespit edebilmektir. Bu da ancak yasal yükümlülüklerin, gemi kısıtlarının ve balast suyu arıtım sistemlerinin özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi ile sağlanabilir.

5.1 Sistemlerin Onayı

Öncelikle seçilecek balast suyu sisteminin, donatılacağı geminin tabi olduğu yasal rejime göre geçerli bir onaya sahip olması gerekmektedir. IMO Balast Suyu Sözleşmesi'ne göre bu onay "Tip Onayı Sertifikası" ile belgelendirilmektedir. IMO tarafından 7 Şubat 2017'de yapılan güncellemeye göre (Url 2) sözleşmeyi ülkeler alfabetik sıra ile Tablo 14'de yer almaktadır.

Tablo 14: IMO Balast Suyu Sözleşmesi'ne taraf olan devletler

1	Almanya	29	Kongo
2	Antigua ve Barbuda	30	Kore Cumhuriyeti
3	Arnavutluk	31	Liberya
4	Barbados	32	Lübnan
5	Belçika	33	Maldivler
6	Brezilya	34	Malezya
7	Cook Adaları	35	Marşal Adaları
8	Danimarka	36	Meksika
9	Endonezya	37	Mısır
10	Faroe Adaları	38	Mogolistan
11	Fas	39	Nijerya
12	Fiji	40	Niue
13	Finlandiya	41	Norvec
14	Fransa	42	Palau
15	Gana	43	Panama
16	Güney Amerika	44	Peru
17	Gürcistan	45	Rusya Federasyonu
18	Hırvatistan	46	Saint Kitts ve Nevis
19	Hollanda	47	Saint Lucia
20	İran	48	Sierra Leone
21	İspanya	49	Suriye Arap Cumhuriyeti
22	İsveç	50	Tonga
23	İsviçre	51	Trinidad & Tobago
24	Japonya	52	Tuvalu
25	Kanada	53	Türkiye
26	Karadağ	54	Ürdün
27	Kenya	55	Yeni Zelanda
28	Kiribati		

Türkiye, IMO sözleşmesin taraf olduğu için, Türk Bayrağı taşıyan gemilerin IMO Tip Onayına sahip sistemlerle donatılması gerekmektedir.

Geminin tabi olduğu bayrak devletinin yanı sıra geminin balast sularını deşarj edeceği liman devletinin tabi olduğu yasal rejimler mutlaka değerlendirilmelidir. Seçilen sistemin deşarj limanı içinde uygun bir onayı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Özellikle ABD sularında balast suyu deşarjı yapacak olan gemilerin, öncelikle USCG Tip Onayı almış veya USCG tarafından Alternatif Yönetim Sistemi kabul edilen sistemlerle donatılması gerekmektedir. Ayrıca gemilerin gireceği limanların bulunduğu eyaletlerin uygulamaları ve güncel VGP kuralları değerlendirilmelidir.

“Tip Onay” dışındaki onaylar sistemin gemi üzerinde kullanılabileceği anlamına gelmez. IMO Balast Suyu Sözleşmesi’ne göre alınmış olan “Ön Onay” ve “Son Onay” sistemin deşarj standartlarını sağladığının değil, sistemin çevresel açıdan uygun olduğunun IMO tarafından belgelenmesidir. Bazı klas kuruluşları tarafından verilmiş olan klas onayları ise sistemlerin klas kuralları ile uyumlu olduğunu belgelemektedir.

5.2 Gemi tipi ve operasyonel karakteristikler

Öncelikle seçilecek sistemlerin boyutlarının ve kapasitesinin gemi için uygun olması gerekmektedir. Özellikle küçük gemiler için sistemin kurulacağı boş hacmi yaratmak; büyük hacimli gemiler içinse mevcut teknolojiyle gereken kapasiteyi sağlamak aşılması gereken problemlerdir.

Gemi tipi, balast kapasitesi ve gemilerin operasyon karakteristikleri sistem seçiminde mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Birçok durumda gemi tipi ve kapasitesi balast arıtım sistemi seçiminde belirleyici faktördür. Gemilerin herhangi bir limanda alacağı balast suyu miktarı ve hızı seçilecek sistemlerin boyutlandırılması için de önemli bir kriterdir. Özellikle tanker ve dökme yük gemileri gibi yüksek miktarda balast suyu ihtiyacı olan gemiler, yüksüz durumda tam balast koşullarında seyir yapan gemilerdir. Bu gemiler, genellikle limanlarda kısa sürede yükleme boşaltma yapabilmek için yüksek pompa kapasitesine sahiplerdir. Bu nedenle arıtma istemlerinin kapasiteleri balast pompa kapasiteleri ile uyumlu olmalı, balast alımı ve deşarjı esnasında zaman kaybına neden olmamalıdır. Pompa kapasitesinin yanı sıra özellikle ön arıtmadaki tıkanıklıklar nedeni ile arıtım sistemlerinin neden olacağı basınç düşüşleri değerlendirilmeli, ön arıtmada otomatik geri yıkama yapabilen sistemlere yönelinmelidir. Sistemlerin verimli çalışabilmesi için gerekecek olan enerjinin gemi üzerinde sağlanabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle enerji

ihtiyacı yüksek olan arıtma yöntemleri (UV, ultrason ve ısı) içeren sistemler de, balast kapasitesine bağlı olarak, bu tip büyük balast kapasiteli gemiler için uygun alternatif olmayabilir.

Balast suyu deşarj standardını sağlayabilmek için gereken süre kullanılan sisteme göre değişmektedir (**Tablo 15**).

Tablo 15: Bazı teknolojilerin önemli karakteristikleri (ABS, 2011’den uyarlanmıştır)

Arıtma Prosesi	Arıtma Metodu	Uygulama Zamanı	Arıtım için gereken süre	Korozyon Riski
Klor üretimi	Biyosit olarak çalışacak klor ve brom üretimi için elektrolitik hücre kullanır. Balast suyu deşarjı öncesinde sodyum sülfat ile nötürleştirme uygular. Tankta serbest klor bulunduğu sürece biyosit aktif olacağı için dozaj ayarlama yapılabilir.	Balast alımı esnasında; deşarj öncesi nötürleştirme işlemi	Saatler	Yüksek dozajlar çelik korozyonunu hızlandırır
Kimyasal Uygulama	Balast alımı esnasında organizmaları öldürmek için, balast suyuna tescilli kimyasallar doz ayarlı olarak karıştırılır. Kimyasallar zamanla bozunacağı için balast güvenli olarak deşarj edilebilir.	Balast alımı esnasında edüktör vasıtasıyla	24 saat	Yüksek dozajlar çelik korozyonunu hızlandırır
Filtre ve radyasyon	Giriş suyunun filtrasyonu, genellikle 50 µ'luk oto-yıkama özelliğine sahip filtrelerle gerçekleştirilir, buna paralel olarak filtreden geçmeyen atıklar balast alınan yere geri deşarj edilir. Daha küçük organizmaları ve bakterileri etisizleştirmek için balast suyu UV enerjisi veya hidroksil radikal jeneratörü gibi radyasyonlara maruz kalır.	Balast alımı esnasında filtrasyon ve UV, deşarj esnasında UV	Arıtma anında	Etkisi bulunmamakta
Oksijensizleştirme	Venturi edüktörü veya tanklardaki boru sistemi ile balast suyuna inert gazlar karıştırılır. Bu sudaki oksijeni giderir, pH'ı düşürür ve sonuç olarak organizmaların ölmesini sağlar. Bunun için tanklardaki atmosferin inert olmasına ihtiyaç vardır.	Bazı sistemler için balast alımı esnasında bazı sistemler için tankta	4-6 gün	Görece olarak düşük korozyon
Ozon üretimi	Ozon gemi üzerinde üretilir ve biyosit olarak çalışır. Balast alımı veya deşarjı esnasında edüktör ile balast pompalama sürecinde gerçekleştirilir. Filtrasyon veya diğer arıtma teknolojileri ile birleştirilebilir.	Bazı sistemler için balast alımı esnasında bazı sistemler için tankta	15 saate kadar	Ozonun yarılanma ömrü kısa olduğu için az etkisi vardır. Eğer arıtma deşarj esnasında gerçekleştiriliyorsa hiç etkisi yoktur

Sistemlerin arıtımı hangi aşamada gerçekleştirdiği ve arıtım için gerekecek olan süre gemilerin operasyonel karakteristikleriyle birlikte değerlendirilmelidir. Özellikle balast suyunun tanklarda kalış süresinin, seçilecek olan sistemin arıtmayı gerçekleştirmesi için gereken süreden kısa olmaması gerekmektedir. UV gibi bazı teknolojilerle dezenfeksiyon anlık uygulama ile sağlanabilirken kimyasal arıtım veya ısıya dayalı teknolojilerin kullanıldığı sistemlerde bu süre uzamakta, oksijensizleştirme de 4-6 günlük bekleme süresine ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu tip sistemlerde seyir süresi çıkış suyu standartlarının sağlanması açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir. Örneğin farklı limanlara uğrayarak yükleme boşaltma yapan konteyner gemileri için oksijensizleştirme yöntemi uygun değilken VLCC ve ULCC tankerlerde uygulanabilir bir yöntemdir. Ancak yüksek balast

kapasiteli bu gemilerde kullanılacak sistemin işletim maliyeti de mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Sistem seçiminde gemilerin balast aldıkları limanlarda mevcut deniz suyunun özellikleri değerlendirilmelidir. Elektroklorinasyon sistemleri klorür, ozon sistemleri ise bromür ihtiyacı duydukları için balast suyunun, başta tuzluluk olmak üzere kimyasal özellikleri bu sistemlerin verimli çalışması için önemlidir. Bazı elektroklorinasyon sistemlerinde tuzluluğun yeterli olmadığı durumlarda elektroliz için tuz eklenmesi çözüm olarak sunulmaktadır. Bu sistemler için tuzun depolanma ve tedarik koşulları değerlendirilmelidir. Ozon sistemleri ise bromür ihtiyacı nedeniyle sadece deniz suyu ile çalışmaktadır.

Balast suyundaki kirleticiler, gerek gemi üzerinde üretilen, gerekse balast suyuna enjekte edilen hazır oksitleyici kimyasalların verimini düşürmekte, gerekli arıtım standardı ancak yüksek dozajlarla sağlanabilmektedir. Ancak dozaj artırılması arıtım maliyetini ve enerji ihtiyacını yükseltmesinin yanı sıra arıtım sonrasında çıkış suyunun deşarj limitlerinin dışına çıkmasına neden olabilir.

UV sistemlerinin verimi deniz suyunun ışık geçirgenliğine bağlı olarak değişmektedir bu nedenle deniz suyunun bulanıklığı UV sistemlerini olumsuz etkileyecektir. Sediman yükü fazla olan limanlardan balast alan gemiler için, UV ancak verimli bir ön arıtım ile kombine edildiği zaman kullanılabilir.



Şekil 39: Rotterdam Limanı'nın düşük tuzluluğa sahip bulanık deniz suyu (fotoğraf: Robert Jaarsma)

Bazı sistemlerin verimliliğinin sıcaklıkla doğrudan ilişkili olduğu unutulmamalı, Kuzey Atlantik gibi çok soğuk sularda seyir yapan gemilerde, seyir esnasındaki ortam sıcaklığının sistem verimi üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Kullanılan teknolojiye bağlı olarak arıtımda gerekecek sıcaklığı sağlamak için harcanacak enerji ve ısıtma süresi göz önünde bulundurulduğunda, ısı ile arıtım yapan sistemlerin bu tip gemiler için uygun olmayacağı açıktır.

5.3 Genel Kriterler

Piyasada çeşitli ülkelerden, farklı üreticiler tarafından satışa sunulan birçok sistem mevcuttur. Sistemlerin 1000.000 ABD Dolarını bulan maliyetleri düşünüldüğünde, ekonomik değerlendirmelerin gemi sahipleri açısından belirleyici olması oldukça doğal bir durumdur. Ancak maliyetlerle birlikte her türlü üründe olduğu gibi, satıcının güvenilirliği ve yaygın servis ağı olup olmadığı mutlaka değerlendirilmelidir. Eğer sistemlerde nötürleştirme ve arıtma için hazır ürünler kullanılıyorsa bu ürünlerin tedarikinin operasyon yapılan limanlarda mevcut olup olmadığı kontrol edilmelidir. Sistemlerin satın alma maliyetlerinin yanı sıra yıllık işletim giderleri ve elbette geminin ekonomi ömrü değerlendirilmelidir.

Kullanılan sistemlerin, mürettebat sağlığı ve güvenliği açısından riskler içermemesi gerekmektedir. Ayrıca sistemler mevcut mürettebat tarafından kullanılacağı için, kullanımı kolay, çok fazla eğitim gerektirmeyen sistemler tercih edilmelidir. Sistemlerin kontrol ünitesi güvenli bir yerde, anlaşılır ve ulaşılabilir olmalıdır.

Balast suyu arıtma sistemlerinin gemi bütünlüğüne ve sistemlerine zarar verip vermeyeceği de mutlaka değerlendirilmelidir. Örneğin oksitleyici kimyasalların ve elektroklorinasyon sistemlerinin korozyonu hızlandığı unutulmamalı, bu tip sistemler kullanılırken gerekli kontroller yapılmalı ve uygun önlemler alınmalıdır.

5.4 Sistemlerin mevcut gemilere retrofit olarak entegrasyonu

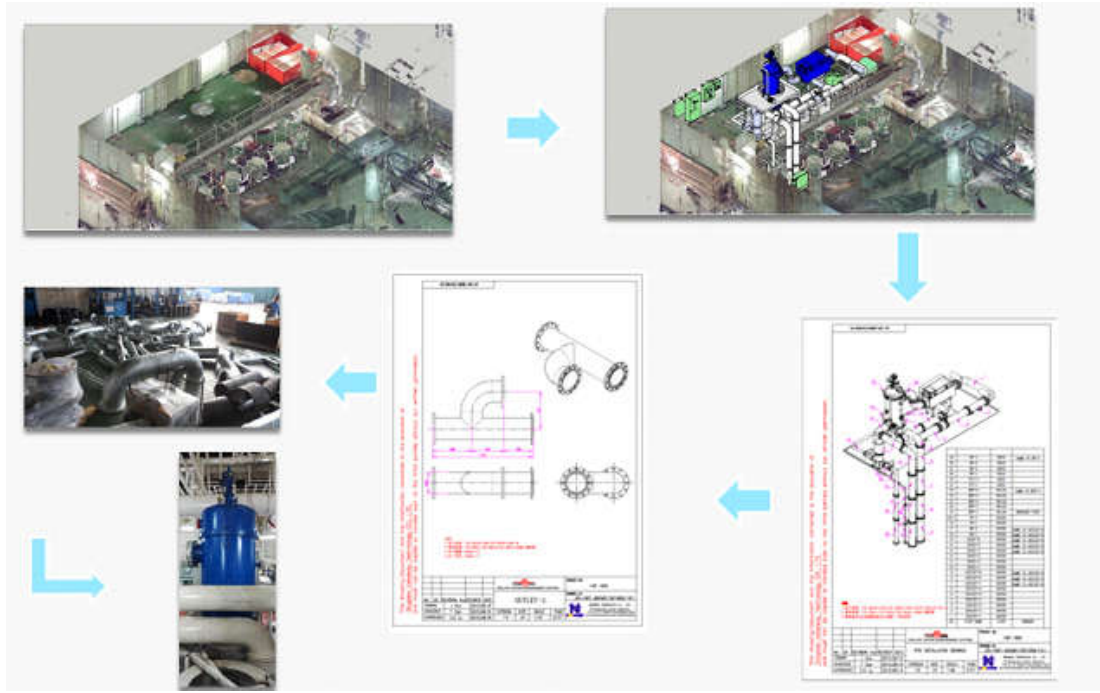
Arıtma sistemlerinin var olan gemilere takılması pek çok teknik detayı içeren ve detaylı mühendislik çalışması isteyen bir konudur. Balast suyu arıtma sistemlerinin kapasiteleri, enerji ihtiyaçları, boyutları ve tüm bunlara bağlı olarak değişecek olan maliyetleri birlikte değerlendirilmeli ve mevcut gemiye en uygun sistem belirlenmelidir. Yeni inşa gemilerde dizayn aşamasında aşılabilecek bir çok konu, mevcut gemilerde aşılması gereken bir

problem haline gelmektedir. Örneğin sistemlerin boyutu, yeni inşa gemilerde dizayn aşamasında aşılabilecek bir problemken mevcut gemilere retrofit olarak entegrasyonunda önemli bir kısıtlayıcı faktördür. Sistem için gereken taban alanının ve hacmin gemi üzerinde sağlanabilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra balast suyu arıtım sistemi için gemi üzerinde uygun yerin belirlenmesi ve boru devrelerinin döşenebilmesi için; etkilenecek diğer tüm sistemler ve donatıların boyutlarının bilinmesi çok önemlidir. Ayrıca sistemin düzgün bir şekilde kurulması, sistem seçimi kadar önemlidir. Kurulum sırasının planlanabilmesi için, ekipmanların güzergâhlarının nerelerden geçirilebileceği, boşluklar ve erişim imkânları belirlenmelidir. Öte yandan hâlihazırda hizmet vermekte olan birçok geminin mevcut hali için boru donanımı ve makine dairesi yerleşim planı gibi detay çizimler bulunmayabilir. Bu bilgilerin elde edilmesi için 3D lazer tarama tekniğinden faydalanılabilir (Şekil 40).



Şekil 40:Argo Navis Marine Danışmanlık ve Mühendislik Firması tarafından gerçekleştirilen 3B Lazer Tarama

Seçilecek olan sistemin mevcut donanımlarla (boru ve elektrik sistemleri) uyumlu olması ve gemiye entegrasyonunun mümkün olduğunca az değişiklikle gerçekleştirilmesi önemli hedeflerden birisidir. Sistemlerin birçoğunun modüler olması, bu problemlerin aşılmasında önemli kolaylıklar sağlayacaktır.



Şekil 41: OceanGuard Balast suyu arıtım sisteminin bir gemiye retrofit uygulamasında 3B tarayıcı kullanımı

Sistemlerin kurulması aşamasında pompa kapasitelerinin de yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir. Balast suyu alımında kullanılan pompa ya da pompalar, gemilerin yangın devrelerinde de kullanılıyorsa, pompa kapasitelerinin yetersiz kalması karşılaşılabilecek muhtemel problemlerden birisidir. Sistemlerin etkili çalışabilmesi için, kapasiteleri yetersiz olan pompaların, ihtiyacı karşılayabilecek pompalarla değiştirilmesi gerekmektedir. Geminin mevcut koşulları göz önünde bulundurulmalı; kurulacak olan sistemin devre ve donanımları, mümkün olan en yüksek verimle ve pratik şekilde konumlandırılmalıdır. Özellikle basınç düşüklükleri sistemlerin verimli çalışmasını etkileyebilecek önemli bir sorundur. Bu nedenle modüler sistemlerde, sistem bileşenlerinin ve pompanın konumlandırılması dikkatle ele alınması gereken bir problemdir.

Balast suyu arıtma sisteminin var olan bir gemiye kurulması, sistemin gemi üzerinde etkili bir şekilde çalışabilmesi amacıyla yeni bir enerji ihtiyacının ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Sistemin ihtiyaç duyacağı bu ek enerjinin, gemi üzerindeki jeneratörlerle sağlanıp sağlanamadığı kontrol edilmelidir. Gemi üzerinde var olan jeneratörlerin, balast suyu arıtma sisteminin takılmasından doğan ek enerji ihtiyacını karşılayamamaları durumunda, yeni bir jeneratör takılmalı ya da var olan jeneratörler enerji üretme kapasitesi daha yüksek olanları ile değiştirilmelidir.

Balast suyu arıtma sistemlerinin var olan gemilere takılması aşamasında klas kuruluşları tarafından da sağlanması istenecek teknik detaylar bulunmaktadır. Klas kuruluşları sistemleri kendi kuralları çerçevesinde değerlendirecektir, bununla birlikte genel olarak sistemlerin iyi havalandırılan yerlere kurulması beklenmektedir. Yangın güvenliği, özellikle tankerlerde, dikkat edilmesi gereken ve hassasiyetle kontrol edilecek konuların başında gelmektedir. Elektrik sistemleri ve arıtım sistemini çalıştırabilecek kaynağın olup olmaması klas kuruluşlarının dikkat edeceği hususlar arasındadır. Bunların yanı sıra, takılan sistemin geminin yapısal bütünlüğü ve stabilite üzerine etkileri önem noktalarıdır. Balast suyu arıtım sistemlerinin balast operasyonları ve yükleme koşullarına etkisi, gemi mukavemeti, hasarsız stabilite ve yaralı stabilite açılarından değerlendirilecektir. Sistemin entegrasyonunun meydana getirebileceği muhtemel değişiklikler, devrelerin geçiş ve bağlantı noktaları da klas kuruluşlarının denetleyeceği diğer noktalarıdır.

6 DEĞERLENDİRME

Piyasadaki yüzün üzerinde sistem mevcuttur. Ancak bu sistemler belli başlı mekanik, fiziksel ve kimyasal yöntemleri temel alarak geliştirilmiş olan teknolojilerin farklı kombinasyonlarından oluşmaktadır. Mevcut sistemlerin 69 adedi IMO Tip Onay'ına sahiptir ancak sadece "bir" tanesi USCG tarafından onaylanmıştır. Bununla birlikte USCG, 42 sistemi Alternatif Yönetim Sistemi olarak kabul etmektedir ve bu istemlerin büyük bir çoğunluğu IMO Tip Onayı'na da sahiptir.

Tip Onayı IMO sözleşmesine taraf ülkelerin yetkili idaresi tarafından veya bu idarelerin yetkilendirdiği kuruluşlarca verilmektedir. Taraflar bayrak idaresi (veya bu idarelerin yetkilendirdiği kuruluşlar) tarafından verilecek olan Tip Onayını kendi bayrağındaki gemiler için uygun bulma veya bulmama hakkına sahiptir. Genel olarak ülkeler kendileri ayrı bir prosedür dahilinde tip onayı vermeyi tercih etmektedirler. Bu nedenle çeşitli sistemler birden fazla ülkeden tip onayı almış durumdadır Türkiye tip onayı verme prosedürlerini oluşturma aşamasındadır ve bayrak devleti olarak henüz herhangi bir kuruma yetki vermiş değildir (Murat Korçak², kişisel görüşme, 22 Kasım 2016).

Balast suyu arıtım sistemleri, benzer yöntemleri temel alsa da, bu yöntemlerin kullanıldığı sistem bileşenleri farklı üreticiler tarafından üretilmektedir. Bu nedenle benzer prensiple çalışan bileşenler, verimlilik, kapasite, maliyet gibi birçok özellik bakımından farklılık göstermektedir. Balast suyu arıtım sistemlerinin performansı ise, sistemlerde kullanılan teknolojilerin yanı sıra, balast suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri, seyir yapılan sulardaki meteorolojik koşullar, seyir süresi vb. çeşitli nedenlere bağlı olarak da değişmektedir.

Balast suyu sisteminin seçiminde sistemlerin performansını etkileyen faktörlerle birlikte sistemin gemiye uygunluğu da değerlendirilmelidir. Gemi tipi, balast suyu ihtiyacı, pompa kapasitesi, gemi üzerindeki enerji kaynakları ve bu kaynakların kapasiteleri bu açıdan önemli kriterlerdir.

Balast suyu arıtım sistemlerinin verimliliği birçok faktöre bağlı olarak değişmesine rağmen, gemi üzerine takıldıktan sistemin balast suyu deşarj standartlarını sağlaması, gemi sahibinin sorumluluğudur. Bu nedenle gemi sahiplerini temsil eden kuruluşlar, özellikle

² T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı,(22 Kasım 2016 tarihli e-posta)

henüz test koşulları dışında “gerçek hayatta” test edilme şansı bulamamış arıtma sistemleri ile donatılmış gemilerin, Liman Devleti Kontrolü (*PSC - Port State Control*) esnasında D-2 standartları ile uyumsuz bulunabileceğine dair endişelerini gündeme getirmektedir (Basın açıklaması, 2012; Basın açıklaması 2016). Sistemler bu kontrollerde uyumsuz bulunduğu takdirde gemi sahipleri sadece ceza ödemekle kalmayıp yeni bir sistem almak zorunda da kalacaklardır. Özellikle yakın zamana kadar, sistemlerin onay süreçlerinde kullanılan G8 rehberinin, testler ve test koşulları açısından yeterince net ve belirleyici olmaması önemli bir tartışma konusu olmuştur. Tüm bunların göz önünde bulundurulması ile G8 rehberi yenilenmiş, bu yeni rehberi için uygulama takvimi MEPC tarafından 70. Oturumda (MEPC 70) önerilmiştir (Url 17). Buna göre 28 Ocak 2020’den sonra gemilere entegre edilecek sistemlerin yenilenmiş olan G8 rehberine göre Tip Onayı almış olması gerekmektedir; Bu tarihten önce ise gemiler eski ve yenilenmiş G8 rehberlerine göre onay almış sistemler ile donatılabileceklerdir (ABS, 2016b). Bu tarihten önce, eski G8 rehberine göre onay almış sistemlerle donatılmış gemilere uyumsuzluk nedeni ile ceza kesilmeyecektir kazanılmış hakları saklı kalacaktır (*Grandfathering*) (Stamatis Fradelos³, kişisel görüşme, 14 Aralık 2016).

IMO Balast Suyu Sözleşmesi’nin 08 Eylül 2017’de yürürlüğe girecek olması dünya genelinde deniz ticareti sektörü, başa çıkılması zor teknik ve ekonomik problemlerle karşı karşıya kalacaktır. Bu problemler ancak, sistem-gemi-çevresel faktörler ve yasal koşulların bir arada değerlendirildiği süreçlerle çözülebilecektir.

³ ABS, Türkiye (kişisel görüşme, SNAME Türkiye Buluşması, 14 Aralık 2016, İTÜ)

KAYNAKLAR

- ABS, 2011**, Ballast Water Treatment Advisory, Nisan 2011, ABD
- ABS, 2014**, Ballast Water Treatment Advisory, ABD
- ABS, 2016a**, Guide For Ballast Water Traetment, ABD
- ABS, 2016b**, MEPC 70 Brief, Rev.2 31 October 2016
- Abu-Khader M.M., Badran, O., Attarakih M.**, 2011, Ballast water treatment Technologies; hydrocyclonic a viable option, *Clean Technol. Environ. Policy*, 13, 403-413
- Aguirre-Macedo, M.L., Vidal-Martinez, V.M., Herrera-Silveira J.A., Valdés-Lozano, D.S., Herrera-Rodríguez, M., Olvera-Novoa, M.A.**, 2008. Ballast water as a vector of coral pathogens in the Gulf of Mexico: in The case of the Cayo Arcas coral reef, *Marine Pollution Bulletin*, 56, 1570–1577
- Aliotta, J. Rogerson, A., Campbell, CB., Yonge M.**, 2003. Ballast water treatment by electro-ionization. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. *1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London, p: 61-69
- Arslan, A.**, 2014, Balast Suyu ile taşınan yabancı türlerin önlenmesine ilişkin yasal düzenlemeler ve farklı ülkelerin mevcut ulusal düzenlemeleri, Bitirme Tasarım Projesi, Danışman: Ceren Bilgin Güney, İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Aralık 2014
- Azar Daryany, M.K.A., Massudi R., Hosseini, M.**, 2008. Photoinactivation of *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae* Suspended in Phosphate-Buffered Saline-A Using 266- and 355-nm Pulsed Ultraviolet Light, *Current Microbiology*, 56, 423-428.
- Bailey, S. A. Nandakumar, K., MacIsaac, H.J.**, 2006. Does saltwater flushing reduce viability of diapausing eggs in ships ballast sediment, *Diversity and Distributions*, 12, 328-335.
- Bailey, S. A.**, 2004. Sediments as a dispersal vector of a aquatic invertebrates: an estimation of propagule pressure associated with ‘no ballast on board’ vessels, Doktora Tezi, University of Windsor, Faculty of Graduate Study and Research, Windsor, Ontario, Kanada.
- Bailey, S.A., Duggan, I.C., Nandakumar, K., MacIsaac H.J.**, 2007, Sediments in ships: Biota as biological contaminants, *Aquatic Ecosystem Health and Management* 10 (2007) 93-100
- Balaji R., ve diğ.**, 2014a; Design Verification of Heat Exchanger for Ballast Water Treatment , *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* 66:2, 61–65
- Balaji R. ve Yaakob, O.**, 2014, Ballast Water Management Triad:Administration, Ship Owner and the Seafarer, *International Journal of Environmental, Ecological, Geological and Mining Engineering* Vol:8 No: 8, 2014
- Balaji R., Yaakob, O., Koh, K.K.**, 2014b, A review of developments in ballast water management, *Environ. Rev.* Vol. 22, 1-13

Bilgin Güney C., 2011, Balast Suyu Arıtımında Elektrokimyasal Hücre Uygulaması, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Teknolojisi Mühendisliği Programı

Bilgin Güney C., Yonsel F., 2008. Balast Suyu Arıtımında Alternatif Yöntemler, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik kongresi, 24-25 Kasım 2008, Bildirler Kitabı, Cilt 1

Bilgin Güney C., Yonsel F., 2011, Karma bir balast suyu arıtım sistemi ve elektrokimyasal teknoloji, *İTÜ Dergisi/e Su Kirlenmesi Kontrolü* , **21**, 57-68

Bilgin Güney C., Yonsel F., 2013, Electrochemical Cell Applications for Ballast Water Treatment, *Marine Technology Society Journal*, **47**:1

Boldor, D., Balasubramanian, S., Purohit, S., Salvi, D., A Gutierrez-Wing, M.T., Rusch, K.,A., Sabliov, C.M., 2008, Continuous Microwave System For Prevention of Invasive Species During DeBallasting Operation – Death Kinetics, *Journal of Microwave Power & Electromagnetic Energy*, **42**, No. 3; 42-78

Briski,E., Ghabooli ,S., Bailey S.A., MacIsaac, H.J., 2011, Assessing invasion risk across taxa and habitats: life stage as a determinant of invasion success“, *Diversity and Distributions*, **17**, 593–602

Browning Jr, W.J., Davis, J.P., WJ Browning III, W.J., 2004. Progress report on AquaHabistat deoxygenation system. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. 2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 26-33.

California State Lands Commission, 2012 Assessment of the Efficacy, Availability, and Environmental Impacts of Ballast Water Treatment Systems for Use in California Waters

Carlton, J. T., 1979. History, biogeography, and ecology of the introduced marine and estuarine invertebrates of the Pacific Coast of North America, Doktora Tezi, Ecology in The Graduate Division, University of California, Berkeley, ABD

Carlton, J.T., 2002; Introduced Species in U.S. Coastal Waters: Environmental Impacts and Management Priorities, Report Prepared for the Pew Oceans Commission, 13 Mart 2002

Casas-Monroy, O., Roy, S., Rochon, A., 2011. Ballast sediment-mediated transport of non-indigenous species of dinoflagellates on the East Coast of Canada”. *Aquatic Invasions*, **6** (3), 231–248

Chen, P.-Y, Chu, X.-N., Liu, L., Hu, J.,-Y., 2015, Effects of salinity and temperature on inactivation and repair potential of *Enterococcus faecalis* following medium- and low-pressure ultraviolet irradiation, *Journal of Applied Microbiology*, **120**, 816--825

Cluskey, D.K.M., Holdø A.E., Calay, R.K., 2005. A critical review of ballast water treatment techniques currently in development, *ENSUS 2005, 3rd International Conference on Marine Science and Technology for Environmental Sustainability*, Newcastle, UK, 13-15 Nisan.

- Cluskey, D.K.M ve Holdø A.E.**, 2009. Optimizing the hydrocyclone for ballast water treatment using computational fluid dynamics, *International Journal of Multiphysics*, **3**, 221-234
- Croot, G.**, 2012, Ballast water type approval process and obstacles associated with installation of non-coast guard type approved ballast water management systems. Report to St. Lawrence Seaway Development Corporation, 9 January 2012.
- Cutler, S. J., Cutler, H. G., Glinski, J., Wright, D., Dawson R., Lauren D.**, 2004. SeaKleen[®], a potential product for controlling aquatic pests in ships' ballast water. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 164-174.
- Cvetković, M., Kompare, B., Klemenčič, A.,K.**, 2015, Application of hydrodynamic cavitation in ballast water treatment, *Environ Sci Pollut Res.*, **22**, 7422–7438
- Dang , K., Yin, P., Sun, P., Xiao J., Y. Song, Y.**, 2004. Application study of ballast water treatment bt electrolyzing seawater, In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 103-110.
- de Lafontaine, Y. Despatie, S.-P., Veilleux, É., Wiley, C.**, 2009. Onboard ship evaluation of the effectiveness and the potential environmental effects of Peraclean[®] Ocean for balast water treatment in very cold conditions, *Environmental Toxicology*, **24**, 49-65
- Dickman, M., Zang, F**, 1999. “Mid-ocean Exchange of container vessel ballast water.2: Effects of vessel type in the transport of diatoms and dinoflagellates from Manzanillo, Mexico, to Hong Kong, China”, *Marine Ecology Progress Series*, **176**, 253-262
- DNV GL, 2009**, BALLAST WATER MANAGEMENT - Insights into the regulatory status, applicable treatment technologies and compliance solution, Eylül 2009, ID:978723
- Dobroski, N., Takata, L., Scianni, C., Falkner, M.**, 2007. Assessment of the efficacy, availability and environmental impacts of ballast water treatment systems for use in California waters, produced for California State Legislature, California State Land Commission Marine Facilities Division, California, A.B.D., December 2007.
- Dobroski, N. Scianni, C., Gehringer, D., Falkner, M.**, 2009. Assessment of the efficacy, availability and environmental impacts of ballast water treatment systems for use in California waters, produced for California State Legislature, California State Land Commission Marine Facilities Division, California, A.B.D., Ocak 2009
- Dragsund, E., Johannessen, B. O. , Andersen A. B., Nøklebye, J. O.** 2004. Corrosion effects of ballast water treatment methods. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 291-299.

- Endresen, Ø., Sørsgård, E., Andersen, A.B., Bitner-Gregersen, E., 2002.** Implications of open ocean ballast water exchange, *ENSUS 2002, International Conference on Marine Science and Technology for Environmental Sustainability*, Newcastle, UK, 16-18 Aralık.
- EPA, 1999.** Wastewater technology fact sheet Ultraviolet Disinfection, United States Environmental Protection Agency, **EPA 832-F-99-064**, Washington, ABD, September.
- Fradelos, S., 2016,** Balast Suyu Yönetimi - IMO ve ABD gelişmeleri, ABS Semineri, 27 Nisan 2016, İstanbul
- Fuchs, R., de Wilde, I., 2004.** Peraclean® Ocean- a potentially environmentally friendly and effective treatment option for ballast water. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 175-180.
- Fuchs, R., Steiner, N., de Wilde, I., Voigt, M., 2003.** Peraclean® Ocean- a potential ballast water treatment option. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. *1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London, p:76-80.
- Gavand, M., R., McClintock J.B., Amsler, C.D., Peters, R.W., Angus, R.A., 2007,** Effects of sonication and advanced chemical oxidants on the unicellular green alga *Dunaliella tertiolecta* and cysts, larvae and adults of the brine shrimp *Artemia salina*: A prospective treatment to eradicate invasive organisms from ballast water, *Marine Pollution Bulletin*, **54**, 1777-1788
- Gollasch, S. David, M., Voigt, M., Dragsund, E., Hewitt, C., Fukuyo, Y., 2007.** Critical review of the IMO international convention on the management of ships' ballast water and sediment, *Harmful Algae*, **6**, 585-600
- Gollasch, S., 2006.** Overview on introduced aquatic species in European and navigational and adjacent waters, *Helgol Mar. Res* , **60**, 84-89
- Gollasch, S., 2010.** Global Expert Workshop on Harmonization of Methodologies For Test Facilities of Ballast Water Management Systems, Malmö, Sweden
- Gonçalves, A. A ve Gagnon, 2012;** Recent Technologies for Ballast Water Treatment, *Ozone: Science & Engineering*, **34**, 174-195
- Gray, D.K., Duggan, I.C., and Mac Isaac, H.J., 2006.** Can sodium hypochlorite reduce the risk of species introductions from diapausing invertebrate eggs in non-ballasted ships? *Mar. Pollut.Bull.* 52(6): 689–695.
- Gregg, M. D., Hallegraeff, G. M., 2007.** Efficacy of three commercially available ballast water biocides against vegetative microalgae, dinoflagellate cysts and bacteria, *Harmful Alge*, **6**, 567-584.
- Gregg, M., Rigby, G., Hallegraeff, G.M., 2009,** Review of two decades of progress in the development of management options for reducing or eradicating phytoplankton, zooplankton and bacteria in ship's ballast water, *Aquatic Invasions*, **4**, 521-565

- Hallegraeff, G. M., Valentine, J.P., Marshall, J.-A., Bolch, C.,J.,** 1997. Temperature tolerance of toxic dinoflagellate cysts: application to the treatment of ships' ballast water, *Aquatic Ecology*, **31**, 47-52.
- Hallegraeff, G.M.,** 1998. Transport of toxic dinoflagellates via ships' ballast water: bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies, *Marine Ecology Progress Series*, **168**, 297-309
- Hess-Erga O.-K., Attramadal, K.J.K, Vadstein, O.,** 2008. Biotic and abiotic particles protect marine heterotrophic bacteria during UV and ozone disinfection, *Aquatic Biology*, **4**, 147-154.
- Hewitt, C. ve Campbell, M.L.,** 2007. Mechanisms for prevention of marine bioinvasions for better biosecurity, *Marine Pollution Bulletin*, **55**, 395-401
- Hijnen, W.A.M. Beerendonk, E.F., Medema, G.J.,** 2006. Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review, *Water Research*, **40**, 3 – 22.
- Holm, E. R. Stamper D.M., Brizzolara, R.A., Barnes, L., Deamer. N., Burkholder, J.M.,** 2008. Sonication of bacteria, phytoplankton and zooplankton: Application to treatment of ballast water, *Marine Pollution Bulletin*, **56**, 1201-1208.
- Husain, M. Felbeck, H. Apple, R., Altshuller, D., Quirmbach, C.,** 2004. Ballast water treatment by de-oxygenation with elevated CO₂ for a shipboard installation – a potentially affordable solution. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 48-64.
- Hülsmann, N. ve Galil, B.S.,** 2001. The effects of freshwater flushing on marine heterotrophic protists-implications for ballast water management, *Marine Pollution Bulletin*, **42**, 1082-1086.
- IMO, 2004,** Gemi Balast Sularının ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi, 13 Şubat 2014, Londra
- IMO, 2011,** Communication received from the Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea (REMPEC), BWM.2/Circ.35, 15 August 2011
- IMO, 2016,** Basın Açıklaması: Global treaty to halt invasive aquatic species to enter into force in 2017, 08 Eylül 2016
- Jing, L., Chen, B., Zhang, B., Peng., H.,** 2012, A review of ballast water management practices and challenges in harsh and arctic environments, *Environ. Rev.*, **20**, 83–108
- Jofessen, K.D. ve Markussen, S.,** 2002. Biological de-oxygenation of ballast water, *ENSUS 2002, International Conference on Marine Science and Technology for Environmental Sustainability*, Newcastle, UK, 16-18 Aralık.
- Jorquera, A. M., Valencia, G., Eguchi, M., Katayose, M., Riquelme, C.,** 2002, Disinfection of seawater for hatchery aquaculture systems using electrolytic water treatment, *Aquaculture*, **207**, 213-224.

- Joyce, E. Phull, S.S. Lorimer, J.P. Mason, T.J.,** 2003. The development and evaluation of ultrasound for the treatment of bacterial suspensions. A study of frequency, power and sonication time on cultured *Bacillus* species, *Ultrasonic Sonochemistry*, **10**, 315-318.
- Karaminas, L.,** 2000. An investigation of ballast water management methods with particular emphasis on the risks of sequential method. *Lloyd's Register of Shipping*, June 2000
- Kazumi, J.,** 2007. Ballast Water Treatment Technologies and Their Application for Vessel Entering the Great Lakes via the St. Lawrence Seaway, *Transportation Research Board Special Report 291*, prepared for Committee on the St. Lawrence Seaway, University of Miami, Florida, A.B.D. May 2007
- Kim S.J, Jang S.,K.,** 2009, Corrosion characteristics of steel in seawater containing various chloride concentrations generated by electrochemical method, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, Volume 19, Supplement 1, 50-55
- Kim, E. Shin, K., Kang, J.-H.,** 2006. Consideration on the environmental acceptability and biological effectiveness of the electrochemical disinfection system for ballast water management, Oceans 2006- Asia Pacific Conference, , Singapore, 16-19 May.
- Kim, E., Shin, K., Lee, P.Y.,** 2008. Development of technologies on test facility and procedures for the land-based test as a type approval test at ballast water treatment system, *OCEANS'08 MTS/IEEE Kobe-Tech-Ocean'08 - Voyage toward the Future, OTO'08*, Kobe-Japan, 9-11 April 2008
- King, D. M., Hagan, P. T., Riggio, M., & Wright, D. A.,** 2012. Preview of global ballast water treatment markets, *Journal of Marine Engineering & Technology*, **11**, 3-15.
- King, D., M.,** 2016 Predicting Global Ballast Water Treatment Markets, Sustainable Shipping, March 18, 2016
- Knowler D.,**2005. Reassessing the costs of biological invasion: *Mnemiopsis leidyi* in Black Sea, *Ecological Economics*, **52**, 187– 199
- Kornmueller, A.,** 2007. Review of fundamentals and specific aspects of oxidation technologies in marine waters, *Water Science & Technology*, **55**, no 12, 1-6.
- Kraft, A., Stadelmann, M., Blaschke, M., Kreysig, D., Sandt, B., Schröder, F., Rennau, J.,** 1999,. Electrochemical water disinfection Part 1: Hypochlorite production from very dilute chloride solutions, *Journal of Applied Electrochemistry*, **29**, 861-868
- Kriesel, I, Kolodny, Y. Cairns, W.L. Galil, B.S., Sasson, Y., Joshi, A.V. Cangelosi, A., Blatchley III, E.R. M, TenEyck, .C. Blacer , M.D. Brodie, P.,** 2004. The ternary effect for ballast water treatment. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 5-18.
- Kurtela, Ž. ve Komadina, P.,** 2010, Application of Hydrocyclone and UV Radiation as a Ballast Water Treatment Method, *Promet – Traffic & Transportation*, **22**, 2010, No. 3, 183-191

Lavoie, D.M., Smith, L.D., Ruiz, G.M., 1999. The Potential for Intracoastal Transfer of Non-indigenous Species in the Ballast Water of Ships, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **48**, 551–564

Leffler, C.E., Rogerson, A., Paul, W., Germaine, G., Elliot, M., Antonelli, V., Grubs, S., Campbell, C., Beall, G., Salamone, A., 2004. Electro-sanitization of ballast water. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 111-120.

Lloyd's Register, 2010, Ballast Water Management-Current Status, February 2010

Lui G. ve Wang, J., Zhang, J., Cao, C., 2011, Effect of Electrolytic Treatment of Ballast Water on The Corrosion Behavior of 316l Stainless, *Acta Metallurgica Sinica*, **47**, 1600-1604

Ma, Y. Xiong, H., Tang, S., Yang Q., Li, M., 2009. Comparison of the community structure of planktonic bacteria Comparison of the community structure of planktonic bacteria, *Progress in Natural Science*, **19**, 947–953

Mackey, T.P., Tagg, R.D., Parsons, G.M., 2000. Technologies for ballast water management, *8th ICMES/SNAME New York Metropolitan Section Symposium*, New York, ABD, May 22-23.

Matheickal, J.T., Waite, T.D., Mylvaganam S.T., 2003. Ballast water treatment by filtration. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. *1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London, p: 7-20.

Matousek, R.C., Hill, D.W., Herwig, R.P.P., Cordell, J.R., Nielsen, B.C., Ferm, N.C., Lawrence, D.J., Perrins, J.C., 2006. Electrolytic sodium hypochlorite system for treatment of ballast water, *Journal of Ship Production*, **22**, No:3, 160-171.

McCharty, S. A. ve Khambaty, F. H., 1994. International dissemination of epidemic *Vibrio cholerae* by cargo ship ballast and other nonpotable waters, *Applied and Environmental Microbiology*, July 1994, 2597-2601

McCharty, S. A. ve Khambaty, F. H., 1994. International dissemination of epidemic *Vibrio cholerae* by cargo ship ballast and other nonpotable waters, *Applied and Environmental Microbiology*, July 1994, 2597-2601

McGee S., Piorkowski R, Ruiz G., 2006. Analysis of recent vessel arrivals and ballast water discharge in Alaska: Toward assessing ship-mediated invasion risk, *Marine Pollution Bulletin*, **52**, 1634–1645

Medcof, J.C., 1975. Living Marine animals in a ships' ballast water, *Proceedings of the National Shellfisheries Association*, **65**, 11-12.

MEPC, 2005, *Guidelines for ballast water Exchange*, RESOLUTION MEPC.124(53)

MEPC, 2008, Guidelines for Approval of Ballast Water Management Systems, RESOLUTION MEPC.174(58)

Mesbahi E. Norman, Rosemary, N., Wan Chee, P.W., 2007. An intelligent simulation model for design and costing on high temperature ballast water treatment systems, *Marine Technology*, **44**, no:3, 194-202

Mesbahi E., 2004. Latest results from testing seven different technologies under the EU MARTOB project-Where do we stand now?. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 210-231.

Miller, W.A., Minton, M.S., Ruiz, G.M., 2011, Geographic Limitations and Regional Differences in Ships' Ballast Water Management to Reduce Marine Invasions in the Contiguous United States, *BioScience*, 61: 880–887

Mimura H, Katakura R., Ishida H.,2005. Changes of microbial populations in a ship's ballast water and sediments on a voyage from Japan to Qatar, *Marine Pollution Bulletin*, 50, 751–757.

Mountfort, D. Dogshun, T., Taylor, M., 2003. Ballast water treatment by heat – New Zealand Laboratory & Shipboard trials. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. *1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London, p: 45-50

Oemcke D. ve Mountfort D., 2001. Treatment of ballast water: Can we stop red tides arriving?, *NZWWA 2001 Annual Conference Papers*

Olenin, S., Gollasch, S. Jonušas, S., Rimkutė, I., 2000. En-Route Investigations of Plankton in Ballast Water on a Ship's Voyage from the Baltic Sea to the Open Atlantic Coast of Europe, *Internat. Rev. Hydrobiol.*, **85**, 577-596

Olgun, A., Korçak., M., Dönertaş, A.S., Günay, K., Kale, U., Buyuran T., 2009. Balast suyu ile taşınan zararlı sucul organizmaların kontrolü ve yönetimi, TUBITAK MAM ve Denizcilik Müsteşarlığı, Mayıs 2009

Parsons, M. G ve Harkins, R. W., 2002. Full-scale particle removal of three types of mechanical separation devices for the primary treatment of ballast water, *Marine Technology*, **39**, 211-222.

Pazouki K., Mesbahi, E., Carney, K. J, Delany, J. E, 2008. Modelling, simulation and optimisation of an onboard ballast water treatment system, *International Conference on Biofouling and Ballast Water Management*, 5-6 Şubat 2008, Goa Hindistan

Pimentel D., Zuniga, R., Morrison D., 2005 Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecol Econ* 52:273–288

Quilez-Badia, G., McCollin T, Josefsen KD, Vourdachas A, Gill ME, Mesbahi E, Frid CL., 2008. On board short time high temperature treatment of balast water: A field trial under operational conditions, *Marine Pollution Bulletin*, **56**, 127-135.

Radan, D. ve Lovric, J., 2002. Ballast water heat treatment options and possibilities, 15th *International Symposium of Theory and Practice of shipbuilding SORTA 2002*, Trogir, Hırvatistan, 14-15 Kasım

Raikow, D. F., Reid DE, Maynard EE, Landrum PE.,2006. Sensitivity of aquatic invertebrate resting eggs to SeaKleen® (menadione): A test of potential ballast tank treatment options, *Environmental Technology and Chemistry*, **25**, no.2, 552-559.

Rigby, G., Hallegraeff G., Taylor, A., 2004. .Does Heat Treatment offer a superior ballast water treatment option?. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 67-79.

Rigby, G.R., Hallegraeff, G. M., Sutton,C., 1999, Novel ballast water heating technique offers cost-effective treatment to reduce the risk of global transport of harmful marine organisms, *Marine Ecology Progress Series*, 191, pp.289-293

Sassi, J., Rytönen, J., Vuorio, S., Leppäkoski E., 2002. The development and testing of ultrasonic and ozon devices for ballast water treatment, *ENSUS 2002 - International conference on Marine Science and Technology for Environmental Sustainability*, School of Marine Sciences and Technology, University of Newcastle upon Tyne, United Kingdom, 16-18 December

Shine, C., Kettunen., M, Genovesi, P., Essl, F., Gollasch, S., Rabitsch, W., Scalera, R., Starfinger U., ten Brink, P., 2010, Assessment to support continued development of the EU Strategy to combat invasive alien species. Final report for the European Commission. Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels

Stocks, D.T., O'Reilly, M., McCracken, W., 2004. Treatment of residual ballast water in the NOBOB ship using heat. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 80-87.

Sutherland, T., Levings, C., Petersen, S., Hesse, W., 2003. The influence of cyclonic separation and UV treatment on the mortality of marine plankton. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. *1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London, p:120-125.

Sutherland, T.F., Levings, C.D., 2013, “Quantifying non-indigenous species in accumulated ballast slurry residuals (swish) arriving at Vancouver, British Columbia”, *Progress in Oceanography*, 115 , 211–218

Takahashi, C.K.; Lourenço, N.G.G.S, Lopes, T.F., Rall V.L.M., Lopes, C.A.M.2008, Ballast Water: A Review of The Impact on The World Public Health, *J. Venom. Anim. Toxins incl. Trop. Dis.*, 14, 393-408

Tamburri, M.N., Wasson, K., Matsuda, M., 2002. Ballast water deoxygenation can prevent aquatic introductions while reducing ship corrosion, *Biological Conservation*, **103**, 331-341.

- Tamburri, M.N Little, B. J., Ruiz, G. M., Lee, J. S., McNulty, P.D., 2004.** Evaluation of Venturi Oxygen StrippingTM as a ballast water treatment to prevent aquatic invasions and ship corrosion. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 34-47.
- Tsolaki, E., Pitta, P., Diamadopoulos, E., 2010.** Electrochemical disinfection of simulated balast water using Artemi Salina as indicator, *Journal of chemical engineering*, **156**, 305-312.
- Viitasalo, S., Jukka, S., Jorma, R., Erkki, L. , 2005.** Ozone, Ultraviolet Light, Ultrasound, and Hydrogen Peroxide As Ballast Water Treatments-Experiments with Mesozooplankton in Low Saline Brackish Water, *Journal of Marine Environmental Engineering*, **8**, 35-55.
- Vijayaraghavan, K. Ramanujam, T.K., Balasubramanian, N.,1999.** In situ hypochlorous acid generation for the treatment of syntan wastewater, *Waste Management*, **19**,319-323
- Waite, T.D. Kazumi1, J., Lane P. V. Z., Farmer, L. L., Smith S. G., Smith S. L., Hitchcock G., Capo T. R., 2003.** Removal of natural populations of marine plankton by a large-scale ballast water treatment system, *Marine Ecology Progress Series*, **258**,51-63.
- Wonham, M. J., Bailey, S. A., MacIsaac, H. J., Lewis, M. A., 2005.**”Modelling the invasion risk of diapausing organisms transported in ballast sediments”, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **62**, 2386–2398.
- Woodward, J.B. Parsons M. G., Troesch A. W., 1994.** Ship operational and safety aspects of ballast water exchange at sea, *Marine Technology*, **31**, no: 4, 315-326.
- Wright, D.A. ve Dawson, R., 2003.** SeaKleen[®] - A potential natural biocide for ballast water treatment. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. *1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London, p:73-75.
- Wright, D.A. Dawson, R. Mackey, T. P., Cutler, H. G., Cutler, S. J., 2004.** Some shipboard trials of ballast water treatment systems in the United States. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, p: 243-257.
- Wright, D.A. Dawson, R. Mackey, T. P., Cutler, S. J., Cutler, H. G., Orano-Dawson, C.E.,Graneli, E., 2007.** Naphtoquinones as a broad spectrum biocides for treatment of ships ballast water: toxicity to phytoplankton and bacteria, *Water Research*, **41**, 1294-1302.
- Wright, D.A. ve Mackey, T.P., 2006.** Shipboard and dockside trials of ballast water treatment technology, *Naval Engineers Journal*, **118**, issue:3, 37-43.
- Wu D, You H, Du J, Chen C, Jin D, 2011a,** Effects of UV/Ag-TiO₂/O₃ advanced oxidation on unicellular green alga *Dunaliella salina*: implications for removal of invasive species from ballast water, *J Environ Sci*, **23**,513–519,

Wu D, You H, Zhang R, Chen C, Lee D-J , 2011b, Ballast waters treatment using UV/Ag–TiO₂+O₃ advanced oxidation process with Escherichia coli and Vibrio alginolyticus as indicator microorganisms, *The Chemical Engineering Journal*, **174**,714-718, November 2011

Yonsel F Bilgin Güney C., Danışman D.B., 2014, A Neural Network Application for a Ballast Water Electrochlorination System, *Fresenius Environmental Bulletin*, 23-No 12b, 3353-3361

Zhang, F. ve Dickman, M., 1999. Mid-ocean Exchange of container vessel ballast water.1: Seasonal factors affecting the transport of harmful diatoms and dinoflagellates, *Marine Ecology Progress Series*, **176**, 243-251.

Zhang N, Hu K, Shan B., 2014, Ballast water treatment using UV/TiO₂ advanced oxidation processes: an approach to invasive species prevention, *Chem Eng J*, **243**, 7–13

Zhou, P., Leigh, T., Aslan, F., Hesse, K., 2005a, TREWABA system optimization and tests, *ENSUS 2005, 3rd International Conference on Marine Science and Technology for Environmental Sustainability*, Newcastle, UK, 13-15 Nisan.

Zhou, P., Leigh, T., Aslan, F., Hesse, K., 2005b. Design optimization and tests of TREWABA system an onboard treatment of ballast water, *Proceedings of the 12 th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean - IMAM 2005*, Lisboa, Portugal, 26-30 September, Maritime Transportation and Exploitation of Ocean and Coastal Resources- Guedes Soares, Garbatov & Foncesca (eds) 2005 Taylor & Francis Group, London, ISBN 0415 39036 2, Vol: 2 1759-1766.

Url 1: www.ics-shipping.org , son ziyaret tarihi 25/12/2016

Url 2: www.imo.org, son ziyaret tarihi 12/03/2017

Url 3 www.fumatech.com, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 4: www.techcross.com, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 5: cgmix.uscg.mil, son ziyaret tarihi 02/03/2017

Url 6: www.gollaschconsulting.de, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 7: www.lr.org , son ziyaret tarihi 8/12/2016

Url 8: <http://ccpanox.com/>, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 9: www.headwaytech.com/en/, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 10: www.alfalaval.com/, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 11: www.jfe-eng.co.jp/, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 12: www.sunrui.net, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 13: www.wecosco.com/, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 14: <http://nk-eng.nkcf.com/>, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 15: <http://optimarin.com/>, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 16: <http://www.hydemarine.com/>, son ziyaret tarihi 05/03/2017

Url 17: www.turkloydu.org, son ziyaret tarihi 23/12/2016