



Bir Balast Tankı Modelinde Sediman Birikimi Açısından Kritik Bölgelerin Tespiti

Ceren BİLGİN GÜNEY, Devrim Bülent DANIŞMAN, Şafak Nur ERTÜRK BOZKURTOĞLU, Fatma YONSEL

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Türkiye
bilgincer@itu.edu.tr; ORCID ID: orcid.org/0000-0003-3445-8688
bulent.danisman@itu.edu.tr; ORCID ID: orcid.org/0000-0001-6320-5351
erturk@itu.edu.tr; ORCID ID: orcid.org/0000-0002-8494-1988
fyonsel@itu.edu.tr; ORCID ID: orcid.org/0000-0002-6617-1043

Öz

Balast tankları, enine ve boyuna mukavemet elemanlarının yer aldığı, birbirine bağlı birçok bölmeden oluşan oldukça karmaşık bir geometrik yapıya sahiptir. Tankların bu yapısı nedeniyle tank içinde çeşitli bölgelerde sediman birikmekte ve deşarj edilememektedir. Balast tanklarında biriken sediman istilacı türlerin taşınması, tank korozyonu ve gemi işletmeciliğinde maliyet artışı gibi birçok probleme neden olabilmektedir. Bu çalışmada, laboratuvar ölçeğinde üretilmiş klasik bir tanker çift dip balast tankı modelinde sediman birikimi açısından kritik bölgeler deneysel olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları sediman birikiminin yoğunluklu olarak merkez omurga hattı etrafında gerçekleştiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Balast Tankı, Sediman Birikimi, Tank Tasarımı, İstilacı Türler.

Determination of Critical Sediment Accumulation Zones in A Ballast Tank Model

Abstract

Ballast tanks have a highly complicated geometric structure consisting of several interconnected sections where transverse and longitudinal strength elements are involved. Because of this structure of the tanks, sediment accumulates in various regions within the tank and can not be discharged. The accumulation of sediment in ballast tanks can cause many problems such as the transport of invasive species, tank corrosion and cost increase in ship operation. In this study, critical zones were experimentally determined in terms of sediment accumulation in a conventional tanker double bottom ballast tank model produced at laboratory scale. The results of the study show that sediment accumulation occurs intensively around the central line.

Keywords: Ballast Tank, Sediment Accumulation, Tank Design, Invasive Species.

Not: Çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmekte olan 115Y740 numaralı "Sediman Birikimini Azaltacak Balast Tankı Tasarımı" projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

1. Giriş

Balast tanklarında sediman birikiminin miktarı balast operasyonunun yapıldığı bölgeye, deniz suyu derinliğine, deniz durumuna, gemi kapasitesine ve balast tankının fiziksel yapısına bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir [1-3]. Bununla birlikte onlarca ton sediman tanklarda birikebilmekte [4], bazı ticari gemilerde ise bu miktar 200 tonu bulabilmektedir [5]. Zamanla yüksekliği 10-15 santimetreye ulaşan bu sedimanın boşaltılabilmesi ise ancak kuru havuzlama esnasında gerçekleştirilmektedir. Balast tanklarında biriken sediman istilacı türlerin taşınması, tank korozyonu ve gemi işletmeciliğinde maliyet artışı gibi birçok probleme de neden olmaktadır [6].

Yabancı türlerin balast tanklarında taşınarak ulaştıkları yeni bölgelerde sebep oldukları sağlık, çevresel ve ekonomik problemler dünya genelinde ulusal, bölgesel ve uluslararası düzeyde çeşitli yasal düzenlemelerin yapılmasını gerektirmiştir. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO - International Maritime Organization) tarafından, 2004 senesinde üye ülkelerin imzasına açılan "Gemi Balast Sularının ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi" bu konuda küresel düzeyde atılan en önemli adımdır. Sözleşme 8 Eylül 2018'de yürürlüğe girecektir. Türkiye bu sözleşmeye 2014 senesinde taraf olmuştur (Resmi Gazete, Sayı: 28974). Sözleşmeye göre, taraf olan devletlerin bayrağını taşıyan 400 GT ve üzeri ticari gemilerin, sözleşmenin yürürlüğe girme tarihi olan 8 Eylül 2017 sonrasındaki ilk Uluslararası Petrol Kirliliği Önleme Belgesi (IOPP Belgesi - International Oil Pollution Prevention Certificate) yenileme sürveyinde, balast suyu deşarj standartlarını [7] sağlayacak balast suyu arıtım sistemleriyle donatılmış olması gerekecektir [8, 9]. Bu sistemlerinse IMO G8 (MEPC, 174 (58)) rehberine uygun olarak verilmiş Tip Onayı Sertifikasına sahip

olması gerekmektedir. Dünya genelinde farklı ülkelerden çeşitli üreticilerin piyasaya sunduğu 73 adet IMO Tip Onayına sahip balast suyu arıtma sistemi bulunmaktadır [10]. Birbirinden farklı teknolojileri bir arada kullanan bu sistemlerin optimum kullanım aralıkları daha çok balast tanklarında su fazındaki aktif organizmalar üzerinde etkilidir [11-13]. Oysa gemiler balast operasyonu esnasında tanklarına sadece su değil, alüvyal yapıda askı halde sediman da almaktadır. Daha sonra bu sedimanın çökmesiyle tank dibinde oluşan birikinti birçok dayanıklı organizmaya ev sahipliği yapmaktadır [14-18]. Bu da, balast suyu arıtılmış dahi olsa, sedimanda hayatta kalan organizmalar nedeniyle biyolojik istila riskinin devamına yol açmaktadır. Bu riskin en aza indirilmesi için IMO Gemi Balast Sularının ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi'nde balast sedimanı alımı, yönetimi ve bertarafı konusunda düzenlemeler getirilmiştir; gemiler için sediman yönetimi zorunlu kılınmıştır. Sözleşmeye göre gemilerin emniyet ve operasyonel etkinlikten ödün vermeden, sedimanların alımını asgariye indirme, sediman atmaya kolaylaştırma ve sediman atma ve örnekleme için girişi kolaylaştırma yaklaşımı ile tasarlanması ve inşa edilmesi gerekmektedir (Kural B-5). Bunun sağlanabilmesi için MEPC G12-Gemi üzerinde sediman kontrolünün sağlanmasına yönelik tasarım ve inşa standartları ile ilgili rehberi yayınlamıştır [19]. Bu rehber sediman miktarının azaltılması için yapılacak çalışmaları ve alınacak önlemleri teşvik edip, destekler niteliktedir.

Balast suyu arıtım sistemlerinin birinci aşamasında yer alan filtrasyon gibi mekanik yöntemler büyük ve orta boyutlu partiküller üzerinde etkilidir [20, 21] ve mevcut balast suyu arıtma sistemlerinde kullanılan ön arıtma teknolojileri ise genelde 50µm ve üstündeki partikülleri tutabilecek şekilde tasarlanmıştır [22]. Oysa balast tanklarına

alınan sedimanın büyük bir çoğunluğu ISO sınıflandırmasına göre (ISO 14688-1:2002) kil ($<2\mu\text{m}$), silt ($2\mu\text{m}-63\mu\text{m}$) ve kum ($63\mu\text{m}-2\text{mm}$) formundadır [23]. Bu nedenle arıtım sistemlerinin kullanımı alınacak sediman miktarını bir miktar azaltacaktır ancak küçük boyuttaki partiküllerin tanka alınmasını ve tank diplerinde çamur oluşturacak şekilde çökmesini ise önleyemeyecektir.

Tankların temizleneceği iki kuru havuzlama arasındaki süre boyunca birikerek artmaya devam edecek sedimanın taşınması, geminin bu süre içinde taşıyabileceği toplam kargo kapasitesinde de kümülatif bir düşüşe neden olacaktır. Ayrıca sedimanın, içeriğine bağlı olarak değişen çeşitli mekanizmalarla, balast tanklarında korozyonu hızlandırdığı da bilinmektedir [24-26]. Tüm bunlara ek olarak diğer önemli bir husus ise, IMO Sözleşmesi'nin yürürlüğe girmesinden sonra, sedimanın boşaltılmasının sadece "Sediman alım tesislerinde" kontrollü bir şekilde gerçekleştirilecek olmasıdır [27,28]. Sediman boşaltılması konusunda benzer zorunluluk, IMO sözleşmesine taraf olmayıp, çok daha katı kurallar getiren Amerika Birleşik Devletleri'nin karasularına girecek gemiler için de geçerlidir [28]. Bu da gemi işletmeciliğine

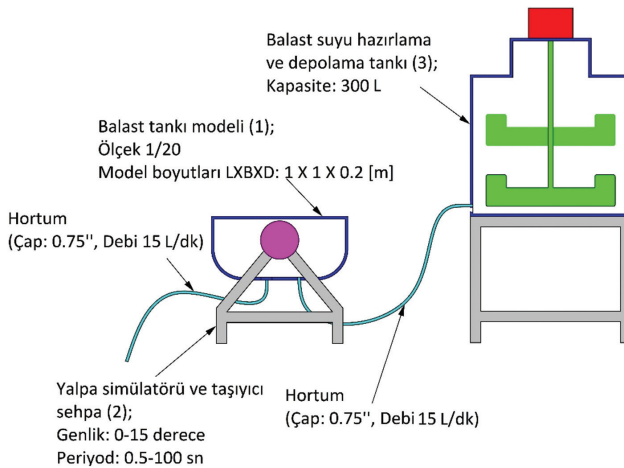
ek bir bedel getirecektir.

Balast tankları, geminin yapısal bütünlüğünün korunması amacıyla kullanılan enine ve boyuna mukavemet elemanlarının yer aldığı, birbirine bağlı birçok bölmeden oluşan oldukça karmaşık bir geometrik yapıya sahiptir. Bu yapısı nedeni ile balast tanklarının tamamen boşaltılması mümkün olamamaktadır. Bu çalışmada, klasik bir tanker çift dip balast tankı modelinde sediman birikimi açısından kritik bölgeler deneysel olarak tespit edilmiştir. Deneyler İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Teknolojisi ve Oşinografi Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Deneysel Sistemi

Deneysel sistemi üç ana kısımdan oluşmaktadır. Sistemin merkezinde balast tankı modeli yer almaktadır ve bu modelin bir yalpa simülatörü vasıtasıyla düzenli hareket yapması sağlanmaktadır (Şekil 1). Deneylerde kullanılan yapay balast suyu ise balast suyu hazırlama tankında hazırlanarak sistemde yer alan boru devresiyle doğrudan balast tankı modeline doldurulmaktadır. Tank yine aynı devre kullanılarak boşaltılmaktadır.



Şekil 1. Deneysel Sistemin Şematik Gösterimi

Balast tankı modeli:

Bu çalışmada, hâlihazırda balast tankı olarak kullanılmakta olan gerçek bir tanker çift dip yapısının 1/20 ölçeğinde modeli kullanılmıştır. Bir tanker çift dip balast tankında mevcut olan tüm ana elemanları içeren modelde, elemanlarda bulunması gereken hafifletme ve fare delikleriyle bölmeler arasındaki su geçişini sağlayan boşluklar da yer almıştır. Merkez omurga hattı boyunca su geçirmez tülani ile ayrılan modelde, bu hattın sağ ve solunda kalan kısımlar iki farklı tank olarak ele alınmıştır. İskele ve sancak olarak düşünülebilecek bu tanklar aynı zamanda birbirinin kontrolü olarak işlev görmüştür. Her bir tank, boyuna ve enine elemanlar nedeniyle toplam 24'er bölme olarak imal edilmiştir.

Modelde 7 posta yer almıştır. Bölmeler, modelin başından arka tarafına doğru postalar arasında 1'den 8'e kadar numaralandırılmıştır. Modelin iskele tarafı A, B, C harfleri ile tanımlanırken sancak tarafı D, E, F harfleri ile tanımlanmıştır (Şekil 2). Gemilerde balast suyu genellikle her bir tanka bir tek noktadan alınmakta ve aynı noktadan deşarj edilmektedir. Çift dipte yer alan balast tanklarının sonunda, merkez hatta yakın bir yerde bulunan balast suyu doldurma/boşaltma noktası, modelde de iskele ve sancak taraflarındaki tanklarda aynı şekilde yerleştirilmiştir.

Yalpa simülatörü ve taşıyıcı sehpa:

Gemi hareketleri altı serbestlik

derecesinde tanımlanmaktadır ancak çalışmanın pratikliği açısından deney sisteminde sadece yalpa hareketi göz önünde bulundurulmuştur. Tasarlanan bu sistemle, balast tankı modeline farklı açı ve periyotlarda düzenli olarak yalpa hareketi yaptırılabilir. Dizayn edilmiş olan yalpa simülatörü 1 m² alana sahip olup yaklaşık 500 kg taşıma kapasitesine sahiptir. Yalpa periyodu en düşük 0.5 sn ve genliği en fazla 15 derece olacak şekilde kademelerle ayarlanabilir. Simülatör kontrol ünitesi aracılığıyla farklı periyotlarda hareket senaryoları da uygulanabilmektedir. Yalpa simülatörü ve boru devresi taşıyıcı sehpa üzerinde yer almaktadır (Şekil 3). Deneylerde kullanılan yapay balast suyu, balast suyu hazırlama tankından modele, sistemde yer alan boru devresiyle doğrudan doldurulmaktadır. Balast alımı esnasında pompaya kadar tek bir boruyla gelen su buradan iskele ve sancak tarafında bulunan tanklara dağıtılmaktadır. Modelden balast suyu deşarjı yine bu devreler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Suyun akış yönü vanalar ile belirlenmektedir. Pompa sistemi ek boruyla tankın temizlenmesi için vakum sistemi olarak da kullanılmaktadır.

Yapay balast suyu hazırlama tankı:

Çökeltme oluşumunu laboratuvar ortamında inceleyebilmek amacıyla içinde askı halde sediman bulunan yapay balast suyunu hazırlamak üzere kullanılmaktadır.



Şekil 2. Deney Sisteminde Kullanılan Balast Tankı Fiziksel Modeli

Tank içinde biri dipte, diğeri dipten 50 cm yükseklikte birbirine dik olarak konumlandırılmış iki farklı kanat sistemi vardır. Bu kanatlar sayesinde sedimanın dibe çökmesi engellenmektedir. Kanatlar, karıştırma sisteminde mevcut olan şanzıman ve zamanlayıcı sayesinde, sürekli tek yönlü veya istenilen aralıklarla çift yönlü dönme hareketi yapabilmektedir.



Şekil 3. Yalpa Simülâtörü ve Taşıyıcı Sehpa

2.2. Yapay Balast Suyu

Yapay balast suyu hazırlanırken kullanılacak sedimanın partikül boyutunun belirlenmesinde bazı kriterler göz önünde bulundurulmuş ve kil boyutunda ($<2 \mu\text{m}$) sediman kullanımının deneysel çalışma için uygun olduğu tespit edilmiştir.

Göz önünde bulundurulan kriterlerden ilki deney ölçeğidir. Balast tankı modelinde bölmeler arasında su geçişini sağlayan boşluklar ve fare delikleri oldukça dar boşluklardır. Gerçek gemiden model ölçeğine geçildiğinde su geçiş boşluklarının en dar yeri 40 mm'den 2 mm'ye, fare deliklerinin çapları 120 mm'den 6 mm, kaynak geçiş yerlerinin çapları ise 36 mm'den 1,8 mm'ye düşmektedir. Kullanılacak sedimanın partikül boyutunun, bu boşluklarda gerçek hayattakinden daha fazla tıkanıklığa neden olmayacak şekilde ölçeklendirilmesi gerekmiştir. Öte yandan

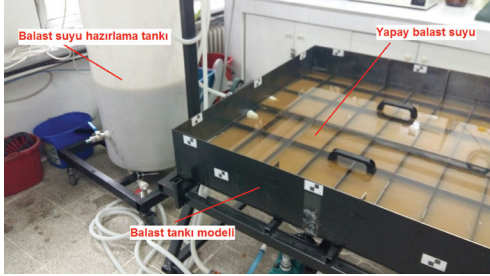
balast tanklarında biriken sedimanın büyük bir kısmı kil ve silt boyutundadır ($<63 \mu\text{m}$) [23]. Seçilecek olan partikül boyutunun, deney ölçeği ile büyütüldüğünde, 63 μm değerinin altında kalması gerekmektedir. Bunlara ek olarak piyasada mevcut olan balast suyu arıtma sistemlerinin ön arıtma teknolojilerinin (filtre, hidrosiklon vb.) çalışma aralığı göz önünde bulundurulmuş, sistemlerin önemli bir kısmının 40 μm ve üzeri partikülleri bertaraf edebildiği tespit edilmiştir. Belirtilen faktörler birlikte değerlendirildiğinde partikül boyutu $<2 \mu\text{m}$ olan kil kullanımının deney ölçeğinde büyütüldüğünde $<40 \mu\text{m}$ partikül boyutuna denk geleceği ve yukarıda belirtilen kriterler çerçevesinde geometrik boyutlar açısından uygun olacağı tespit edilmiştir.

Diğer taraftan askıda kalmış olan sedimanın su kolonunda çökerek, dipte çökelti oluşturması birçok faktörle birlikte partiküllerin özelliğine bağlı olarak değişecektir. Buna bağlı olarak doğrudan deniz dibinden elde edilecek sediman çok farklı fraksiyonlar içerecektir. Bu fraksiyonlar, partikül boyutunun yanı sıra sedimanın alındığı yere ve zamana göre farklılık gösterecektir. Bu da deneylerin tekrarlanabilirliğini ve sonuçların karşılaştırılabilirliğini olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle çalışmada deniz sedimanı yerine endüstriyel olarak üretilen bentonit kili kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmada kullanılan yapay balast suyu, askıda halde 10 g/L sediman içerecek şekilde bentonit kili ve şebeke suyunun karıştırılması suretiyle hazırlanmıştır. Normal şartlarda balast sedimanı deniz dibinde suya doymuş halde olduğundan, bu karışım balast suyu hazırlama tankında deneyler için tanka alınmadan önce 24 saat süreyle karıştırılmıştır.

2.3. Deneysel Çalışma

Bu çalışma klasik bir boyuna sistem tankerin çift dip balast tankındaki

kritik birikim bölgelerinin tespiti için gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan yapay balast suyu, balast tankı modeline doldurularak yalpa simülatörü yardımıyla dokuz günlük üç balast seferi simüle edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Deneysel Çalışma

Çalışma, her bir balast seferinin 3-4 şiddetinde bir denizde (yalpa açısı $\phi=5^\circ$; yalpa periyodu $T=15,65$ sn) gerçekleştiği varsayılarak yapılmıştır. Sistemin çalışma süresi ve doldurulup-boşaltılma sayıları simüle edilecek seyir süresi ve tekrarlanacak seyir sayısına bağlı olarak belirlenmiştir. Deney parametreleri Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Deney Parametreleri

Parametre	Gemi	Model
Model Ölçeği	-	1/20
Balast Tankı Genişliği [m]	20	1
Balast Tankı Boyu [m]	20	1
Balast Tankı Yüksekliği [m]	1.6	0.08
Deniz Durumu	3-4	3-4
Yalpa Açısı [Derece]	5	5
Yalpa Periyodu [sn]	15.65	3.5
Seyir Süresi [s]	215	48
Seyir Sayısı	3	3

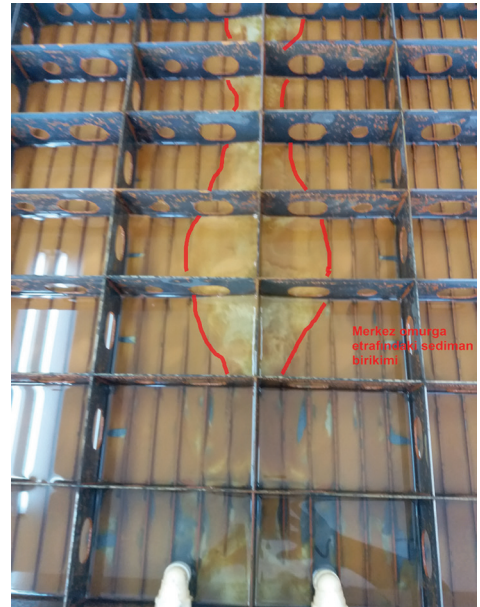
Deneyler süresince balast tankı modeli %90 oranında doldurulduktan sonra 48 saat süre ile sistem çalıştırılmış ve boşaltılmıştır. Mevcut suyun boşaltılması için, normal bir balast deşarj işleminde olduğu gibi, deşarjın sonuna doğru modelin kıçta 5° trim yapması sağlanmıştır. Boşaltma işlemi

sonunda modelde kalan sedimanın üstüne yeni yapay balast suyu alınmış ve sistem 48 saat süreyle yeniden çalıştırılmıştır. Sonrasında aynı süreç bir kez daha tekrar edilmiştir. Bu şekilde toplam üç balast seferinin simülasyonunun ardından deney tamamlanmıştır.

Deney sonunda kritik olduğu gözlenen tank bölmelerinden toplanan sediman, önceden sabit tartıma getirilmiş beherlere alınarak etüvde $103-105^\circ\text{C}$ sıcaklıkta sabit ağırlık elde edilene kadar kurutulmuştur. Daha sonra her bir bölmede biriken toplam katı madde, ilgili bölmelerden toplanan sedimandaki buharlaştırma kalıntısının yani beherdeki ağırlık artışının ölçülmesi ile tespit edilmiştir.

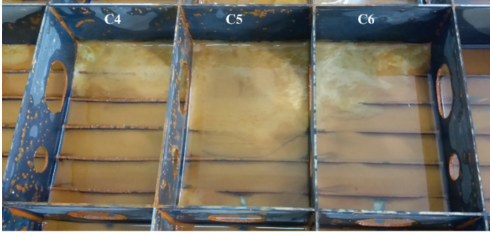
3. Sonuçlar

Deney sonunda iskele ve sancak tarafındaki her iki tankta da sediman birikiminin yoğunluklu olarak merkez omurga hattı etrafında gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 5). Merkez omurga hattında en yoğun birikim ise tank



Şekil 5. Merkez Omurga Hattı Etrafında Sediman Birikimi

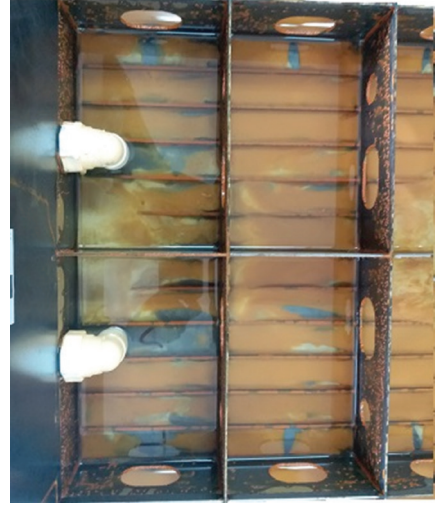
ortasında yer alan bölmelerde (iskele tarafında C4, C5, C6, sancak tarafında D4, D5, D6) gözlenmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Sediman Birikiminin En Yoğun Olduğu Bölmeler

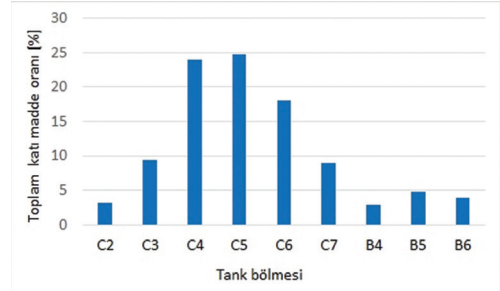
Bu bölmelerde su geçirmez olan merkez tulani yakınlarında sediman yüksekliği 20 mm'ye kadar ulaşırken, en düşük yerlerde 5 mm civarında gerçekleşmiştir. Özellikle C5 ve D5 bölmelerinde sediman yüksekliğinin merkez hat civarında 10-15 mm aralığında olduğu, bu merkez hatta en uzak yerlerde ortalama 5-6 mm civarına düştüğü tespit edilmiştir. Bununla birlikte fare delikleri etrafında lokal olarak sedimsiz bölgelerin de yer aldığı dikkati çekmektedir. (Şekil 7). Çalışmada, sediman birikiminin orta kesitten uzaklaştıkça azaldığı belirlenmiştir. En çok sedimanın tespit edildiği C5 ve D5 bölmelerine aynı sırada komşu olan B5 ve E5 bölmelerinde sediman yüksekliği 5 mm altında kalmıştır. Öte yandan trim nedeni ile modelin baş tarafında dipte çamur dışında su kalmazken, arka tarafında önemli bir miktarda su kaldığı, özellikle tankın en arkasında yer alan sintine dönümlerindeki suyun deşarj edilmesinin mümkün olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, modelde iskele ve sancak tarafında, C8 ve D8 bölmelerinde yer alan deşarj noktalarının arkasına doğru su geçirmez elemana bitişik olan köşelerde önemli bir miktar sedimanın deşarj edilemediği, bu noktalarda sediman yüksekliğinin 15 mm'ye ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 7).

Merkez hat boyunca kritik olduğu gözlenen bölmeler ve bu bölmelere komşu olan bölmelerden toplanan sedimanın



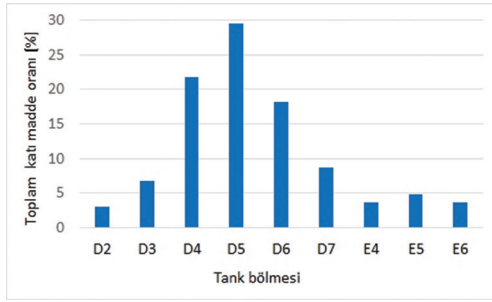
Şekil 7. Fare Delikleri Civarında Sedimsiz Hatlar ve Doldurma/Boşaltma Noktaları Civarında Sediman Birikimi

toplam katı madde ağırlığı tespit edilmiştir. Tank dibinde gerçekleşecek birikintinin ağırlığı deney koşulu ve gerçek koşullara göre değişiklik göstereceğinden sonuçlar oransal olarak değerlendirilmiştir. İskele ve sancak tarafında, her bir bölmeden elde edilen katı maddenin, o tanktan elde edilen toplam katı maddeye oranı sırasıyla Şekil 8 ve Şekil 9 ile verilmektedir.



Şekil 8. İskele Tarafında Biriken Sedimanın Bölmelere Göre Dağılımı

Katı madde oranları incelendiğinde, sediman birikiminin iskele tarafında C4-C5-C6 bölmelerinde, sancak tarafında ise D4-D5-D6 bölmelerinde yoğunluklu olarak gerçekleştiği görülmektedir. İskele ve sancak tanklarında biriken sedimanın



Şekil 9. Sancak Tarafında Biriken Sedimanın Bölmelere Göre Dağılımı

büyük bir kısmı, tank ortasında yer alan su geçirmez elemanın sağında ve solunda 4. ve 5. postalar arasındaki bölmelerde (C5 ve D5) bulunmaktadır. Bu bölmelerden tank dibine doğru, deşarj noktasına yaklaştıkça (iskelede C6, C7; sancak D6, D7) sediman oranı azalmaktadır. Bununla birlikte C ve D hatları boyunca en az sediman modelin üst kısmında (C2 ve D2) bölmelerinde birikmektedir. Bunun nedeni ise deşarj esnasında modele yaptırılan trim nedeni ile tank sedimanının yer çekimi etkisinde alt bölmelere doğru hareket etmesidir. Diğer taraftan C5 ve D5 bölmelerinden deşarj noktalarına doğru inildikçe (iskele tarafında C6, C7; sancak tarafında D6, D7) sediman miktarı azalmaktadır.

4. Değerlendirme

Balast tanklarında biriken sediman istilacı türlerin taşınmasında önemli bir etmendir. Özellikle birçok sucül organizmanın uyku/dinlenme evresindeki dayanıklı kistleri veya yumurtaları çok olumsuz koşullarda dahi sediman içinde canlı kalabilme yeteneğine sahiptir. Bunun sonucunda balast suyu arıtılmış olsa bile, sedimandan suya geçebilecek organizmalar olması, biyolojik istila riskinin devam etmesine neden olmaktadır. Bu riskin devamının diğer bir sonucu da, arıtma sistemiyle donatılmış gemilerin balast sularının bile IMO standartları karşılayamama olasılığıdır. Ayrıca sedimanın kümülatif birikimi, birikim

süresine bağlı olarak, yük kapasitesinde kayba neden olurken tanklarda korozyonu hızlandırmaktadır. Tüm bunlar değerlendirildiğinde tank dibinde biriken sedimanın çevresel kaygıların yanı sıra, gemi ve gemi işletmeciliği açısından da önemli sonuçları olduğu açıktır.

IMO, Balast Suyu Sözleşmesine göre gemilerin, emniyet ve operasyonel etkinlikten ödün vermeden, sedimanların alımını asgariye indirecek ve de sediman atmaya kolaylaştıracak şekilde tasarlanması ve inşa edilmesi gerekmektedir. IMO tarafından işaret edildiği biçimde tank tasarımı yapılabilmesi için öncelik olarak hedef alınacak bölgelerin belirlenebilmesi büyük önem arz etmektedir. Etkisi yüksek çözüm önerileri ancak problemler bölgelerin tespiti ile mümkün olacaktır.

Bu çalışmada klasik bir boyuna sistem tankerinin çift dip balast tankındaki kritik birikim bölgelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar sediman birikiminin yoğunluklu olarak merkez omurga hattı etrafında gerçekleştiğini göstermektedir. Bu bölgelerde sediman birikimini azaltmak için yapısal tedbirlerin alınması büyük bir öneme sahiptir. Özellikle bu bölgenin tasarımında, gemi güvenliğinden ödün vermeden, su akışını kolaylaştıracak tedbirler alınmalı, suyun geçebileceği geçiş boşlukları genişletilerek akış kolaylaştırılmalıdır. Merkez omurga hattına komşu olan bölgelerde, tülaneler ve dolu döşeklerin kesiştiği yerlerdeki açıklıklar genişletilmeli; mümkün olan yerlere ilave boşluklar eklenmelidir. Boyuna iç dip tülanelerdeki hafifletme delikleri inşa sürecinin kolaylaştırılması amacıyla dipten yukarıda, tülani yüksekliğinin orta kısmına doğru yerleştirilmektedir. Gemi inşa sürecini bir miktar zorlaştıracak olsa da en azından bu bölgede, hafifletme deliklerinin gemi dibine bitiştilmesi, tank dip kalıntısının azaltılması açısından faydalı olacaktır.

Balast tanklarının geometrisi gemi

tipine, gemi özelliklerine ve tankın gemideki konumuna bağlı olarak değişmektedir. Ancak balast tankları genel olarak, enine ve boyuna mukavemet elemanları nedeniyle karmaşık bir geometriye sahiptir. Tankların bu yapısı, alınan balast suyu tekrar boşaltılmak istendiğinde tank içindeki akış alanında hızın yavaşlamasına, hatta bazı noktalarda yerel hızın sıfıra düştüğü durma noktalarının oluşmasına neden olmaktadır. Balast tankı tasarımı özellikle IMO "Gemi Balast Sularının ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi"nin yürürlüğe girmesiyle yakın gelecekte daha büyük bir önem arz edecektir. IMO'ya bağlı MEPC tarafından yayınlanan G12 rehberi balast tanklarının tasarım ve inşasına yönelik standart ve öneriler içermektedir. Gemilerin tasarım sürecinde balast tankı geometrisi için hesaplamalı akışkan dinamiği temelli nümerik çalışmalar yapılması ve akış alanında hızın yavaşladığı veya durduğu noktaların tespiti oldukça faydalı olacaktır. Zira bu noktalar sediman birikiminin en çok görülebileceği yerlerdir. Problemler bölgelerin belirlenmesi ve G12 rehberinin dikkate alınarak tasarım sürecinin tamamlanması, sediman birikiminin azaltılması açısından oldukça önemlidir.

Teşekkür

Çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenmekte olan ve hâlihazırda devam eden 115Y740 no'lu "Sediman Birikimini Azaltacak Balast Tankı Tasarımı" projesi kapsamında hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- [1] Armstrong, G. (2003). Ballast system design for flow through exchange of ballast water. 1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium, IMO, Londra, 26-27 Mart 2001, London.
- [2] Dickman, M., Zang, F. (1999). Mid-ocean Exchange of container vessel ballast water: 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.

- [3] Rigby, G., Taylor, A. (2001). Ballast water management and treatment options. International Maritime Technology. 113: 79-99.
- [4] Drake, L. A., Jenkins, P. T., Dobbs, F. C. (2005). Domestic and international arrivals of NOBOB (no ballast on board) vessels to lower Chesapeake Bay, Marine Pollution Bulletin. 50 (5): 560-565.
- [5] Johengen, T., Reid, D., Fahnenstiel, G., MacIsaac, H., Dobbs, F., Doblin, M., Jenkins, P. (2005). Assessment of Transoceanic NOBOB Vessels and Low-Salinity Ballast Water as Vectors for Nonindigenous Species Introductions to the Great Lakes. Cooperative Institute for Limnology and Ecosystems. Research, School of Natural Resources and Environment, University of Michigan.
- [6] Bilgin Güney, C., Ertürk Bozkurtoglu, Ş.N., Danışman, D.B., Yonsel, F. (2016). Another Challenge: Sediments of The Ballast Tanks. 1. Uluslararası Gemi ve Deniz Teknolojisi Kongresi (GMO-SHIPMAR), İstanbul, 08-09. Aralık.
- [7] IMO, (2004). International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments. International Maritime Organization. 14 Şubat Londra.
- [8] IMO (2016) Global treaty to halt invasive aquatic species to enter into force in 2017. Basın Açıklaması: International Maritime Organization. 08 Eylül 2016.
- [9] MEPC (2008). Guidelines for Approval of Ballast Water Management System, RESOLUTION MEPC.174(58).
- [10] IMO (2017), List of ballast water management systems which received Type Approval Certification by their respective Administrations. Erişim tarihi: 16 Temmuz 2017, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Documents/Table%20of%20>

- BA%20FA%20TA%20updated%20November%202016.pdf.
- [11] California State Lands Commission. (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.
- [12] Derek, K. G., Duggan IC, Macisaac HJ. (2006). Can sodium hypochlorite reduce the risk of species introductions from diapausing invertebrate eggs in non-ballast ships?. *Marine Pollution Bulletin*. 52: 689-695.
- [13] Raikow, D. F., Reid, D.F., Maynard, E.E., Landrum, P.F. (2006). Sensitivity of aquatic invertebrate resting eggs to SeaKleen® (menadione): A test of potential ballast tank treatment options, *Environmental Technology and Chemistry*. 25 (2): 552-559.
- [14] Bailey S.A., Duggan, I.C., Kanavillil, N., MacIsaac, H.J. (2007). Sediments in ships: Biota as biological contaminants. *Aquatic Ecosystem Health & Management*. 10(1):93-100.
- [15] Celiavillac, M., Kaczmarek, I., Ehrman, J.M. (2013). The diversity of diatom assemblages in ships ballast sediments: colonization and propagule pressure on Canadian ports. *Journal of Plankton Research*. 35 (6): 1267-1282.
- [16] Fahnenstiel, G., Hong, Y., Millie, D., Doblin, M., Johengen T, Reid, D. (2009) Marine dinoflagellate cysts in the ballast tank sediments of ships entering the Laurentian Great Lakes. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 30 (7): 1035-1038.
- [17] 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.
- [18] Radziejewska, T., Gruszka, P., Rokicka-Praxmayer, J. (2006). A home away from home: a meiobenthic assemblage in a ship's ballast water tank sediment, *Oceanologia*, 48 (S): 259-265.
- [19] MEPC (2012). Guidelines on design and construction to facilitate sediment control on ships. MEPC.209(63).
- [20] California State Lands Commission. (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.
- [21] Cluskey, D.K.M., Holdø A.E. 2009. Optimizing the hydrocyclone for ballast water treatment using computational fluid dynamics. *International Journal of Multiphysics*, 3: 221-234.
- [22] Bilgin Güney, C. (2017) Balast Suyu Aritim Sistemlerinin İncelenmesi. Teknik Rapor: İTÜ Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü. Rapor No: DEN 2017 / 2.
- [23] Maglič, L., Zec D., Frančić, V. (2016). Ballast water, sediment element analysis. *Marine Pollution Bulletin* 103 (1-2): 93-100.
- [24] Cleland, J.H. (1995) Corrosion risk in ships' ballast tanks and the IMO pathogen guidelines, *Engineering Failure Analysis*, 2 (1): 79-84.
- [25] Heyer, A., D'Souza, F., Leon Morales, C.F., Ferrari, G., Mol, J.M.C., de Wit, J.H.W. (2013). Ship ballast tanks a review from microbial corrosion and electrochemical point of view. *Ocean Engineering*. 70: 188-200.
- [26] Soarez, C.G., Garbatov, Y., Zayed, A., Wang, G. (2008). Corrosion wastage model for ship crude oil tanks. *Corrosion Science*. 50: 3095-3106.
- [27] MEPC. (2005). Guidelines for Ballast Water Management and Development of Ballast Water Management Plans (G4). Resolution MEPC.127(53).
- [28] MEPC. (2006). Guidelines for Sediment Reception Facilities (G1). Resolution MEPC.152(55).
- [29] USCG. (2012), Ballast Water Discharge Standard Final Rule. U.S. Coast Guard.