

# GEMİ ve DENİZ TEKNOLOJİSİ

GMO JOURNAL OF SHIP AND MARINE TECHNOLOGY



**TMMOB GEMİ MÜHENDİSLERİ ODASI**

*The Turkish Chamber of Naval Architects and Marine Engineers*



Değerli Meslektaşlarımız ve Okurlar,

Gemi ve Deniz Teknolojisi 224. sayımızda size altı adet araştırma makalesi yayınlamaktayız. Makaleler, okyanus okuryazarlığı üzerine bir çalışmayı, gemilerde yalpa sönümü değerlendirmesi, tersanelerde iş sağlığı ve güvenliği performansının değerlendirilmesi, dijital fotogrametri destekli gemi mukavemet analizleri ve Türkiye'deki konteyner taşımacılığının gelişimini incelemektedirler. Katkı yapan tüm yazarlarımıza, hakemlerimize ve dergi personeline teşekkürlerimizi sunarız.

Son altı aylık dönem içerisinde Gemi ve Deniz Teknolojisi olarak takip ettiğimiz yoğun bilimsel etkinlikler düzenlenmiş, yurtiçi ve yurtdışından çok sayıda endüstri temsilcileri ve bilim insanının ağırlandığı oturumlar düzenlenmiştir. 4. Uluslararası Gemi İnşaatı ve Denizcilik Sempozyumu (INT-NAM 2023), "Sürdürülebilir Yenilikler ve Tabiat Dostu Çözümler" teması ile 11-13 Ekim 2023 tarihlerinde Yıldız Teknik Üniversite'sinde düzenlendi (Sempozyum kitabı: [www.int-nam.yildiz.edu.tr/](http://www.int-nam.yildiz.edu.tr/)). 19. Uluslararası Gemi Stabilitesi Çalıştayı (SSW2023 - İstanbul, <https://www.shipstab.org/index.php/issw2023>) İstanbul Teknik Üniversitesi ile İskoçya'da yerleşik Strathclyde Üniversitesi işbirliğinde 7. Uluslararası Deniz Endüstrisi için İleri Ölçme Teknolojisi Konferansı (AMT'23), 24-26 Ekim 2023 tarihlerinde üniversitenin Süleyman Demirel Kültür Merkezi'nde düzenlendi (Konferans kitabı: [www.amt23.com/](http://www.amt23.com/)).

Bir başka önemli haber, 1 Kasım 2023 günü Türk Loydu Uluslararası Klas Kuruluşları Birliği'ne (IACS) üye oldu. Uluslararası faaliyetlerini genişletmesi beklenen Türk Loydu, 27 Şubat 1962 yılında TMMOB Gemi Mühendisleri Odası tarafından kurulmuştur.

Şimdiye kadar 1000'e yakın öğrencinin katıldığı bu yıl 12'ncisi yine Gemi ve Yat İhracatçıları Birliği tarafından düzenlenen Gemi ve Yat Tasarımı yarışmasında "Katamaran Gezi Teknesi" konulu yarışmaya 23 öğrenci ve 10 proje katıldı, ([gyhib.org](http://gyhib.org)). Yarışmaya katılan ve derece alan öğrencilerimizi tebrik ederken projelerini dergimizde yayınlamayı planlamaktayız.

Haziran sayımızda buluşmak üzere hoşça kalın.

Dear Colleagues and Readers,

In this issue we are glad to publish six research articles. The articles refer the following studies: ocean literacy among the graduate students, roll damping assessment for ships, evaluation of occupational health and safety performance in shipyards, digital photogrammetry supported ship strength analyzes and the development of container transportation in Turkey. We would like to thank all our contributing authors, referees and journal staff.

As followed by our journal intensive scientific events have been organized in the last six months and the presentation sessions have hosted several industry members and scientists from abroad and Türkiye. The 4th International Shipbuilding and Maritime Symposium (INT-NAM 2023) was held at Yıldız Technical University on 11-13 October 2023 with the theme "Sustainable Innovations and Nature-Based Solutions" (Symposium book: [www.int-nam.yildiz.edu.tr/](http://www.int-nam.yildiz.edu.tr/)). 19th International Ship Stability Workshop (SSW2023 - İstanbul, [www.shipstab.org/index.php/issw2023](https://www.shipstab.org/index.php/issw2023)) and 7th International Conference on Advanced Measurement Technology for the Marine Industry (AMT) in collaboration with İstanbul Technical University and the University of Strathclyde in Scotland, both events were held at the university's Süleyman Demirel Cultural Center on 24-26 October 2023 (Conference book: [www.amt23.com](http://www.amt23.com/)).

Another important news is that Türk Loydu became a member of the International Association of Classification Societies (IACS) on November 1, 2023. Türk Loydu, expected to expand its international activities, was founded on February 27, 1962 by UCTEA The Turkish Chamber of Naval Architects & Marine Engineers.

The 12th Ship and Yacht Design Competition has been held with the participation of 23 students and 10 projects entitled "Catamaran Pleasure Boat". Ship and Yacht Design Competition has been held for twelve years totally hosted around 1000 students, ([gyhib.org](http://gyhib.org)). While we congratulate our students who participated in the competition and received degrees, we plan to introduce the projects in our journal.

We hope to meet you in our June issue.

Saygılarımızla / Regards.

Gemi ve Deniz Teknolojisi / GMO Journal of Ship and Marine Technology

#### Sahibi / Publisher:

TMMOB GEMİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
UCTEA, The Turkish Chamber of Naval  
Architects & Marine Engineers

#### İmtiyaz Sahibi / Owner

Bülent HÜSEYİNOĞLU  
Chairman - GMO

#### Baş Editör / Editor-in-Chief

Prof. Ahmet Dursun ALKAN PhD  
Yıldız Technical University, Naval Arch. and Maritime  
Faculty, İstanbul, Türkiye

#### Yardımcı Editörler / Associate Editor

Assoc. Prof. Dursun Murat SEKBAN PhD  
Karadeniz Technical University, Sürmene Faculty of  
Marine Sciences, Trabzon, Türkiye

Assoc. Prof. Ali DOĞRUL PhD  
National Defense University, Turkish Naval  
Academy, İstanbul, Türkiye

Asst. Prof. Onur USTA PhD  
İstanbul, Türkiye

#### Teknik Editörler / Technical Editors

Ress. Asst. Abdullah TÜRK  
Karadeniz Technical University, Sürmene Faculty of  
Marine Sciences, Trabzon, Türkiye

Ress. Asst. S. Aykut KORKMAZ  
Dokuz Eylül University, Maritime Faculty, İzmir, Türkiye

#### Yayın Sekreteri / Editorial Secretary

Hilal SAKARYA  
Müge Helin DEVİREN

#### Yayın ve Yönetim / Publisher-Management

TMMOB GEMİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
UCTEA, The Turkish Chamber of Naval  
Architects & Marine Engineers  
(TMMOB GMO - [www.gmo.org.tr](http://www.gmo.org.tr))

Postane Mahallesi, Nil Sokak No: 3934940  
Tuzla, İstanbul, Türkiye

T : +90 216 447 40 30 - 31 - 32

E-Mail: [GMOShipMar@gmo.org.tr](mailto:GMOShipMar@gmo.org.tr)  
<https://www.gmoshipmar.org>

#### Dizin / Indexed by

ULAKBİM TR DİZİN / TR INDEX

<https://search.trdizin.gov.tr/en/dergi/detay/2105/gemi-ve-deniz-teknolojisi>

#### Makale Gönderi / Submission

ULAKBİM DergiPark Portal  
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/gdt>

#### Yayın Türü / Publication Type / Sayı / Issue

Süreli Yayın (6 Aylık) / Periodical, 6 months  
Sayı / Issue : 224

E-ISSN: 2651-530X

ISSN: 1300-1973

Baskı Tarihi / Date of print :

Aralık 2023 / December 2023

Baskı Sayısı / Number of prints : 50

## ALAN EDITÖRLERİ / SECTION EDITORS

### Naval Architecture

Prof. Alberto FRANCESCUCCI - University of Trieste, Trieste, Italy  
Assoc. Prof. Dr. Ziya SAYDAM - Piri Reis University, İstanbul, Türkiye  
Asst. Prof. Dr. Mustafa KAFALI - İzmir Kâtip Çelebi University, İzmir, Türkiye

### Marine Hydrodynamics

Prof. Dr. Mehmet Ali BAYKAL - Gedik University, İstanbul, Türkiye  
Prof. Dr. Şakir BAL - İstanbul Technical University, İstanbul, Türkiye  
Dr. Ersegun Deniz GEDİKLİ - University of Hawaii at Manoa, Hawaii, USA

### Marine Engineering

Prof. Yasin ÜST - Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Görkem KÖKKÜLÜNK - Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. İbrahim ÖZSARI - Bursa Technical University, Bursa, Türkiye  
Asst. Prof. Dr. Mehmet ÖNAL - İzmir Kâtip Çelebi University, İzmir, Türkiye

### Maritime Engineering

Prof. Dr. Ercan KÖSE - Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye  
Prof. Dr. Özcan ARSLAN - İstanbul Technical University, İstanbul, Türkiye

### Offshore Technology

Prof. Dr. İsmail Hakkı HELVACIOĞLU - Piri Reis University, İstanbul, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Özgür Özgüç - İstanbul Technical University, İstanbul, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Erinç DOBRUCALI, Bursa Technical University, Bursa, Türkiye  
Dr. İsmail Başaran - ABS, London, UK

### Marine Electronics

Assoc. Prof. Dr. Fatih ERDEN - National Defence University, İstanbul, Türkiye

### Maritime Economics

Prof. Dr. Oral ERDOĞAN - Piri Reis University, İstanbul, Türkiye  
Asst. Prof. Dr. İsmail KURT - İzmir Kâtip Çelebi University, İzmir, Türkiye

### Energy and Environment

Prof. Dr. Bahri ŞAHİN - Gelişim University, İstanbul, Türkiye  
Prof. Dr. Adrian BEJAN - Duke University, North Carolina, USA  
Assoc. Prof. Dr. Ümit GÜNEŞ - Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye

### LANGUAGE EDITORS

Assoc. Prof. Dr. Aykut SAFA - Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye  
Asst. Prof. Dr. Naz YILMAZ - Bursa Technical University, Bursa, Türkiye  
Asst. Prof. Dr. Erdem AKTOSUN - İzmir Kâtip Çelebi University, İzmir, Türkiye

## EDİTÖRLER KURULU / EDITORIAL BOARD

- Prof. Dr. Karin ANDERSSON - Chalmers University, Gothenburg, Sweden  
Prof. Dr. Mehmet ATLAR - Strathclyde University, Glasgow, UK  
Prof. Dr. Serdar BEJİ - Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye  
Prof. Dr. Volker BERTRAM - DNV, Hamburg, Germany  
Prof. Dr. M.Sander ÇALIŞAL - Pîrî Reis University, Istanbul, Türkiye  
Prof. Dr. Fahri ÇELİK - Yıldız Technical University, Istanbul, Türkiye  
Prof. Dr. Bettar O. EL-MOCTAR - University of Duisburg-Essen, Duisburg, DE  
Prof. Dr. Odd M.FALTINSEN - NTNU, Trondheim, Norway  
Prof. Dr. Ömer GÖREN - Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye  
Prof. Dr. Oğuz Salim SÖĞÜT - Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye  
Prof. Dr. Atilla İNCECİK - Strathclyde University, UK  
Prof. Dr. Rumen KISHEV - Varna Technical University, Varna, Bulgaria  
Prof. Dr. Abdi KÜKNER - Beykent Üniversitesi, Istanbul, Türkiye  
Prof. Dr. Emin KORKUT - Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye  
Prof. Dr. Gökdeniz NEŞER - Dokuz Eylül University, İzmir, Türkiye  
Prof. Dr. Aykut ÖLÇER - World Maritime University, Malmö, Sweden  
Prof. Dr. Süleyman ÖZKAYNAK - Pîrî Reis University, Istanbul, Türkiye  
Prof. Ing. Claudio PENSA - University of Naples "Federico II", Naples, Italy  
Prof. Dr. Philippe RIGO - University of Liege, Liege, Belgium  
Prof.Dr.Muzaffer FEYZİOĞLU - Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye  
Prof. Dr. Ahmet TAŞDEMİR - Pîrî Reis University, Istanbul, Türkiye  
Prof. Ing.Giorgio TRINCAS - University of Trieste, Trieste, Italy  
Prof. Dr. Osman TURAN - Strathclyde University, Glasgow, UK  
Prof. Dr. Omar YAAKOB - Universiti Teknologi Malaysia, Johor, Malaysia  
Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ - Yıldız Technical University, Istanbul, Türkiye  
Prof. Dr. Oğuz Salim SÖĞÜT - Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye  
Prof. Dr. Ömer Kemal KINACI - Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye  
Assoc.Prof.Dr. Veysel ALANKAYA - Istanbul, Türkiye  
Assoc.Prof.Dr. Uğur Oral ÜNAL - Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye  
Assoc.Prof. Dr. Bekir ŞENER - Yıldız Technical University, Istanbul, Türkiye  
Assoc.Prof. Dr. Emrah ERGİNER - Dokuz Eylül University, Izmir, Türkiye  
Assoc.Prof. Dr. Emre PEŞMAN - Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye  
Dr. Güner ÖZMEN - Dokuz Eylül University, Izmir, Türkiye  
Dr. Tahsin TEZDOĞAN - University of Southampton, Southampton, UK  
Dr. Serkan TÜRKMEN - Newcastle University, Newcastle, UK



## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

### Editörden / Editorial

i

### Okyanus Okuryazarlığı Üzerine Bir Çalışma: Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Öğrencilerinde Farkındalığı Artırmak

#### A Study on Ocean Literacy: Raising Awareness Among Shipbuilding and Ocean Engineering Students

1-17

Sevil Deniz Yakan DüNDAR, Mehmet Akif Tarhan, Oktay Eren TÜREYEN  
(Araştırma Makalesi / Research Article)

### Bir Konteyner Gemisi İçin Kapsamlı Yalpa Sönümü Değerlendirmesi ve Hareket Analizi

#### Comprehensive Roll Damping Assessment and Motion Analysis for a Benchmark Container Ship

18-39

Rabia Yenilmez, Ferdi ÇAKICI  
(Araştırma Makalesi / Research Article)

### Tersane İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Performansının Değerlendirilmesi: Yalova Tersaneler Bölgesinde Bir Uygulama

#### Evaluation of Occupational Health and Safety Performance in Shipyard Operations: An Application in Yalova Shipyards Region

40-59

Murat Yorulmaz, Yeliz ÇELİK  
(Araştırma Makalesi / Research Article)

### Dijital Fotogrametri Tabanlı Başlangıç Kusurlarının Gemi Tipi Desteklenmiş Levhaların NLFEM ile Nihai Mukavemet Analizlerinde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi

#### Evaluation of the Applicability of Digital Photogrammetry-Based Initial Imperfections on NLFEM Ultimate Strength Analysis of Ship- Type Stiffened Plates

60-77

Hasan Ölmez  
(Araştırma Makalesi / Research Article)

### Türkiye'de Konteynerleşmenin Gelişimi ve Hacimsel Yoğunluğunun Araştırılması

#### Investigation of Containerization Development and Volumetric Concentration in Türkiye

78-96

İsmail Kurt  
(Araştırma Makalesi / Research Article)

# Okyanus Okuryazarlığı Üzerine Bir Çalışma: Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Öğrencilerinde Farkındalığı Artırmak

Sevil Deniz Yakan Dünder<sup>1</sup>, Mehmet Akif Tarhan<sup>2</sup>, Oktay Eren Türeyen<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>1</sup>(sorumlu yazar), yakans@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2493-680X

<sup>2</sup>makiftarhan@gmail.com, 0009-0000-0331-5209

<sup>3</sup>tureyen@itu.edu.tr, 0000-0003-2346-1128

## ÖZET

Nüfus artışıyla birlikte kıyı ve açık deniz alanlarının kullanımı da artış göstermektedir. Bu durum kıyı ve açık deniz ortamlarının kirlenmesini hızlandırmakta ve doğal dengede bozulmaya sebebiyet vermektedir. Okyanuslar ve deniz ortamları insan hayatı ve yaşam döngüsü için çok önemlidir. Kişilerin okyanus okuryazarlığı konusundaki farkındalıklarının artması da bu sebeplerden dolayı her geçen gün daha önemli hale gelmektedir. Okyanusları ve okyanus ortamlarını ne kadar iyi anlayabilirsek okyanuslardan o kadar iyi yararlanılabilir. Okyanuslar enerji, besin, ulaşım, ticaret vb. birçok konuda insan yaşamında önemli bir yere sahiptir. Dolayısıyla, okyanuslar ve insanlar ayrılmaz bir şekilde birbirlerine bağlıdır. Bu nedenle, okyanus ortamlarının ve okyanuslardan elde edilen kaynakların devamlılığının sağlanabilmesi için okyanus ortamlarının iyice tanınması, ekosistem dinamiklerinin de iyice kavranması gerekmektedir. Okyanus okuryazarlığı; okyanusların, insanlar üzerindeki etkisinin ve insanların, okyanuslar üzerindeki etkisinin anlaşılması olarak tanımlanmaktadır. Bu etkiye dikkat çekmek amacı ile İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü öğrencilerine, okyanus okuryazarlığı kavramını fark ettirmek, kıyı ile açık deniz ortamlarına karşı tutumlarını anlamak ve bilgi seviyeleri hakkında fikir sahibi olmak üzere toplam üç bölümden oluşan anketler hazırlanmıştır. Birinci bölümde demografi testi, ikinci bölümde okyanus okuryazarlığının yedi temel prensibini kapsayan okyanus okuryazarlığı ve deneyimleri anketi (Survey of Ocean Literacy and Experience - SOLE) ve üçüncü bölümde ise okyanuslar hakkında karar verme anketi (Survey of Ocean Stewardship - SOS) uygulanmıştır. Katılımcıların SOLE ortalaması %65 oranında bir başarıyı göstermektedir. SOS sorularındaki ifadelerin çoğu için "katılıyorum" seçeneği işaretlenmiş ve 1-5 arasında derecelendirilen soru gruplarına vermiş oldukları cevapların sayısal ortalamaları sırasıyla 3.68, 3.78 ve 3.48 olarak hesaplanmıştır. Anket sonuçları, katılımcıların öğrenim gördükleri sınıf ve cinsiyetine göre analiz edilmiştir. Son olarak da SOLE ile SOS cevaplarına ait sonuçlar arasındaki korelasyon incelenmiştir ve her iki test sonuçları arasında zayıf; ancak pozitif korelasyon (0.33; 0.24) olduğu görülmüştür. Tüm veriler bir arada değerlendirildiğinde ise öğrenim seviyesinin kişilerin okyanus okuryazarlığı seviyesinin artmasında etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Okyanus okuryazarlığı, Deniz bilimleri, Farkındalık

**Makale geçmişi:** Geliş 5/08/2023 – Kabul 25/09/2023

<https://doi.org/10.54926/gdt.1338277>

# A Study on Ocean Literacy: Raising Awareness Among Shipbuilding and Ocean Engineering Students

Sevil Deniz Yakan Dünder<sup>1</sup>, Mehmet Akif Tarhan<sup>2</sup>, Oktay Eren Türeyen<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Istanbul Technical University, Faculty of Naval Architecture and Ocean Engineering, Department of Shipbuilding and Ocean Engineering, Istanbul, Türkiye

<sup>1</sup>(sorumlu yazar), yakans@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2493-680X

<sup>2</sup>makiftarhan@gmail.com, 0009-0000-0331-5209

<sup>3</sup>türeyen@itu.edu.tr, 0000-0003-2346-1128

## ABSTRACT

The growing global population is increasing the utilization of marine environments. This trend is accelerating the pollution of marine ecosystems, thereby disrupting the natural balance within these environments. Oceans and marine ecosystems play a crucial role in human life and life cycle. Consequently, the importance of increasing ocean literacy has grown. A deeper understanding of oceans and their ecosystems will enable us to maximize the benefits derived from them. Oceans serve a multitude of purposes, including energy generation, food supply, transportation, and trade, making them integral to various aspects of human existence. The intricate connection between oceans and humans emphasizes the importance of thoroughly comprehending oceanic environments. To ensure the preservation of oceanic environments and the sustainable exploitation of oceanic resources, a significant requirement is a comprehensive understanding of these environments. Ocean literacy entails recognizing the reciprocal influence of oceans on humans and humans on oceans. In an effort to underscore this influence, a three-part survey was administered to assess the ocean literacy of students enrolled in the Shipbuilding and Ocean Engineering Department at Istanbul Technical University. The survey included a demographics section in the first part, a Survey of Ocean Literacy and Experience (SOLE) based on the seven basic principles of ocean literacy in the second part, and a Survey of Ocean Stewardship (SOS) in the third part. The participants obtained an average success rate of 65% by answering the questions in the SOLE survey. In the SOS survey, a significant majority of respondents consistently chose the "I agree" option for a wide range of statements and the average values of their answers for the questions that are categorized between 1-5 were calculated as 3.68, 3.78 and 3.48, respectively. The survey data were subsequently analyzed with consideration to participants' academic year and gender. Ultimately, the correlation between the answers of SOLE and SOS surveys were analyzed and a weak but positive correlation (0.33; 0.24) had been found between them. As an overall evaluation, it is concluded that the education level is effective in increasing the ocean literacy level of the people.

**Keywords:** Ocean literacy, marine sciences, awareness

**Article history:** Received 5/08/2023 – Accepted 25/09/2023

## 1. Giriş

Dünya nüfusunun her geçen gün artmasıyla birlikte insanlar hem kaynak olarak kullanmak amacıyla hem de eğlendirici ve dinlendirici aktivitelerini gerçekleştirmek için deniz ve okyanuslara daha bağımlı hale gelmektedir. Bu durum deniz ortamlarının kullanımını artırmakla birlikte, yenilenebilir kaynakların sürdürülebilir olmasını ve okyanusların sağlığının korunmasını da zorlaştırmaktadır (Gelcich vd., 2014). Teknoloji kullanımının artmasıyla birlikte deniz ekosistemlerindeki değişim ve hasar da şiddetlenmektedir. Bu değişimlerin bazıları; yabancı türlerin ekosistemlere girişi, radyoaktif atıklar, kimyasal kirlilik, plastik ve mikro-plastik atıklar, sondaj ve madencilik, besin pompalama, aşırı hasat, su ürünleri yetiştiriciliğidir (Halpern vd., 2007). Küresel iklim değişikliği, doğal afetler, aşırı avlanma, deniz kirliliği, tatlı su kıtlığı, yeraltı sularının kirliliği, deniz canlılarının karaya vurması ve biyolojik çeşitliliğin azalması da deniz ve okyanus ortamının sorunlarından sadece birkaçıdır (Greely, 2008). Deniz ve okyanusların sağlığını olumsuz etkileyebilecek insan kaynaklı birçok farklı aktivite bulunmaktadır. Yapılan analizler, antropojenik aktivitelerinden etkilenmeyen alanların bulunmamasının yanı sıra deniz ve okyanusların büyük bir kısmının (yaklaşık olarak %40) birden fazla aktivite tarafından etkilendiğini göstermektedir (Halpern vd., 2008). Deniz ve okyanuslar, küresel ekonomi için de ciddi öneme sahiptir. Bu durumun devamlılığı için okyanusların sağlığının korunması gerekmektedir; fakat okyanusların sağlığının korunması konusunda önemli zorluklarla karşı karşıya kalınmaktadır. İklim değişikliği, deniz ve okyanusların iklimini, kimyasını, dolaşımını ve su seviyesini değiştirmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin Eylül 2019 tarihli raporuna göre okyanus sağlığının iklim değişikliği kaynaklı olarak kötüleşmesi ile küresel ekonominin 2050 yılına kadar yıllık 428 milyar Amerikan Doları zarar etmesi beklenmektedir (Damanaki vd., 2020). Türkiye; güneyde Akdeniz, kuzeyde Karadeniz ve batıda Ege Denizi ile çevrili bir ülkedir. Denizlerle çevrili olması ekonomi ve ulaşım konularında denizlerin önemini artırmaktadır (Kurtay, 2018). Neredeyse her yıl üç yüz bin tondan fazla balık avlanmaktadır (TÜİK, 2023). Balık avcılığının yanı sıra su ürünleri yetiştiriciliği de Türkiye için önemli bir endüstri haline gelmiştir ve Türkiye, özellikle çipura, levrek ve alabalık olmak üzere su ürünleri ihraç etmeye başlamış; 2011 yılından itibaren de su ürünleri ihracatı, ithalatını geçmiştir (Sarıözkan, 2016). Bunun yanı sıra, dünya petrol taşımacılığında da Türkiye'nin rolü giderek artmaktadır. Türkiye coğrafi olarak, petrol zengini ülkelerle petrol talebinde bulunan ülkeler arasında yer aldığından Türk Boğazlar Sistemi'nden petrol ve türevlerini taşıyan gemiler geçmektedir (EIA, 2017). Türk Boğazlar Sistemi'ndeki ticari gemi trafiğinin artmasıyla birlikte, İstanbul ve Çanakkale Boğazları'nda oluşabilecek kaza riski de artmaktadır. Denizler, kazalar sonucunda petrol ve kimyasal maddeler tarafından kirlenme riski taşımaktadır (Turan, 2009). 2015 yılında Türk Boğazlar Sistemi'nden günde iki milyon varilden fazla ham petrol geçişi gerçekleşmiştir (EIA, 2017). Ek olarak gemiler, balast suları gibi atık sularını denizlere bırakarak kirliliğe, balık ölümlerine ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olmaktadır (Bilgin, 2003). Balıkçılık, deniz ticareti ve sucul canlılardan elde edilebilen ilaç ve kozmetik hammaddeleri gibi konular nedeniyle deniz ve okyanuslar, günlük hayatımızın içinde sürekli var olmaktadır. Okyanuslar veya deniz ekosistemleri ile ne kadar içiçe yaşadığımızdan bağımsız olarak çoğu insan, günlük faaliyetlerinin, deniz ve okyanusların sağlığını, devamlılığını ve okyanuslardan elde ettiğimiz kaynakları nasıl etkilediğinden habersiz olarak yaşamaktadır. Bununla beraber insanlar, deniz ve okyanusların sağlığının günlük yaşamımız üzerindeki etkilerinin de farkında değildir. Bazı bilim insanlarının "Okyanus Körlüğü" olarak adlandırdığı bu durum, kişilerin deniz ve okyanusla olan bağlantısını güçlendiren eğitimlerle önlenmektedir. Okyanus okuryazarlığının da en temel tanımı; okyanusların, insanlar üzerindeki etkisinin ve insanların, okyanuslar üzerindeki etkisinin anlaşılmasıdır. Son zamanlarda kıyıların ve denizlerin ekonomiye, çevreye ve yaşam kalitesine olan katkılarının önemli olduğunu vurgulayan ulusal raporlar yayımlanmakta ve bu raporlarda, sürdürülebilir bir gelecek için okyanus okuryazarlığı konusundaki farkındalığın da artırılması gerektiği vurgulanmaktadır (Santoro vd., 2017).

Bunun nedeni, okyanus okuryazarı olan bir kişinin, deniz ve okyanusların işleyişini kavrayabilmesi, bu ekosistemlerden elde edilen kaynakları bilinçli kullanabilmesi ve yine bu ekosistemlere karşı sorumluluğu olduğunun farkında olabilmesidir (Cava vd., 2005). Okyanus okuryazarlığı süreci, Amerikalı okyanus bilimci eğitmenlerin, öğrencilerin bu alandaki bilgi yetersizliğinin farkına varması ile, ders içeriklerine okyanus biliminin dâhil edilmesini amaçlayarak, 2002 yılında internet üzerinden gerçekleştirilen ilk konferans birlikte başlamış ve 2004 yılında okyanus okuryazarlığının 7 temel ilkesinin tanımlanması ile devam etmiştir (Santoro vd., 2017). Tanımlanan yedi temel ilke şunlardır:

1. Dünya birçok özelliği olan büyük bir okyanusa sahiptir.
2. Okyanuslar ve okyanus yaşamı dünyanın özelliklerini şekillendirir.
3. Okyanuslar hava ve iklim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.
4. Okyanuslar dünyayı yaşanabilir hale getirdi.
5. Okyanuslar, çok çeşitli yaşam ve ekosistemleri destekler.
6. Okyanuslar ve insanlar ayrılmaz bir şekilde birbirine bağlıdır.
7. Okyanusların büyük bir bölümü keşfedilmemiştir.

Tanımlanmış olan her temel ilkenin alt kavramları Ek 1’de sırasıyla özetlenmektedir.

Bu çalışma, tüm bu bilgiler ışığında, okyanus okuryazarlığı konusuna dikkat çekmek ve bu konudaki farkındalığın artırılmasına destek olmak amacıyla, deniz kenarı bir şehirde üniversite lisans eğitimlerini devam ettirmekte olan Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği öğrencilerinin okyanuslar hakkında bildiklerini, okyanuslarla ilgili konulardaki düşüncelerini ve davranışlarını araştırmak amacıyla yapılmıştır.

## 2. Malzeme ve Yöntem

Çalışmada, lisans öğrenimine devam etmekte olan öğrencilerden üç farklı ankete katılmaları istenmiştir:

1. Demografi
2. Okyanus Okuryazarlığı ve Deneyimleri Anketi (Survey of Ocean Literacy and Experience, SOLE)
3. Okyanuslar Hakkında Karar Verme Anketi (Survey of Ocean Stewardship, SOS)

Demografi anketi, katılımcılar hakkında bilgi edinmek amacıyla yapılmıştır. SOLE (Greely, 2008) anketi ile öğrencilerin okyanuslar hakkında ne kadar bilgi sahibi olduklarının belirlenmesi hedeflenmiştir. SOS (Greely, 2008) anketi ise katılımcıların düşünce ve davranışları araştırmak amacıyla uygulanmıştır.

### 2.1 Demografi Anketi

İlk anket olan demografi anketi onbir sorudan oluşmaktadır. Ankette, katılımcıların yaşı, cinsiyeti, sınıfı, doğdukları yer, yaşamakta oldukları yer hakkında kişisel bilgilerin yanı sıra aile ve arkadaşları hakkında da sorulara yer verilmiştir. Demografi anketi hazırlanırken; okyanus çevre ahlakı ile ilgili çeşitli öğeleri ölçmek için hazırlanan Okyanus Çevre Ahlakı Senaryoları (Scenarios of Ocean Environmental Morality - SOEM) (Greely, 2008) testinin A bölümü dikkate alınmıştır. Uygulanan demografi anketi Ek 2’de verilmektedir. Demografi anketinin 2 numaralı “Aşağıdaki kategorilerden hangisi şu an yaşadığınız yeri en iyi tanımlamaktadır?” sorusunun cevaplarından biri olan “Banliyöler dâhil büyük şehir” seçeneği, yığılma olduğu için ve 3 numaralı “Hangi kategori büyüdüğünüz alanı en iyi tanımlar?” sorusunun cevaplarından biri olan “Banliyöler dâhil büyük şehir” seçeneği, cevapların çoğunluğunu kapsadığı için bu sorulara verilen cevaplar değerlendirilme dışı bırakılmıştır.

## 2.2 Okyanus okuryazarlığı ve deneyimleri anketi (SOLE)

Anket, okyanus okuryazarlığının yedi temel ilkesini kapsayacak toplam 54 sorudan oluşmaktadır. Sorular çoktan seçmeli olarak hazırlanmıştır. Anketteki soruların yedi temel ilke ile olan bağlantıları Tablo 1’de verilmektedir. Uygulanan SOLE anketi Ek 3’te verilmektedir.

**Tablo 1.** SOLE anketi sorularının yedi temel ilke ile bağlantısı

Temel Prensipler	Soru Sayısı	Soru Numaraları
1.Dünya birçok özelliği olan büyük bir okyanusa sahiptir	15	SOLE (1-14, 19)
2. Okyanuslar ve okyanus yaşamı dünyanın özelliklerini şekillendirir.	6	SOLE (15-17, 20-21, 24)
3. Okyanuslar hava ve iklim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.	9	SOLE (18, 23, 26-32)
4. Okyanuslar dünyayı yaşanabilir hale getirdi.	1	SOLE (37)
5. Okyanuslar, çok çeşitli yaşam ve ekosistemleri destekler.	13	SOLE (33-36, 38-46)
6. Okyanuslar ve insanlar ayrılmaz bir şekilde birbirine bağlıdır.	6	SOLE (22, 25, 50, 52-54)
7. Okyanusların büyük bir bölümü keşfedilmemiştir	4	SOLE (47-49, 51)
Toplam Soru Sayısı	54	

Orijinal ankette toplam 57 soru bulunmaktadır; ancak anket Türkiye’de uygulandığı için anketi ülke koşullarına uygun hale getirmek amacıyla orijinal anket içeriğinden üç soru çıkarılmış ve bir soruda da değişiklik yapılmıştır. Benzer şekilde, Markos vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da soruların çıkarılması ve/veya ülke koşullarına uygun hale getirilmesi amacıyla sorularda değişiklik yapıldığı görülmüştür. Orijinal ankette 9 sıra numaralı olan soru kafa karıştırıcı bulunmuş ve değiştirilmiştir. Çıkarılan üç sorudan ikisi (orijinal ankette 12 ve 24) Amerika’ya özgü sorular olduğu için; son soru ise tamamlanması istenen cümlede anlam yetersizliği olduğu düşünüldüğü için çıkarılmıştır. İlgili soru aynı sebeple Markos vd. (2017) tarafından kendi çalışmalarından da çıkarılmıştır. Soruların orijinal halleri ve yapılan anketteki halleri Tablo 2’de verilmektedir.

**Tablo 2.** SOLE anketinde yapılan soru değişiklikleri ve ayrıntıları

Soru No	Orijinal halinin Türkçe çevirisi	Değiştirilmiş hali
9	Aşağıdaki ifadelerden hangisi okyanus derinliğini en iyi açıklar? a. Dünya çapının 1/100’ünden daha az b. Dünya çapının 1/100’ü kadar c. Dünya çapının 1/10’u kadar d. Dünya çapının 1/2’si kadar e. Bunların hiçbiri okyanus derinliğini ifade etmiyor	9. Okyanusun maksimum derinliği yaklaşık olarak ne kadardır? a. 11 km b. 6 km c. 2.8 km d. 17 km e. 22 km
12	Birçok yeryüzü malzemesi okyanus kaynaklıdır. Şu anda Güneybatı ABD’de karada açığa çıkan hangi kaya türü okyanusta oluşmuştur?	Soru çıkarıldı
24	ABD’deki plajlardaki çoğu çöpün kaynağı nedir?	Soru çıkarıldı
57	Aşağıdaki ifadelerden hangisi okyanus okuryazarlığıyla en ilgilidir? Dünya nüfusunun çoğunun yaşadığı yer hangisidir? a. nehir kenarları b. kırsal alanlar c. kıyı bölgeleri d. dağlık alanlar e. ormanlık alanlar	Soru çıkarıldı



### 2.3 Okyanuslar hakkında karar verme anketi (SOS)

İlgili anket okyanuslara karşı tutum, inanç ve duyguları değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Okyanus okuryazarlığıyla ilgili duygusal faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla katılımcılara 35 ifadenin bulunduğu anket verilmiştir ve her bir ifadeyi birden beşe kadar derecelendirmeleri istenmiştir. Derecelendirme şu şekildedir:

1. Kesinlikle katılmıyorum.
2. Katılmıyorum.
3. Kararsızım.
4. Katılıyorum.
5. Kesinlikle katılıyorum.

Orijinal testte toplam 44 soru bulunmaktadır; ancak SOLE anketinde de olduğu gibi anketi uygulanan ülkeye ve öğrencilere uygun hale getirmek amacıyla anketten 9 soru çıkarılmıştır. Soruların, anketin uygulandığı ilgili lisans bölümünün ders planının 6. yarısına (3. sınıf) ait olan Oşinografi dersine (İTÜ ÖİDB, 2024a, 2024b) henüz kayıt olmamış olan 1. ve 2. sınıf öğrencileri için uygun olmadığı düşünülmüş ve ilgili sorular ankete eklenmemiştir. Orijinal anket oluşturulurken farklı kaynaklardan yararlanılmıştır ve SOS anketi oluşturulmuştur. Uygulanan SOS anketi Ek 4'te verilmektedir. Çıkarılan sorular, orijinal ankette yer alan sıra numaraları ile Tablo 3'te gösterilmektedir.

**Tablo 3.** SOS anketinden çıkarılan sorular

Soru No	Çıkarılan Soruların Türkçe çevirisi
2	Oşinografide çalıştığım konular birbirleriyle ilgili değildir.
3	Öğretmen sınıfta olayları iyi anlatmazsa oşinografiyi öğrenemem.
4	Okul dışındaki hayatımda faydalı olacak bilgileri öğrenmek için oşinografi çalışıyorum.
6	Oşinografiyi anlamak için onu arkadaşlarımla ve diğer öğrencilerle tartışırım.
7	Oşinografi konusunun gerçek dünya deneyimlerim ile bağlantısı az.
8	Oşinografiyi anlamak için bazen kişisel deneyimlerimi düşünürüm ve analiz edilen konuyla bağlantı kurarım.
9	Oşinografi çalışırken, önemli bilgileri sunulduğu şekliyle ezberlemek yerine önceden bildiklerimle ilişkilendiririm.
10	Oşinografiyi öğrenmedeki önemli bir sorun, bilmem gereken tüm bilgileri ezberleyebilmektir.
12	Okyanusun neden böyle davrandığını ve tepki verdiğini anlamak için çok zaman harcamak zaman kaybıdır.

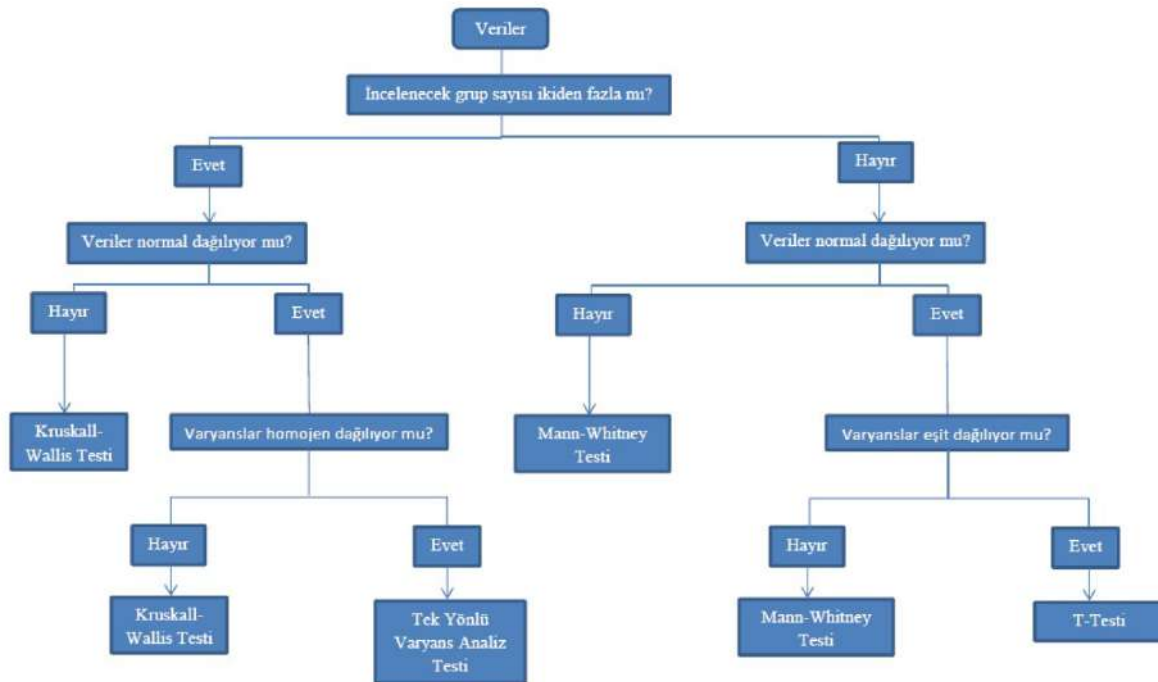
### 2.4 Katılımcıların belirlenmesi ve anketlerin uygulanması

Bu çalışmada, İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü lisans programı öğrencilerinin okyanus okuryazarlığı konusundaki farkındalıkları ve bilgileri hakkında araştırma yapılmıştır. Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü vizyonunda "farklı mühendislik disiplinlerini içine aldığı ve her türlü açık deniz yapısı, sondaj gemisi, petrol platformu ve diğer yüzer deniz araçlarının tasarımı, geliştirilmesi konularının yanı sıra fiziksel oşinografi, deniz kirliliği ve su altı akustiği konularında da lisans, lisansüstü ve doktora seviyesinde eğitim-öğretim sunmakta" olduğu ifade edilmektedir (İTÜ GDT, 2023). Anketlerin uygulanma amacı, öğrencilerin okyanuslar hakkındaki farkındalıkları ile bilgi ve tutum düzeylerinin; sınıf, cinsiyet ve yaş parametrelerine bağlı olarak değişiklik gösterip göstermediğini belirleyebilmektir. Anketler, birinci ve üçüncü sınıf öğrencilerine, öğretim üyelerinden izin alınarak dönem içinde ve ders saatleri içerisinde yapılmıştır. Ders programının farklı

günlerinde yer alan ikinci ve dördüncü sınıf derslerine kayıtlı öğrencilere ise, COVID-19 salgını sebebi ile Yüksek Öğrenim Kurumu'nun üniversitelerde yüz yüze eğitime ara vermesi üzerine internet (Google Anketler) vasıtasıyla uygulanmıştır. Anketler, 02.04.2020 tarihinde internet üzerinden erişime açılmış ve 16.04.2020 tarihinde cevaplandırmaya kapatılmıştır. Anketin internet vasıtasıyla erişime açık olduğu süre içerisinde beş mezunun da anketi cevapladığı görülmüş ve verilen cevaplar değerlendirmeye dahil edilmiştir.

## 2.5 Cevapların analizi

Küresel salgın nedeniyle yüz yüze eğitime ara verilmeden önce birinci ve üçüncü sınıflara uygulanmış olan anketlerin cevapları da dijital ortama aktarılmıştır. Tüm sonuçlar incelenirken SOLE anketinde iki katılımcının cevapları değerlendirmeye alınmamıştır. Bunun nedeni; bir katılımcının tüm sorularda "C" seçeneğini işaretlemesi ve diğer katılımcının ise sıralı cevaplar vermesi olmuştur. SOS anketinde ise üç katılımcının cevapları değerlendirmeye alınmamıştır. Bu katılımcılardan ikisi tüm ifadelerle aynı derecelendirmeyi yapmış, diğer katılımcının ise tekrarlı derecelendirme yaptığı tespit edilmiştir. Cevaplar analize uygun hale getirildikten sonra analizler için (Statistical Package for the Social Sciences - SPSS) istatistik yazılımı kullanılmıştır. Uygun istatistik testlerinin seçimi için kullanılan şema Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. İstatistik testleri için seçim şeması.

### 2.5.1 SOLE anketi sonuçlarının incelenmesi

SOLE anketi cevapları, Tablo 1'de verildiği şekilde okyanus okuryazarlığının prensiplerine göre ayrılarak her bir prensip için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Tüm anket için katılımcı başarıları ise cinsiyet ve öğrenim gördükleri sınıfa göre incelenmiş ve bu parametrelerin katılımcıların başarı durumlarına etkisi olup olmadığı belirlenmiştir. Cinsiyet ve sınıflara göre oluşan başarı farkının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının anlaşılması için ise literatürde yaygın olarak kullanılan ve detayları şu şekilde açıklanan istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir: Demografi anketinde yer alan 4. ve 5. sorular ile katılımcılara,

aileleri ve arkadaşları ile çevresel konular hakkında konuşma sıklıkları sorulmuştur. SOLE testi sonuçları ile bu sorulara verilen konuşma sıklığı arasında istatistiksel anlamlı bir fark olup olmadığı incelenmiştir. İnceleme yapılırken katılımcılar konuşma sıklıklarına göre en çok konuşanlar ve en az konuşanlar olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. 4. soruda katılımcılar “haftada birkaç kere” ve “konuşmadım” seçeneklerini işaretleyen olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. 5. soruda ise “konuşmadım” seçeneğini işaretleyen 1 kişi olmasından dolayı 5. soruda “konuşmadım” yerine “sadece birkaç kere” seçeneğini işaretleyen kişiler analizlere dahil edilmiştir. Katılımcıların sınıflara göre farklılığının incelenmesi aşamasında ise katılımcılar, öğrenim gördükleri lisans programına özel dersleri almış (üçüncü ve dördüncü sınıf öğrencileri ile mezunlar) ve almamış (birinci ve ikinci sınıf öğrencileri) olarak iki gruba ayrılarak incelenmiştir. SOLE anketi sonuçlarında, katılımcı cevaplarının cinsiyet ilişkisinin ve sınıflara göre farklılığının incelenmesinde, verilerin normal dağılım gösterdiği durumlarda t-test, göstermediği durumlarda Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Normal dağılım testi ise, çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) testlerine göre yapılmıştır (Ghasemi ve Zahediasl, 2012).

### 2.5.2 SOS anketi sonuçlarının incelenmesi

SOS anketi cevaplarının analizi öncesinde anket içeriğindeki araştırma konuları, Tablo 4’te görülmekte olan soru grubu ve numaralarına göre üç farklı gruba ayrılmıştır.

**Tablo 4.** SOS anketi soru grupları ve ilgili soru numaraları

Soru Grupları	Soru Numaraları
Okyanuslar hakkında tutum	SOS 1-12
Okyanuslar hakkında karar	SOS 13-20
Çevre hakkında tutum	SOS 21-35

SOS anketi, Likert ölçeğine sahip olduğu için analizde ilk olarak test sonucunun güvenilirliği analiz edilmiştir. Güvenirlilik analizi için Cronbach’s Alpha yöntemi kullanılmıştır (Tavakol ve Dennick, 2011). Analiz sonucunda test sonuçları güvenilir çıkmıştır ( $\alpha = 0.735 > 0.7$ ). Analize üç soru grubunun ortalamaları alınarak başlanmıştır. Üç soru grubunun; katılımcıların büyüdüğü yerlere, cinsiyetlerine ve sınıflarına göre nasıl farklılaştığı yapılan testlerle incelenmiştir. Çevre hakkında tutum ve okyanuslar hakkında tutum soru grupları normal dağılıma sahip olduğu için iki soru grubu için parametrik testler (ANOVA ve t-test) uygulanmıştır. Ancak, okyanuslar hakkında tutum soru grubunun sonuçları incelenirken, soru grubunun varyanslarının homojen dağılıma ön koşulunu sağlamadığı fark edilmiş ve normal dağılıma sahip olmadığı için ilgili soru grubu için parametrik olmayan testler (Mann-Whitney Testi ve Kruskal Wallis Testi) uygulanmıştır. Ek olarak, SOLE anketi sonuçları ile SOS anketi soru grupları arasında ilişkinin ne yönlü ve ne kadar olduğunu incelemek için Pearson korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Çalışmada yapılan testler hakkında detaylı bilgi ve SPSS programında nasıl yapıldığı Ek 5’te verilmektedir.

## 3. Bulgular

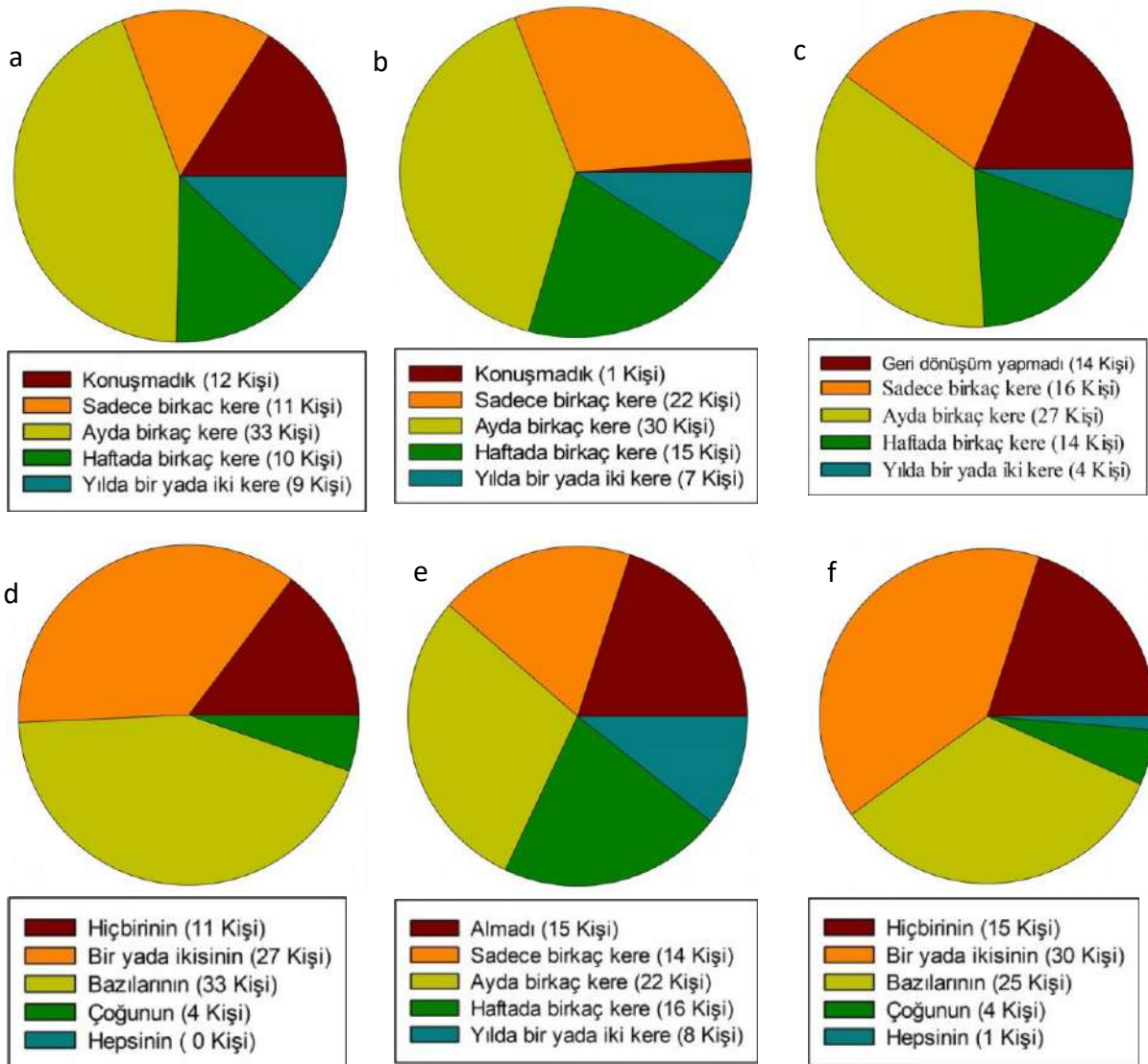
### 3.1 Demografi anketi sonuçları

Anketleri cevaplamış olan Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü öğrencileri ve mezunlarının öğrenim görmekte oldukları sınıf ve cinsiyet dağılımı Tablo 5’te gösterilmektedir.

**Tablo 5.** Katılımcıların sınıf ve cinsiyet dağılımı

	1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf	4. Sınıf	Mezun	Toplam
Toplam Cevap Sayısı	14	11	24	21	5	75
Erkek Katılımcı	12	7	19	17	4	59
Kadın Katılımcı	2	4	5	4	1	16

Katılımcıların, aile ve arkadaşlarının çevresel konular (geri dönüşüm, hava kirliliği ve su kirliliği vb.) hakkındaki davranışlarını öğrenmek için toplam altı soru sorulmuştur. Anketin 4-9 numaralı sorularına verilen yanıtlar sırasıyla Şekil 2 (a-f)'de gösterilmektedir.

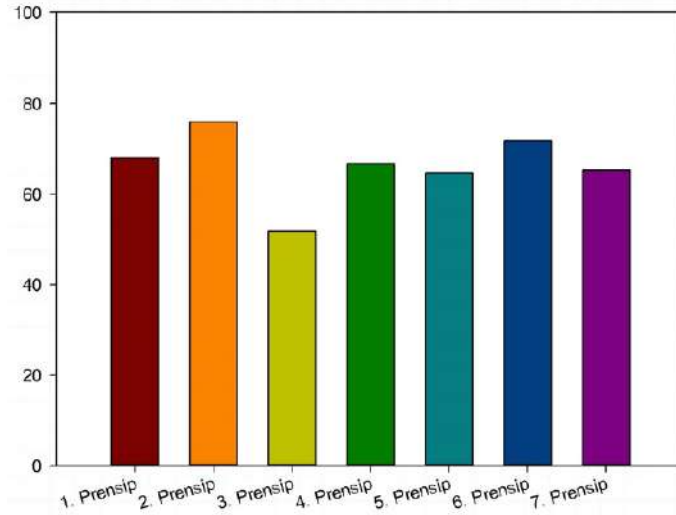


**Şekil 2.** Demografi anketi cevapları dağılımı a) 4. soru b) 5. soru c) 6. soru d) 7. soru e) 8. soru f) 9. Soru

### 3.2 SOLE anketi sonuçları

SOLE anketi sonuçlarının değerlendirilmesinde doğru cevaplanan her soruya "1" puan, yanlış ve boş bırakılan sorulara ise "0" puan verilmiştir. Değerlendirme sonucunda elde edilen SOLE anketi genel başarı puan ortalaması 35.31 5.44 olarak bulunmuş ve cinsiyetlere göre başarı puan ortalamaları kadın ve erkek için sırasıyla 36.50 3.46 ve 34.12 7.41 olarak hesaplanmıştır. Kadın ve erkek başarı

puan ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını incelemek için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Test sonucunda, elde edilen başarı puanının cinsiyete bağlı olmadığı, p değerinin 0.05'ten büyük olması ile belirlenerek kadın ve erkek katılımcılar arasında başarı puanı açısından anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Okyanus okuryazarlığının yedi temel ilkesine göre ayrılmış olan SOLE anketi cevapları başarı yüzdeleri Şekil 3'te görülmektedir.



**Şekil 3.** Katılımcıların okyanus okuryazarlığının 7 temel ilkesine göre ayrılmış başarı yüzdeleri

Okyanus okuryazarlığının ikinci prensibi olan “okyanuslar ve okyanus yaşamı dünyanın özelliklerini şekillendirir” ifadesi en yüksek yüzdeye (0.77) sahip olurken üçüncü prensip olan “okyanuslar hava ve iklim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir” ifadesi en düşük yüzdeye (0.52) sahip olan prensip olmuştur. En düşük beş yüzdeye sahip sorular ait oldukları prensiplere göre ayrılmıştır ve bu soruların dört tanesinin üçüncü prensibe ait sorular olduğu görülmüştür. Tablo 6’da en düşük yüzdeye sahip olan yedi soru ve yüzdeleri gösterilmektedir.

**Tablo 6.** SOLE anketi sonuçlarında en düşük doğru cevap yüzdesine sahip sorular

Prensip	Soru numarası ve soru içeriği	%
6	22- Okyanustaki petrol kirliliğinin en büyük kaynağı nedir?	13
3	23- Atmosferdeki karbondioksitin ne kadarı okyanus tarafından tutulmaktadır?	18
3	27- Okyanus hangi süreçle güneşten aldığı ısıyı kaybeder?	26
5	45- Güneş ışığından ve fotosentetik organizmaların enerjisinden mahrum olan derin okyanus ekosistemi aşağıdakilerden hangisini içerir?	26
3	30- Okyanus yer kürenin karbon döngüsünde etkindir. Yaklaşık olarak dünyadaki birincil üretimin ne kadarı okyanusun güneş alan kısımlarında gerçekleşmektedir?	27
5	38- Aşağıdaki canlı gruplarından hangisi birbiri ile daha çok ilişkilidir?	36
3	29- Küresel hava El Nino Güney Dalgalanması ile değişmektedir. Atmosfere ısı yayılması ile gerçekleşen bu olay hangi okyanus tabanında gerçekleşmektedir?	36

Üçüncü prensibe dâhil olan 23 numaralı “atmosferdeki karbondioksitin ne kadarı okyanuslar tarafından tutulmaktadır” sorusuna 69 kişi cevaplamış; ancak 13 kişi doğru cevabı vermiştir. Bu soru, %18 ile testteki en düşük yüzdeye sahip ikinci soru olmuştur. Altıncı prensibe dâhil olan 22 numaralı “okyanustaki petrol kirliliğinin en büyük kaynağı nedir?” sorusuna da 69 kişi cevaplamış; ancak 9 kişi doğru cevabı vermiştir. 22 numaralı soru %13 ile testteki en düşük doğru cevap yüzdesine sahip olan soru olmuştur. Bu sonuç ışığında, üçüncü prensibin konusu olan dünyanın iklim koşulları, dünyada

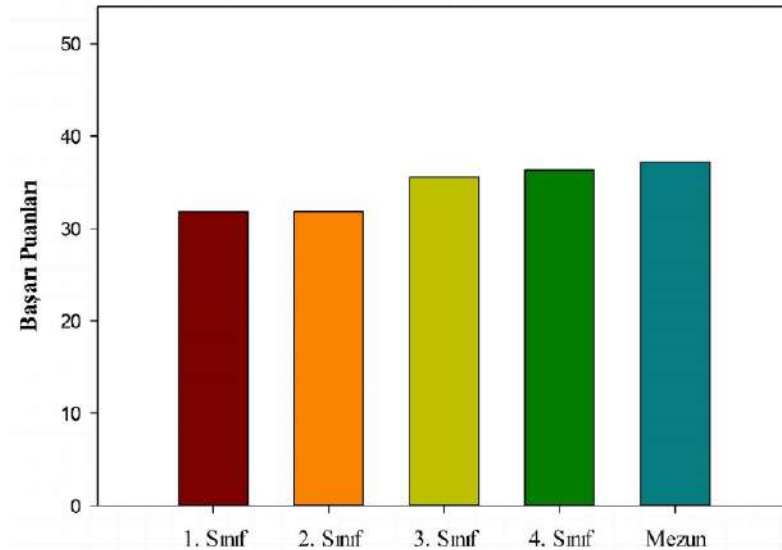
gerçekleşen döngüler, küresel iklim değişikliği ve sonuçları konularında katılımcıların bilgi eksiklikleri olduğu görülmektedir.

### 3.3 Demografi ve SOLE anketi ilişkisi

Demografi anketinin 4. ve 5. sorularında katılımcılara, sırasıyla aileleri ve arkadaşları ile çevresel sorunlar hakkında konuşma sıklıkları sorulmuştur. SOLE anketi başarı puanları ile konuşma sıklığı arasındaki ilişki incelenmiş ve bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı incelenmiştir. Uygulanan t-testleri sonucu 4. soru için cevap grupları arasında anlamlı bir fark ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur ve ek olarak, aileleri ile çevresel sorunları daha sık konuşan katılımcıların SOLE anketi başarı puanlarının daha yüksek olduğu fark edilmiştir. 5. soruda ise cevap grupları arasında anlamlı bir fark ( $p > 0,05$ ) bulunamamıştır. Bu nedenle, katılımcıların çevresel sorunları arkadaşları ile konuşma sıklığı ile SOLE anketi başarı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı sonucu varılmıştır. Nihayetinde, kişilerin aldıkları veya alacakları eğitim dışında, farkındalıklarının artmasında aile üyeleri ile yaptıkları konuşmaların da payının olduğu görülmüştür.

### 3.4 SOLE anketi sınıf etkisi sonuçları

SOLE anketi sonuçlarının sınıf parametresi ile olan ilişkisini ölçmek için yapılan ayırım, 3. ve 4. sınıf öğrencileri ile mezunların genel başarı puanlarının (36.6), 1. ve 2. sınıf öğrencilerinin başarı puanlarından (32.5) biraz daha yüksek olduğunu göstermiştir. Her bir sınıfın başarı puan ortalaması ise Şekil 4'te görülmektedir.



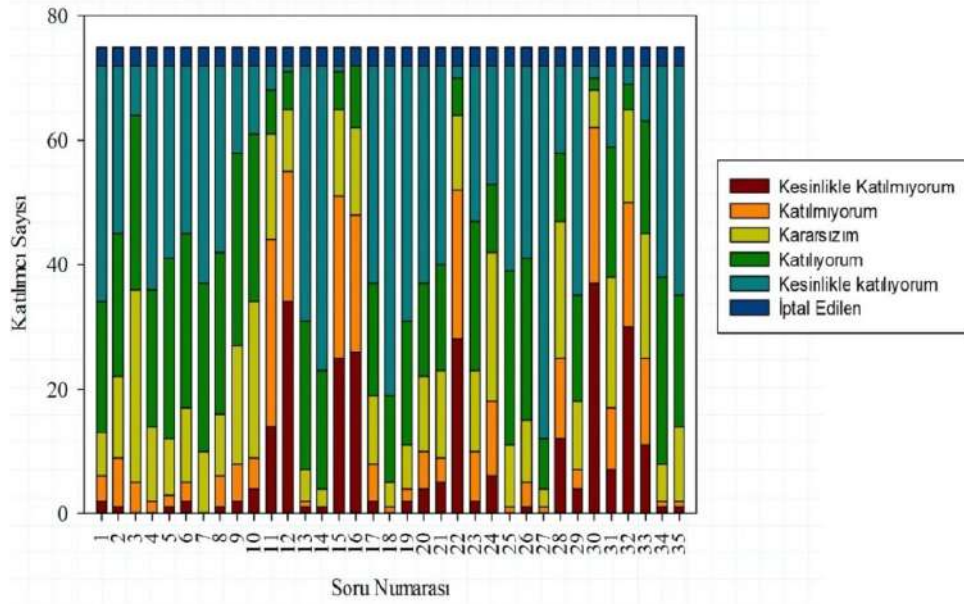
Şekil 4. SOLE anketi puan ortalamalarının sınıflara göre dağılımı

Grupların başarı puan ortalamalarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını göstermek için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Yapılan test sonucunda gruplar arasındaki puan farkı anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Bu sonucun temel sebebinin, üniversite birinci ve ikinci sınıf öğrencilerinin sadece temel mühendislik dersleri alırken üçüncü ve dördüncü sınıf ile mezun katılımcıların Oşinografi, Deniz Ortamında Ekotoksikoloji, Deniz Kirliliği vb. bölüm derslerini de almış olmaları ve nihayetinde SOLE anketindeki sorulara daha çok doğru cevap vermelerinin olduğu düşünülmektedir.

### 3.5 SOS anketi sonuçları



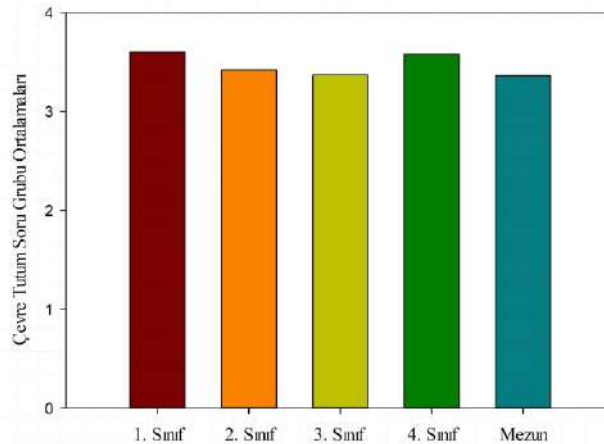
SOS anketi sonuçları değerlendirmeye başlanmadan önce teste uygun cevap vermediği belirlenen üç kişinin sonuçları iptal edilmiştir. Sorular, “okyanuslar hakkında tutum”, “okyanuslar hakkında karar”, “çevre hakkında tutum” olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Katılımcılardan SOS anketinde bulunan ifadeleri 1 ile 5 arasında derecelendirmeleri istenmiştir. 1 cevabı en olumsuz cevapken, 5 cevabı en olumlu cevap olarak alınmıştır. Katılımcıların, “okyanuslar hakkında tutum”, “okyanuslar hakkında karar”, “çevre hakkında tutum” gruplarına vermiş oldukları cevapların sayısal ortalamaları sırasıyla 3.68, 3.78 ve 3.48 olarak hesaplanmıştır. Katılımcıların sorulara verdikleri cevapların dağılımı ise Şekil 5’te görülmektedir.



Şekil 5. SOS anketine verilen cevapların dağılımı

### 3.5.1 Çevre tutum soru grubunun sonuçları

Bu soru grubunda bulunan ifadeler, doğal denge ve insan ile doğa ilişkisi konularını kapsamaktadır. Katılımcıların verilen ifadeleri 1 ile 5 arasında derecelendirmeleri istenerek verilen derecelendirme puanına göre katılımcıların çevre tutumları incelenmiştir. Sonuçların sınıflara göre dağılımı Şekil 6’da gösterilmektedir.

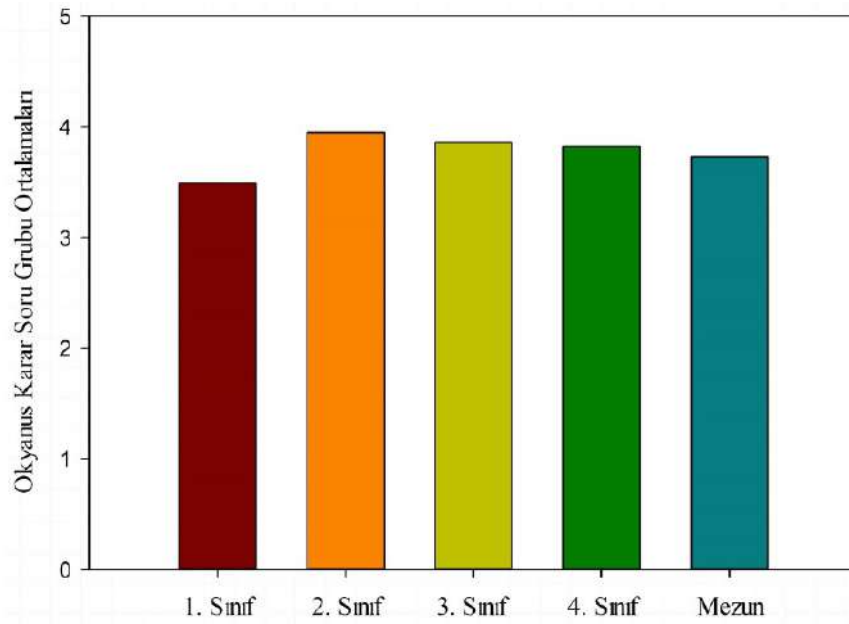


Şekil 6. Çevre tutum soru grubu ortalamalarının sınıflara göre dağılımı

Bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını incelemek için tek yönlü varyans analiz testi uygulanmıştır. Test sonucunda çıkan anlamlılık değeri ( $p=0.219>0.05$ ) sonucunda gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Bu sonuçla birlikte katılımcıların çevre tutumları sınıflara göre farklılaşmadığı ortaya çıkmıştır. Ek olarak, katılımcıların çevre tutumlarının cinsiyetle olan ilişkisini incelemek için katılımcılar kadın ve erkek olarak iki gruba ayrılmıştır. Kadın ve erkeklerin çevre tutum puan ortalamaları alınmış ve incelenmiştir. Kadın ve erkeklerin ortalama puanları sırasıyla 3.49 ve 3.47 olarak hesaplanmıştır. T-test sonucunda çıkan anlamlılık değeri ( $p=0.893>0.05$ ) sonucunda cinsiyetler arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüş ve ankete katılan kadın ve erkeklerin çevre tutumları arasında bir fark olmadığı çıkmıştır.

### 3.5.2 Okyanuslar hakkında karar soru grubunun sonuçları

Bu soru grubunda bulunan ifadeler, okyanus ortamlarının korunması ve okyanus insan etkileşimi konularını kapsamaktadır. Katılımcılar verilen ifadeleri 1 ile 5 arasında derecelendirmiştir. Sonuçların sınıflara göre dağılımı Şekil 7'de gösterilmektedir.

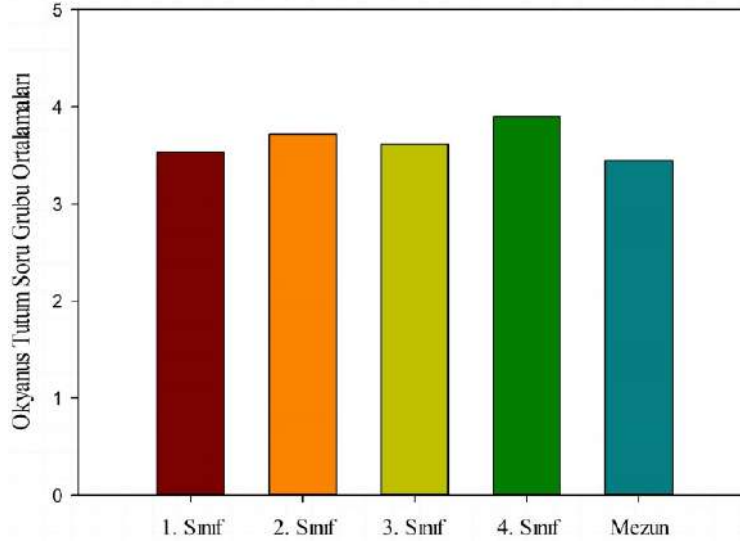


Şekil 7. Okyanuslar hakkında karar soru grubu ortalamalarının sınıflara göre dağılımı

Ortalamalar arasındaki fark Kruskal-Wallis testi ile incelenmiştir. Test sonucunda çıkan anlamlılık değerine göre ( $p=0.137>0.05$ ) gruplar arasında fark olmadığı görülmüştür. Katılımcıların okyanuslar hakkındaki kararları arasında anlamlı bir fark yoktur. Sonuçlar cinsiyete göre incelendiğinde, ortalama değerler kadın ve erkek için sırasıyla 3.88 ve 3.75 olarak hesaplanmıştır. Mann-Whitney testi sonucunda elde edilen anlamlılık değerine göre ( $p=0.23>0.05$ ) cinsiyetler arası bir fark olmadığı görülmüştür. Katılımcıların okyanuslar hakkındaki kararları cinsiyetlerine göre farklılaşmamıştır.

### 3.5.3 Okyanuslar hakkında tutum soru grubu sonuçları

Soru grubunda bulunan sorular, okyanus sağlığı ve deniz bilimleri konularını içermektedir. Katılımcılardan diğer iki grupta da olduğu gibi ifadeleri 1 ile 5 arasında derecelendirmeleri istenmiştir. Hesaplanan ortalama puanların sınıflara göre dağılımı Şekil 8'de gösterilmektedir.



**Şekil 8.** Okyanuslar hakkında tutum soru grubu ortalamalarının sınıflara göre dağılımı

İstatistik analizi Kruskal-Wallis testi ile yapılmıştır. Test sonucunda bulunan anlamlılık değerine göre ( $p=0.223>0.05$ ) sınıf grupları arasında fark olmadığı görülmüştür. Katılımcıların okyanuslar hakkındaki tutumları arasında anlamlı bir fark yoktur. Sonuçlar cinsiyete göre incelendiğinde, ortalama değerler kadın ve erkek için sırasıyla 3.75 ve 3.66 olarak hesaplanmıştır. T-test sonucunda elde edilen anlamlılık değerine göre ( $p=0.509>0.05$ ) cinsiyetler arası bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Katılımcıların okyanuslar hakkındaki tutumları ile cinsiyetleri arasında anlamlı bir fark yoktur.

### 3.6 SOS anketi grupları ve SOLE anketi soruları korelasyon sonuçları

Katılımcıların SOLE anketi başarı puan ortalamaları ile SOS anketi puan ortalamaları arasındaki ilişki Pearson korelasyon katsayısı ile incelenmiştir. Pearson katsayısı -1 ile +1 arasında değer almaktadır. Sayısal değer -1 olması negatif yönlü lineer, +1 olması ise pozitif yönlü lineer bir ilişki olduğu anlamına gelmektedir. Pearson korelasyon katsayısı, SOLE anketi ile sırasıyla çevre tutum soruları, okyanus hakkında karar soruları ve okyanuslar hakkında tutum soruları için -0.03, 0.33 ve 0.24 olarak bulunmuştur. SOLE anketi ile çevre tutum soruları için hesaplanan Pearson korelasyon katsayısının sıfıra çok yakın olması nedeniyle anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Bununla birlikte SOLE anketi ve okyanuslar hakkında karar ile SOLE testi ve okyanuslar hakkında tutum soruları arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmüştür. İnsan ile doğa ilişkisini irdeleyen çevre tutum sorularına verilen cevaplara kıyasla okyanus hakkındaki karar ve tutum sorularına verilen cevaplarda zayıf da olsa pozitif yönlü bir ilişki görülmesinin sebebinin, SOLE anketinin okyanus okuryazarlığının yedi temel ilkesine dayanan sorular içermesi ve SOS anketinin okyanus okuryazarlığı ile ilgili duygusal faktörlere yer vermesi olabileceği düşünülmektedir. Ek olarak katılımcıların; okyanuslara karşı tutum, inanç ve duygularını değerlendirmek amacıyla uygulanan SOS anketi sonuçlarına göre; sınıf ve cinsiyet parametrelerinin, soru grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka neden olmadığı görülmüştür.

## 4. Değerlendirme ve Sonuç

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü öğrencilerine uygulanan anketlerle öğrencilerin okyanuslar hakkındaki bilgileri ve tutumları değerlendirilmiştir. Yapılan anketler üç bölümden oluşmaktadır. Birinci kısımda katılımcıların kişisel bilgilerinin alındığı, demografi testi bulunmaktadır. İkinci bölümde; katılımcıların bilgi düzeylerini ölçmek için yapılan, okyanus

okuryazarlığının yedi temel prensibine göre hazırlanmış olan SOLE anketi bulunmaktadır. Son bölümde ise katılımcıların okyanuslar hakkında davranış ve tutumlarının nasıl olduğunu değerlendirmek amacı ile yapılan SOS anketi bulunmaktadır. İlgili anketlerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen sonuçların istatistiksel olarak analizleri yapılmıştır. SOLE anketi sonuçlarına bakıldığında, katılımcıların bilgi eksikliklerini gidermek için anket konularını kapsayan seminer veya konferanslar düzenlenebileceği, ders içeriklerinin gözden geçirilerek ilgili ve gerekli konuların ders içeriklerine eklenebileceği, sadece lisans öğrenimi seviyesindeki derslerde değil ilk ve orta öğretim ile lise seviyesindeki derslerde de okyanus okuryazarlığının yedi temel ilkesinin ders içeriklerine eklenerek öğrencilerin farkındalıklarının artırılması sağlanabileceği görülmüştür. Demografi ve SOLE anketi ilişkisine bakıldığında ise ailelerin, çocuklarına hem iyi örnek olmak hem de çevre ile ilgili temel konuları öğretmek amacı ile düzenli olarak çocukları ile konuşmalarının gerekliliği fark edilmiştir. Çalışmamızda katılımcılar için arkadaşlarla konuşma ile SOLE anketi sonuçları arasında anlamlı bir ilişki çıkmamış olmasına rağmen, arkadaş grupları arasında çevresel konuların konuşulmasının bireysel farkındalıktan toplumsal farkındalığa geçişte önemli bir rolü olduğu düşünülmektedir. Ek olarak, analiz sonuçları cinsiyet ve sınıf parametrelerine göre incelenmiş ve anlamlı istatistiksel farkın olup olmadığı belirlenmiştir. Analiz sonuçları sonucunda SOLE ve SOS anketleri sonuçlarının cinsiyete göre farklılaşmadığı görülmüştür. Öğrenim görülen sınıf parametresinde, SOS anketi sonuçlarının sınıflara göre farklılaşmadığı; ancak SOLE anketi sonuçlarının sınıflara göre farklılaştığı görülmüştür. Katılımcılardan üçüncü, dördüncü sınıf ve mezun olanların birinci ve ikinci sınıflara göre daha başarılı oldukları görülmüştür. Son olarak SOLE anketi sonuçları ile SOS anketi sonuçları arasındaki korelasyon incelenerek, aralarında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Bu sonuçlarla beraber, eğitimin kişilerin okyanus okuryazarlığı seviyesinin artmasında etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, okyanus okuryazarlığı seviyesini arttırmak için seminerler ve konferansların düzenlenebileceği, anaokullarından üniversitelerde verilen derslere kadar bütün eğitim-öğretim seviyelerinde de ders içeriklerine okyanus okuryazarlığı eklenebileceği ön görülmektedir.

### **Bilgilendirme**

Bu çalışma, 2020 yılında Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Lisans Bölümü Bireysel Proje Çalışması kapsamında Mehmet Akif TARHAN tarafından, ilgili bölüm öğretim elemanı Oktay Eren TÜREYEN ve öğretim üyesi Sevil Deniz YAKAN DÜNDAR rehberliğinde gerçekleştirilmiştir.

### **Kaynaklar**

Bilgin, C. (2003). Gemi Kökenli Petrol Kirliliğinin Biyolojik Yöntemlerle Giderilmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Teknolojisi Müh. ABD, Yüksek Lisans Tezi.

Cava, F., Schoedinger, S., Strang, C. and Tuddenham, P. (2005). Science Content and Standards for Ocean Literacy: A Report on Ocean Literacy. [https://www.researchgate.net/publication/313036579\\_Science\\_Content\\_and\\_Standards\\_for\\_Ocean\\_Literacy\\_A\\_Report\\_on\\_Ocean\\_Literacy](https://www.researchgate.net/publication/313036579_Science_Content_and_Standards_for_Ocean_Literacy_A_Report_on_Ocean_Literacy) [Online] [Erişim 02.08.2023]

Damanaki, M., Aumua, A., Zivian, A., Scherer, M., Hill, E., Thiele, T. and Chris Bowler. (2020). Healthy Ocean, Healthy Planet. *One Earth* 2 (1), 2–4. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.12.018>.

EIA, U.S. (2017). Country Analysis Brief: Turkey. [https://www.eia.gov/international/content/analysis/countries\\_long/Turkey/turkey.pdf](https://www.eia.gov/international/content/analysis/countries_long/Turkey/turkey.pdf) [Online] [Erişim 02.08.2023]

Gelcich, S., Buckley, P., Pinnegar, J.K., Chilvers, J., Lorenzoni, I., Terry, G., Guerrero, M., Castilla, J.C., Valdebenito, A. and Duarte, C.M. (2014). Public Awareness, Concerns, and Priorities about Anthropogenic Impacts on Marine Environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111 (42), 15042–47. <https://doi.org/10.1073/pnas.1417344111>.

Ghasemi, A. and Zahediasl, S. (2012). Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians. *International Journal of Endocrinology and Metabolism* 10 (2), 486–89. <https://doi.org/10.5812/ijem.3505>.

Greely, T. (2008). Ocean Literacy and Reasoning about Ocean Issues: The Influence of Content, Experience and Morality. USF Graduate Theses and Dissertations. Secondary Education Department. Ph.D. Theses. <https://digitalcommons.usf.edu/etd/271> [Online] [Erişim 02.08.2023]

Halpern, B.S., Selkoe, K.A., Micheli, F. and Kappel, C.V. (2007). Evaluating and Ranking the Vulnerability of Global Marine Ecosystems to Anthropogenic Threats. *Conservation Biology* 21 (5), 1301–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00752.x>.

Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F. et al. (2008). A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science* 319 (5865), 948–52. <https://doi.org/10.1126/science.1149345>.

İTÜ GDT, (2023). Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü. <http://gdt.itu.edu.tr/hakkimizda/tanitim> [Online] [Erişim 02.08.2023]

İTÜ ÖİDB, (2024a). Lisans Ders Planları, Gemi ve Deniz Tek. Müh. Ders Planı 2017-2018 / Güz ile 2021-2022 / Güz Dönemleri Arası. <https://www.sis.itu.edu.tr/TR/ogrenci/lisans/ders-planlari/plan/DEN/201810.html> [Online] [Erişim 27.01.2024]

İTÜ ÖİDB, (2024b). Lisans Ders Bilgileri, DEN 328E. <https://www.sis.itu.edu.tr/TR/ogrenci/lisans/ders-bilgileri/ders-bilgileri.php?subj=DEN&numb=328E> [Online] [Erişim 27.01.2024]

Kurtay, Gülce. 2018. Ocean Literacy of Private High School Students in Turkey. İhsan Doğramacı Bilkent University, Graduate School of Education. Master of Arts Degree.

Markos, A., Boubonari, T., Mogias, A. and Kevrekidis, T. (2017). Measuring Ocean Literacy in Pre-Service Teachers: Psychometric Properties of the Greek Version of the Survey of Ocean Literacy and Experience (SOLE). *Environmental Education Research* 23 (2), 231–51. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1126807>.

Santoro, F., Santin, S., Scowcroft, G., Fauville, G. and Tuddenham, P. (2017). *Ocean Literacy for All: A Toolkit*. UNESCO Publishing.

Sarıözkan, S. (2016). Fisheries Sector and Economics in Turkey. *Turkish Journal of Aquatic Sciences*, 15–22. <https://doi.org/10.18864/TJAS201602>.

Tavakol, M. and Dennick, R. (2011). Making Sense of Cronbach's Alpha. *International Journal of Medical Education* 2 (June), 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>.

Turan, M. (2009). Turkey's Oil Spill Response Policy: Influences and Implementation. Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea Office of Legal Affairs, The United Nations, New York, 2009. [http://www.un.org/depts/los/nippon/unff\\_programme\\_home/fellows\\_pages/fellows\\_papers/turan\\_0809\\_turkey.pdf](http://www.un.org/depts/los/nippon/unff_programme_home/fellows_pages/fellows_papers/turan_0809_turkey.pdf).



TÜİK. (2023). Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni sayı 49678,  
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2022-49678> [Online] [Erişim 02.08.2023]



# Bir Konteyner Gemisi İçin Kapsamlı Yalpa Sönümü Değerlendirmesi ve Hareket Analizi

Ferdi Çakıcı<sup>1</sup>, Rabia Yenilmez<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>1</sup>(sorumlu yazar), fcakici@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9752-1125

<sup>2</sup>rabia.yenilmez@std.yildiz.edu.tr, 0009-0004-3484-7258

## ÖZET

Bu çalışmanın ilk amacı, geminin yalpa hareketinin sönümlenme karakterinin incelenmesidir. İkincisi ise sönüm parametresinin geminin ileri hızı, dalga frekansı ve başlangıç yalpa genliği açısından yalpa hareketi çözümündeki etkisini araştırmaktır. Yalpa hareketi, diğer serbestlik derecelerinden daha kritik ancak viskozite kaynaklı karmaşık doğasından dolayı en az anlaşılan bir harekettir. Yalpa sönümünün birkaç bileşeni vardır ve bunlar deneyler sonucunda oluşturulan ampirik formüller yardımıyla beş öğeye ayrılmıştır. Dalga sönümü, doğrusal difraksiyon/radyasyon teorisi ile hesaplanır, dolayısıyla doğrusal bir sönümdür. Kaldırma sönümü de doğrusal olarak kabul edilir. Bununla birlikte girdap oluşturma, sürtünme ve yalpa omurgası kaynaklı sönüm, başlangıç yalpa genliğine bağlı olduğundan doğrusal değildir. Bu çalışmada yalpa genliği, geminin ileri hızı ve dalga frekansının etkileri Ikeda ve Himeno tarafından geliştirilen ampirik formüllerle incelenmiştir. Önerilen makalenin güvenilirliğini göstermek için bazı senaryolarda yalpa hareketinin frekans düzlem analizleri de yapılmıştır. Tüm kodlamalar MATLAB kullanılarak yapılmıştır ve YTÜ DEEP Gemi Hareket Programına gömülecektir.

**Anahtar kelimeler:** Yalpa hareketi, Yalpa sönümü, Himeno metodu, YTU DEEP gemi hareket program

**Makale geçmişi:** Geliş 20/08/2023 – Kabul 20/11/2023

**DOI:** <https://doi.org/10.54926/gdt.1347001>

# Comprehensive Roll Damping Assessment and Motion Analysis for a Benchmark Container Ship

Ferdi Çakıcı<sup>1</sup>, Rabia Yenilmez<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Yıldız Technical University, Naval Architecture And Maritime Faculty, Department of Naval Architecture And Marine Engineering, İstanbul, Türkiye

<sup>1</sup>(corresponding author), fcakici@yildiz.edu.tr , ORCID: 0000-0001-9752-1125

<sup>2</sup>rabia.yenilmez@std.yildiz.edu.tr, 0009-0004-3484-7258

## ABSTRACT

The primary purpose of this study is to investigate the damping characteristics of the ship's roll motion. The second goal is to explore the damping effects on the solution of roll motion, considering the ship's forward speed, wave frequency, and initial roll amplitude. Roll motion is a more critical yet less understood response compared to other degrees of freedom due to the complexity arising from viscosity. Roll damping comprises several components, which are divided into five categories with the assistance of empirical formulas created as a result of experiments. Wave damping is calculated by linear diffraction/radiation theory so it is a linear damping. Lift damping is also considered linear. However, eddy making, skin friction, and bilge keel damping are not linear due to dependency on the initial roll amplitude. The effects of roll amplitude, the ship's forward speed, and wave frequency are investigated in this paper with the empirical formulas developed by Ikeda and Himeno. Frequency domain analyses of the roll motion are also conducted for the selected cases to demonstrate the credibility of the proposed paper. All algorithms have been developed in the MATLAB environment which is embedded with the YTU DEEP Ship Motion Program.

**Keywords:** Roll motion; Roll damping; Himeno's method; YTU DEEP ship motion algorithm.

**Article history:** Received 20/08/2023 – Accepted 20/11/2023

## 1. Introduction

Typically, a ship may undergo more rolling movement compared to other types of motion due to its narrower width relative to its length. Additionally, the roll experiences lower damping compared to other motions and its inertia is significantly smaller when compared to the other rotational motions. Roll motion may be considered the most critical response among the other motions according to recent literature. Its significance arises from the potential for large wave amplitudes, which can result in cargo shifting and, in some cases, capsizing. Accurately predicting roll damping is essential for ship stability, performance, and safety. However, unlike other degrees of freedom motion, roll damping and the restoring moment contain strong nonlinear components. The fluid damping in roll motion, also known as roll damping, holds an important role as it governs the magnitudes of wave-induced impacts. Accurately estimating the numerical values of roll damping presents a challenge due to its complex nature. While damping derived from diffraction and radiation theory suffices in defining surge, sway, heave, pitch, and yaw movements of the structure, it lacks adequacy in representing the modeling of roll damping. Roll damping is difficult to predict due to its nonlinear characteristics, arising from viscous effects. Furthermore, the characteristics of roll damping are influenced by factors such as the ship's forward speed, oscillation frequency, and initial roll angle.

Bilge Keels, the first designs of which were developed by William Froude (Sir A. Wescott, 1955), contributed to damping as passive stabilizers in roll motion. Following Froude's research on roll damping, the Japanese researchers have extensively studied ship roll damping and published several papers in which they predicted damping results. In the late 1970s, researchers such as Ikeda, Himeno, and Tanaka from Osaka Prefecture University in Japan published several studies. These studies not only summarized the findings of other researchers but also introduced a fundamentally novel and practical estimation technique for roll damping (Falzarano and Somayajula, 2015). According to their works, roll damping consisted of various components, including skin friction damping, eddy damping, bilge keel damping, lift damping, and wave damping. This sub-partitioning was introduced by these researchers and simplifies the estimation of numerical values. Each component contributed differently to the overall damping, and their interactions with roll damping were complex and complicated in terms of its prediction. Ikeda et al. (1978a) neglected the inter-component interaction and other degrees of freedom of roll. They also separated roll from other degrees of freedom. Ikeda et al. (1978b) also introduced a computer program developed to calculate the roll-damping coefficient, as described in an article published in Japanese language. However, some of the significant papers of them were translated into English by the Ikeda group (Falzarano and Somayajula, 2015).

Due to the detailed and comprehensive approach of the Japanese researchers, a substantial amount of work and experimentation has been conducted. Most of these experiments were implemented for 2-Dimensional shapes. The results of 3-dimensional shapes are currently under discussion (S. Chakrabarti, 2001). As a result of many experiments on the numerical values of the damping components, empirical formulas have been developed for estimations. Notably, Ikeda et al. have conducted comprehensive studies in this area. Schmitke (1978) investigated new methods to predict roll and also sway and yaw at about the same time as Japanese researchers and his method used some of the earlier their references. Himeno (1981) has analyzed roll damping through experimental investigations, focusing on the effects of different factors. This report contains computer programs to predict ship roll motion. The first computer program focuses on the ship and bilge keel, while the second program includes a more comprehensive component inspection approach. A large number of papers have been published and several computer programs have been released that fundamentally cited these comprehensive reports. For example, Chakrabarti (2001) and Falzarano and Somayajula

(2015) examined the damping components at zero speed and forward speed, taking references from Himeno (1981), Ikeda (1978a, 1978b) and Schmitke (1978).

The present paper aims to investigate roll damping by drawing references from Himeno (1981) and creating a computer program where roll damping becomes a function of wave frequency, initial roll angle, and the ship's forward speed. In the study of Olmez and Cakici (2022), they aimed to develop a ship motion program including roll motion calculation in waves but their calculations were limited because they used Ikeda's simplified code (Ikeda et al. (1978b) in which wave frequency and the ship's forward speed on roll damping are neglected. Therefore, the present report aims to contribute to the YTU DEEP ship motion program with a more accurate calculation of roll damping. In other expressions, the report aims to code the state-of-the-art empirical method of Himeno and examine the damping characteristics on the roll motion of a ship.

## 2. Mathematical Model for Roll Motion

The roll motion equation, which mathematically describes the ship's roll motion, contains external effects and stability considerations. Based on Newton's second law, this equation consists of roll moment, inertia, and damping. The roll motion equation is expressed in a single degree of differential equation, unlike other degrees of motion of ships, barges, and semisubmersibles, and cannot be well defined linearly because of nonlinear damping and restoring. The equation of motion in a roll may be expressed as:

$$I\ddot{\varphi} + B(\dot{\varphi}) + C(\varphi) = M\cos(\omega t) \quad (1)$$

Here,  $\varphi$  is defined as angular roll motion, dots represent time derivatives,  $I$  is the total moment of inertia in roll,  $M$  is the wave exciting moment,  $\omega$  is the wave frequency and  $t$  is time. The damping coefficient,  $B$ , and the restoring coefficient,  $C$  are nonlinear coefficients. The nonlinearity is expressed as a polynomial. The damping term,  $B$  may be expressed by:

$$B(\dot{\varphi}) = B_1\dot{\varphi} + B_3\dot{\varphi}^3 \quad (2)$$

Where the first term, damping is linear in Equation 2, the second term is expressed as quadratic damping and the third term is cubic damping. Total damping is roughly estimated as an equivalent linear damping:

$$B(\dot{\varphi}) = B_{eq}\dot{\varphi} \quad (3)$$

The roll equation is linearized with the nonlinear term obtained by applying the Fourier transform (Himeno (1981)).  $B_{eq}$  is described as an equivalent damping coefficient. Nonlinear coefficients are shown as:

$$B_{eq} = B_1 + \frac{3}{4}B_3(\omega R_0)^2 \quad (4)$$

where  $R_0$  is the amplitude of roll motion and  $\omega$  is the wave frequency. The empirical method gives  $B_{eq}$ . This equivalent damping is the function of the initial roll angle. Therefore, to obtain  $B_1$  and  $B_3$  given in

equation 2, a simple mathematical trick should be applied as suggested by the related IMO (2016) document. This procedure is also given at the beginning of Section 5.

### 3. Roll Damping Formulation

The components that contribute to roll damping are expressed below (Himeno, 1981). Total equivalent damping is the sum of the following components:

$$B_{eq} = B_F + B_E + B_W + B_L + B_{BK} \quad (5)$$

in which  $B_F$ : hull skin friction damping,  $B_E$ : hull eddy shedding damping,  $B_W$ : free surface wave damping,  $B_L$ : lift damping, and  $B_{BK}$ : bilge keel damping.

#### 3.1 Skin Friction

When the ship moves, the friction force that occurs on the surfaces in contact with the water slows the ship's movement and causes energy loss. Skin friction damping creates a resistance to roll motion. It depends on the wetted surface area, the frequency of the wave, the viscosity of the water, the amplitude of the roll motion, and the effective bilge keel radius. For zero speed ( $U=0$ ) in a laminar flow field, Kato (1965) gives the friction coefficient as:

$$B_{f0} = \frac{4}{3\pi} \rho S r_e^3 R_0 \omega C_f \quad (6)$$

in which the friction coefficient  $C_f$  is given by:

$$C_f = 1.328 \left[ \frac{2\pi\nu}{3.22r_e^2 R_0^2 \omega} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

The effective bilge radius is computed from:

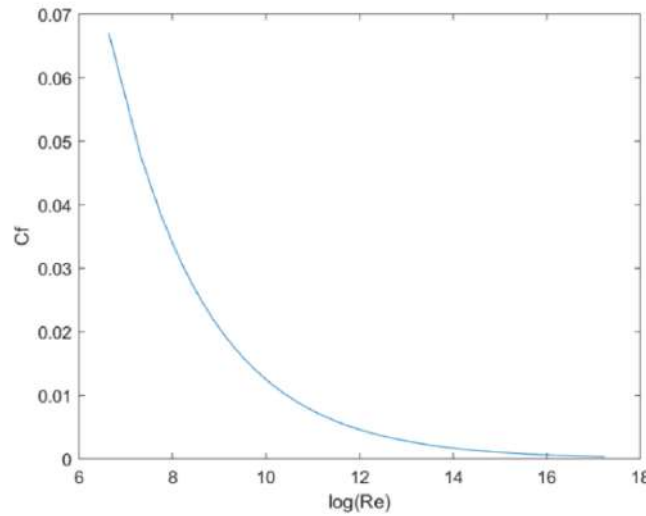
$$r_e = \frac{1}{\pi} \left[ (0.887 + 0.145C_B) \frac{S}{L} - 2OG \right] \quad (8)$$

where  $\rho$ : water density,  $\nu$ : kinematic viscosity of water,  $\omega$ : wave frequency,  $B$ : beam,  $D$ : draft,  $L$ : lateral dimension of the ship,  $CB$ : block coefficient of the ship,  $R_0$ : the amplitude of roll motion (in radians), and  $U$ : forward speed (or steady current speed).  $OG$  is the vertical distance from the origin  $O$  (still water level) to the roll axis,  $G$ , which is measured positively downward ( $OG=D-KG$ ). The ship's wetted surface area,  $S$  is calculated approximately as:

$$S = L(1.7D + C_B B) \quad (9)$$

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} \quad (10)$$

It should be noted that the skin friction coefficient is a function of the Reynolds number.



**Figure 1.** Skin friction vs. Reynolds number

As seen in Figure 1, skin friction vs. Reynolds number relate to each other. The presence of an effective bilge keel radius changes the value of skin friction. In addition, as the speed of the ship increases, more friction force will be created, so skin friction damping also changes. Since ship models are small-scale, they are experienced by laminar flow. Full-scale ships are affected by a turbulent flow due to the high Reynolds number. Therefore, an arrangement for turbulent flow is required. The equation in which turbulent flow is taken into account is as follows:

$$B_{f0} = 0.787\rho S r_e^2 \sqrt{\omega\nu} \left\{ 1 + 0.00814 \left( \frac{r_e^2 R_0^2 \omega}{\nu} \right)^{0.386} \right\} \quad (11)$$

The first term of the above expression is linear and is independent of roll amplitude. The second term indicates that the skin friction damping of the ship in turbulent flow is nonlinear. It is noted that the roll angle might change from 0° to 20°. Skin friction gradually and consistently increases as the roll angle changes. It is also expected to change in the non-zero Froude number:

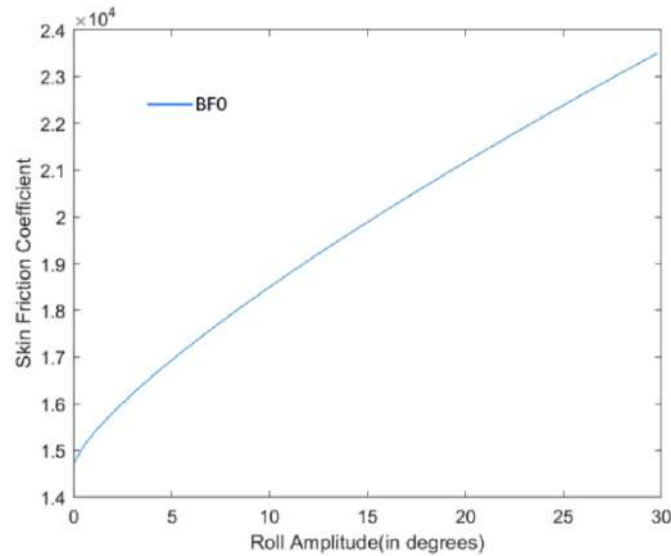
$$F_n = U/\sqrt{gL} \quad (12)$$

Where g is the gravitational acceleration. U, Schmitke (1978) merged the relationship between the above formula and speed for non-zero forward speed:

$$B_f = B_{f0} \left( 1 + 4.1 \frac{U}{\omega L} \right) \quad (13)$$

The coefficient 4.1 given in Equation 13 was found as a result of experiments with a spheroid object. During the experiments, data were collected by measuring the speed, direction of movement, and other parameters of the spheroid. Furthermore, skin friction damping estimates were made by computational methods. It is shown that skin friction increases slightly with the contribution of speed in the formulation. For ships, this formula can be used in case of currents or waves. While the results are expected to increase due to the scale effect, this formula is applicable for a full-scale ship as the contribution of skin friction to damping is very small. Figure 2 shows BFO vs. initial roll amplitude.





**Figure 2.** Roll Amplitude and Skin Friction Coefficient Graph

**Remark 1.** In the new version of the YTU DEEP Ship motion program, Equation 11 and Equation 13 will be used for the skin friction-damping component. On the other hand, In the old version of the YTU DEEP Ship motion program Equation 6 was used for skin friction damping component and the effects of the forward speed are ignored.

### 3.2 Eddy Making

Eddy making is the damping component caused by the eddies that form around the ship during its circular roll motion. An eddy refers to the rotational motion arising due to the fluid's movement while in motion. Especially in high-velocity flows or in sections of the ship near the bow, stern and in areas such as those close to the bilge keel, eddies form, causing a disturbance in the flow. The interaction between eddies and waves emerges due to the ship's forward speed, resulting in energy loss and a decrease in the ship's forward speed. In this study, Ikeda's Formulas are used for the calculation. Equivalent to this formulation:

$$C_p = 0.5[0.87 \exp(-\gamma) - 4 \exp(-0.187\gamma) + 3] \quad (14)$$

The velocity increment ratio:

$$\gamma = \frac{\sqrt{\pi f_3}}{2[D - OG]\sqrt{H_0'\sigma'}} \left[ r_{max} + \frac{2M}{H_1} \sqrt{A_1^2 + B_1^2} \right] \quad (15)$$

where:

$$H_1 = 1 + a_1^2 + 9a_3^2 + 2a_1(1 - 3a_3) \cos 2\psi - 6a_3 \cos 4\psi \quad (16)$$

$$A_1 = -2a_3 \cos 5\psi + a_1(1 - a_3) \cos 3\psi - \{(6 - 3a_1)a_3^2 + a_1(a_1 - 3)a_3 + a_1^2\} \cos \psi \quad (17)$$

$$B_1 = -2a_3 \sin 5\psi + a_1(1 - a_3) \sin 3\psi - \{(6 + 3a_1)a_3^2 + a_1(a_1 + 3)a_2 + a_1^2\} \sin \psi \quad (18)$$

$$M = \frac{B}{2(1 + a_1 + a_3)} \quad (19)$$

and

$$C_R = \left[ \frac{r_{max}}{D} \right]^2 \left[ 1 - f_1 \frac{R_b}{D} \right] \left[ 1 - \frac{OG}{D} - f_1 \frac{R_b}{D} \right] + f_2 \left[ H_0 - f_1 \frac{R_b}{D} \right]^2 \quad (20)$$

in which  $C_R$  is computed at incremental ship station. The quantities  $R_b$ : bilge radius,  $OG$ : distance (positive downward) from  $O$  to  $G$ ,  $H_0$ : half the beam-draft ratio at different stations of the ship (a variable depending on the shape of the ship):

$$\sigma = \frac{A_x}{B_x D_x} \quad (21)$$

$$0.9 \leq \sigma \leq 1.0$$

$$H_0 = \frac{B}{2D} \quad (22)$$

and

$$H'_0 = \frac{H_0 D}{D - OG} \quad (23)$$

and

$$\sigma' = \frac{\sigma D - OG}{D - OG} \quad (24)$$

and

$$R_b = 2d \sqrt{\frac{H_0(\sigma - 1)}{\pi - 4}} \quad \text{for } R < D, R < B/2 \quad (25)$$

$$R_b = D \quad \text{for } H_0 \geq 1, R/D > B/2 \quad (26)$$

$$R_b = B/2 \quad \text{for } H_0 < 1, R/D > H_0 \quad (27)$$

where  $s$ : area coefficient at a cross-section along the hull ( $\sigma_x = \text{area}/(B_x D_x)$ ).

The terms  $f_1$ ,  $f_2$  and  $f_3$  are as follows:

$$f_1 = 0.5[1 + \tanh\{20(\sigma - 0.7)\}] \quad (28)$$

$$f_2 = 0.5[1 - \cos \pi \sigma] - 1.5[1 - \exp\{-5(1 - \sigma)\}] \sin^2 \pi \sigma \quad (29)$$

$$f_3 = 1 + 4 \exp\{-1.65 \times 10^5 (1 - \sigma)^2\} \quad (30)$$

$$r_{max} = M[\{(1 + a_1)\sin\psi - a_3 \sin 3\psi\}^2 + \{(1 - a_1)\cos\psi + a_3 \cos 3\psi\}^2]^{1/2} \quad (31)$$

$$\psi = \frac{1}{2} \cos^{-1} \frac{a_1(1 + a_3)}{4a_3} \quad (32)$$

$a_1$  and  $a_3$  are Lewis form constants corresponding to the shape of the cylinder. For a 3-dimensional ship, the above coefficients are integrated with the length of the ship. The above formulation has been modified by Ikeda (1984) as there will be variations in the numerical result of the effect of sharp corners on a barge. Since the corners are sharp, they are independent of the bilge radius:

$$B_{e0} = \frac{2}{\pi} \rho L D^4 (H_0^2 + 1 - OG/D) [H_0^2 + (1 - OG/D)^2] R_0 \omega \quad (33)$$

The barge with sharp corners is more suitable for this formula. However, it is noteworthy that the formulation is a linear function of roll amplitude and wave frequency. Ikeda et al. (1978a,b) combined a coefficient that is a function of forward speed with the eddy-making damping coefficient:

$$B_e = B_{e0} \left[ \frac{(0.04\omega L/U)^2}{1 + (0.04\omega L/U)^2} \right] \quad (34)$$

Ikeda et al. (1978a, b) combined a coefficient that is a function of forward speed with the eddy-making damping coefficient. It should be noted that the eddy-making damping coefficient decreases in the presence of forward speed.

**Remark 2.** It is very important to underline that the all formulations explained above are only valid for  $\sigma$  greater than 0.90. Therefore, the calculations are done for the mid-ship section and then integrated over the length of the ship in the new version of the YTU DEEP Ship motion program.

**Remark 3.** In some papers in the literature (for example, Chakrabarti (2001)),  $a_1$  and  $a_3$  coefficients were defined as roll decay extinction coefficients due to the lack of information in Himeno's original Japanese report (1981). However, as Falzarano and Somayajula (2015) underlined, these coefficients come from the geometry of the hull with the implementation of conformal mapping.

### 3.3. Lift Damping

Lifting damping occurs as a result of a lifting moment similar to the lift force in the forward speed movement of the ship. Ikeda et al. (1978 a,b) lifting damping explained as:

$$B_L = \frac{0.15}{2} \rho U L D^3 k_N \left[ 1 - 2.8 \frac{OG}{D} + 4.667 \left( \frac{OG}{D} \right)^2 \right] \quad (35)$$

where the slope constant of the lift coefficient:

$$k_N = 2\pi \frac{D}{L} + \kappa \left( 4.1 \frac{B}{L} - 0.045 \right) \quad (36)$$

and

$$\kappa = 0, \quad \text{for } \sigma < \sigma = 0.92 \quad (37)$$

$$\kappa = 0.1, \quad \text{for } 0.92 < \sigma < \sigma = 0.97 \quad (38)$$

$$\kappa = 0.3, \quad \text{for } 0.97 < \sigma < \sigma = 0.99 \quad (39)$$

It is noteworthy that the lift damping is linear.  $\sigma$  is the midsection coefficient. In the case of zero speed ( $U=0$ ), lift damping will not occur. Lift damping is independent of the frequency of the wave. The most important part is that the contribution of the lift to the total damping is very high with forward speed increase.

### 3.4. Wave Damping

Wave damping, a function of wave parameters, results from free surface waves. The diffraction/radiation theory is used to examine the hydrodynamic behavior of the ship under the influence of waves. Thus, the wave forces and interaction with the wave surface of the ship are calculated. It is commonly known as radiation-damping  $B_{w0}$ . Wave damping is a function of forward velocity and wave frequency. The presence of forward velocity changes wave damping. A formulation for damping has been derived for a plate by introducing a pair of dummies at the two longitudinal ends (Ikeda et al., 1978a). Wave attenuation at forward velocity is shown as:

$$B_w = B_{w0} \frac{1}{2} \{ [(A_2 + 1) + (A_2 - 1) \tanh(20(\tau - 0.3))] + (2A_1 - A_2 - 1) \exp(-150(\tau - 0.25)^2) \} \quad (40)$$

and

$$A_1 = 1 + \xi_d^{-1.2} \exp(-2\xi_d) \quad (41)$$

$$A_2 = 0.5 + \xi_d^{-1.0} \exp(-2\xi_d) \quad (42)$$

$$\xi_d = \omega^2 d / g \quad (43)$$

$$\tau = U\omega / g \quad (44)$$

$B_{w0}$  is calculated according to diffraction theory and its formulation is well published in the simplified Ikeda's code (Ikeda, 1978b). It should be considered that the damping coefficient is maximum at  $\tau=1/4$  and approaches a constant value at large values. This equation can be applied to ships under the effect of slow drift motion with high frequency.

**Remark 4.** In the old version of the YTU DEEP Ship motion program,  $B_{w0}$  was used for wave damping. In the new version of the YTU DEEP Ship motion program,  $B_w$  is used that way the forward speed effects on wave damping are added.

### 3.5. Bilge-keel Damping

Bilge keels generate dynamic interactions on contact with the free surface. Thanks to these interactions, damping occurs, which is a soothing force. Bilge keels are the most efficient way to increase damping, thereby reducing the ship's roll motion (Boston, 1972). In this way, the ship becomes more stable. The bilge keel on the ship consists of a normal force on the keel and the pressure variations on the hull surface caused by the bilge keel. These components show the effects of bilge keels between the hull surface and the waves.

The new expression, which is derived from experiments, was published by Ikeda et al (1978a). In addition, the effect of the wave is neglected. The new expression, which is obtained by the effects of normal force and pressure force, is shown as:

$$B_{BK} = B_{BKN} + B_{BKH} \quad (45)$$

The normal force component per unit length is written as:

$$B_{BKN} = \frac{8}{3\pi} \rho r_{cb}^3 b_{BK} \omega R_0 f^2 C_D \quad (46)$$

In terms of an equivalent drag coefficient:

$$C_D = 22.5 \frac{b_{BK}}{\pi r_{cb} R_0 f} + 2.4 \quad (47)$$

where  $b_{BK}$ : is the width of the bilge keel and  $f$  is the correction factor for the bilge keel, considering the increase in flow speed:

$$f = 1 + 0.3 \exp\{-160(1 - \sigma)\} \quad (48)$$

The expression is obtained by the pressure measurement due to the presence of Bilge Keel as follows:

$$B_{BKH} = \frac{4}{3\pi} \rho r_{cb}^2 D^2 \omega R_0 f^2 \left\{ - \left( -22.5 \frac{b_{BK}}{\pi r_{cb} R_0 f} - 1.2 \right) A_2 + 1.2 B_2 \right\} \quad (49)$$

where:

$$A_2 = (m_3 + m_4)m_8 - m_7^2 \quad (50)$$

$$B_2 = \frac{m_4^3}{3(H_0 - 0.215m_1)} + \frac{(1 - m_1)^2(2m_3 - m_2)}{6(1 - 0.215m_1)} + (m_3m_5 + m_4m_6)m_1 \quad (51)$$

$$m_1 = \frac{R_b}{D}; \quad m_2 = \frac{OG}{D}; \quad m_3 = 1 - m_1 - m_2; \quad m_4 = H_0 - m_1 \quad (52)$$

$$m_5 = \frac{0.414H_0 + 0.0651m_1^2 - (0.382H_0 + 0.0106)m_1}{(H_0 - 0.215m_1)(1 - 0.215m_1)} \quad (53)$$

$$m_6 = \frac{0.414H_0 + 0.0651m_1^2 - (0.382 + 0.0106H_0)m_1}{(H_0 - 0.215m_1)(1 - 0.215m_1)} \quad (54)$$

$$m_7 = S_0/D - 0.25\pi m_1 \quad \text{for } S_0 > 0.25\pi R_b \quad (55)$$

$$m_7 = 0 \quad \text{otherwise} \quad (56)$$

$$m_8 = m_7 + 0.414m_1 \quad \text{for } S_0 > 0.25\pi R_b \quad (57)$$

where

$$S_0 = 0.3\pi f r_{cb} R_0 + 1.95b_{BK} \quad (58)$$

The bilge-circle radius,  $R_b$  and the mean distance,  $r_{cb}$  from the roll axis to the bilge keel is given by:

$$R_b = 2D \sqrt{\frac{H_0(\sigma - 1)}{\pi - 4}} \quad \text{for } R_b < D, R_b < B/2 \quad (59)$$

$$R_b = D \quad \text{for } H_0 \geq 1, R/D > 1 \quad (60)$$

$$R_b = B/2 \quad \text{for } H_0 \leq 1, R/D > H_0 \quad (61)$$

$$r_{cb} = D \left[ \left\{ H_0 - \frac{0.293R_b}{D} \right\}^2 + \left\{ 1 - \frac{OG}{D} - \frac{0.293R_b}{D} \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (62)$$

**Remark 5.**  $B_{BKN}$  and  $B_{BKH}$  are calculated for the midship section. In order to obtain the overall bilge keel damping, this value should be multiplied by the bilge keel length.

#### 4. Damping Evaluation for a Container Ship

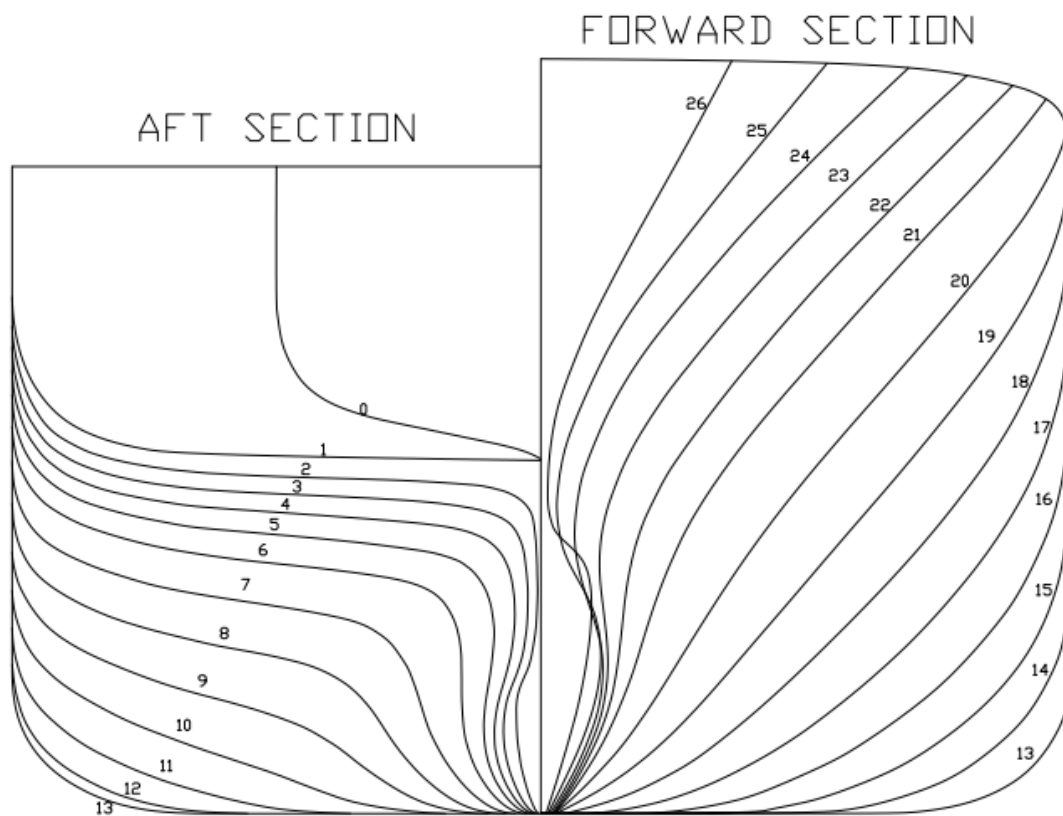
The coding including the above formulations has been implemented and the evaluation of damping is obtained for a container ship's form in this report. The parameters of the sample vessel with bilge keel (a container ship) are given in Table 1.

**Table 1.** Parameters of sample container ship

L	262 m
B	40 m
T	12 m
$C_b$	0.576
$\Delta$	73,348 t
GMt	2.8 m
LBK	72 m
BBK	0.4 m
KG	17.51 m
$\sigma (C_M)$	0.957



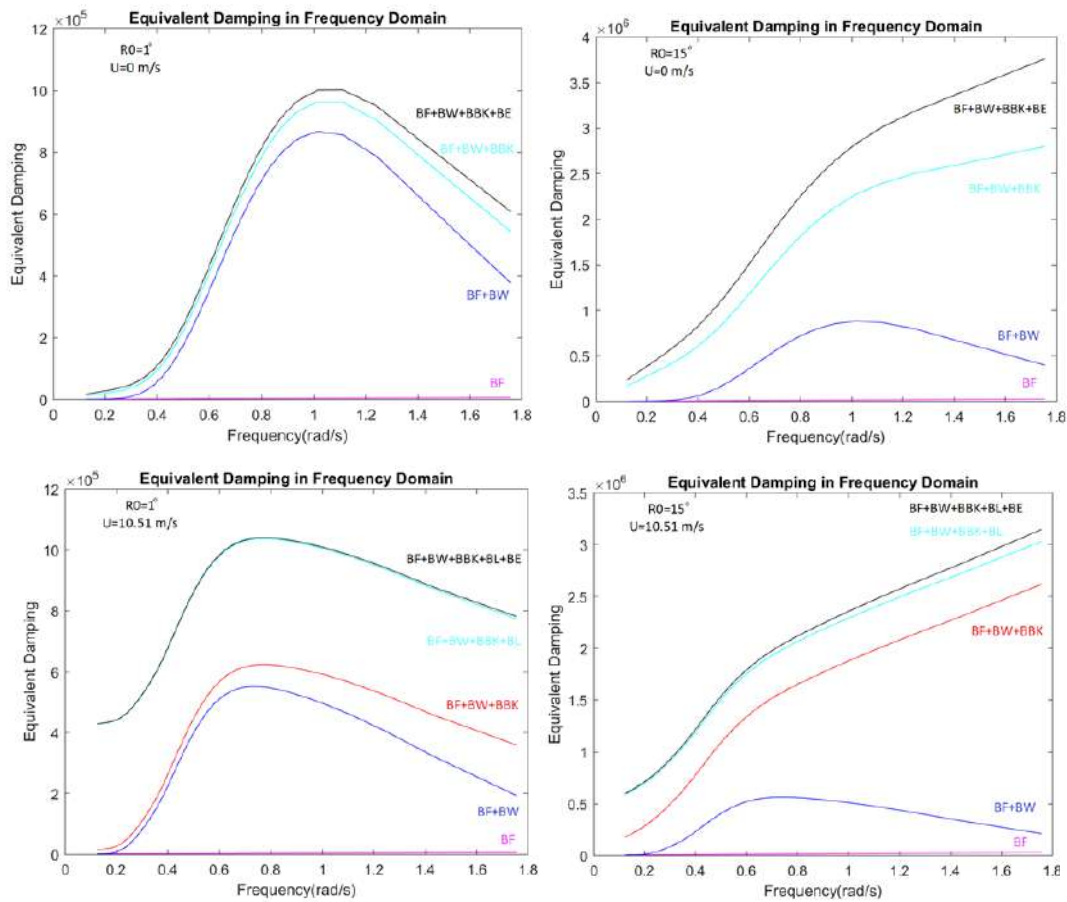
In Table 1,  $L$  is the length between perpendiculars,  $B$  is the moulded breath,  $T$  is the moulded draught,  $C_B$  is the block coefficient,  $\Delta$  is the weight,  $GML$  is the transversal metacenter height,  $KG$  is the vertical center of gravity and finally  $\sigma$  is midship area coefficient of the ship.  $LBK$  is the bilge keel length, and  $BBK$  is the bilge keel breath. 2D sections of the sample container ship are given in Figure 3.



**Figure 3.** 2D Sections of the Sample Container Ship

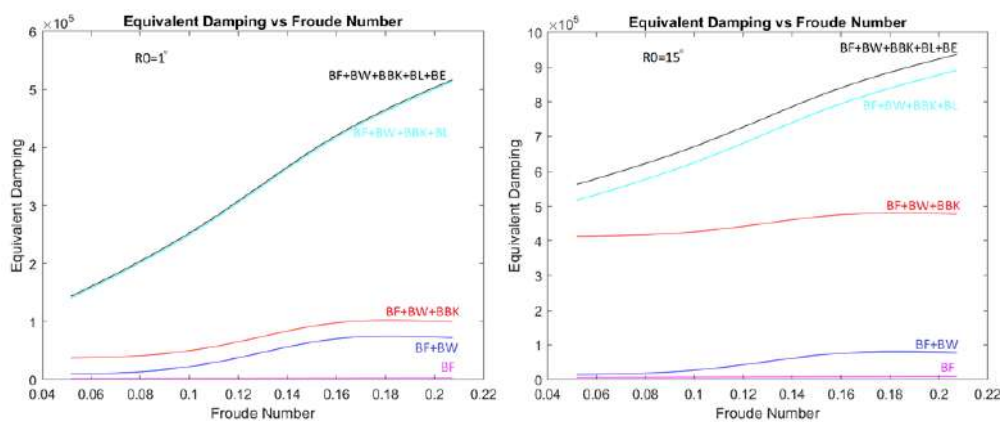
The results of the studies were evaluated on the sample vessel. It is underlined that the roll damping might remarkably depend on the initial roll angle, the wave frequency, and the forward speed of the ship. Therefore, the portion of these three effects could be very important considering the investigated case. For example, the damping characteristics at low wave frequencies differ from the characteristics at high frequencies. In the same way, zero forward speed and non-zero forward speed conditions would be quite different when evaluating the roll damping. Therefore, the properties of the ship's forward speed, wave frequency, and roll amplitude would directly affect the roll motion characteristics. The coefficients in these empirical formulas (Himeno, 1981), which depend on the ship's form, were obtained. These formulas are coded using a MATLAB program.

The sum of the linear and nonlinear components gives equivalent damping. The sum of these components has been studied at different initial roll amplitudes and ship's forward speeds. Figure 4 shows the  $B_{eq}$  vs. wave frequency with different proportions of damping components at different ship speeds and initial roll angles.



**Figure 4.** Equivalent Damping vs Wave Frequency

Based on the graphs, the following conclusions can be reached; In cases where the speed is zero, it has been observed that the lift damping is zero, but the other components have low or high contributions. In addition, one can observe that equivalent damping increases as the roll amplitude increases for these cases.



**Figure 5.** Equivalent Damping vs Froude Number

The result obtained from Figure 5, the equivalent damping graphs examined according to the speed (Froude Number) is as follows; as the initial roll angle and the forward speed increase, the equivalent damping increases. It is noted that the natural frequency is considered in Figure 5.

#### 4.1 Evaluation of Effect With and Without Bilge Keel

In this section, the effect of the presence of bilge keels on damping is examined.

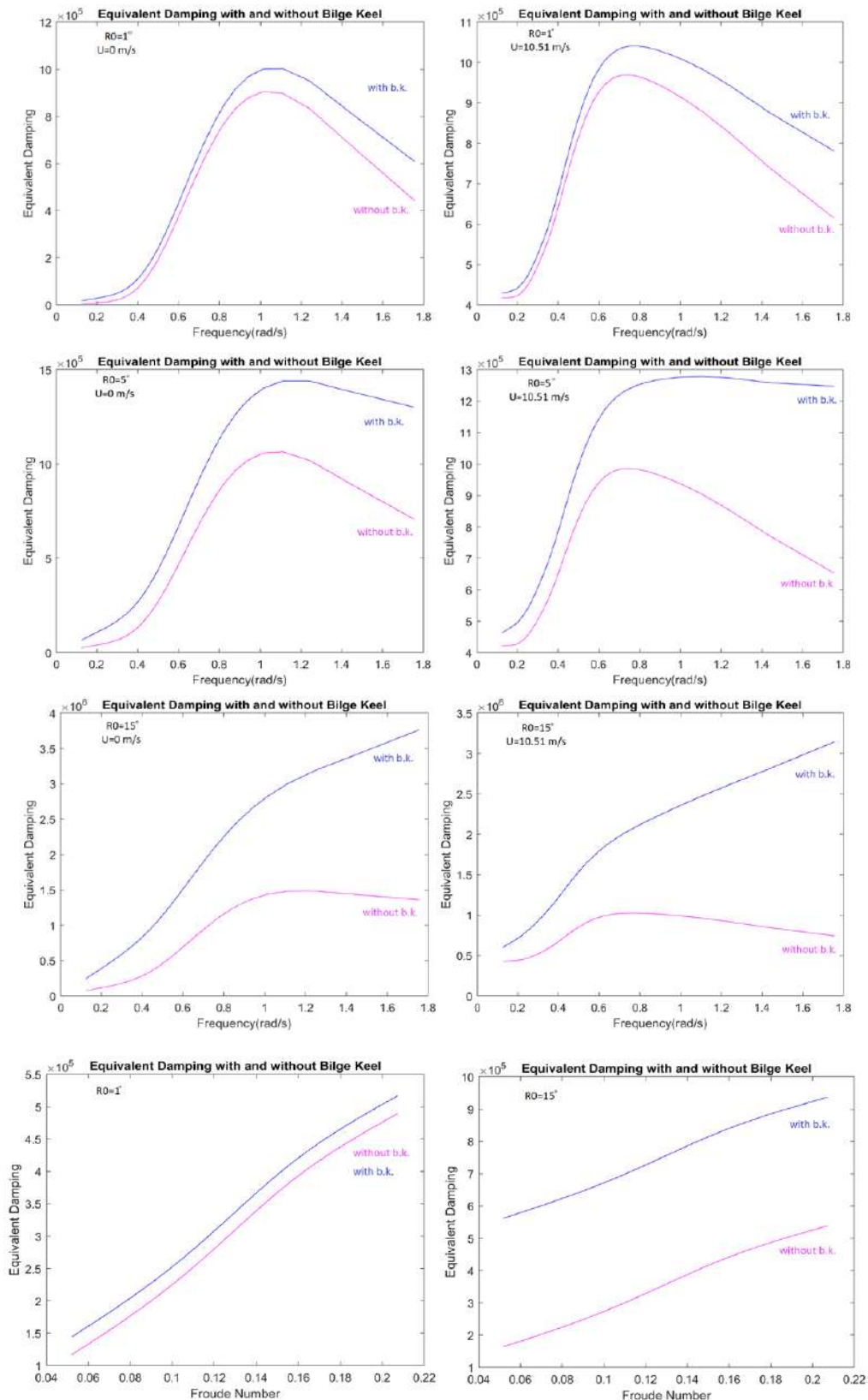
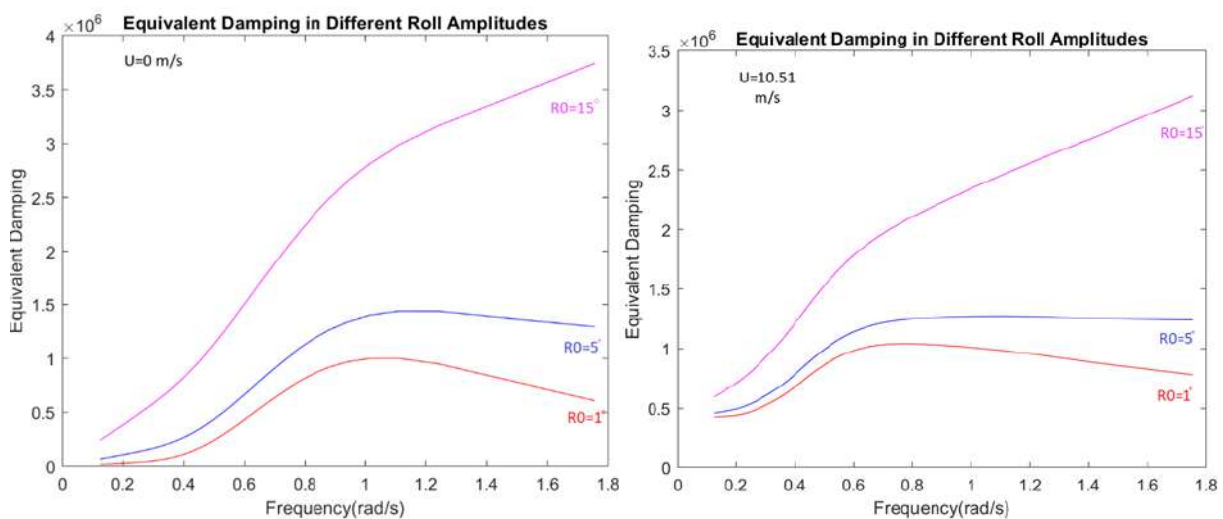


Figure 6. Equivalent Damping with/without bilge keel

Observing the graphs above shows that the presence of the bilge keel makes a significant contribution to the damping in the case of zero forward speed ( $U=0$ ). In addition, it has been observed that the increase in Roll Amplitude at  $U=0$  contributes to almost three times the equivalent damping of the bilge keels. The presence of bilge keel was also investigated with the increase of speed and roll amplitude, and it was observed that equivalent damping increased as roll amplitude increased. However, it should be taken into account that some components decrease as the forward speed increases, so how much the bilge keel contributes to equivalent damping cannot be obtained from these graphs. From the graphs given in Figure 6, one can observe that the increase in speed at the ship's natural frequency, coupled with the presence of a bilge keel, leads to an increase in equivalent damping.

#### 4.2 Evaluation of Effect of Forward Speed on Roll Damping

The responses of the components to the ship's forward speed change are different. For example, in different cases, damping may even decrease as forward speed increases. As the roll amplitude increases, the ship's damping at zero speed is examined in Figure 7. At very low initial roll angles, damping increases at most frequencies as the forward speed increases.



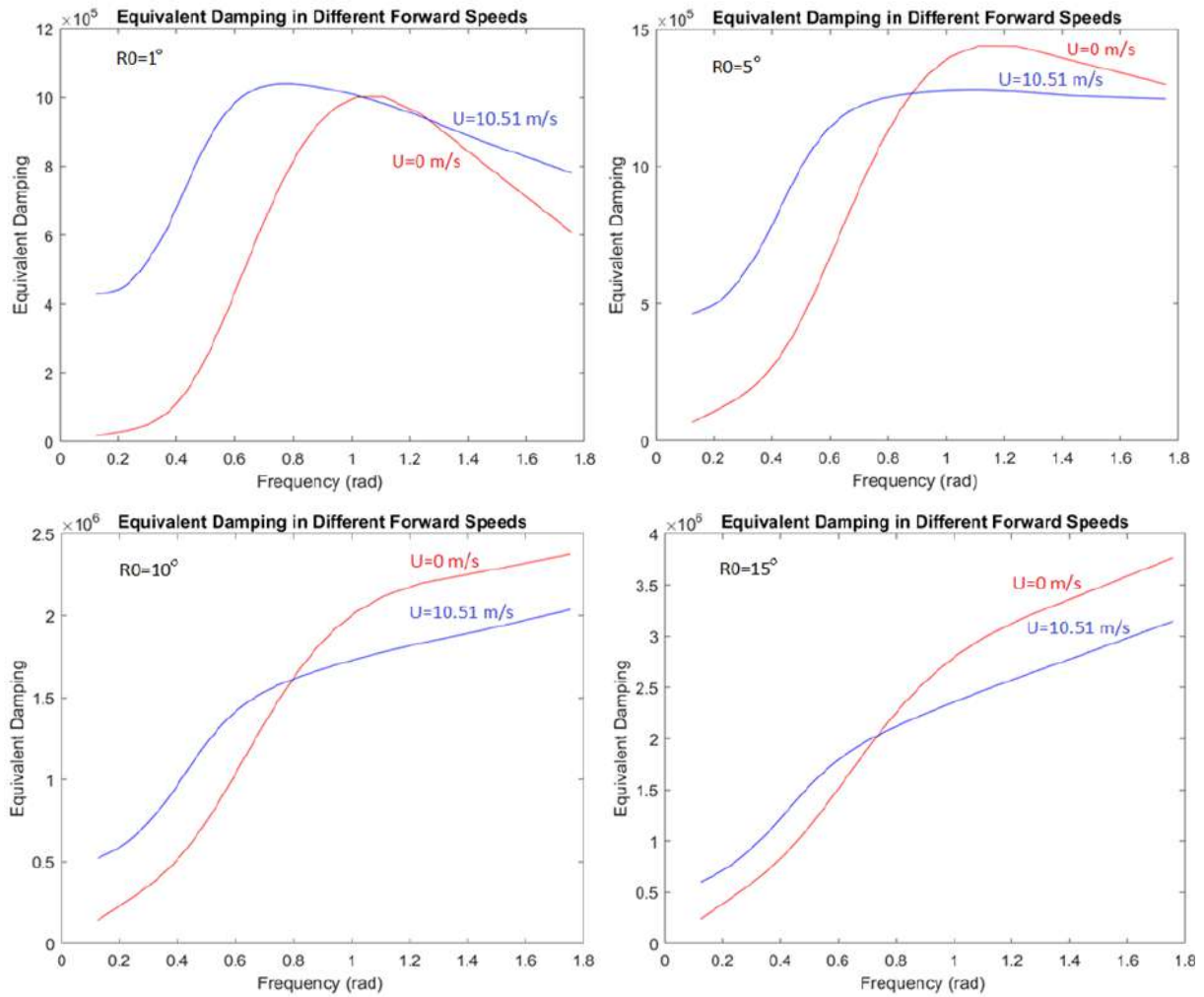
**Figure 7.** Equivalent Damping in Different Forward Speeds with Different Amplitudes

#### 4.3 Evaluation of Effects Initial Roll Amplitudes

The change in the initial roll amplitude also affects the equivalent damping. As can be seen from Figure 8, increasing the forward speed also increased the damping at low frequencies, and increasing the initial roll angle increased the damping at the entire frequency region.

### 5. Frequency Domain Roll Motion Calculations

For Frequency Domain analyses, linear damping is calculated. Himeno's empirical method gives the equivalent damping and it is the function of the initial roll angle. Therefore, to obtain  $B_1$  and  $B_3$  separately, a simple mathematical assumption is applied as suggested by the related the annex in IMO document (2016). The details are given in Section 5.1.



**Figure 8.** Equivalent Damping for different Initial Roll Amplitudes

### 5.1 Linear and Cubic Coefficient

The roll motion in calm water can be modeled as follows:

$$I\ddot{\varphi} + B(\varphi) + C(\varphi) = 0 \quad (63)$$

where the right-hand side vector is zero since it is calm water.

If the equivalent linear damping coefficient is introduced instead of nonlinear B, and linear restoring is used, the following equation is obtained:

$$I\ddot{\varphi} + B_{eq}\dot{\varphi} + \Delta gGMt\varphi = 0 \quad (64)$$

then,

$$\ddot{\varphi} + 2\alpha + \omega_{\varphi}^2\varphi = 0 \quad (65)$$

where:

$$2\alpha = \frac{B_{eq}}{I}$$

$$\omega_{\varphi} = \sqrt{\frac{\Delta g GM t}{I}}$$

On the other hand, the solution of equation (63) is given by and the extinction curve is given by:

$$\varphi = \varphi_0 e^{-\alpha t} \cos(\omega_{\varphi} t - \varepsilon)$$

and the extinction curve is given by:

$$\Delta\varphi = a\varphi_m + c\varphi_m^3 = (a + c\varphi_m^2)\varphi_m \quad (66)$$

where:

$\Delta\varphi$  : decrement of roll decay tests (radians); and

$\varphi_m$  : mean swing angle of roll decay test (radians).

Thus,

$$a_e = \frac{\alpha T_{\varphi}}{2} = \frac{\alpha \pi}{\omega_{\varphi}} = \frac{B_{eq} \pi}{2I \omega_{\varphi}} \quad (67)$$

Using the above relationship, a procedure to determine linear and cubic damping coefficients is as follows:

1. First,  $B_{eq}$  is obtained with the roll amplitude,  $\varphi_a$ , of 1 degree using Himeno's method. Using equation (67) and assuming  $a = a_e$ , the value of  $a$  is obtained
2. Then,  $B_{eq}$  is obtained with the roll amplitude of 25 degrees using Ikeda's simplified method. Using equation (67), the value  $a_e$  is obtained.
3. Then,  $c$  is determined with the following equation, and the value of  $a$  determined in step 1:

$$a_e = (a + c\varphi_m^2) \quad (68)$$

where  $\varphi_m$  corresponds to 25 degrees.

4. Using the well-known energy relationship, linear and cubic roll damping coefficients can be calculated as follows:

$$\alpha = \frac{\omega_{\varphi}}{\pi} a \quad (69)$$

$$\gamma = \frac{4c}{3\pi^2} \frac{2\pi}{\omega_{\varphi}} \quad (70)$$

Noted that  $B_1 = 2\alpha I$  and  $B_3 = \gamma I$ .



## 5.2 Low Steepness Approximation

The low slope approximation is generally used for roll motion calculations in regular waves. According to this approach, the wavelength by putting the ship into roll motion is considerably larger than the beam of the ship. so the frequency is assumed very small.

The roll motion equation in the time domain is given:

$$(I_{44} + A_{44})\ddot{\varphi}(t) + B_1\dot{\varphi}(t) + C_{44}\varphi(t) = M(t) \quad (71)$$

To solve this equation in the frequency domain:

$$\varphi(t) = \{Re\}|\varphi|e^{i\omega t + \beta t}$$

$$\dot{\varphi}(t) = i\omega\{Re\}|\varphi|e^{i\omega t + \beta t}$$

$$\ddot{\varphi}(t) = -\omega^2\{Re\}|\varphi|e^{i\omega t + \beta t}$$

$$M(t) = |M|e^{i\omega t + \beta t}$$

$\beta$  is the phase angle between the roll moment peak point and wave profile in the center of gravity, and  $\beta\eta$  shows the phase angle between the roll motion peak point and wave profile in the center of gravity:

$$(I_{44} + A_{44}) - \omega^2\{Re\}|\varphi|e^{i\omega t + \beta t} + B_1i\omega\{Re\}|\varphi|e^{i\omega t + \beta t} + C_{44}\{Re\}|\varphi|e^{i\omega t + \beta t} = |M|e^{i\omega t + \beta t}$$

In this condition,  $\omega$  goes to zero, therefore simplified equation can be written as:

$$C_{44}|\varphi|e^{i\omega t + \beta t} = |M|e^{i\omega t + \beta t}$$

The ship follows the linear motion wave amplitude. The roll motion occurs at the slope of the wave:

$$\beta = \beta_\eta, |\varphi| = Ak_\eta, \text{ and } C_{44}Ak_\eta = |M|$$

$A$  is the wave amplitude and  $k_\eta$  is the wave number. The inertia moment of roll motion,  $I_{44}$ , is expressed as:

$$I_{44} = \Delta k_{xx}^2 \text{ and } 0.35B < k_{xx} < 0.40B$$

where  $k_{xx}$  is the gyration radius for roll motion. The global added mass  $A_{44}$  and the hydrostatic restoring  $C_{44}$  coefficients for the roll motion are calculated as follows:

$$A_{44} = 0.30I_{44} \text{ and } C_{44} = g\Delta GM_t$$

where  $g$  is the gravity constant.

Frequency domain calculation in roll damping means analyzing roll motion in the frequency domain. Roll damping is studied at different frequencies to understand its properties and responses. In roll motion, how the ship responds to waves of different frequencies is measured by a function. This

function is the RAO (Response Amplitude Operator) graph. It represents the transfer function between the applied wave slope and the resulting response of the ship. RAO is considered a function of frequency that explains how the ship, which is exposed to different forces at different frequencies, will respond to roll motion. RAO values provide information about a ship's natural roll frequency, damping, and resonance behavior.

$$[A][z] = F \quad (72)$$

$[A]$  represents the coefficient matrix in the frequency domain.  $[z]$  is the matrix expressing the response motions of the roll.  $[F]$  is the matrix containing the excitation terms for the regular wave. The expressions in the  $[F]$  matrix are created by using low steepness wave approximation for roll motion. Note that  $B_1$  is the function of wave frequency.  $\omega_e$  is encounter frequency and it is a function of wave frequency, ship speed and route.

$$A = \begin{bmatrix} -(I_{44} + A_{44})\omega_e^2 + C_{44} & -B_1(\omega_e)\omega_e \\ B_1(\omega_e)\omega_e & -(I_{44} + A_{44})\omega_e^2 + C_{44} \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} \{Re\}M \\ \{Im\}M \end{bmatrix}$$

$$z = \begin{bmatrix} \{Re\}\varphi \\ \{Im\}\varphi \end{bmatrix}$$

$$z = (A)^{-1}F$$

$$z_4 = \sqrt{(\{Re\}\varphi)^2 + (\{Im\}\varphi)^2}$$

$$Roll\ RAO = \frac{z_4}{k_\eta A}$$

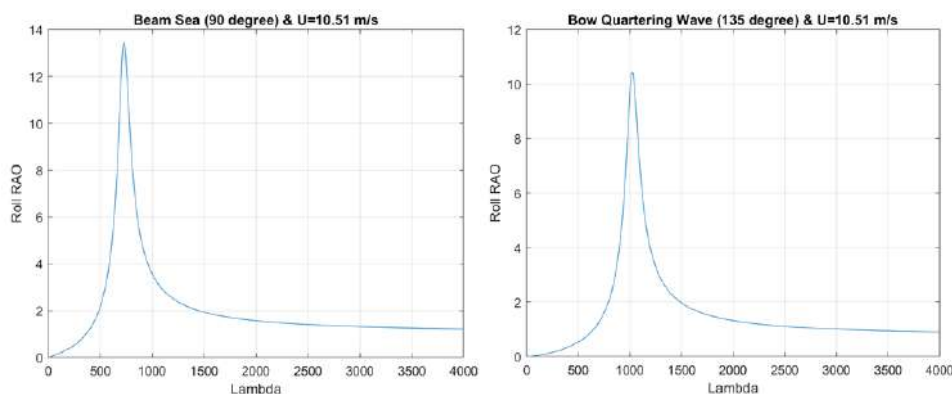


Figure 9. RAO Graph for Beam and Bow Quartering Wave in  $U=10.51$  m/s

By the solution of Equation (72) for different routes, Figure 9 is obtained. It is noted that  $\Lambda$  denotes the wavelength in Figure 9 and is computed as:

$$\Lambda = \frac{2\pi g}{\omega^2}$$

## 6. Conclusions

Based on the available data, various components have been identified as influential in the damping of a ship's roll motion. There are five primary components used to calculate the total damping. Therefore, experimental formulas have been developed to calculate the damping contributions of skin friction, eddy, lift, wave, and bilge keel. The *Skin friction*, which has a non-linear equation, is dependent of roll amplitude and emerges as a component dependent on the vessel's speed. On the other hand, *Eddy damping* has been observed to increase with an increase in roll amplitude under the same speed conditions, and, in this context, the forward speed of the vessel is of significant importance. The linear component, *Lift damping*, does not contribute to total damping when the velocity component is zero, but it generates a substantial damping force as the speed increases. *Wave damping*, calculated based on diffraction/radiation theory, is a component that, while not directly related to roll amplitude, creates damping forces that increase with higher speeds, even though with smaller contributions compared to other components. Especially in situations where the roll amplitude increases, *Bilge keel* has been observed to make a significant contribution to the total damping, providing up to 52% of the total damping. It is believed that these empirical formulas can also be applied to 3D vessels, although these formulas are based on the results of 2D model experiments. These experiments were conducted on a small scale, and it is expected that there may be a scale effect on the results.

As a result, the effects of roll amplitude, speed, and bilge keel on damping have been thoroughly examined. It is not possible to calculate the roll damping theoretically. Therefore, empirical formulas are still the most powerful estimation technique for roll damping. This paper aimed to develop the YTU DEEP ship motion program by adding the most detailed empirical approach that regarded the effects of the initial roll angle, the ship's forward speed, and wave frequency. A containership has been taken to show the outputs of the coding. Results showed that the increase in the initial roll amplitude at very low speeds has also increased the total damping, especially near to the natural frequency. According to simulation results, the increase in the forward speed of the ship and the increase in the initial roll amplitude in the low-frequency region caused the total damping to increase. Furthermore, the contribution rate of the bilge keel to the total damping varies based on the ship's speed and roll amplitude.

## Acknowledgements

This study is supported by project number 123M482 of the Scientific and Technological Research Council of Türkiye.

## References

- Sir Wescott, A., (1955). The papers of William Froude M.A., LL.D, F.R.S., A Memoir. The Institution of Naval Architects, 11-13.
- Ikeda, Y., Himeno, Y., Tanaka, N., (1978a). Components of roll damping of ship at forward speed. Report No.00404, Department of Naval Architecture, University of Osaka Prefecture, Osaka, Japan.
- Ikeda, Y., Himeno, Y., Tanaka, N., (1978b). A prediction method for ship roll damping. Report No. 00405, Department of Naval Architecture, University of Osaka Prefecture, Osaka, Japan.
- Chakrabarti, S., (2001). Empirical calculation of roll damping for ships and barges. Ocean Engineering, 28, 915–932.

Himeno, Y., (1981). Prediction of ship roll damping state of the art., Report No. 239, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, The University of Michigan, Ann Arbor, MI. September

Schmitke, R.T., (1978). Ship Sway, Roll, and Yaw Motions in Oblique Seas. Transactions Society of Naval Arch and Marine Eng., 86.

Kato, H., (1965). Effects of bilge keels on the rolling of ships. J. Society of Naval Architecture of Japan 117(in Japanese).

Falzarano, J.M, Somayajula, A. (2015). An Overview of the Prediction Methods for Roll Damping of Ships, Ocean Systems Engineering, 5, 55-76, DOI: 10.12989/ose.2015.5.2.055.

Olmez A., Cakici F., (2022). Theoretical manual of 'YTU DEEP' Ship motion program, 266,112451, Doi: 10.1016/j.oceaneng.2022.112451.

Submitted by Japan and Report of correspondence group part 2, IMO document (2016). Finalization Of Second Generation Intact Stability Criteria, SDC 4/5/1/Add.1 Annex 2, page 18.

# Tersane İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Performansının Değerlendirilmesi: Yalova Tersaneler Bölgesinde Bir Uygulama

Murat Yorulmaz<sup>1</sup>, Yeliz Çelik<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli, Türkiye

murat.yorulmaz@kocaeli.edu.tr<sup>1</sup>, 0000-0002-5736-9146 ; yelizakkaynak@gmail.com , 0000-0002-4766-8249<sup>2</sup>

## ÖZET

Deniz ticaretinin artmasıyla beraber ülkelere döviz girdisini sağlayan, istihdamı artıran ve teknolojiyi zorunlu kılan gemi inşa sanayi ülkeler için ön plana çıkmaktadır. Tersane sektörünün her geçen gün daha gelişmesi ve aktif çalışması istihdam sayılarının artışını da beraberinde getirmektedir. Tersanelerde daha çok personel çalışmakta bu sebeple insan hatasının oranı artmaktadır ve İSG ön plana çıkıp zorunlu hale gelmektedir. Bu kapsamda, çalışmanın amacı, tersane işletmelerinde İSG performansının değerlendirilmesi ve Yalova Tersaneler Bölgesi'nde faaliyette bulunan tersanelerin İSG performans sıralamasını yapmaktır. Bu amaca yönelik olarak da çalışmada hibrit olarak Entropi ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. (K1) Çalışanların kişisel koruyucu ekipman kullanması, (K2) Çalışanların risk azaltıcı iş uygulamalarına katılımı (çalışanların güvenlik uyumu), (K3) Çalışanların sağlık ve güvenlik bilgisi iletişimi (güvenlik iletişimi), (K4) Çalışanların hak ve sorumluluklarını yerine getirmesi (kazaların/olayların raporlanması), (K5) Çalışanların almış olduğu İSG eğitimlerinin kalitesi, (K6) İş kazalarının sayısının azlığı, (K7) Maddi zararın azlığı, (K8) Çalışanların iş motivasyonunun yüksek olması, (K9) Devamsızlık/kayıp iş günü sayısının azlığı, (K10) Kazaya ramak kala sayısının az olması derecelendirme ölçeğinde kriterler olarak belirlenmiştir. Bu kriterlere ait sayısal veriler farklı tersanelerde görev yapan beş iş güvenliği uzmanına derecelendirme anketi yapılarak elde edilmiş ve Entropi yöntemiyle kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan kriter ağırlıklarına göre de TOPSIS yöntemiyle beş tersane işletmesinin İSG performansı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre performansı yüksek çıkan tersanelerde İSG tedbirlerinin daha iyi uygulandığı gözlenmiştir. Çalışma sonucunda (K6) iş kazalarının sayısının azlığı kriteri en önemli kriter olarak belirlenmiştir. (K7) maddi zararın azlığı ise önemi en az kriter olarak belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Tersane işletmeleri, gemi inşaatı, iş sağlığı ve güvenliği, ergonomi.

## Etik Kurul İzni:

Anket uygulamasının Etik Kurul İzni, 02.12.2022 tarihinde Kocaeli Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulunun E-10017888-204.01.07-330397 sayılı izni ile alınmıştır.

**Makale geçmişi:** Geliş 14/09/2023 – Kabul 29/01/2024

<https://doi.org/10.54926/gdt.1359757>

## Evaluation of Occupational Health and Safety Performance in Shipyard Operations: An Application in Yalova Shipyards Region

Murat Yorulmaz<sup>1</sup>, Yeliz Çelik<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Kocaeli University, Maritime Faculty, Department of Maritime Business Administration, Kocaeli, Türkiye

<sup>2</sup> Kocaeli University, Institute Of Science, Department of Maritime Transportation Engineering, Kocaeli, Türkiye

murat.yorulmaz@kocaeli.edu.tr<sup>1</sup>, 0000-0002-5736-9146<sup>1</sup>; yelizakkaynak@gmail.com<sup>2</sup>, 0000-0002-4766-8249<sup>2</sup>

### ABSTRACT

With the increase in maritime trade, the shipbuilding industry, which provides foreign currency inflow to countries, increases employment and necessitates technology, comes to the fore for countries. The shipyard sector is developing and working more actively everyday, which brings with it an increase in the number of people in employment. More personnel work in shipyards, therefore the rate of human error increases and OHS comes to the fore and becomes mandatory. In this context, the aim of the study is to evaluate OHS performance in shipyard enterprises and to rank the OHS performance of the shipyards operating in Yalova Shipyards Region. For this purpose, Entropy and TOPSIS methods were used as hybrid in the study. (P1) Employees' use of personal protective equipment, (P2) Employees' participation in risk-reducing work practices (employee safety compliance), (P3) Employees' communication of health and safety information (safety communication), (P4) Employees' fulfillment of their rights and responsibilities (reporting of accidents/incidents), (K5) Quality of OHS trainings received by the employees, (K6) Low number of occupational accidents, (K7) Low material damage, (K8) High work motivation of the employees, (K9) Low number of absenteeism / lost working days, (K10) Low number of near misses were determined as criteria in the rating scale. The numerical data for these criteria were obtained by conducting a rating questionnaire to five occupational safety experts working in different shipyards and the criteria weights were calculated using the Entropy method. According to the calculated criteria weights, OHS performance of five shipyards was evaluated by TOPSIS method. According to the results obtained, it was observed that OHS measures were implemented better in shipyards with high performance. As a result of the study, (P6) the criterion of fewer number of occupational accidents was determined as the most important criterion, while (P7) the criterion of less material damage was determined as the least important criterion.

**Keywords:** Shipyard operations, shipbuilding, occupational health and safety, ergonomics.

**Ethics Committee Approval:** Ethics Committee Permission for the survey application was obtained on 02.12.2022 with the permission of Kocaeli University Science and Engineering Sciences Ethics Committee numbered E-10017888-204.01.07-330397.

Article history: Received 14/09/2023 – Accepted 29/01/2024

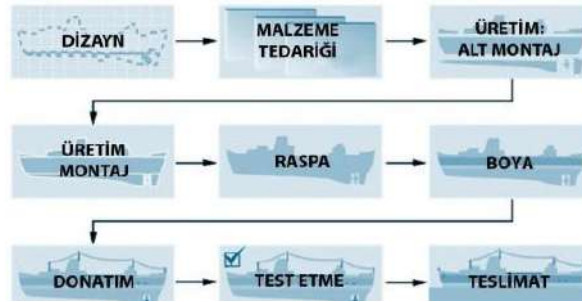
<https://doi.org/10.54926/gdt.1359757>



## 1. Giriş

Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD) verilerine göre denizyolu taşımacılığı dünya ticaret hacminin %80'ini kapsamaktadır. Daha az maliyetler ile büyük hacimli yükleri emniyetli taşıma gibi pek çok avantajı bünyesinde barındıran bu taşımacılık türü denize kıyısı olan ülkeler tarafından tercih edilmektedir (Arslan, 2009). Bu tercihin günden güne artması gemi inşa sektörünü daha da ön plana çıkarmaktadır. Gemi inşa sanayisi ise ülkelere döviz girdisini artıran, istihdam yaratan, ülkenin savunma gücüne katkı sağlayan, yabancı sermayeyi ülkeye davet eden ve teknolojiyi beraberinde getiren bir sanayi koludur (Devlet Planlama Teşkilatı [DPT], 2007). Diğer bir deyişle gemi inşa sanayi birçok sanayi kolunu bir arada bulandıran, tersanede gemi ve yat inşası yapan, tamir eden, bakım ve tutumlarını gerçekleştiren ve dolaylı yoldan filo kapasitesini artırıp ülkeni maddi kaynaklarına döviz girdisi yapmasını sağlayan bir faaliyettir (DPT, 2001; Günay, 2002). Tersane ise gemi inşanın en önemli unsuru olan, farklı türden gemi ve su araçlarının yapımını gerçekleştiren, bakım, onarım ve tadilatlarının yapılmasına imkan sağlayan en az elli metre denize cephesi olan kıyı tesisidir (Çelik, 2020).

Bahse konu olan gemi inşa sektörü bünyesinde çok fazla sanayi kolunu barındırdığı için karmaşık bir yapıya sahiptir. Şekil 1'de gemi inşa sektörünün akış şeması gösterilmektedir.



Şekil 1. Gemi İnşa Sektörünün Akış Şeması (Yavuz, 2008)

Gemi inşa sektörünün başarıyı yakalayabilmesi için karmaşık olan bu yapı sistemli bir şekilde yürütülmelidir. Şekil 1'de gösterilen akış şemasındaki her bir faaliyet doğru ve planlı yapılmalıdır. Bu faaliyetlerin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi amacıyla tersanelerde farklı prosesler için farklı departmanlar yer almaktadır (Can, 2008). Söz konusu bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için tersaneler yöntemin bölümü, kaynak bölümü, boru montajı bölümü gibi alt bölümlere ayrılmıştır (URL-1).

Gemi inşa sanayi yaklaşık 30 yıldan beri büyük bir değişim ve gelişim içindedir. Fakat gemi yapımında iyi konumda olan Avrupa ülkeleri sektörde geri planda kalmış ve bu gelişime ayak uyduramamıştır. Çin Halk Cumhuriyeti ise barındırdığı ucuz iş gücü ile sektörde ön plana çıkmaya başlamıştır (Bakırcı, 2005).

Türkiye'de hali hazırda gemi inşası ile uğraşan 84 tersane bulunmaktadır. 2002 yılından itibaren bu sayı sürekli artış göstermiş ve tersane kapasitesini günümüzdeki 4.74 milyon DWT'e ulaştırmıştır. Bu da her geçen gün gemi inşa sektöründeki büyümeyi ve dünya ticaretinde söz sahibi olmayı beraberinde getirmektedir (Türkiye Gemi İnşa Sanayicileri Birliği [GİSBİR], 2019-2020). 2021 yılında yapılan toplam bakım onarım miktarı Türkiye'de 29,8 milyon DWT ve teslim edilen gemi ve yat miktarı ise 165.000 DWT'dur. Tüm bunlara ek olarak sektörün gelişimine paralel istihdam artmaktadır ve işçi sayısı 79.886'ya ulaşmış durumdadır (URL-2). Türkiye'de gelişime ve istihdama katkı sağlayan bu tersanelerin 28'i İstanbul'daki Tuzla Tersaneler Bölgesi'nde, 9'u Zonguldak'ta, 5'i Kocaeli/Körfez'inde bulunmaktadır (GİSBİR, 2019-2020). Yalova tersaneler bölgesi ise Türkiye'nin gemi inşa sanayisinin

içerisinde yer alan kuruluşlarından 30 tersaneyi bünyesinde barındırmaktadır ve her geçen gün bu bölge daha da gelişmektedir. İnşa edilen gemi sayısı da sürekli artış göstermektedir. 2021 yılının ilk yarısı itibari ile inşa edilen gemi sayısı toplam 589'dur. Bakım ve onarımı gerçekleştirilen toplam gemi sayısı ise 6275'tir. Bölge sürekli artan sayısı ile Avrupa'nın da bakım-onarım merkezi olma yolunda ilerlemektedir (URL-2). Tablo 1'de Yalova tersaneler bölgesinde inşa edilen ve bakım onarımı yapılan gemilerin yıllara göre dağılımı gösterilmektedir.

**Tablo 1.** 2008-2021 yılları arasında Türkiye'de tersaneler bölgesinde inşa edilen ve bakım onarımı yapılan gemi sayıları (URL-2)

Yıl	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
İnşa	7	21	19	33	41	43	45	41	54	58	60	64	63	48
Bakım-onarım projeleri	110	90	170	260	280	340	360	380	534	725	827	885	890	1023

Bahse konu olan Yalova Tersaneler Bölgesi ihracatta da önemli bir yer edinmiş ve 2021 yılında bu bölgede yapılan ihracat toplam 757 milyon dolara ulaşmıştır. Bu miktar gemi inşa sanayisinde yapılan toplam ihracatın %33.6'sını oluşturmaktadır. Bölge 30.000'in üzerinde çalışan sayısı ile Norveç, Hollanda, İngiltere, Almanya, İzlanda, Danimarka, Fransa gibi Avrupa ülkelerinin yanında Uzak Doğu ve Güney Amerika'ya da inşa, dönüşüm ve bakım onarım hizmeti vermektedir (URL-3).

Tersaneler, faaliyetlerini gerçekleştirirken kaynak, raspa, boya gibi pek çok çalışmanın bir arada yapılmasını gerektirir (Barlas, 2012). Bu faaliyetler yapılırken kullanılan meyilli kızak yapılar, büyük vinçler, makine tezgâhları, giyotin tersane işletmelerinin içerdiği bazı tehlikeli yapılardır (Tezdoğan ve Taylan, 2009). Risk faktörü yüksek olan bu tersaneler çok tehlikeli sınıfta yer alan işletmeler arasındadır. Sıkışma, elektrik çarpması, patlama, yüksekten düşme, parça düşmesi, yanma ise tersanelerde meydana gelen olayların başında gelmektedir (Barlas, 2012). Dünya gemi inşa sektörü, 2003 yılından itibaren büyümekte olup her geçen gün önemi artan bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu artışa ve gelişime paralel olarak istihdamda yüksek artışlar yaşanmaya başlanmıştır. Bu istihdam artışına ek olarak tersanelerin yoğunluğunun ve işgücünün fazlalaşmasıyla beraber sektörde iş kazaları artırmakta yapılan kazalar sonucunda da işçi ölümleri sayısı sürekli yükselmektedir. Fakat bu istenmeyen olayların sadece işçilerin başına gelmediği görülmüş, pek çok mühendis ve teknikerin de kaza geçirdiği belirlenmiştir (Özdemir, 2009). Kaza geçirinceye kadar verimli ve üretken olan bu kişiler, iş kazası ya da meslek hastalığına uğrayınca kendilerine ciddi zarar vermekte ve bakmakla yükümlü oldukları insanları da destekten mahrum bırakmaktadırlar. Sonucunda da başkalarına muhtaç hale gelen tüketici birer bireye dönüşmektedirler (Odaman, 2005). Kazalar, insani tehlikelerin yanında gerçekleştiği tersane gibi tehlikeli sınıfta olan işletmelere de maddi zararları beraberinde getirmektedirler (Bozkurt, 1993). Bu zararlardan korunmak ve işletmelerin kazayı minimum seviyeye indirmesi için iş güvenliği ve sağlığına yapacakları harcamalar kazaların azalmasına sebep olacak, birim üretim maliyetini düşerek karlılığın yükselmesine pozitif etki sağlayacaktır. Yapılan bu harcamalar uzun süreli değerlendirildiğinde ise kazaların yarattığı kayıplardan daha düşük maliyetli olacaktır (Ünsar, 2007). İşletmeler için her geçen gün daha da önemli konuma gelen maddi ve manevi hasarların azalmasını sağlayan sağlık kavramı Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından hastalık ve sakatlık kavramlarının dışına çıkartılarak "kişinin ruhen, fiziken ve sosyal olarak iyi olma durumu" olarak tanımlanmıştır. Güvenlik ise "emniyet içinde olma" anlamına gelmektedir (Manuele, 1993). İş sağlığı ve güvenliği kavramı ise kısaca daha kaliteli bir çalışma ortamı yaratarak kişileri tehlikelere karşı korumak olarak tanımlanabilir (Tarakçı, 2019). İş

sağlığı ve güvenliğinin amaçları ise işçileri koruyarak onlara zarar gelmesini önlemek, işletmenin güvenliğini sağlamak ve üretimin devamlılığını gerçekleştirmek olarak sıralanabilir (Eken, 2011). Kavram, tehlikelerin önlenmesinin yanında risklerin fark edilmesi, analiz edilmesi ve bu risklerin zararlarını en aza indirebilmek ya da tamamen ortadan kaldırmak için yapılan uygulamaları da içermektedir (İri, 2007).

Literatür incelendiğinde, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) ile alakalı Matooq ve Suliman (2013)'ün çalışmasında olduğu gibi Ortalama Ağırlıklar Modeli ve Analitik hiyerarşi süreci yöntemi, Caldarescu vd. (2021) ile Bitire ve Chuma (2022)'nin çalışmasında olduğu gibi korelasyon analizi yöntemleri başta olmak üzere pek çok yöntemle çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Jemai vd. (2021), Mappangile ve Ramdhan (2021), Ajmal vd. (2021)'in çalışmasında olduğu gibi pek çok kişi tarafından da literatür araştırması ve Tezcan ve Aktaş (2022), Nam (2019)'un da çalışmasında yer aldığı gibi SPSS ve SmartPLS ile analizler tercih edilmiştir.

Yapılan bu çalışmayla tersanelerde İSG kavramına dikkat çekmek ve çok tehlikeli işyerleri olarak kabul edilen tersane işletmelerindeki iş güvenliği performansını Yalova Tersaneleri açısından değerlendirmek amaç edinilmiştir. İş sağlığı ve güvenliği performansı için kriterlerin belirlenmesi, bu kriterlerin Entropi yöntemi ile ağırlıklandırılması ve ağırlıklandırma sonunda Yalova tersanelerinin performans sıralamasının TOPSIS yöntemi ile yapılması amaç edinilmiştir. Pek çok farklı alanda kullanılan fakat daha önce "Tersanelerdeki İSG Performansı" için uygulaması bulunmayan bu hibrit yöntemin bulgularının literatürdeki eksikliği dolduracağı ve gelecek çalışmalara ışık tutacağı öngörülmektedir.

## 2. Literatür Taraması

### 2.1. İş sağlığı ve güvenliği performansı

Literatür incelendiğinde, Matooq ve Suliman (2013), çalışmalarında İSG performanslarını değerlendirmek için kullanılan modelleri gözden geçirerek yardımcı bir model oluşturmayı amaç edinmişlerdir. Ortalama Ağırlıklar Modeli ve Analitik hiyerarşi süreci yöntemini kullanmışlardır. Yaptıkları bu çalışma sonucunda uzman görüşlerinde de belirtildiği gibi AHP yönteminin daha tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Üngüren vd. (2015)'nin çalışması Antalya'nın Alanya ilçesinde konaklama işletmeleri üzerinde yapılmıştır. Çalışma sonucunda 5 adet faktörün İSG için önemli olduğu sonucuna varılmış ve bu faktörler ile oluşturulan ölçeğin güvenilir ve geçerli olduğu söylenmiştir.

Tremblay ve Badri (2017), çalışmalarında küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ)'de İSG üzerine bir araştırma yapmışlardır. İş sağlığı ve güvenliği performans araçlarını irdelemişlerdir. Çalışmada eleştirel bir inceleme ortaya koyarak İSG alanında uzman kişilerin bu konu üzerinde durmadıkları sonucuna varmışlardır. Çalışmalarında kazaların azaltılması için İSG uzmanlarının kullanımına yönelik ve daha geniş performans göstergesi seçenekleri sunan araçların geliştirilmesinin öneminden bahsetmişlerdir.

Ceylan ve Demir (2020), çalışmada Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından yayınlanan 2019 yılı iş kazaları ve meslek hastalıkları verilerini analiz etmişler ayrıca İSG'nin bir sorun olduğundan bahsetmişlerdir. Türkiye'nin performansını Almanya ve Japonya ile kıyaslanmışlar ve çözümüne yönelik öneriler geliştirilmişlerdir.

Arslandoğlu vd. (2020), çalışmasında araştırma anketi yöntemini kullanmışlardır. Hastane üzerinde yapılan bu çalışmayla İSG faaliyetlerinin durumunun ve algısının değerlendirilmesi amaç edinilmiştir. Ölçek 35 maddeden oluşturulmuştur ve İstanbul'daki bir hastanenin 350 çalışanına uygulanmıştır. Çalışma sonucunda katılımcıların İSG performans algısının ortalamadan yüksek olduğu sonucuna

varılmıştır. Kadın ve erkekler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı fakat evli ve bekarlar arasında farklılık olduğu gözlenmiştir. Bekarların puanının yüksek olduğu belirlenmiştir. Yaş ve öğrenim durumu açısından çalışmada belirgin bir farklılık gözlenmemiştir.

Jemai vd. (2021), anahtar kelimeler yardımıyla veri tabanlarında İSG ile ilgili araştırma yaparak literatür tarama çalışması yapmışlardır. 15 adet çalışmayı tasarım yöntemi, değerlendirme içeriği, uygulama sektörü ve güvenilirlik kriterleriyle değerlendirmişlerdir. Çalışmada İSG performanslarının demografik değişimler, göz önüne alarak değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Lakhiar vd. (2021), inşaat endüstrisi alanında çalışarak Pakistan'ı konu alan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sektörde iş kazalarının fazla olması sebebiyle yapılmıştır. Çalışmada yüksek katlı bina projelerinde İSG performansı incelenmiştir. Literatür taraması yöntemi kullanılmış iş yerlerindeki güvenlik yasalarının güncellemesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Caldarescu vd. (2021), çalışmalarında temel performans göstergelerinin analizini gerçekleştirmeyi amaçlamışlardır. 10 maddeden oluşan bir anket ile iki tür performans göstergesi arasındaki ilişkiyi test etmek için bir analiz yapmışlardır. Belirlenen gösterge türleri arasında doğrudan korelasyonların varlığını tespit etmişlerdir.

Ajmal vd. (2021), çalışmasında güvenlik yönetimi uygulamaları ile İSG performansı arasındaki ilişkiyi literatür taraması yöntemiyle irdelemişlerdir. 21 adet dergiden 24 adet makale seçilerek analiz edilmiştir. Analiz sonucunda güvenlik yönetimi uygulamaları ile İSG performansı arasındaki ilişkinin çoğu ülkede nicel olarak araştırıldığı görülmüştür ve sistematik literatür çalışması sayısının ise az olduğu söylenmiştir.

Mappangile ve Ramdhan (2021)'in çalışması İSG programlarının performansı ile ilgili faktörleri araştırmak adına literatür taraması yöntemi ile yapılmıştır. Akademik veri tabanları kullanılarak 22 adet makale seçilmiş ve incelenmiştir. Tarama sonucunda İSG program performansının etkinliği ile ilgili 19 kişisel faktör, 19 çalışma ortamı faktörü, 13 teknik faktör ve 37 organizasyonel faktör olmak üzere faktörler tespit edilmiş ve dört ana grupta sınıflandırılmıştır.

Tezcan ve Aktaş (2022), çalışmasında uçak bakım faaliyetlerinin yürütüldüğü bir organizasyonda İSG performans değerlendirmesi yapmayı amaçlamışlardır. Uçak bakım teknisyenlerine İSG performans değerlendirmesi ile alakalı bir anket yapılmış ve elde edilen sayısal veriler SPSS ve SmartPLS ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda meslekte yeni olan teknisyenlerin, İSG farkındalık ve etki düzeylerinin eski olan teknisyenlere göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Kuruluşun İSG performansının yüksek olduğu fakat yönetim ile çalışanlar arasında işbirliğinin artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bitire ve Chuma (2022), çalışmasında korelasyon analizi yöntemini kullanarak Etiyopya'nın Wolaita Sodo bölgesindeki bir Etiyopya elektrik enerjisi şirketini konu edinmişlerdir. Çalışmada İSG stratejilerinin örgütsel performans üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Araştırma sonucunda İSG stratejilerinin, örgütsel performans ile güçlü bir şekilde ilişkisi olduğu belirlenmiş ve performans üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Literatürde pek çok farklı yöntemle yapılan İSG performans araştırması konusunu başka bir hibrit yöntemle ele alan bu çalışma kapsamında tersane sıralaması yapmak için en önemli aşama girdi değişkeni olarak kullanılacak kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterlerin ağırlıklandırılmasıdır. Çalışmadaki girdi değişkenleri belirlenirken literatür araştırması yapılmış, Burke vd. (2002) ile Muñiz vd. (2009) çalışmalarındaki kriterler baz alınmıştır. Çalışanların kişisel koruyucu ekipman kullanması, çalışanların risk azaltıcı iş uygulamalarına katılım (çalışanların güvenlik uyumu), çalışanların sağlık ve güvenlik bilgisi iletişimi (güvenlik iletişimi), çalışanların hak ve sorumluluklarını yerine getirmesi (kazaların/olayların raporlanması), iş kazalarının sayısı, maddi zarar, çalışanların motivasyonu, devamsızlık/kayıp iş günü

sayısı, kazaya ramak kala sayısı kriterleri çalışmaya dahil edilmiştir. "Çalışanların almış olduğu İSG eğitimlerinin kalitesi" kriteri de eklenerek çalışmanın farklılaşması amaç edinilmiştir. Çalışmada kullanılan kriterler kısaca aşağıda tanımlanmıştır;

Çalışanların kişisel koruyucu ekipman kullanması; Kişisel koruyucu ekipman, çalışanların iş esnasında kendilerini risklere karşı korumak için kullandığı teçhizatlardır. Baret, gözlük, kulaklık, maske örnek olarak verilebilir. Çalışanların bu ekipmanları kullanımını ifade eden kriterdir.

Çalışanların risk azaltıcı iş uygulamalarına katılım (çalışanların güvenlik uyumu); Çalışanların güvenlik prosedürlerine ne ölçüde uyduğuna bakılarak güvenli çalışma davranışlarının geliştirilip güvenli olmayan davranışlarının azaltılmasına katkı sağlayan davranış biçimidir. İş yerinde herhangi bir tehlike içeren maddeyi uygun yollarla elden çıkarmakta bu kriter kapsamındadır.

Çalışanların sağlık ve güvenlik bilgisi iletişimi (güvenlik iletişimi); Çalışanları işyerindeki sağlık ve güvenlik tedbirlerinden farkında ve haberdar olmasını ifade etmektedir.

Çalışanların hak ve sorumluluklarını yerine getirmesi (kazaların/olayların raporlanması); İş yerinde makine ve donanımları ile çalışırken oluşan herhangi olumsuz bir olayın incelenmesi ve hakkında tarih, saat, kişisel bilgiler, kazanın ayrıntıları gibi maddeleri içeren raporun tutulması anlamına gelmektedir.

Çalışanların almış olduğu İSG eğitimlerinin kalitesi; Çalışanların iş yerlerinde İSG uzmanından almış olduğu İSG eğitiminin ne derece yetkin olduğunu ifade etmektedir.

İş kazalarının sayısı; İş yerinde oluşan maddi ve manevi kayıplara yol açan kaza olarak adlandırılan olayların sayısını ifade eder.

Maddi zarar; Kaza sonucunda oluşan fiziki kaybı ifade etmektedir.

Çalışanların motivasyonu; Bireyin hareketini başlatan içsel güdüyle davranışa hazır hale gelmesidir.

Devamsızlık/kayıp iş günü sayısı; Belirli bir çalışma süresi diliminde iş kazası nedeniyle çalışanın işyerinde olmadığı gün sayısını ifade etmektedir.

Kazaya ramak kala sayısı; Çalışanı ya da ekipmanı zarara uğratma potansiyeli olmasına rağmen zarara uğratmayan olayların sayısını ifade etmektedir.

## 2.2. Tersane işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği

İş sağlığı ve güvenliği temel olarak sağlık ve güvenlik olmak üzere birbiri ile etkileşime giren iki unsurdan oluşur. Sağlık fiziki, ruhi ve sosyal açıdan iyi olma haliyle güvenli ise emniyet içerisinde olma anlamına gelmektedir (Harms-Ringdahl, 2005; Larson, 1996). Sağlık kavramını sadece patolojik bulgulara bağlamak doğru değildir. İnsanın sosyal ve psikolojik yönünü de değerlendirmek gerekmektedir. (Susser, 1993). Güvenlik kavramı ise fiziksel, ruhsal ya da manevi tehlikelerden uzak olma hali olarak tanımlanabilir (Maurice vd., 2001). Araç gereçten kaynaklı oluşabilecek olumsuzlukları azaltmaktır (Centel, 2000). Bu iki unsuru bünyesinde barındıran ve harmanlayan İSG kavramı ise Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)'nün Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ile ortak yayımladığı bir bildiriye göre kişileri sosyal, ruhsal ve mesleki anlamda iyi hale getirme, bu durumu sürdürme ve çalışanları koruyup uygun bir pozisyonda çalışmasını sağlayan bilim dalı olarak tanımlanmıştır (Barnett-Schuster, 2008). Kavram tıp, mühendislik, işletme, ekonomi gibi pek çok alanda önem arz etmektedir (Erickson, 1996).

İş yaşamında fiziksel kimyasal, biyolojik ve ergonomik pek çok risk faktörü bulunmaktadır. Çalışanları korumak ve ortamlarını güvenilir hale getirmek için de planlı çalışmalar yapmak gerekir (Çelik, 2020). Bunun için iş yerlerini sürekli kontrol edilmeli ve risk analizleri sıklıkla yapılmalıdır. Yapılan işin özelliklerine ortamda bulunan sağlık ve güvenlikle alakalı riskler değişkenlik gösterir (Bohle ve Quinlan,



2000). Bazı alanlarda ve işletmelerde bu oran fazlayken bazı alan ve işletmelerde daha düşüktür. Çalışma ortamındaki risk faktörlerini azaltıp yok etmek de İSG kavramının ilgisi dahilindedir (Erickson, 1996). Günümüzde çokça istihdamı sağlayan, çeşitli prosesleri bünyesinde barındıran, tehlikeli iş yeri statüsünde geçen ve en önemli çalışma alanlarından biri olan gemi inşa sektörü iş kazalarının azaltılması için sürekli denetim altında tutulması gereken yerlerin başında gelmektedir.

Literatür taramasının ikinci bölümü ise tersane kavramından yola çıkarak "Tersane, Sağlık, Güvenlik" anahtar kelimelerinden yararlanılarak yapılmıştır. Tarama sonucunda 2011-2022 yılları arasındaki döneme ait ulusal ve uluslararası makalelere ulaşılmıştır. Ulaşılan makalelerin özet bölümleri tarandığında ise 9 makalenin incelenmesine karar verilmiştir. Seçilen makalelerin tam metinleri incelenerek özet bilgileri kronolojik sırayla aşağıda verilmiştir;

Kavi ve Koçak (2011), yaptıkları çalışmada 45 kişinin değerlendirmeye alınmasıyla oluşturulan anket çalışması uygulanmış ve Yalova-Altınova Tersaneleri ele alınmıştır. Elde edilen verilerle İSG ile ilgili tersanenin mevcut durumu analiz edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda çalışanların iş kazası ve iş kazalarının önleme yolları ile kişisel koruyucular hakkında bilgi sahibi oldukları görülmüş fakat iş sahası için yeterli tedbirlerin alınmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Sağlık kontrollerinin iyi düzeyde olduğu çalışmada analiz edilmiştir.

Odwumi ve Ajisegiri (2013), yaptıkları çalışmada Dockyard Road Apapa'da bulunan Continental Shipyard Limited tersanesini konu edinmişlerdir. 30 kıdemli işçi, 10 yönetici, 10 süpervizör ve rastgele seçilen 5 güvenlik görevlisinden oluşan 55 çalışan anket ile çalışmaya dahil edilmiştir. Yapılan bu çalışmanın amacı işletmenin sağlık, güvenlik ve çevre politikalarını değerlendirmek olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda sağlık, güvenlik ve çevreyi korumanın zorluğu ortaya çıkmıştır. Bahse konu olan tersanede sağlık ve güvenlik ekipmanlarının bulunduğu fakat yeterince bakımlarının yapılmadığı sonucuna varılmıştır. Personelin bu konuda eğitilmesinin önemi belirtilmiştir.

Çetinkaya (2014), çalışmasında tersanelerde oluşan iş kazalarının sayısını azaltmayı ve bu tersanelerde görev yapan İSG uzmanlarına rehber olacak çalışma hazırlamayı amaç edinmiştir. Çalışmada tersanelerde son 6 yılda meydana gelen ölümlü iş kazaları araştırılmış ve verileri derlenmiştir. Sonucunda gemi inşa sektörü için iş güvenliği analizi yönteminin uygulanabilir olduğu görülmüş, tersanedeki ekipmanlar ve işyerlerindeki tehlikeler tespit edilmiştir. Tespit edilen bu tehlikeler ile ilgili alınacak önlemler çalışma sonucunda ortaya konulmuştur.

Gümüş (2017)'nin yaptığı çalışmada tersanelerde oluşan kazaları azaltılmayı ve tersanelerde güvenlik kültürünü oluşturulmayı amaç edinmiştir. Çalışmada İstanbul tersanesi konu edilerek ve katılımcı gözlem metodu kullanılarak İSG ile alakalı tutulan kayıtları incelenmiş, çalışanlara mülakatlar yapmış ayrıca tersane ortamını gözlemlemiştir. Bahse konu olan tersanede çok verimli durumda bulunan bir İSG sisteminin var olduğu görülmüş ve bu tersanenin diğer tersanelere örnek teşkil edebileceği sonucuna varılmıştır. İşbaşı konuşmalarının güvenlik bilinci oluşturmada büyük rolünün olduğu belirtilmiştir.

Tarakçı (2019)'un çalışmasında tersane çalışanlarına üç bölümden oluşan bir anket uygulanmıştır ve ARES tersanesi tarafından verilen iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin başarısı ölçülmüştür. Yapılan bu anketin sonuçları SSPS programı ile analiz edilmiştir. Çalışmada iş kazasına uğrayan kişilerin ortalamasının iş kazasına uğramayan kişilerden yüksek olduğu fakat bu değer istatistik açıdan anlam içermediği sonucuna ulaşılmıştır. İş kazalarının oluşmasına en çok sebebiyet veren durumun kişisel nedenler olduğu görülmüş, eğitim alan kişilerin ise almayanlara göre daha az kaza geçirdiği belirtilmiştir. Kişisel koruyucu donanımların kaza riskini düşürdüğü vurgulanmıştır.



Nam (2019), çalışmasında güvenlik kültürünün güvenli davranış üzerine olan etkisini araştırmıştır. Araştırmada 9 ana hipotez belirlenmiş ve bu hipotezlerle iki kavram arasındaki ilişki sınanmıştır. Çalışmada anket 600 çalışana uygulanmış, 505 tanesi geçerli sayılmıştır. Veriler SPSS programı ile analiz edilmiştir. 8 İSG uzmanı ile temel hipotezler hakkında görüşme sağlanmıştır. Çalışmada iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarınca da desteklendiği gibi kavramlar arasında ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Soylu (2021), çalışmasında Marmara Bölgesinde faaliyet gösteren bir tersanede Covid-19 kapsamında 418 çalışanın İSG algılarını öğrenmek için anket çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda COVID-19 tanısı konulmayan, kronik rahatsızlığı bulunmayan, kapalı ortamda çalışan ve iş yerine servis ile gelen çalışanların İSG algılarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Cinsiyet, yaş, meslek türü, medeni durumu, çalışma süresi, mezun oldukları okul düzeylerine göre anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir.

Turan ve Süslü (2021)'in çalışmasında tersanelerde gemi üretim proseslerinde oluşan iş kazalarının sebepleri araştırılmış kapalı ve açık alandaki tehlike unsurlarının analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda kişisel koruyucu donanım kullanımı ve emniyeti açısından önlemlerin alındığı tespit edilmesine rağmen bu konuda eksiklikler olduğu da belirlenmiştir. Bu eksikliklerin giderilmesi amacı ile önerilerde bulunulmuştur.

Arifin ve Octaviani (2022)'nin çalışmasında XYZ tersanesinde risk analizi yapılması amaç edinilmiştir. Tehlike tanımlama ve risk analizi (HIRA) yöntemi ve mülakatlar yardımı ile nitel bir yöntem kullanılmıştır. Çalışma tersanedeki gemi onarım, gövde temizleme ve kaplama olmak üzere üç süreci konu alarak yapılmıştır. Sonucunda ise tüm bu süreçlerdeki risklerin kontrol alınmış olduğu görülmüştür.

### 2.3.Entropi ve TOPSIS yöntemiyle yapılmış çalışmalar

Çatı vd. (2017), çalışmalarında futbol kulüpleri üzerine çalışma yapmayı tercih etmişlerdir. Entropi ve TOPSIS yöntemini beraber kullanarak sportif ve finansal performans değerlendirmesi yapmışlardır. 23 takımın 2009-2014 yılları arasındaki etkinlikleri ölçülmüştür. Çalışma yüksek transfer harcamalarının her zaman yüksek bir başarı getirmediğini göstermiştir.

Elsayed vd. (2017), çalışmasında entropi ve TOPSIS yöntemlerini bir arada kullanarak Suudi Arabistan bulunan on iki adet bankayı değerlendirmişlerdir. Çalışmada şube sayısı, büyümüş hızı, net gelir, borç verme, ATM sayısı, kriterleri baz alınmıştır. Çalışmanın analizi tamamlandığında Bank Al-Bilad, Al-Inmaa Bank, Al Rajhi Bank ve Riyad Bank en iyi bankalar olarak belirlenmiştir.

Bakır ve Akan (2018), çalışmasında havaalanı hizmet kalitelerini değerlendirmek için entropi ve TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda Avrupa'nın en yoğun yolcu trafiğine sahip havaalanları değerlendirmeye alınmış ve en kaliteli havaalanı Münih olarak belirlenmiştir.

Kiracı ve Bakır (2018), çalışmasında 10 adet havayolu şirketinin 2012-2016 yılları arasındaki performanslarını değerlendirmeyi amaç edinmişlerdir. Şirketler sırası ile Easyjet, Southwest, Norwegian olarak belirlenmiştir. Gol Linhas, Airasia Berhad ve Cebu Air şirketlerinin ise en kötü performansa sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Hatunoğlu (2019), çalışmasında Türkiye'de yer alan ve faaliyette bulunan katılım bankalarını konu edinmişlerdir. Çalışmanın sonucunda sosyal sorumluluk performansı en yüksek sırası ile Albaraka Türk Katılım Bankası, Kuveyt Türk, Türkiye Finans, Ziraat Katılım Bankası, Vakıf Katılım Bankasının olduğu tespit edilmiştir.

Ece (2019), finans alanında çalışarak BIST 100'de yer alan ve Türkiye'de faaliyet gösteren 15 holding şirketinin performans değerlendirmesini yapmıştır. Uzman görüşlerini entropi ile ağırlıklandırmış ve

TOPSIS yöntemi ile de sıralamasını yapmıştır.

Yıldırım ve Altan (2019), çalışmasında sigorta sektörünü içerisinde yer alan hayat dışı ve hayat/emeklilik branşlarının finansal performansının analizini yapmak için 2012-2016 yılları arasındaki verilerini değerlendirmişlerdir. 2016 yılının hayat dışı sigortacılık için en başarılı, 2012 yılının ise en başarısız olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada entropi ve TOPSIS yöntemi tercih edilmiştir.

Kumar vd. (2020), entropi ve TOPSIS yöntemini kullanarak biyo-yakıtlar hakkında çalışma yapmışlardır. Yakıt karışım performanslarını test etmişler ve emisyon ile yakıt maliyetini azalttıkları sonucuna ulaşmışlardır.

Ateş ve Topal (2021), Konya Ovası Projesi (KOP) bölgesinde yer alan illerin sınırları içerisinde kurulacak güneş enerji santrali için enerjinin önemini konu edinmişlerdir ve kuruluş yeri belirlemeye çalışmışlardır. Entropi yöntemi ile belirledikleri 8 kriteri ağırlıklandırıp TOPSIS, MOOSRA ve ARAS yöntemleri ile sıralamışlardır. En uygun yer Taşkent, Konya olarak belirlenmiştir.

Temür (2022), çalışmasında 2016-2020 yılları arasında baz alarak turizm işletmelerinin performans değerlendirmesini yapmışlardır. Ağırlıklandırmayı Entropi yöntemiyle yaptıktan sonra Additive Ratio Assessment (ARAS), Complex Proportional Assessment (COPRAS) TOPSIS yöntemleri performans değerlendirmesini tamamlamıştır. Çalışma sonucunda MAALT'ı 2020 yılının en başarılı işletmesi olarak belirlemiştir.

### 3. Yöntem

#### 3.1. Entropi yöntemi

Entropi kavramı ilk kez 1865 yılında termodinamik alanında Rudolph Clausius tarafından yapılan çalışma ile ortaya atılmıştır. Sonrasında Shannon (1948) tarafından geliştirilerek bilgi teknolojisine uyarlanmış ve bugün ki şeklini alarak günümüzde fizik, mühendislik, matematik başta olmak üzere birçok alanda en çok kullanılan yöntem haline gelmiştir (Zhang vd., 2011). Entropi kavramı, bilginin içerisindeki bulunan belirsizlik olarak tanımlanabilmektedir (Abdullah ve Otheman, 2013). Düzensizlik anlamına gelen bu kavramın ana amacı belirsizliği ölçmektir (Toprak ve Çanakçıoğlu, 2019). Ağırlıkların hesaplanabilmesi için kullanılabilecek ağırlıklandırma yöntemi bünyesinde önyargı barındırmaktadır ve karar vericinin tercihlerini dikkate almaktadır. Objektif ağırlıklandırma yöntemi ise önyargıdan içermemektedir ve yöntemde verilerden yararlanılmaktadır. Bütünleşik yöntemde ise hem karar vericinin kendi yargıları hem de nicel veriler yer almaktadır (Filiz, 2020). Entropi yöntemi ise objektif ağırlıklandırma yöntemi olup verilerin yer aldığı durumlarda kullanılmaktadır (Çatı vd., 2017). Yöntemde belirsizliğin maksimum olması belirliliğin ise minimum olması amaç edinilmiştir edilmektedir (Tunca vd., 2016). Aşağıda entropi yönteminin adımları sırası ile açıklanmıştır;

Birinci adımda farklı birimdeki kriter ve seçenekleri bünyesinde karar değişkenleri matrisinin normalize işlemi Denklem 1 yardımı ile yapılır (Shannon, 1948; Tunca vd., 2016);

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_1^j(x_{ij})} \quad (1)$$

"i" seçenek değeri, "j" kriter değeri, "r<sub>ij</sub>" normalize edilmiş değerleri, "x<sub>ij</sub>" içindeki "i" seçenek için fayda değerini, "j" kriter için verilen fayda değerini ifade etmektedir.

İkinci adımda e<sub>j</sub>'nin entropi değeri Denklem 2 kullanılarak hesaplanmaktadır.

(Denklem 2'de içerisinde bulunan "k" entropi katsayısını, "r<sub>ij</sub>" normalize edilmiş değerleri ve "e<sub>j</sub>" ise

entropi değerini ifade etmektedir);

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln(r_{ij}) \quad (2)$$

Üçüncü adımda  $w_j$  yani kriterlerin önem derecesini belirten ağırlık değerleri Denklem 3'ten yararlanılarak hesaplanmaktadır. Her bir kriter için tek tek ağırlık değeri bulunup hesaplanmaktadır .

(Bu aşamada kullanılan " $w_j$ " ağırlık değerini, " $e_j$ " entropi ise değerini belirtmektedir);

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^m 1 - e_j} \quad (3)$$

Belirlenen tüm bu kriterlerin ağırlıkları toplamı Denklem 4'te de belirtildiği gibi her zaman 1'e eşit olacaktır;

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (4)$$

### 3.2. TOPSIS yöntemi

Hwang ve Yoon tarafından TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi 1981 yılında geliştirilmiştir (Chen ve Hwang, 1992). Yöntemde amaç, belirli kriterler ile seçenekleri sıralamasının yapılması ve en ideal çözüm noktasına en kısa mesafe ve negatif ideal çözüm noktasına en uzak mesafede olan seçeneğin belirlenmesidir (Metin vd., 2017). Bu yöntemin çözüm aşamaları aşağıda belirtilmiştir (Gavcar ve Kara, 2020;Kallo, 2015);

Aşama 1: Karar matrisinin belirlenmesi; Denklem 5'te gösterildiği gibi kriterlerin ve onlara ait değerlerin yer aldığı ( $m \times p$ ) boyutlu matris oluşturulur.

$$A_{ij} = \begin{matrix} a_{11} & \cdots & a_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mp} \end{matrix} \quad (5)$$

Aşama 2: Karar matrisinin normalizasyonunun yapılması; Karar matrisinin elemanları belirlenip matris oluşturulduktan sonra Denklem 6 yardımıyla normalizasyon işlemi yapılır;

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (i= 1, \dots, m \text{ ve } j= 1, \dots, p) \quad (6)$$

Aşama 3: Ağırlıklandırılmış normalize matrisin belirlenmesi; Normalize edilmiş her bir değer ( $R_{ij}$ ), Denklem 7'de gösterildiği gibi kriter ağırlığı ( $W_{ij}$ ) çarpılır ve matris oluşturulur;

$$V_{ij} = R_{ij} \times W_{ij} \quad (7)$$

Aşama 4: İdeal ve ideal olmayan çözüm değerlerinin belirlenmesi; Ağırlıklandırılmış normalize matrisin elde edilmesinden sonra Denklem 8 ve Denklem 9 yardımıyla ideal olan ve olmayan çözüm değerleri

bulunur.

$$A^+ = \{x_1^+, x_2^+, \dots, x_k^+\} \text{(Maksimum Değer)} \quad (8)$$

$$A^- = \{x_1^-, x_2^-, \dots, x_k^-\} \text{(Minimum Değer)} \quad (9)$$

Aşama 5: Alternatifler arasındaki mesafelerin ölçülüp hesaplanması; Aşama 4'ün tamamlanmasıyla beraber her bir seçeneğin ideal ve negatif ideal uzaklık hesaplamaları Denklem 10 ve Denklem 11 ile yapılır. " $S_i^+$ " pozitif ideal çözüm uzaklığını, " $S_i^-$ " ise negatif ideal çözüm uzaklığını ifade eder.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (10)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (11)$$

Aşama 6: İdeal çözüme göreli yakınlığın belirlenmesi; İdeal çözüme olan göreli yakınlığın hesaplanmasında Denklem 12'den yararlanır. Negatif ideal çözümden olan ne kadar uzaklaşırsak ideal çözüme olan yakınlık ise o kadar artmaktadır.  $C_i^*$  değeri [0,1] arasında bir değer almaktadır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (12)$$

#### 4. Bulgular

Uygulamanın ilk kısmında Entropi ile ağırlıklandırmalar yapıldıktan sonra uzmanların tersaneler için de verdiği puanların geometrik ortalaması alınarak TOPSIS yöntemi ile İSG için performans sıralaması yapılmıştır. Çalışmada girdi olarak kullanılan sayısal değerlerin tümü Yalova Tersaneler Bölgesinde görev yapan iş güvenliği uzmanlarına anket çalışması uygulayarak elde edilmiştir. Anket çalışması için etik kurul izni alınmıştır. Katılımcıların yaşları en küçüğü 37 en büyüğü 50 olmakla beraber ortalaması 42.6'dır. Katılımcılar lisans ve yüksek lisans mezunları arasından seçilmiştir. Tersane deneyimleri ise 12 ile 17 yıl arasında değişmektedir ve her bir katılımcı A, B, C sınıfı İSG yeterliliklerinden birine sahiptir.

##### 4.1. Entropi Yöntemi Bulguları

Çalışma, Yalova tersaneler bölgesinde yer alan ve gemi inşa sektörünün kilit noktalarından olan 5 adet tersanede uygulanmıştır. Faliyetleri ve kapasiteleri birbirlerine yakın tersaneler seçilmiştir. Tersane İSG performans sıralaması yapmak için en önemli adım kriterlerin ağırlıklarının tespit edilmesidir. Tersanelerde görev yapan 5 uzman kişiden oluşan bir ekip belirlenmiştir. Sonuçta 10 adet kriteri içeren bir anket uygulanmış, İSG performansını etkileyen kriterlerin önem derecelerini belirlemeleri istenmiştir. (K1) Çalışanların kişisel koruyucu ekipman kullanması, (K2) Çalışanların risk azaltıcı iş uygulamalarına katılımı (çalışanların güvenlik uyumu), (K3) Çalışanların sağlık ve güvenlik bilgisi iletişimi (güvenlik iletişimi), (K4) Çalışanların hak ve sorumluluklarını yerine getirmesi (kazaların/olayların

raporlanması), (K5) Çalışanların almış olduğu İSG eğitimlerinin kalitesi, (K6) İş kazalarının sayısının azlığı, (K7) Maddi zararın azlığı, (K8) Çalışanların iş motivasyonunun yüksek olması, (K9) Devamsızlık/kayıp iş günü sayısının azlığı, (K10) Kazaya ramak kala sayısının az olması ankette yer alan kriterlerdir. Kriterler 0-100 arası puanlama ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda oluşan puanlamalar girdi değişkenleri olarak kullanılan kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için kullanılmıştır. Uzmanlardan alınan değerlendirmelerle başlangıç karar matrisi oluşturulmuştur. Başlangıç karar matrisinde normalize işlemi Denklem 1 kullanılarak yapılmıştır. Normalize edilmiş karar matrisi elde edildikten sonra Denklem 2 kullanılarak  $e_j$  entropi değerleri belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıkları ( $w_j$ ) Denklem 3 yardımıyla tek tek hesaplanmıştır. Tablo 2’de de her bir kriter için hesaplanan ağırlık değerleri gösterilmiştir.

**Tablo 2.**  $e_j$  entropi değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
$e_j$	0.9780	0.9842	0.9994	0.9985	0.9872	0.9429	0.9996	0.9932	0.9968	0.9949
$d_j$	0.0219	0.0158	0.0006	0.0015	0.0128	0.0571	0.0004	0.0068	0.0032	0.0051
$w_j$	0.1753	0.1265	0.0051	0.0118	0.1024	0.4556	0.0034	0.0539	0.0254	0.0406

Entropi yöntemine göre hesaplanan ve bu verilerle oluşturulan Tablo 2’deki kriter ağırlıkları incelendiğinde 0.4556 değeriyle (K6) tersanede İSG performansı için en önemli kriter olarak kabul edilmiştir. Onu sırasıyla 0.1753 değeri ile (K1), 0.1265 değeri ile (K2), 0.1024 değeri ile (K5), 0.0539 değeri ile (K8), 0.0406 değeri ile (K10), 0.0254 değeri ile (K9), 0.0118 değeri ile (K4), 0.0051 değeri ile (K3) kriterleri takip etmektedir. 0.0034 değeri ile (K7) ise önemi en az olan kriter olarak belirlenmiştir.

#### 4.2. TOPSIS Yöntemi Bulguları

Yapılan TOPSIS analizi sonuçları aşağıda gösterilmiştir;

Aşama 1’de belirtilen Tersane A, Tersane B, Tersane C, Tersane D, Tersane E olmak üzere satırlarda 5 adet tersane ve sütunlarda ise (K1) Çalışanların kişisel koruyucu ekipman kullanması, (K2) Çalışanların risk azaltıcı iş uygulamalarına katılımı (çalışanların güvenlik uyumu), (K3) Çalışanların sağlık ve güvenlik bilgisi iletişimi (güvenlik iletişimi), (K4) Çalışanların hak ve sorumluluklarını yerine getirmesi (kazaların/olayların raporlanması), (K5) Çalışanların almış olduğu İSG eğitimlerinin kalitesi, (K6) İş kazalarının sayısının azlığı, (K7) Maddi zararın azlığı, (K8) Çalışanların iş motivasyonunun yüksek olması, (K9) Devamsızlık/kayıp iş günü sayısının azlığı, (K10) Kazaya ramak kala sayısının az olması olmak üzere 10 adet kriterin yer aldığı (5×10) boyutlu başlangıç karar matrisi Denklem 6’nın yardımıyla Aşama 2’deki işlemlere tabii tutulmuş ve normalizasyonu gerçekleştirilmiştir. Standart karar matrisi Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 4’te yazılmış olan kriter ağırlıkları ise daha önceki adımlarda entropi yöntemiyle hesaplanmıştır. Normalize edilmiş standart karar matrisinin sütun değerleri, ilgili kriterlerin ağırlık değerleri ile çarpılarak Aşama 3’te yer alan ağırlıklandırılmış normalize edilmiş karar matrisi (V)’nin oluşturulmuştur. Denklem 7, bu işlem yapılırken kullanılmıştır. Tablo 4’te da oluşturulan V matrisinin sütunları gösterilmiştir. Aşama 4’te yer alan Denklem 8’den yararlanılarak V matrisinin sütun değerlerinden en büyükleri seçilmiş, ideal çözüm seti oluşturulmuştur. Denklem 9’dan yararlanılarak V matrisinin sütun değerlerinden en küçükleri seçilmiş ve negatif ideal çözüm setleri oluşturulmuştur. Tablo 4’te seçilen  $A^+$  ve  $A^-$  değerleri gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Standart karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
<b>TERSANE A</b>	0.4501	0.4410	0.5503	0.4112	0.4624	0.3588	0.3697	0.4722	0.3714	0.3998
<b>TERSANE B</b>	0.5839	0.6049	0.4090	0.4927	0.5518	0.5176	0.5137	0.5050	0.5162	0.4710
<b>TERSANE C</b>	0.3173	0.3155	0.4057	0.4033	0.4088	0.4108	0.4733	0.4451	0.4400	0.4586
<b>TERSANE D</b>	0.3711	0.2809	0.3270	0.3274	0.2829	0.4576	0.5018	0.2615	0.3498	0.4604
<b>TERSANE E</b>	0.4669	0.5110	0.5083	0.5642	0.4843	0.4746	0.3515	0.5055	0.5288	0.4428

**Tablo 4.** Ağırlıklandırılmış ve normalize edilmiş karar matrisi

Kriter ağırlıkları	0.1753	0.1265	0.0051	0.0118	0.1024	0.4556	0.0034	0.0539	0.0254	0.0406
<b>TERSANE A</b>	0.0789	0.0558	0.0028	0.0049	0.0474	0.1634	0.0013	0.0255	0.0094	0.0162
<b>TERSANE B</b>	0.1023	0.0765	0.0021	0.0058	0.0565	0.2358	0.0018	0.0273	0.0131	0.0191
<b>TERSANE C</b>	0.0556	0.0399	0.0021	0.0048	0.0419	0.1872	0.0016	0.0240	0.0112	0.0186
<b>TERSANE D</b>	0.0650	0.0355	0.0017	0.0039	0.0290	0.2085	0.0017	0.0141	0.0089	0.0187
<b>TERSANE E</b>	0.0818	0.0646	0.0026	0.0067	0.0496	0.2162	0.0012	0.0273	0.0134	0.0180
<b>A*</b>	0.1023	0.0765	0.0028	0.0067	0.0565	0.2358	0.0018	0.0273	0.0134	0.0191
<b>A-</b>	0.0556	0.0355	0.0017	0.0039	0.0289	0.1634	0.0012	0.0141	0.0089	0.0162

Aşama 5'te yer alan pozitif ( $S_i^+$ ) ve negatif ( $S_i^-$ ) ideal noktalarına olan uzaklıklar ise Denklem 10 ve Denklem 11'den yararlanılarak hesaplanmıştır. İdeal çözüme göreli yakınlık değerleri ( $C_i^*$ ) Aşama 6'da yer alan Denklem 12 kullanılarak hesaplanmış ve tersanelerin kendi aralarında sıralaması yapılmıştır. Tablo 5'de tersanelerin İSG performansına göre sıralamaları gösterilmektedir.

**Tablo 5.** Pozitif ideal çözüm, negatif ideal çözüm, ideal çözüme göreli yakınlık değeri ve alternatiflerin sıralanması

Tersaneler	$S_i^+$	$S_i^-$	$C_i^*$	SIRA
<b>TERSANE B</b>	0.0012	0.1003	0.9886	1
<b>TERSANE E</b>	0.0316	0.0703	0.6903	2
<b>TERSANE D</b>	0.0691	0.0461	0.3999	3
<b>TERSANE A</b>	0.0796	0.0377	0.3215	4
<b>TERSANE C</b>	0.0783	0.0293	0.2724	5

Çalışmada yer alan 5 tersanenin birbirlerine göre İSG performansları sırasıyla 0.9886 oranla Tersane B, 0.6903 oranla Tersane E, 0.3999 oranla Tersane D, 0.3215 oranla Tersane A, 0.2724 oranla Tersane C olarak belirlenmiştir.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Yapılan bu çalışmanın tersanelerde İSG kavramını ön plana çıkararak Yalova Tersanelerinde İSG



performansını değerlendirmektir. Bu amaçla çalışmada hibrit olarak entropi ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Literatür araştırmasıyla 10 kriter belirlenmiştir. 5 uzmanın belirlenen bu kriterleri derecelendirme ölçeği ile 0-100 puan arasında değerlendirmesi istenmiştir. (K1) Çalışanların kişisel koruyucu ekipman kullanması, (K2) Çalışanların risk azaltıcı iş uygulamalarına katılımı (çalışanların güvenlik uyumu), (K3) Çalışanların sağlık ve güvenlik bilgisi iletişimi (güvenlik iletişimi), (K4) Çalışanların hak ve sorumluluklarını yerine getirmesi (kazaların/olayların raporlanması), (K5) Çalışanların almış olduğu İSG eğitimlerinin kalitesi, (K6) İş kazalarının sayısının azlığı, (K7) Maddi zararın azlığı, (K8) Çalışanların iş motivasyonunun yüksek olması, (K9) Devamsızlık/kayıp iş günü sayısının azlığı, (K10) Kazaya ramak kala sayısının az olması ankette yer alan kriterlerdir.

Entropi yönteminin aşamaları uygulandıktan sonra elde edilen Tablo 2'deki ağırlıklar incelediğinde, tersanelerdeki İSG performansı açısından en önemli kriterin (K6) iş kazalarının sayısının azlığı olduğu görülmüştür. (K7) Maddi zararın azlığı ise en az önemli kriter olarak belirlenmiştir. Tersaneler ise Entropi yönteminden elde edilen ağırlıklar ile TOPSIS yöntemi kullanılarak sıralanmıştır.

Tersane B ise İSG performansı en yüksek tersane olarak belirlenmiştir ve en başarılı tersane olmuştur. (K6) İş kazalarının sayısının azlığı kriteri uzmanlardan en yüksek puanı almış ve bu puan tersanenin diğerleri içinde ön plana çıkmasını sağlamıştır. Tersanede çalışanların farkındalığı fazladır ve çalışanların riski azalmak için yapılan uygulamalara katılım isteği yüksektir. Çalışanların almış olduğu İSG eğitimlerinin kalitesi ise diğer tersanelerden daha yüksektir. Kazaya ramak kala sayısı ise daha azdır. Yapılan analizler sonucunda en iyi performans gösteren tersanelerin daha güvenli ve sağlığa daha çok dikkat eden bir yapı benimsediği söylenebilmektedir.

Tersane C İSG performansı en düşük tersane olarak belirlenmiştir. Analizde belirlenen bazı kriterlerde ön plana çıksa da genel olarak İSG yetersiz olarak belirlenmiştir. Çalışmada belirlenen iş kazalarının sayısının azlığı, çalışanların kişisel koruyucu ekipman kullanması, çalışanların risk azaltıcı iş uygulamalarına katılımı yeterli düzeyde çıkmamıştır ve ağırlığı yüksek olan bu kriterler tersanenin performansını olumsuz etkilemiştir. Performansı düşük çıkan tersanelerin yeterli sağlık ve güvenlik unsurlarını taşımadığı görülmektedir.

İş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin periyodik olarak tekrarlanması, genç işçi ve çırakların ağır işlerde çalıştırılmaması, iş yerlerinde yetkin personele yer verilmesi ve çalışma saatlerinin azaltılması İSG'ni artıracak önlemlerden bazılarıdır. Kavi ve Koçak (2011)'in de çalışmasında belirttiği gibi sağlık kontrollerinin periyodik olarak gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Risk değerlendirme çalışmalarının artırılması, kişisel koruyucu ekipmanların standartlara uygun yapılması ve kullanımının takip edilmesi, kazaların araştırılıp rapor edilmesi de performansı düşük çıkan tersaneleri olumlu yönde etkileyecek adımlardandır. Odewumi ve Ajisegiri (2013)'nin de çalışmasında belirttiği gibi ekipmanların bakımının yeterli düzeyde yapılması performansı artırıcı bir etki yaratacaktır. Her işletmede güvenlik kültürünün oluşturulması, inceleme yapmak için bakanlık ve diğer kurumların yer aldığı organizasyonların oluşturulması, yaptırımların demokratik uygulanması ve bu alanda daha çok bilimsel çalışma yapılması da performansa fayda sağlayacaktır. Nam (2019)'un da çalışmasında belirttiği gibi güvenlik kültürüne önem verip oluşturmak güvenli davranışı da beraberinde getirecektir.

Tersanelerde İSG performans değerlendirme için pek çok yöntem kullanılmıştır. Bu çalışmada ise çok kriterli karar verme yöntemlerinden Entropi ve TOPSIS yöntemlerinin hibrit olarak tersane İSG performans değerlendirilmesinde kullanılabileceği gösterilerek literatüre katkı sağlanmıştır. Çalışmada Yalova Tersaneler Bölgesi'ndeki 5 tersane incelenmiş olup, alternatif sayısı çalışmanın kısıtlarından biridir. Çalışmada kısıtlar bulunsa da metodolojisinin diğer çalışmalara yol gösterici olduğu öngörülmektedir. Yapılacak diğer çalışmalar için daha farklı kriterler ve tersanelerle işlem yapılması bir öneri olarak sunulabilir. Fakat çalışmalarda kullanılacak kriterler kabul görmüş olmalıdır. Tersanelerin



İSG performansının bu çalışmada tek yöntemle değerlendirilmeyip başka yöntemlerle de karşılaştırmanın yapılması sınırlı kalmıştır. Yapılacak çalışmalarda birden fazla yöntemle karşılaştırma yapılması çalışmayı daha da zenginleştirip anlamlılaştıracaktır.

Çalışmanın sonuçları ile Tarakçı (2019)'un yaptığı çalışma arasında bazı benzerlikler tespit edilmiştir. Kişisel koruyucu donanımların kaza riskini düşürmesi her iki çalışmanın da ortak paydasıdır. Tarakçı (2019)'un çalışmasında ayrıca eğitim alan kişilerin olmayanlara göre daha az kaza geçirdiği sonucuna ulaşılmıştır ve elde edilen sonuç bu çalışmadaki (K5) Çalışanların almış olduğu İSG eğitimlerinin kalitesi kriteri ile bağdaşmaktadır. Bu çalışmayla kriterin önemi bir kez daha kanıtlanmış ve ağırlığı yüksek çıkmıştır.

Bu araştırmada kullanılan hibrit yöntemler Türkiye'deki faal olarak görev yapan 84 tersanenin İSG performansı için uygulanabilecek ve elde edilen çıktılar tersanelerin gelişimine katkı sağlayabilecektir. Bu yönüyle çalışmanın diğer çalışmalara yol gösterici niteliğinde olması ve literatüre katkı sağlaması öngörülmektedir.

### Etik Kurulu İzni

Anket uygulamasının Etik Kurul İzni, 02.12.2022 tarihinde Kocaeli Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulunun E-10017888-204.01.07-330397 sayılı izni ile alınmıştır.

### Kaynaklar

Abdullah L., Otheman A. (2013). A new weight for sub-criteria in interval type-2 fuzzy TOPSIS and its application. I. J. Intelligent Systems and Applications, 02, 25-33.

Ajmal, M., Isha A. S. N., Nordin S. M. (2021). Safety management practices and occupational health and safety performance: an empirical review. Jinnah Business Review, 9(2), 15-33.

Arifin, M. D., Octaviani, F. (2022). Occupational health and safety analysis using HIRA and AS/NZS 4360:2004 standard at XYZ shipyard. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, 7(3), 145-152.

Arslan, A. (2009). Gemi inşa sektörünün geleceği ve Türkiye, Çözüm Var Dergisi.

Arslanoğlu A., Bektemür G., Yaşar S. (2020). İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları performans değerlendirme:bir kamu hastanesi örneği. Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 7(2), 121-124.

Ateş, S., Topal, A. (2021). Entropi temelli TOPSIS, ARAS ve MOOSRA yöntemleri ile güneş enerji santrali kuruluş yeri seçimi: kop bölgesi örneği. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 17(4), 1099-1119.

Bakır, A., Akan, Ş. (2018). Havaalanlarında hizmet kalitesinin ENTROPİ ve TOPSIS yöntemleri ile değerlendirilmesi: Avrupa'nın en yoğun havaalanları üzerine bir uygulama. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi,17(66), 632-651.

Bakırcı, E. (2005). Türkiye'de Gemi İnşa Sanayinin Genel Yapısı, Sorunları ve Sorunların Çözümüne Yönelik Öneriler. 2. Mühendis Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, İstanbul, Türkiye, 17- 19 Kasım, 2005.

Barlas, B. (2012). Shipyard fatalities in Turkey. Safety Science, 50, 1247–1252.

Barnett-Schuster, P. C. (2008), "Fundamentals of International Occupational Health and Safety Law". Aberdeen University Press.

Bitire, A. A., Chuma, L. L. (2022). Effects of occupational health and safety strategies on the organizational performance: a case study on electric power corporation in wolaita sodo district, Ethiopia. *Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues*, 25(1), 1-11.

Bohle, P., Quinlan, M. (2000). Managing occupational health and safety: a multidisciplinary approach, Macmillan Education AU. *Journal of Environmental Protection*, 5(11).

Bostan, İ. (2005), "Kürekli ve Yelkenli Osmanlı Gemileri", Bilgi Yayınları, İstanbul.

Bozkurt, R. (1993). Application of modern accident prevention techniques T.O.O.A.L. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 28490.

Burke, M. J., Sarpy, S. A., Tesluk, P. E., Crowe, K. S. (2002). General safety performance: a test of a grounded theoretical model. *personnel psychology*, 55, 429-459.

Caldarescu, G., Florea, L., Nagit G., Bernevig, M. A. (2021). The Importance of Performance Indicators in Occupational Safety and Health Management—A Review, *MATEC Web of Conferences*, 343.

Can, S. (2008), "Denizciler İçin Gemi İnşaa", Piri Reis Üniversitesi, İstanbul.

Chen, S. J., Hwang, C. L. (1992), "Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications", Springer-Verlag, Berlin.

Centel, T. (2000), "İş Sağlığı ve İş Güvenliği Mevzuatı", Mess Yayınları, İstanbul.

Ceylan, H., Demir, G. (2020). Türkiye'nin iş sağlığı ve güvenliği performansı: güncel eğilimlere genel bir bakış. *İSG Akademik*, 2(2), 123-136.

Çatı, K., Eş, A., Özevin, O. (2017). Futbol takımlarının finansal ve sportif etkinliklerinin ENTROPİ ve TOPSİS yöntemiyle analiz edilmesi: avrupa'nın 5 büyük ligi ve süper lig üzerine bir uygulama. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(1), 199-222.

Çelik, M. (2020). Tersanelerde iş sağlığı ve güvenliğini etkileyen parametrelerin analizi: Tuzla tersaneler bölgesi örneği. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 700101.

Çetinkaya, O. (2014). Tersanelerde İş Güvenliği Analizi (JSA). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 384892.

Devlet Planlama Teşkilatı, (2007). Gemi İnşaa Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 1.

Devlet Planlama Teşkilatı, (2001). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara, 1.

Ece, N. (2019). Holding şirketlerinin finansal performans sıralamasının entropi tabanlı TOPSİS yöntemleri ile incelenmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 63-73.

Eken, G. (2011). İş kazalarını önlemede iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin etkinliği: perakende sektöründe bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale, 310727.

Elsayed, A., Dawood, S., Karthikeyan, R. (2017). Evaluating alternatives through the application of TOPSIS method with entropy weight. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 46(2), 60-66.

Erickson, P. (1996), "Practical Guide to Occupational Health and Safety", Academic Press, San Diego.

Filiz, T. (2020). TCDD tarafından işletilen lojistik köylerin performanslarının çok kriterli karar verme ve veri zarflama analizi yöntemleri ile değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Burdur, 638442.

Gavcar, E., Kara, N. (2020). Elektrikli otomobil seçiminde entropi ve TOPSIS yöntemlerinin uygulanması. *İş ve İnsan Dergisi*, 7(2), 351-359.

GİSBİR (2019-2020). Gemi inşa, bakım-onarım sektörü 2019-2020 yılları istatistiksel verileri, Türkiye Gemi İnşa Sanayicileri Birliği, 1-59.

Gümüş, G. (2017). Tersane çalışmalarında yaşanan kazaların azaltılması ve güvenlik kültürü oluşturulması amacıyla sektörel işbaşı konuşmaları geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 466640.

Günay, D. (2002), "Gemi İnşa Sanayi Sektör Araştırması", Türkiye Kalkınma Bankası Yayınları, Ankara.

Harms-Ringdahl, L. (2005), "Safety Analysis: Principles and Practice in Occupational Safety", CRC Press, New York, USA.

Hatunoğlu, Z., Satır H., Yaşar F. (2019). Katılım bankalarının kurumsal sosyal sorumluluk performanslarının değerlendirilmesi: ENTROPİ ve TOPSIS yöntemleri ile uygulama. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(2), 613-639.

İri A. (2007). OHSAS 18001 İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri ve bir inşaat firmasında uygulanması, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 223088.

Jemai H., Badri A., Fredj N. B. (2021). State of the art and challenges for occupational health and safety performance evaluation tools. *Safety*, 7(3), 64.

Kallo, Z. (2015). Katılım bankalarının performanslarının değerlendirilmesi: TOPSIS ve PROMETHEE yöntemi ile uluslararası karşılaştırma. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 410288.

Kavi, E., Koçak, O. (2011). Tersane çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili faaliyetleri algılama düzeylerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma: Yalova örneği. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 37-50.

Kıracı, K., Bakır, M. (2018). "ENTROPİ Temelli TOPSIS Sistemiyle İş Modeline Göre Havayolu Firmalarının Finansal Performanslarının Analizi", 17. Uluslararası Katılım İşletmecilik Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir.

Kumar, C., Rana, K. B., Tripathi, B. (2020). Performance evaluation of diesel-additives ternary fuel blends: an experimental investigation, numerical simulation using hybrid entropy-TOPSIS method and economic analysis. *Thermal Science and Engineering Progress*, 20.

Lakhiar, M. T., Lakhiar, M. T., Abdullah, A. H. (2021). Occupational health and safety performance in high-rise building projects in Pakistan: a systematic literature review. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 4(1), 99-114.

Larson, J. (1996). The world health organization's definition of health: social versus spiritual health. *Social Indicators Research*, 38, 181-192.

Maurice, P., Lavoie, M., Laflamme, L., Svanström, L., Romer, C., Anderson, R. (2001). Safety and safety promotion: definitions for operational developments. *Injury Control and Safety Promotion*, 8(4), 237-240.

Marine Sight, <https://www.marineinsight.com/careers-2/different-jobs-in-a-shipyard-shipbuilding-industry/> [Online] [Erişim 7 Aralık 2022]

Manuele, F. A. (1993), "On The Practice of Safety", Van Nostrand Reinhold, New York.

Mappangile, A. S. İ., Ramdhan, D. H. (2022). Literature review: relating factors to the effectiveness of occupational health and safety program performance. *Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(F), 420-426.

Matooq, A., Suliman S. M. A. (2013). Performance measurement of occupational safety and health: model for Bahrain inspectorates. *Journal of Safety Engineering*, 2(2), 26-38.

Metin, S., Yaman, S., Korkmaz, T. (2017). Finansal performansın TOPSIS ve MOORA yöntemleri ile belirlenmesi: BİST enerji firmaları üzerine karşılaştırmalı bir uygulama. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 371-394.

Muñiz, B. F., Montes-Peón, J. M., Vázquez-Ordás, C. J. (2009). Relation between occupational safety management and firm performance. *Safety Science*, 47, 980-991.

Nam, D. (2019). İş güvenliği kültürü ve güvenli davranış arasındaki ilişki: gemi inşa sanayinde bir araştırma. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya, 563148.

Odaman, S. (2005). 4857 sayılı yeni iş kanunu sonrasında iş sağlığı ve güvenliği hükümlerinin önemi ve OHSAS 18001 yönetim sistemi. *Mercek*, Temmuz 2005, 132-138.

Odewumi, S. G., Ajisegiri, M. S. (2013). An appraisal of environmental health & safety management in the workplace (a study of continental shipyard limited). *Centre for Environmental Studies and Science Education*, 2(2), 45-58.

Özdemir, N. (2009). Gemi sanayinde iş güvenliği yönetimi ve OHSAS 18001 uygulaması. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 239008.

Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423.

Soylu, M. (2021). COVID-19 sürecinde tersane çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliği algıları ve risklerin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 701051.

Susser, M. (1993). Health as a human right: an epidemiologist's perspective on the public health. *American Journal of Public Health*, 83(3), 418-426.

Tarakçı, O. C. (2019). Tersane çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliği farkındalığının incelenmesi: ARES shipyard örneği. Yüksek Lisans Tezi, Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarsus, 596292.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürlüğü, <https://tkygm.uab.gov.tr/> [Online] [Erişim 10 Aralık 2022]

Temür, A. (2022). Borsa İstanbul turizm endeksi (XTRZM) firmalarının entropi temelli ARAS, COPRAS ve TOPSIS yöntemleri ile finansal performans analizi. *Journal of Productivity*, 2, 183-212.

Tezcan, M. C., Aktaş, B. B. (2022). İş sağlığı ve güvenliği performans değerlendirme: uçak bakım organizasyonu üzerine bir araştırma. *İş Sağlığı ve Güvenliği Akademi Dergisi*, 5(1), 1-12.

Tezdoğan, T., Taylan, M. (2009). Tersanelerdeki iş kazalarının istatistikî olarak incelenmesi. *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, 180, 10-16.

Toprak, M. S., Çanakçıoğlu, M. (2019). Banka performansının entropi ve copras yöntemi ile değerlendirilmesi: Türk bankacılık sektörü üzerine bir araştırma. *Mali Çözüm Dergisi*, 29(154), 107-132.

Tremblay A., Badr, A. (2018). Assessment of occupational health and safety performance evaluation tools: state of the art and challenges for small and medium-sized enterprises. *Safety Science*, 101, 260-267.

Tunca, M. Z., Ömürbek, N., Cömert, H. G., Aksoy, E. (2016). OPEC ülkelerinin performanslarının çok kriterli karar verme yöntemlerinden entropi ve MAUT ile değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*. 7(14), 1-12.

Turan, H., Süslü, E. (2021). Tersanelerde iş sağlığı güvenliği. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(119), 160-188.

Üngüren, E., Koç, T. S. (2015). İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları performans değerlendirme ölçeği: geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Sosyal Güvenlik Dergisi*, 5(2),124-144.

Ünsar, S. (2003). Türkiye’de İşçi sağlığı ve iş güvenliği uygulamalarının mevcut durumu ve konuyla ilgili yapılan bir araştırma. Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 140857.

Yalova Altınova Tersane Girişimcileri Sanayi ve Ticaret A.Ş.,<https://www.altinovatersane.com.tr/> [Online] [Erişim 10 Aralık 2022]

Yavuz, K. (2008). Tersanelerde kazaların önlenmesi ve iş güvenliği: Tuzla tersaneleri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,321662.

Yıldırım, M., Altan, İ. M. (2019). Sigorta sektörünün finansal performansının ENTROPİ ağırlıklı TOPSIS yöntemiyle analizi ve değerlendirilmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 345-358.

Zhang, H., Gu, C., Gu, L., Zhang, Y. (2011). The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy - a case in the Yangtze River Delta of China. *Tourism Management*, 32(2), 443-451.

# Dijital Fotogrametri Tabanlı Başlangıç Kusurlarının Gemi Tipi Desteklenmiş Levhaların NLFEM ile Nihai Mukavemet Analizlerinde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi

Hasan Ölmez

Gemi Makinaları İşletme Mühendisliği Bölümü, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye

hasanolmez@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5351-4046

## ÖZET

Bu çalışmada, başlangıç sehimlerinin gemi tipi desteklenmiş panel yapılarının nihai mukavemet değerleri üzerindeki etkileri, başlangıç sehim formlarının nasıl elde edildiği açısından ele alınmış ve analiz edilmiştir. Gemilerdeki desteklenmiş paneller, operasyonel ömürleri boyunca karmaşık yükleme koşullarına maruz kalmakta ve yapısal bütünlüklerinin korunmasını kaçınılmaz hale getirmektedir. Mukavemetlerinin ve göçme modlarının doğru bir şekilde tahmin edilmesi, çeşitli kusurların davranışları üzerindeki etkilerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını gerektirir. Bu çalışmada, başlangıç kusurlarının iki temel kaynağı ele alınmıştır. Bunlar, doğrusal öz değer burkulma analizi sonuçları ve dijital fotogrametri tabanlı ölçümler sonucunda ortaya çıkan burkulma modu şekilleridir. Üretim sürecinden kaynaklanan burkulma modu şekilleri, doğrusal statik yapısal analiz kullanılarak elde edilmiştir. Öte yandan, fiziksel yapının yüksek çözünürlüklü görüntülerini analiz ederek kusurları yakalamak ve ölçmek için dijital fotogrametri kullanılmıştır. Sayısal hesaplamalar, bu iki tür başlangıç kusurunun doğrusal olmayan sonlu elemanlar yöntemi (NLFEM) analizlerine dahil edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Burkulma modu kusurları geometrik düzensizlikler olarak uygulanırken, fotogrametri tabanlı kusurlar ideal geometriden istatistiksel olarak temsili sapmalar olarak elde edilmiştir. Desteklenmiş panelin yapısal davranışı, boyuna tek eksenli basınç yüklemesi altında analiz edilmiştir. Ansys 2019R2 versiyonundan itibaren artık kullanılmayan Türk Loydu'nun S.P 01/19 teknik genelgesinde verilen prosedür yerine yeni bir NLFEM proje şeması kullanılmıştır. Önerilen bu yöntemin geçerliliği, Ansys 2022R2 versiyonunda, burkulma modu başlangıç kusurlarını dikkate alan iki doğrulama çalışması ile kanıtlanmıştır. Daha sonra, Trabzon'daki bir tersanede imal edilen modelden dijital fotogrametri yöntemi ile Photomodeler V. 2023.3.0.238 programında oluşturulan desteklenmiş panel yapısı için bir uygulama çalışması yapılmıştır. NLFEM analizi, hem öz değer burkulma analizinden sonra elde edilen başlangıç sehimleri modeli ile hem de kaynak montaj işlemlerinden sonra doğal olarak yapısal bozulmalara uğramış model için gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmalı nihai mukavemet sonuçları oldukça tutarlı belirlenmiş ve bu da dijital fotogrametrik modelleme yönteminin gemi yapı elemanlarının mukavemet analizinde kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Gemi mukavemeti, desteklenmiş levha, başlangıç kusurları, nihai mukavemet, NLFEM, Dijital Fotogrametri

**Makale geçmişi:** Geliş 06/11/2023 – Kabul 03/01/2024

<https://doi.org/10.54926/gdt.1386576>



# Evaluation of the Applicability of Digital Photogrammetry-Based Initial Imperfections on NLFEM Ultimate Strength Analysis of Ship-Type Stiffened Plates

Hasan Ölmez

Department of Marine Engineering, Sürmene Faculty of Marine Science, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye

hasanolmez@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5351-4046

## ABSTRACT

In this study, the effects of initial imperfections on the ultimate strength values of ship-type stiffened plate structures are discussed and analysed from the point of view of how the initial imperfection forms are obtained. Ship stiffened panels are subjected to complex loading conditions during their operational lifespan. Accurate prediction of their strength and failure modes necessitates a thorough understanding of the effects of various imperfections on their behavior. Two primary sources of initial imperfections are considered: the buckling mode shapes resulting from linear eigenvalue buckling analysis and measurements based on digital photogrammetry. Buckling mode shapes, arising from the manufacturing process are extracted using linear static structural analysis. Digital photogrammetry is employed to capture and quantify imperfections by analysing high-resolution images of the physical structure. Numerical investigation is conducted by incorporating these two types of initial imperfections into non-linear finite element method (NLFEM) calculations. The buckling mode imperfections are applied as geometric perturbations, while the photogrammetry-based imperfections are incorporated as statistically representative deviations from the ideal geometry. Stiffened panel's structural response is analysed under longitudinal uniaxial compression. A new NLFEM project schematic has been utilized instead of the procedure outlined in the technical circular S.P 01/19 by Türk Loydu, which has been discontinued after ANSYS® Workbench™V.2019R2. This is proven by two validation case studies in ANSYS® Workbench™2022R2 version for considering buckling mode initial imperfections. A case study is then conducted using a 3D model of a stiffened plate panel, which is fabricated in a shipyard located in Trabzon, created by Photomodeler V. 2023.3.0.238 employing the digital photogrammetry method. NLFEM analysis is carried out for both initially deflected model after eigenvalue buckling analysis and naturally deflected model after welding operations. The comparative ultimate strength results are quite consistent, and this shows that the digital photogrammetric modelling method can be used in the analysis of ship structural elements.

**Keywords:** Ship strength, stiffened plate, initial imperfection, ultimate strength, NLFEM, Digital Photogrammetry

**Article history:** Received 06/11/2023 – Accepted 03/01/2024



## 1. Introduction

Ship structures are vital components of the global maritime industry, serving as the backbone of international trade and transportation. The design and analysis of these structures are of paramount importance to ensure their safe and efficient operation. The focus of these studies is the accurate prediction of their structural strength, particularly in the context of nonlinear finite element method (NLFEM) analyses. Accurate predictions require an in-depth understanding of the complex factors that influence the behaviour of ship-type stiffened panels, including the incorporation of realistic residual stresses, boundary conditions and initial imperfections (Paik et al., 2009; Khan and Zhang, 2011; Xu et al., 2013; Tanaka et al., 2014; Yao and Fujikubo, 2016; Kim et al., 2017; Ozdemir et al., 2018; Kim et al., 2018; Li et al., 2021; Tekgoz and Garbatov, 2021).

Ship and offshore structures inevitably display deviations from ideal geometry in the out-of-plane dimension, resulting from processes such as welding, cutting, and manufacturing. These imperfection patterns tend to be highly irregular and, in many cases, lack comprehensive documentation. The structural integrity, particularly concerning buckling and ultimate strength, is notably influenced by the presence of these initial imperfections. In practical terms, classification society standards specify maximum permissible thresholds for out-of-plane variations but do not prescribe specific constraints on the nature or shape of these imperfections. From the start of the study of ultimate strength calculations of single and stiffened plates, many researchers have studied the effects of initial imperfections, proposing design methods and equations to predict the ultimate strength (Kim et al., 2018; Yi et al., 2020; Georgiadis et al., 2021; Ringsberg et al., 2021; Li et al., 2022).

Although finite element (FE) modelling is a prevalent tool for evaluating the ultimate strength of structural systems, the incorporation of non-linear distortions and imperfections into FE models remains a persistent challenge. Two prevalent methods for introducing initial imperfections in NLFEM analyses of ship-type stiffened panels have gained recognition in the maritime engineering community. First one is the use of buckling mode shapes obtained from linear buckling analyses and other one is the application of numerical photogrammetry techniques to capture as-built imperfections directly from physical structures. These methods have unique advantages and challenges, and their comparative analysis can show the accuracy and appropriateness of each approach.

One commonly employed method for incorporating initial imperfections is the use of buckling mode shapes derived from linear buckling analyses. This approach assumes that the critical imperfections correspond to the eigenmodes of the linearized problem and are therefore representative of the overall behaviour. Numerous studies have explored the applicability of this method and its limitations, highlighting issues related to the accuracy of mode shape assumptions and the fundamental simplifications of linear analyses (Paik et al., 2002; Georgiou, 2019; Türk Loydu, 2019).

In contrast, the use of numerical photogrammetry techniques to capture as-built imperfections has emerged as a promising alternative. This method utilizes advanced digital imaging and measurement technologies to obtain high-fidelity representations of the actual geometries of ships and their components for re-engineering purposes (Koelman, 2010; Kolyvas et al., 2015; Tepegöz, 2019) and also structural integrity analysis of ship-type stiffened panels (Chen et al., 2011; Barcelo, 2012; Mouhat et al., 2013; Cubells et al., 2014; Zhang, 2015; Woloszyk et al., 2020, Woloszyk et al., 2021, Graves et al., 2023).

This manuscript presents a systematic investigation into the effects of these two distinct approaches for modelling initial imperfections in NLFEM strength analysis. Specifically, we compare the traditional use of buckling mode shapes with the innovative use of numerical photogrammetry-based

imperfections. Despite the growing body of research on these two approaches, a comprehensive comparison of their effects on NLFEM strength analysis of ship-type stiffened panels is notably lacking in the literature. This manuscript aims to provide useful info about the positive and negative sides of both methods and contributes to the advancement of best practices in structural analysis and design for maritime applications. In this context, a 3-step procedure is proposed, incorporating the scaling factor within the eigenvalue buckling analysis section of ANSYS® Workbench™ NLFEM, rather than utilizing the previously employed 5-step procedure. Besides, a reliable and practical procedure (ANSYS® Workbench™, 2022) by utilizing photogrammetry technique (PhotoModeler, 2023) is proposed.

## 2. Problem Definition and Applied Methods

This research is dedicated to the modeling and examination of imperfect structures through the application of actual dimensions, using the photogrammetry method especially used in geodesical field. This investigation emphasizes the reliability of photogrammetric measurements in assisting with the structural assessment of imperfect segments within ship stiffened plates. Initially, the digital photogrammetry technique is employed to capture the naturally deflected stiffened plates following assembly operations. The initially imperfected model of the stiffened plate created by digital photogrammetry is then transferred to a finite element model and ultimate strength is calculated with directly non-linear static structural analysis. In addition, the ultimate strength analysis of stiffened plates considering first mode buckling imperfections modelling techniques is conducted with linear static structural, eigenvalue buckling and non-linear static structural modules, respectively.

### 2.1. Ultimate strength analysis of stiffened plates

Ship structures are primarily characterized by their composition of steel plates and stiffeners, meticulously assembled to create panels that serve as fundamental structural elements. Their prominence in maritime construction can be attributed to the relative ease of fabrication and the exceptional strength-to-weight ratio they offer. Throughout the operational lifecycle of vessels, these panels are subject to the application of axial loads and bending moments, rendering the structural framework susceptible to potential failure. Notably, a paramount concern pertains to the phenomenon of plate buckling, particularly as it manifests within the context of stiffened panels. Significantly, the understanding of the different behaviors exhibited by these structural constituents remains, at present, incomplete. In order to assess the load-end shortening capacity of these plates, the methodology of the Ultimate Limit State is invoked.

The assessment of the ultimate strength of maritime structures, while considering all plausible failure modes encompassing plate-induced overall buckling, stiffener-induced overall buckling, stiffener tripping, and plate buckling presents a formidable challenge due to the intricate interplay of diverse factors. This complexity arises from the intricate interplay of multifarious factors, including geometric and material attributes, load scenarios, boundary conditions, residual stresses, and out-of-plane initial imperfections post-welding. The material of choice for ship plate fabrication predominantly comprises mild or high tensile steel, often configured in square or rectangular geometries. Loading considerations encompass in-plane loading, distributed lateral loading attributable to hydrostatic pressures, or a combination thereof. The nature of boundary conditions is intrinsically tied to the structural design and variably contingent upon the specific placement of the plate within the overarching structural

framework. Of these considerations, the major emphasis of this study centers on the important assessment of out-of-plane initial imperfections.

## 2.2. Digital Photogrammetry approach

Photogrammetry, utilizing a three-dimensional measurement approach and central projection imaging as its foundational mathematical framework, has proven to be a highly effective means of gathering data on intricate shapes. It offers consistent measurements over the past few decades and stands as the pioneering remote sensing technology for deducing geometric attributes from photographic images. Automating image processing significantly expedites recognition procedures. Close-range digital photogrammetry is relatively easy to use and provides a high degree of accuracy sufficient for ship structures which allows detailed view of the distortions introduced during the production process or later on during the service life.

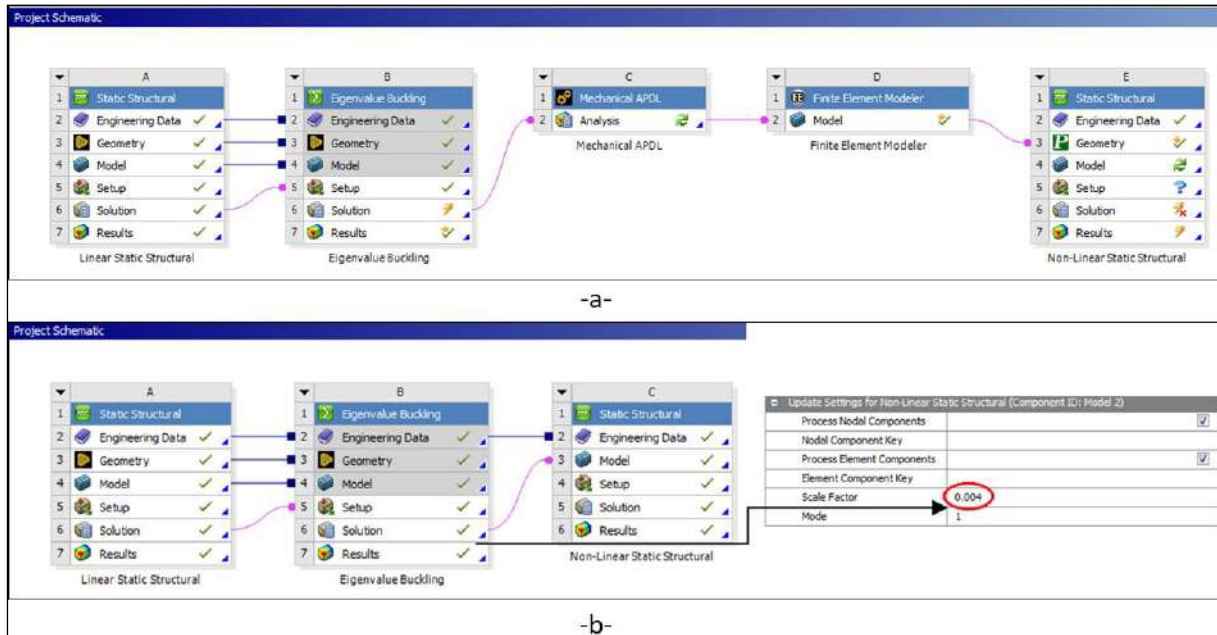
Digital methods often offer increased convenience. Digital photogrammetry can be executed without necessitating any preliminary project preparations, like the attachment of specific markers to the object. In the context of digital photogrammetry, the primary emphasis lies in capturing surface irregularities to evaluate examples such as corrosion patterns or other initial depths.

In this study, it is aimed to determine the current structural condition of the supported plate part of a fishing boat under construction according to digital photogrammetric methods by evaluating the photographs taken with a smart phone camera in the PhotoModeler programme and then to compare the results of the analysis with the intact model in the project, which is the basis for the manufacturing layouts.

## 2.3. Linear and non-linear Finite Element Analysis

Non-linear finite element analysis (NLFEA) currently stands as the cutting-edge and acknowledged methodology for the more accurate prediction of the ultimate strength and buckling behaviors in stiffened panels. However, besides the complex application procedure, NLFEA also requires precise consideration of influential factors such as boundary conditions and formulation of initial imperfections. Therefore, it becomes imperative to develop specialised procedures to ensure a problem-specific and reliable application of NLFEA. NLFEA analyses are conducted through a three-step process. Initially, a linear static structural (LSS) problem of the model is solved. Based on this solution a linear eigenvalue analysis (LEA) is executed to generate essential data regarding the initial imperfections. These imperfections serve as the driving force for instigating the subsequent nonlinear buckling of the stiffened plate. The eigenmodes derived from the linear buckling analysis are harnessed to prepare the “initially deformed” model, which subsequently serves as the input for the nonlinear analysis. The principal objective of NLFEA revolves around the determination of the panel’s ultimate capacity, synonymous with the collapse load, representing the maximum load value that the panel can endure.

ANSYS® Workbench™ project schematic flowchart for the determination of the ultimate strength of stiffened panels by using NLFEM procedure first proposed by the author in the paper (Sekban et al., 2018) is also given in S.P 01/19 technical circular of Turkish Loyd (Türk Loydu, 2019), which is no longer in use after ANSYS® Workbench™ 2019R2 version was released. Instead, a new project schematic develops and proves by two case studies in ANSYS® Workbench™ 2022R2 version. The comparison of project schematics is given in Figure 1.



**Figure 1.** Ultimate strength calculation procedure in ANSYS® Workbench™; a) before ANSYS® Workbench™ 2019R2, b) after ANSYS® Workbench™ 2019R2

### 3. Validation and Case Studies

Firstly, 3-step ultimate strength calculation procedure of stiffened plate different from S.P 01/19 technical circular of Turkish Loyd is calibrated with analysed stiffened plate models from literature (Quinn et al., 2009; Khan and Zhang, 2011). Then, a 3D model of stiffened plate part fabricated in a shipyard is created both with intact structure and initially deflected structure transferred from photogrammetric model.

#### 3.1. Validation study-I

The first validation study is conducted for aluminium alloy stiffened panel model both tested and simulated after numerical analysis in the paper of (Quinn et al., 2009). The geometrical configuration and material properties are given in Table 1. A rectangular aluminium alloy plate is stiffened with three equally spaced, T-shaped aluminium alloy stiffeners parallel to long side along x-axis. Non-linear isotropic hardening power low behaviour is considered for both plate and stiffener materials. The stiffened plate is considered under longitudinal axial compression load.

**Table 1.** Geometric and material properties of considered stiffened plate.

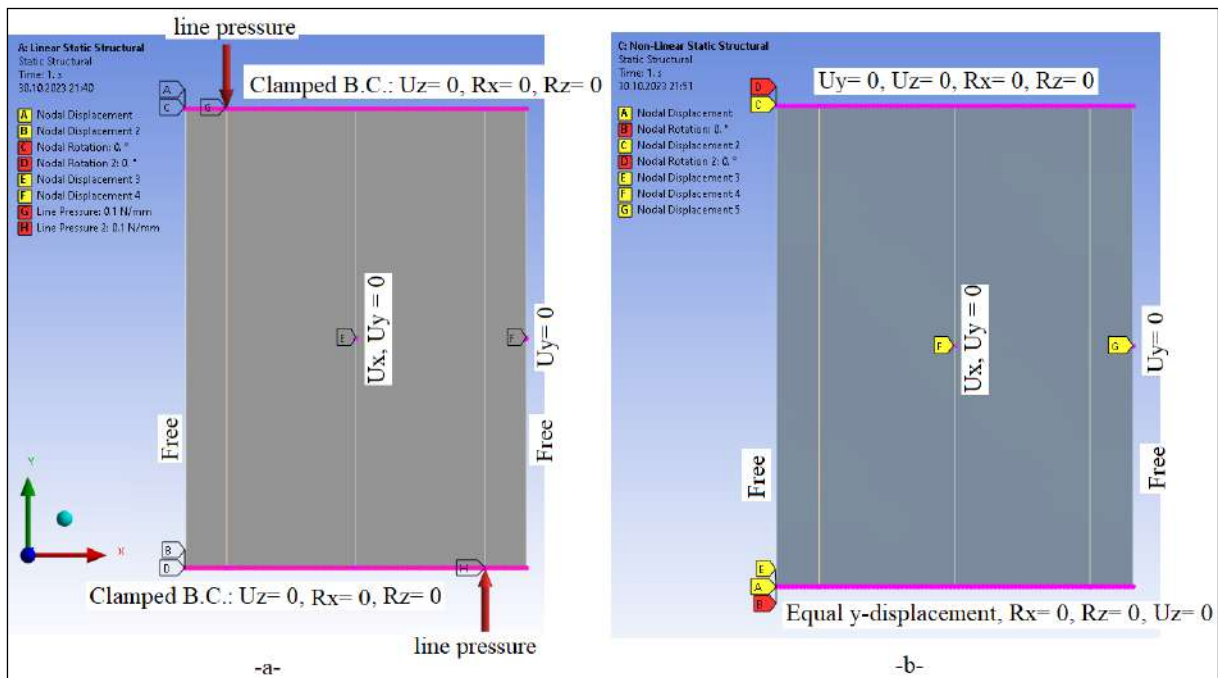
B mm	a mm	b mm	t mm	$n_{sx}$	$h_{wx}$ mm	$t_{wx}$ mm	$A_{load}$ mm <sup>2</sup>	$\sigma_{yield}$ MPa	$\sigma_{YPL}$ MPa	n	E MPa	
440	590	167	2.2	3	28	2.8	1203.2	324	299	0.406	73700	0.33

$A_{load}$ = Area of loading side including stiffeners, B=plate width, a=plate length, b=plate width between two stiffeners, t=plate thickness,  $n_{sx}$ =number of stiffeners,  $h_{wx}$ = stiffener web height,  $t_{wx}$ = stiffener web thickness,  $b_{fx}$ = flange width,  $t_{fx}$ = flange thickness,  $\sigma_{yield}$ = yield stress,  $\sigma_{YPL}$ = Initial yield stress of power low, n= exponent of power low, E= Young's modulus, Poisson's ratio.

Boundary conditions are applied separately for linear and non-linear analysis in accordance with those in the reference publication. Firstly in linear analysis, the clamped type boundary condition is used for loaded edges. Longitudinal edges parallel to stiffeners are taken as free boundary. Besides, to avoid

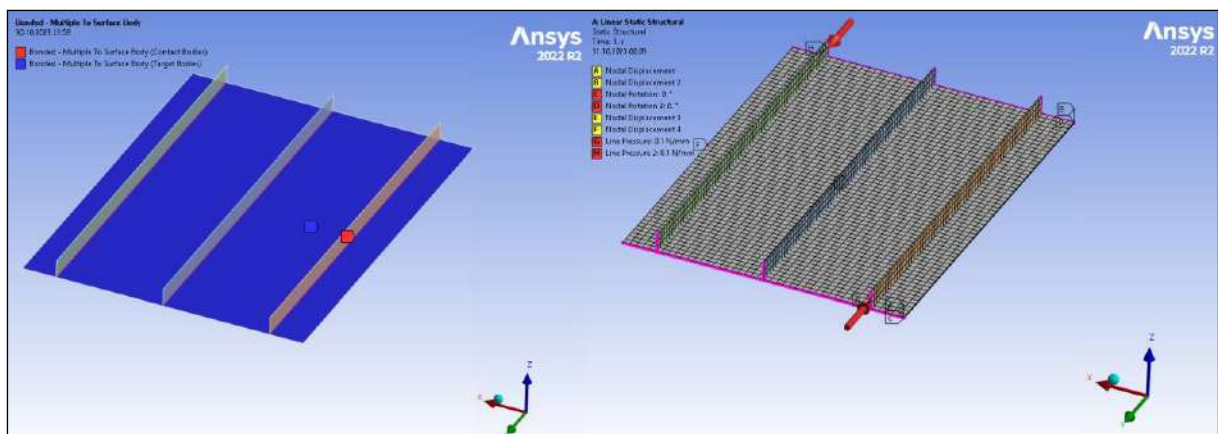


rigid body motion mid-node of the model is constrained against translation x and y directions and one of the mid-node of the longitudinal unloaded edge is constrained against translational y direction. Secondly, in non-linear analysis, forced displacement type loading is used instead of linear pressure. Equal y-displacement is given at loaded plate edge with stiffeners. Translation at z direction, and rotation at x and z directions are constrained. On the opposite edge, translation at y and z directions, and rotation at x and z directions are constrained. Other boundary conditions are similar with linear eigenvalue analysis. Boundary and loading conditions are also shown in Figure 2.



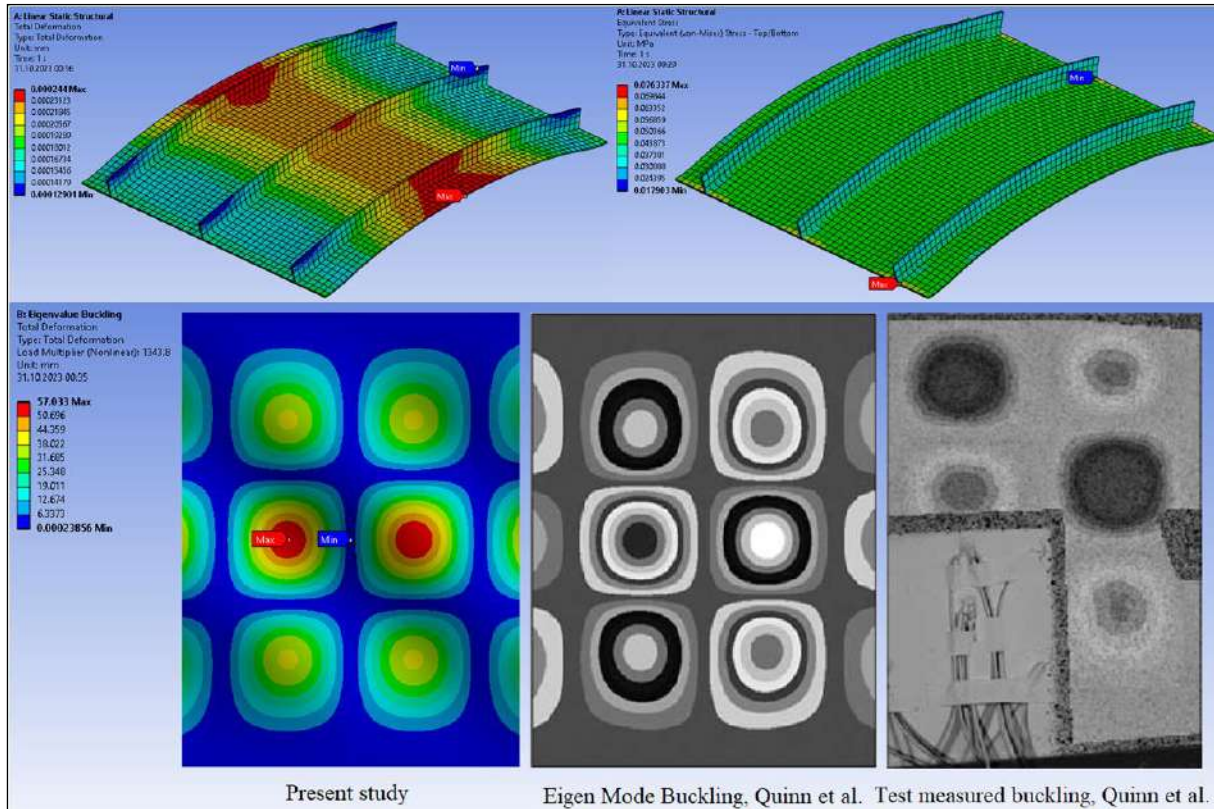
**Figure 2.** Loading and boundary conditions; (a) Linear static and eigenvalue buckling analysis, (b) Non-Linear static analysis

The optimum numbers of mesh elements for the model parts are determined as 17 elements in the plate between stiffeners, three elements in the stiffener web and 59 elements in the longitudinal edges. Contact configuration and boundary conditions of stiffened plate is given in Figure 3.



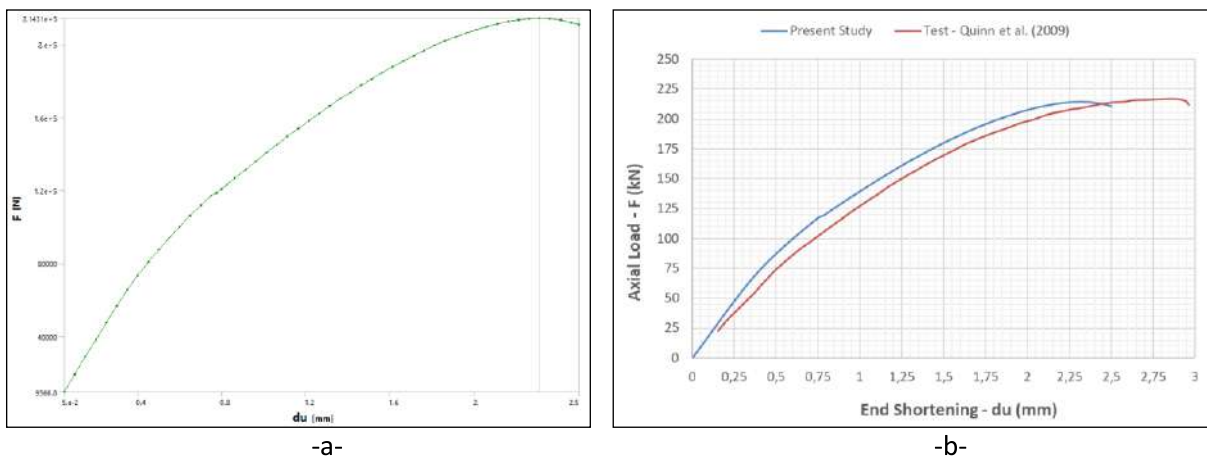
**Figure 3.** Contact configuration and boundary conditions of stiffened plate.

The 3-step LSS+LEA+NLFEA procedure is carried out and total deformation, equivalent von-Mises stress, and first buckling mode imperfections are obtained and used for NLFEM ultimate strength calculations mentioned in Quinn et al. and ISSC, 2012. The first buckling mode is well matched with literature. Color scaled results are given in Figure 4.



**Figure 4.** Linear static structural and eigenvalue buckling analysis results

Finally, the load-end shortening curve obtained from NLFEM and comparison graphic is given in Figure 5 and initial plate buckling loads and ultimate plate collapse loads are given in Table 2, comparatively.



**Figure 5.** (a) Load-end shortening curve of present study (b) comparative load-end shortening curve

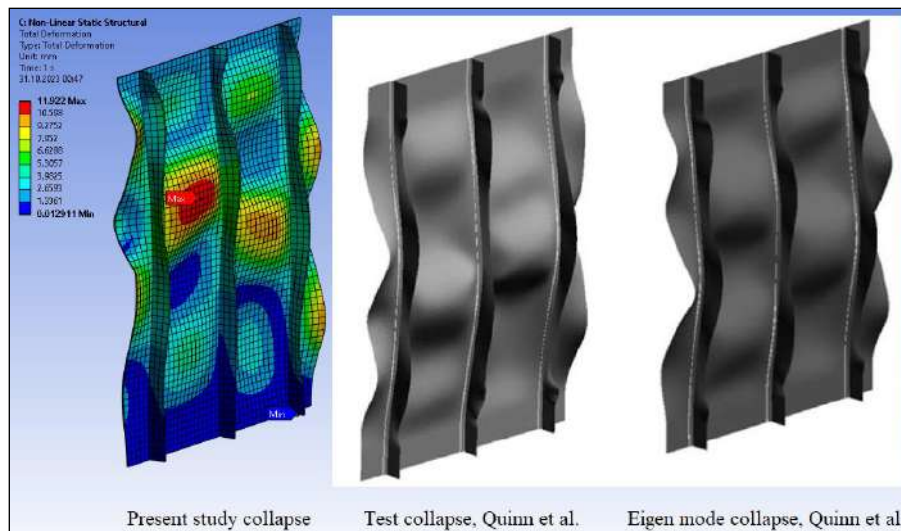
Since the use of different software, different iterative technique under solution module, the comparison to the referenced publication is regarded as satisfactory. Reliable results were obtained

with a difference of about 1,07% ultimate load capacity according to the result of test procedure by Quinn et al., 2009 and 1,23% according to the NLFEM method by (Quinn et al., 2009). By examining the curve's characteristics, the panel will fail when the applied load is 214,3 kN at 2,5 mm end-shortening along the short edge of the stiffened plate.

**Table 2.** Initial plate buckling and ultimate plate collapse loads

Study	Initial plate buckling load (kN)	Ultimate panel collapse load (kN)
Experimental data [Quinn et al., 2009]	74,5	216,6
Measured imperfection [Quinn et al., 2009]	78,2	212,1
Eigen-mode imperfection, Abaqus [Quinn et al., 2009]	52,8	211,7
Present study, ANSYS® Workbench™	59,1	214,3

Based on the test findings, the initial buckling of the plate was observed at 74.5 kN, which corresponds to 34% of the ultimate collapse load of the specimens. In this scenario, the central plate bays buckled in an anti-symmetrical manner, forming three longitudinal half-waves. This value is predicted as 52,8, 25% of the ultimate load and 59,1, 27% of the ultimate load by (Quinn et al., 2009) and present study, respectively. Comparative results at collapse level are given in Figure 6.



**Figure 6.** Obtained collapse modes comparison

### 3.2. Validation study-II

A further comparison study was carried out to strengthen the accuracy and reliability of the proposed procedure. An effort is made to compare ultimate strength results with applicable findings documented by (Khan and Zhang, 2011) and (Türk Loydu S.P 01/19, 2019). The geometrical configuration and material properties are given in Table 3. Almost square steel plate is stiffened with four equally spaced, T-shaped steel stiffeners along the longitudinal x-axis. Bilinear isotropic hardening stress-strain behaviour is considered for both plate and stiffener materials.

The displacement-type boundary conditions, restricted displacements with free rotations, suitable for the stiffened panel's loading edge will be enforced. As a standard practice, the out-of-plane movement of the stiffened panel's edges will be restricted along all plate edges.



**Table 3.** Geometric and material properties of considered stiffened plate.

B mm	a mm	b mm	t mm	$n_{sx}$	$h_{wx}$ mm	$t_{wx}$ mm	$b_{fx}$ mm	$t_{fx}$ mm	$A_{load}$ mm <sup>2</sup>	$\sigma_{yield}$ MPa	$\epsilon_{yield}$	E MPa	$E_t$ MPa	
4075	4300	815	17.8	4	463	8	172	17	99047	315	0.001531	205800	1000	0.3

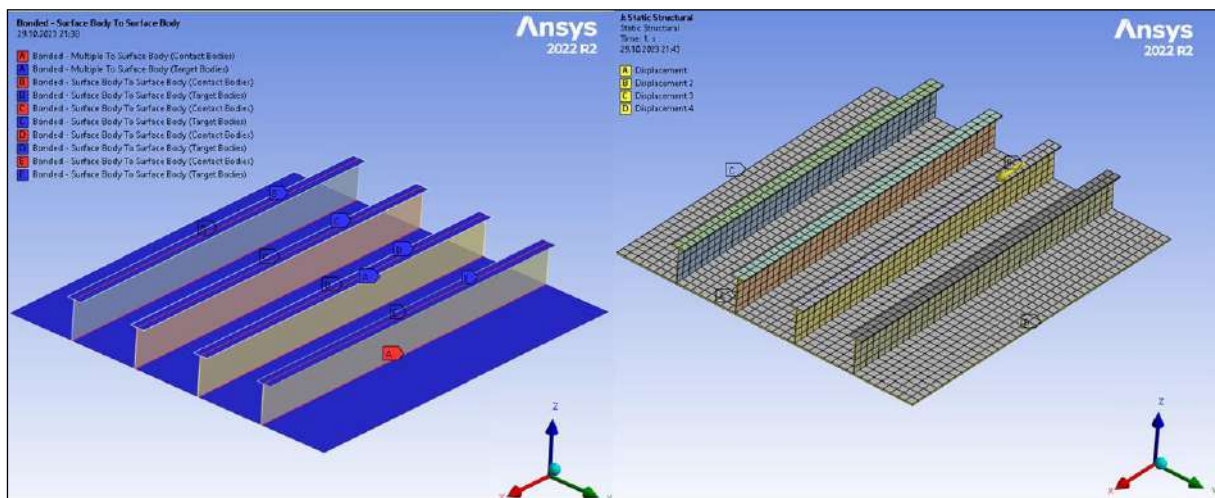
$A_{load}$ = area of loading side including stiffeners, B=plate width, a=plate length, b=plate width between two stiffeners, t=plate thickness,  $n_{sx}$ =number of stiffeners,  $h_{wx}$ = stiffener web height,  $t_{wx}$ = stiffener web thickness,  $b_{fx}$ = flange width,  $t_{fx}$ = flange thickness,  $\sigma_{yield}$ = yield stress,  $\epsilon_{yield}$ = yield strain, E= Young’s modulus,  $E_t$ = tangent modulus, Poisson’s ratio.

Likewise, the end cross-section nodes of the stiffeners/frames will undergo identical boundary conditions as those applied to the corresponding plate edges. Since the longitudinal and transverse web frames, which are the primary support elements, exhibit significantly greater rigidity compared to the stiffeners, it is possible to eliminate the structural representation of the frames. Instead, they can be replaced by constraining the displacement in the z-direction of the plate nodes situated along the path of the frame on the plate's surface.

To establish load shortening curves and assess buckling capacity, a controlled displacement is applied by forcing the edge nodes of the model. The resulting compressive force is determined as the reaction force in the opposite direction. The magnitude of the imposed displacement needs to be sufficiently substantial to induce deformations surpassing the ultimate load carrying capacity of the panel. Load application and boundary conditions are given in Figure 7.



**Figure 7.** Forced displacement application and boundary conditions

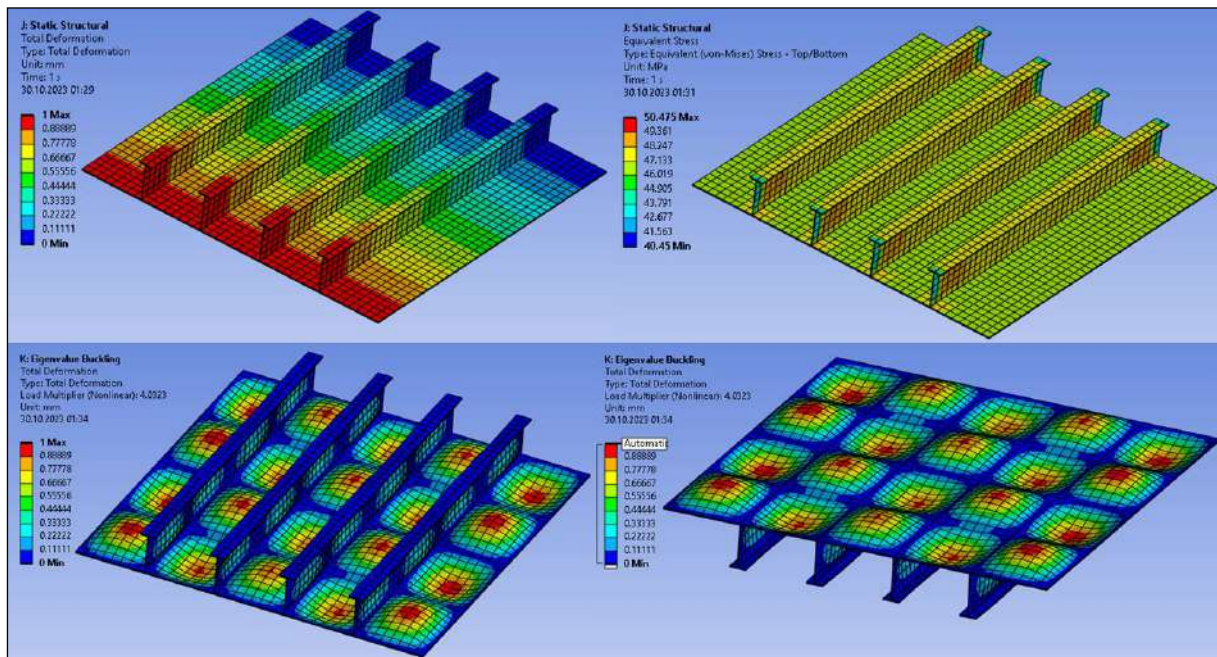


**Figure 8.** Contact configuration and boundary conditions of stiffened plate.

The optimum numbers of mesh elements for the model parts are determined as eight elements in the plate between longitudinal stiffeners, five elements in the longitudinal stiffener webs, two elements

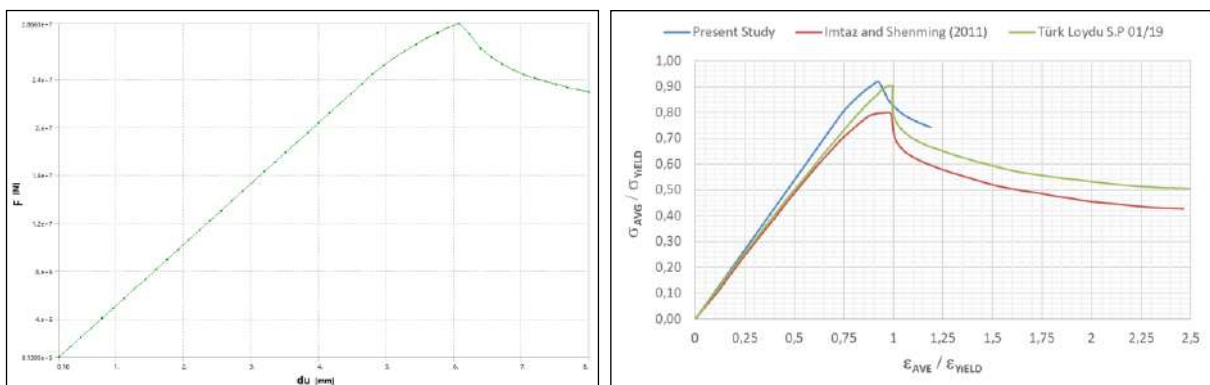
in the longitudinal stiffener flanges and 44 elements in the longitudinal edges (Lloyd Register, 2016; Türk Loydu S.P 01/19, 2019). Contact configuration and boundary conditions of stiffened plate is given in Figure 8.

The three step LSS+LEA+NLFEA procedure is carried out and total deformation, equivalent von-Mises stress, and first buckling mode imperfections are obtained and color scaled results are given in Figure 9. The first buckling mode is well matched with literature.



**Figure 9.** Linear static structural and eigenvalue buckling analysis results

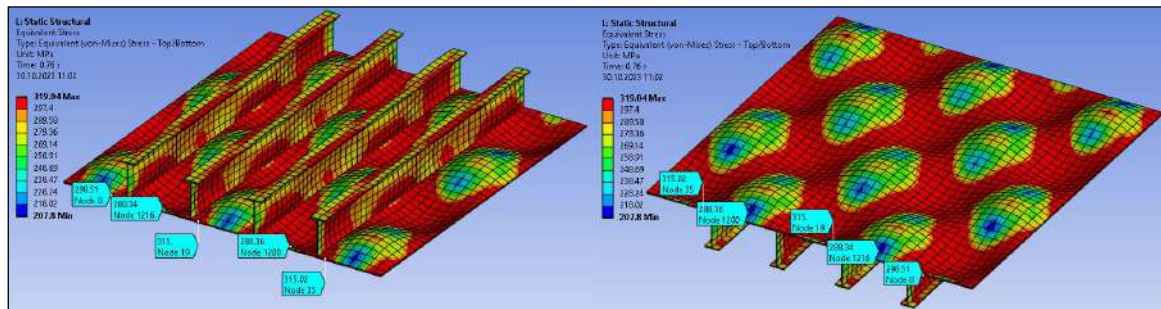
Finally, the load-end shortening curve obtained in this study and comparative normalized stress-strain relations curve graphic are given in Figure 10.



**Figure 10.** (a) Load-end shortening curve (b) comparative normalized stress-strain relation curve

Given the use of different software, different iterative technique under solution module, distinct initial imperfections and not considering welding-induced residual stress (WRS) effect, the comparison to the referenced publication is regarded as satisfactory. Reliable results were obtained with a difference of 2% ultimate strength according to the result of Türk Loydu procedure and 15% according to the result

obtained by (Khan and Zhang, 2011). By examining the curve's characteristics, it can be deduced that the panel will fail when the average normal compressive stress along the short edge of the stiffened plate comes close to 289 MPa. Equivalent von-Mises stresses at the ultimate state from stiffener and plate side are given in Figure 11.



**Figure 11.** Equivalent von-Mises stresses at the ultimate state from stiffener and plate side.

The welding-induced residual stress (WRS) effect ( $\sigma_{rcx}$ ) is not considered in the present study, but considered at the (Khan and Zhang, 2011) results of chosen models for comparison. However, it was reported that 10-13% decrement of ULS of stiffened panel is expected to be achieved due to the effect of welding-induced residual stress, (Khan and Zhang, 2011). In this study, an average level 15,0% decrement was observed as the effect of WRS according to the results obtained without using welding residual induced initial distortions and other factors mentioned above.

### 3.3. Case Study

A part of stiffened plate from a fishing vessel fabricated in Trabzon shipyard is considered in this part of the study. Firstly, an intact flat model is created in ANSYS® SpaceClaim® and NLFEM analysis is carried out as proposed in validation cases. The geometrical configuration and material properties are given in Table 4. Almost square steel plate is arbitrarily stiffened with an I-type and L-type longitudinal stiffener and L-type transverse web frame. Bilinear isotropic hardening stress-strain behaviour is considered for both plate and stiffener materials. The fabricated part and its FEM model is given in Figure 12.

**Table 4.** Geometric and material properties of considered stiffened plate.

B	a	b	t	$ln_{sx}$	$lh_{wx}$	$lt_{wx}$	$ln_{sx}$	$Lh_{wx}$	$\sigma_{Yield}$ MPa	E MPa	$E_t$ MPa	0.3
mm	mm	mm	mm		mm	mm		mm				
2290	1509	785	8	1	102,27	10	1	250,4				
$Lt_{wx}$	$Lb_{fx}$	$Lt_{fx}$	$Ln_{TF}$	$Lh_{TF}$	$Lt_{TF}$	$Lb_{TF}$	$Lt_{TF}$	$A_{load}$				
mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>				
8	49,90	8	1	286,4	9	55.5	9	21745				

$A_{load}$ = area of loading side including stiffeners, B=plate width, a=plate length, b=plate width between two stiffeners, t=plate thickness,  $ln_{sx}$ =number of I-type stiffener,  $lh_{wx}$ = I-type stiffener web height,  $lt_{wx}$ = I-type stiffener web thickness,  $ln_{sx}$ =number of L-type stiffener,  $Lh_{wx}$ = L-type stiffener web height,  $Lt_{wx}$ = L-type stiffener web thickness  $Lb_{fx}$ = L-type stiffener flange width,  $Lt_{fx}$ = L-type stiffener flange thickness,  $Ln_{TF}$ =number of L-type transverse frame,  $Lh_{TF}$ = L-type transverse frame web height,  $Lt_{TF}$ = L-type transverse frame web thickness  $Lb_{TF}$ = L-type transverse frame flange width,  $Lt_{TF}$ = L-type transverse frame flange thickness,  $\sigma_{Yield}$ = yield stress, E= Young's modulus,  $E_t$ = tangent modulus, Poisson's ratio.



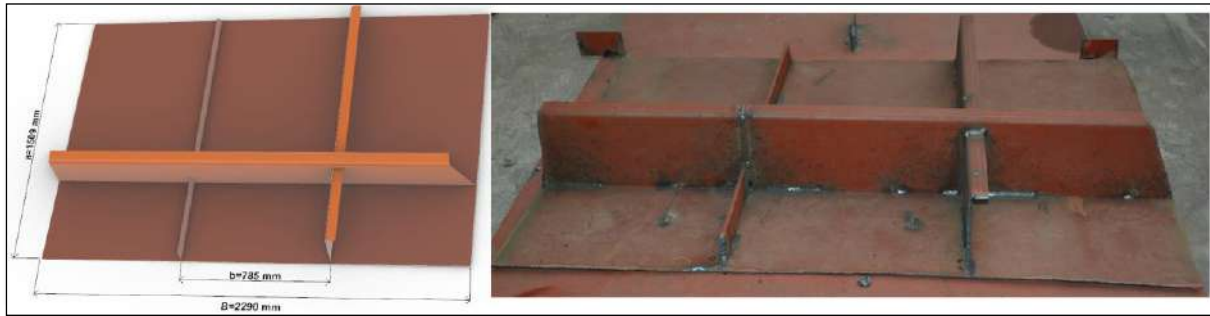


Figure 12. Fabricated stiffened plate and FEM model.

Boundary conditions and loading scenario are considered similar to both validation Case 1 and Case 2. The mesh, loading and boundary conditions and von-Mises stress distribution at ultimate stress level are given in Figure 13.

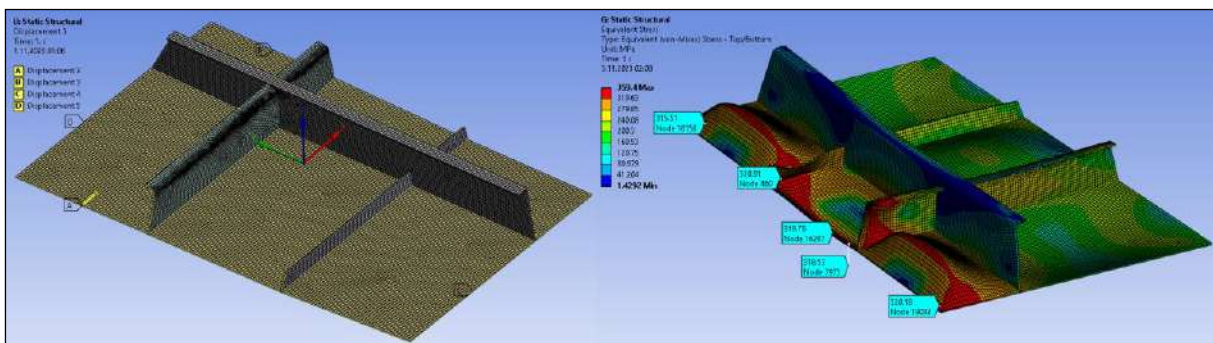


Figure 13. FEM model and von-Mises stress distribution at ultimate level.

Secondly, digital photogrammetry is employed to capture and quantify imperfections by analysing high-resolution images of the physical structure. Numerical investigation is conducted directly one step NLFEM analysis and results are compared to validate the applicability of digital photogrammetry in ship structural analysis. Some user interfaces from Photomodeler is given in Figure 14.

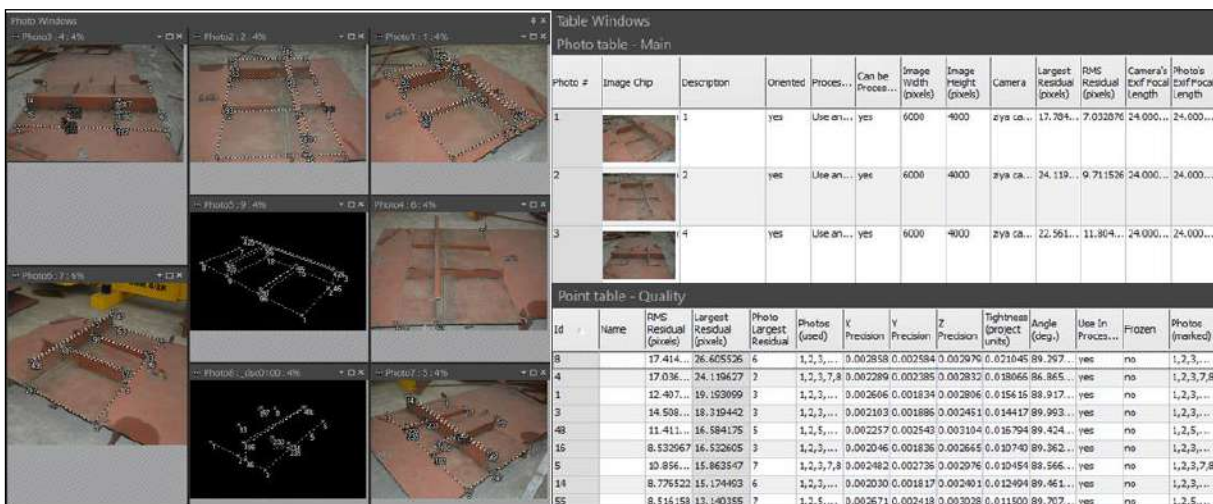
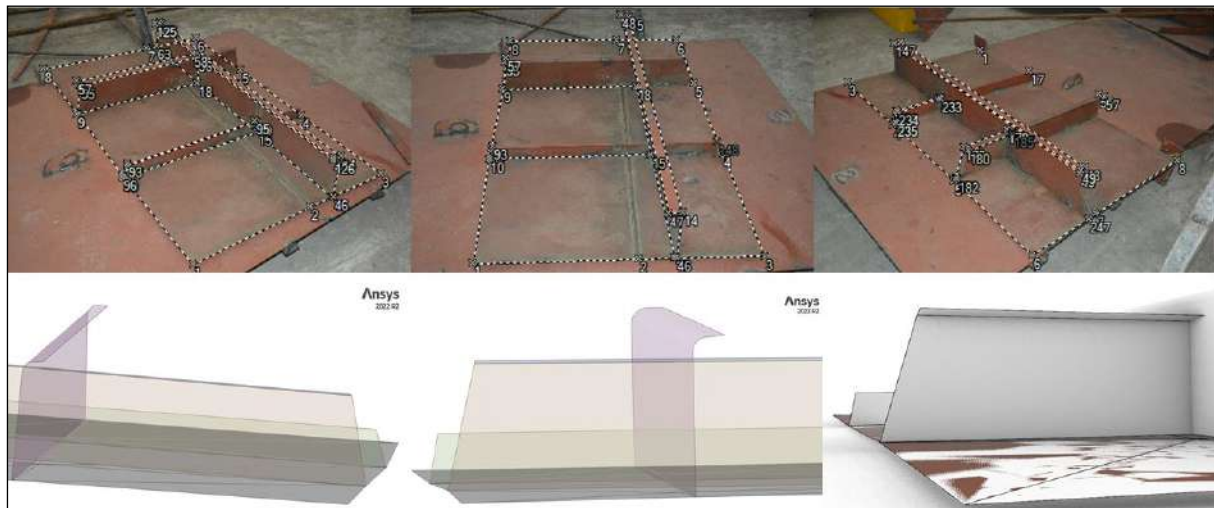


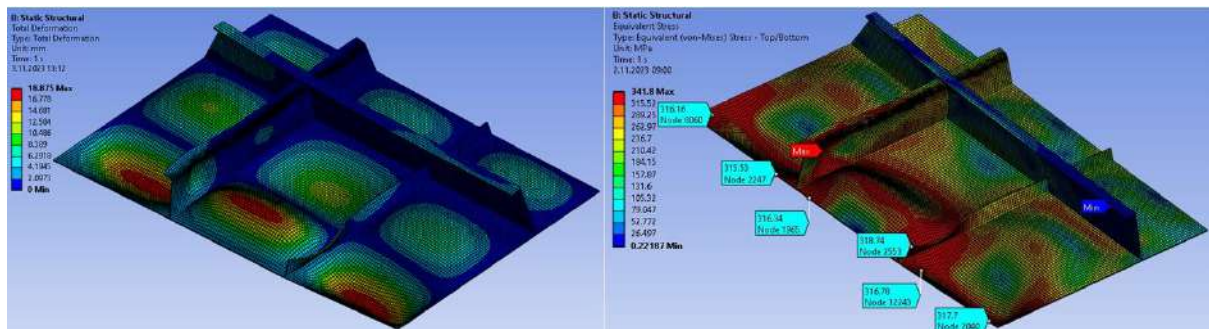
Figure 14. Some of user interfaces from Photomodeler

After Photomodeler studies, a naturally deflected stiffened plate model following assembly operations is obtained and transferred to .dxf / .3dm extension 3D model given in Figure 15.



**Figure 15.** Deflected model transferred to ANSYS® SpaceClaim® module

Boundary conditions and loading scenario are considered similar to both validation Case 1, Case 2 and intact model analysis. The total imperfection and von-Mises stress distribution at ultimate stress level are given in Figure 16.



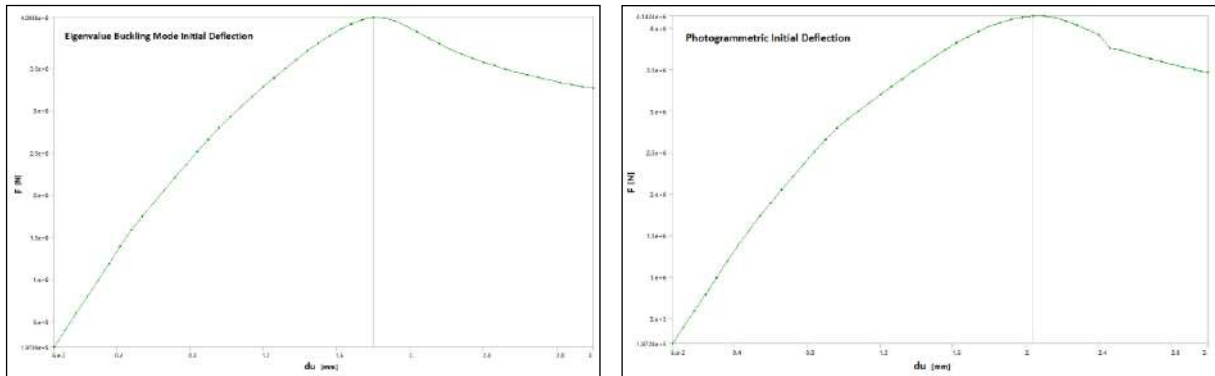
**Figure 16.** Total imperfection and von-Mises stress distribution at ultimate stress level

As a result, the maximum loads at ultimate strength values were determined quite close to each other. Figure 17 shows the load-end shortening curves of both initially deflected models. The comparative results are also given in Table 5.

#### 4. Results and Conclusions

In this study, the potential of photogrammetry in evaluating the structural integrity of initially deflected ship stiffened plates is highlighted. Stiffened panel's structural response is analysed under longitudinal uniaxial compression loading. A new NLFEM project schematic, which is validated by two case studies in ANSYS® Workbench™ 2022R2 version for considering buckling mode initial imperfections, has been used instead of the procedure given in S.P 01/19 technical circular of Türk Loydu that is no longer in use after ANSYS® Workbench™ 2019R2 version was released. Then a case

study is conducted for 3D stiffened plate created by Photomodeler V. 2023.3.0.238 with digital photogrammetry method from fabricated model in a shipyard in Trabzon. NLFEM analysis is carried out for both initially deflected model after eigen value buckling analysis and naturally deflected model after assembling operations. The main results and conclusions of this study can be summarized as follows:



**Figure 17.** Load – end shortening curves of both models

**Table 5.** Ultimate plate collapse load and stress results of both models

Method	Ultimate plate collapse load (kN)	ULT (MPa)	ULT/ YIELD
Eigenvalue Buckling Mode Imperfection	4099	188,5	0,598
Photogrammetric Initial Imperfection	4142	190,5	0,605

The 5-step ANSYS® Workbench™ project schematic proposed by Türk Loydu in the “Procedure for the Determination of the Ultimate Strength of Stiffened Panels by Using Non-Linear Finite Element Analysis” is no longer in use after 2019R2 version, because the “Finite Element Modeler” module that provides creation of deformed model is not included in newer versions. Instead of 5-step procedure, a 3-step procedure is proposed with making the scale factor of solution part of eigenvalue buckling analysis determined as 0.004 after trial and error studies in validation study I and validation study II.

After validation study I, reliable results were obtained with a difference of about 1,07% and 1,23% ultimate load capacity according to the result of test procedure and NLFEM method by Quinn et al., 2009, respectively.

After validation study II, reliable results were obtained with a difference of 2% ultimate strength according to the result of Türk Loydu S.P 01/19, 2019 procedure and 15% according to the result obtained by (Khan and Zhang, 2011).

According to validation studies, proposed 3-step ANSYS® Workbench™ analysis technique is reliable and it can be emphasized that Türk Loydu can update their procedure for newer versions of ANSYS® Workbench™.

Ultimate strength results of both models in case study are close to each other with a ratio of 1.06%. Since the comparative ultimate strength results are quite consistent, digital photogrammetric modelling method can be used in the analysis of ship structural elements.



The effects of welding residual stresses and boundary conditions on photogrammetric model analysis results are going to be studied parametrically in next paper.

Besides, a comparison study between Photogrammetric captures and LIDAR captures on corrosion detection and ultimate strength calculations of initially deflected ship-type stiffened plates is going to be planned under a project supported by Karadeniz Technical University.

## References

Xu, MC., Yanagihara, D., Fujikubo, M. and Soares, CG. (2013). Influence of boundary conditions on the collapse behaviour of stiffened panels under combined loads. *Marine Structures*, 34, 205-225.

Kim, DK., Lima, HL. and Yua, SY. (2018). A technical review on ultimate strength prediction of stiffened panels in axial compression. *Ocean Engineering*, 170, 392–406.

Li, S., Kim, DK. and Benson, S. (2021). The influence of residual stress on the ultimate strength of longitudinally compressed stiffened panels. *Ocean Engineering*, 231, 1-15.

Khan, I. and Zhang, S. (2011). Effects of welding-induced residual stress on ultimate strength of plates and stiffened panels. *Ships and Offshore Structures*, 6(4), 297–309.

Yao, T. and Fujikubo, M. (2016). *Buckling and ultimate strength of ship and ship-like floating structures*. First edition. Butterworth-Heinemann, Elsevier.

Tanaka, S., Yanagihara, D., Yasuoka, A., Harada, M., Okazawa, S., Fujikubo, M., et al. (2014). Evaluation of ultimate strength of stiffened panels under longitudinal thrust. *Marine Structures*, 36, 21–50.

Paik, JK. And Seo, JK. (2009). Nonlinear finite element method models for ultimate strength analysis of steel stiffened-plate structures under combined biaxial compression and lateral pressure actions–Part II: stiffened panels. *Thin-Walled Structures*, 47, 998–1007.

Ozdemira, M., Ergin, A., Yanagihara, D., Satoyuki Tanaka, S. and Yao, T. (2018). A new method to estimate ultimate strength of stiffened panels under longitudinal thrust based on analytical formulas. *Marine Structures*, 59, 510–535.

Tekgoz, M. and Garbatov, Y. (2021). Collapse strength of intact ship structures. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9, 1-20.

Kim, DK., Lima, HL., Kim, MS., Hwanga, OJ. and Park, KS. (2017). An empirical formulation for predicting the ultimate strength of stiffened panels subjected to longitudinal compression. *Ocean Engineering*, 140, 270–280.

Kim, DK., Poh, BY., Lee, JR. and Paik, JK. (2018). Ultimate strength of initially deflected plate under longitudinal compression: Part I = An advanced empirical formulation. *Structural Engineering and Mechanics*, 68(2), 247-259.

Li, S., Georgiadis, DG., Kim, DK. and Samuelides, MS. (2022). A comparison of geometric imperfection models for collapse analysis of ship-type stiffened plated grillages. *Engineering Structures*, 250, 1-13.

Georgiadis, DG., Samuelides, MS., Li, S., Kim, DK., Benson, S., Amdahl, J. and Guedes Soares, C. (2021). Influence of stochastic geometric imperfection on the ultimate strength of stiffened panel in compression. *Developments in the Analysis and Design of Marine Structures*. Taylor & Francis.



Yi, MS., Lee, DH., Lee, HH. and Paik, JK. (2020). Direct measurements and numerical predictions of welding-induced initial deformations in a full-scale steel stiffened plate structure. *Thin-Walled Structures*, 153, 1-17.

Ringsberg, JW., Darie, I., Nahshon, K., Shilling, G., Vaz, MA., Benson, S., et al. (2021). The ISSC-2022 Committee III.1-Ultimate strength benchmark study on the ultimate limit state analysis of a stiffened plate structure subjected to uniaxial compressive loads. *Marine Structures*, 79, 1-26.

Paik, JK. and Kim, BJ. (2002). Ultimate strength formulations for stiffened panels under combined axial load, in-plane bending and lateral pressure: a benchmark study. *Thin-Walled Structures*, 40(1), 45–83.

Georgiou, D. (2019). Buckling and Ultimate Strength of Stiffened Panels. Master Thesis. Norwegian University of Science and Technology, Norway.

Kolyvas, E., Drikos, L., Diamanti, E. and A. El Saer, AE. (2015). Application of photogrammetry techniques for the visual assessment of vessels' cargo hold. *Towards Green Marine Technology and Transport*, CRC Press, London.

Koelman, HJ. (2010). Application of a photogrammetry-based system to measure and re-engineer ship hulls and ship parts: An industrial practices-based report. *Computer-Aided Design*, 42, 731-743.

Tepegöz, A. (2019). Fotogrametrik yöntemle üç boyutlu gemi modelleme ve proje verileri ile karşılaştırma. Master Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye.

Lloyd Register. (2016). ShipRight design and construction. Additional design procedures non-linear structural collapse analysis for plates and stiffened panels, 1-25.

Türk Loydu. (2019). Procedure for the determination of the ultimate strength of stiffened panels by using Non-Linear Finite Element Analysis. Technical Circular, İstanbul, Türkiye.

Chen, BQ., Garbatov, Y. and Soares, C.G. (2011). Automatic approach for measuring deformations in complex structures using photogrammetry technique. *Proceedings of the 22nd Pan American Conference of Naval Engineering, Maritime Transportation & Ports Engineering*, 1-18, Buenos Aires, Argentina.

Mouhat, O., Khamlichp, A. and Limam, A. (2013). Assessing buckling strength of stiffened plates as affected by localized initial geometric imperfections. *International Review of Applied Sciences and Engineering* 4(2).

Cubells, A., Garbatov, Y. and Soares, C.G. (2014). Photogrammetry measurements of initial imperfections for the ultimate strength assessment of plates. *Trans RINA, International Journal of Maritime Engineering, Part A4*, 156.

Zhang, S. (2015). A review and study on ultimate strength of steel plates and stiffened panels in axial compression. *Ships and Offshore Structures*. 11(1), 1-11.

Woloszyk, K., Bielski, PM., Garbatov, Y., Mikulski, T. (2021). Photogrammetry image-based approach for imperfect structure modelling and FE analysis. *Ocean Engineering*, 223, 1-14.

Woloszyk, K., Garbatov, Y., Kowalski, J. and Samson, L. (2020). Experimental and numerical investigations of ultimate strength of imperfect stiffened plates of different slenderness. *Polish Maritime Research*, 27(108), 120-129.

Graves, W., Nahshon, K., Aminfar, K. and Lattanzi D. (2023). Finite element model updating with quantified uncertainties using point cloud data. *Data-Centric Engineering*, 4(16), 1-19.

Barceló, AC. (2012). Structural assessment based on photogrammetry measurements and Finite Element Method. Master Thesis, Lisbon Technical University, Lisbon, Portugal.

Quinn, D., Murphy, A., McEwan, W. and Lemaitre, F. (2009). Stiffened panel stability behaviour and performance gains with plate prismatic sub-stiffening. *Thin-Walled Structures*, 47, 1457–1468.

ISSC (2012), Ultimate Strength (Committee III.1), Proceedings of the 18th International Ship and Offshore Structures Congress, Rostock, Germany, September.

Sekban, DM., Ölmez, H., Akterer, SM., Kose, E. and Pürçek, G. (2018). Effect of Friction Stir Processing on Ultimate Strength of Ship Hull Girder Plates Estimated by Finite Element Analysis, Proceedings of the 3rd International Naval Architecture and Maritime Symposium, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey, April 24-25, 2018.

ANSYS® Workbench™ R2022, User's Manual. <https://ansyshelp.ansys.com> [Online] [01-25.10.2023]

Photomodeler V.2023.3.0.238, User's Manual. <https://www.photomodeler.com/downloads/OnlineHelp/index.html> [Online] [01-25.10.2023]

## Türkiye'de Konteynerleşmenin Gelişimi ve Hacimsel Yoğunluğunun Araştırılması

İsmail Kurt

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye

ismail.kurt@ikc.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9252-8096

### ÖZET

Konteynerleşme limanlarda önemli yapısal, operasyonel ve stratejik değişikliklere neden olmuştur. Bir ülkenin kalkınmasında önemli bir rolü olan limanların kalkınmanın bölgesel dağılımı üzerinde etkileri vardır. Dolayısıyla, konteynerleşmenin sebep olduğu değişiklerin etkisiyle görülen liman çıktıları, pazar payları ve bölgesel yoğunlaşmalardaki değişimler limanların kalkınmanın bölgesel dağılımına etkilerini analiz etmek için önemli göstergelerdir. Böylece limanların bölgesel toparlanma ve gelişme hareketlerine, bölgedeki ticaret kalıplarına ve kargo akışlarına olan etkileri ortaya konulabilir. Bu makale, 2004-2022 yılları arasındaki Türkiye'deki liman başkanlıklarının konteyner hacmindeki değişimlerini ve konteynerleşmenin yoğunlaşma ve yayılım trendlerini incelemektedir. Bunun amacı, Türk limanlarının mevcut durumlarının tespit edilmesi neticesinde geleceğe yönelik kalkınma ve yatırım stratejilerinin belirlenmesinde karar vericilere bir bakış açısı sunmaktır. Bu çalışma da Gini Katsayısı ve Shift-Share analiz yöntemlerine kullanılmıştır. Bu çalışma için gerekli veriler Türkiye Cumhuriyeti resmî kurumlarından temin edilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, devlet limanları, ağır ve dinamik olmayan yapıları nedeniyle yerini taleplere hızlı cevap verebilen ve gelişmiş teknoloji altyapıları sayesinde verimli konteyner operasyonları sunabilen özel limanlara bırakmaktadır. Elde edilen bulgular günümüzde Türk konteyner trafiğinin mevcut limanlar arasında daha dengeli dağıldığını göstermektedir. Ayrıca, konteyner hacimsel yoğunluğu Marmara bölgesinde hala daha baskın olsa da Akdeniz, Ege ve Karadeniz'de konteyner hacimsel yoğunluğunda önemli artışlar gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Konteyner limanları, konteyner taşımacılığı, liman gelişimi, Gini katsayısı, shift-share analizi

**Makale geçmişi:** Geliş 17/11/2023 – Kabul 26/01/2024

<https://doi.org/10.54926/gdt.1392401>

# Investigation of Containerization Development and Volumetric Concentration in Türkiye

Ismail Kurt

<sup>1</sup>Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Faculty of Naval Architecture and Maritime, Izmir Kâtip Çelebi University, Izmir, Türkiye

ismail.kurt@ikc.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9252-8096

## ABSTRACT

Containerization has caused significant structural, operational, and strategic changes in ports. Ports, which have an important role in the development of a country, also have an impact on the regional distribution of development. Therefore, changes in port throughputs, market shares and regional concentrations seen under the influence of changes caused by containerization are key indicators for analyzing the effects of ports on the regional distribution of development. Thus, the effects of ports on regional recovery and development movements, trade patterns and cargo flow in the region can be revealed. This article examines the changes in container volume of port authorities in Türkiye between 2004 and 2022 and the concentration and spread trends of containerization. The aim of this study is to provide a perspective to decision makers in determining future development and investment strategies as a result of determining the current situation of Turkish ports. In this study, Gini Coefficient and Shift-Share analysis methods were used. The necessary data for this study was obtained from the official institutions of the Republic of Türkiye. The results show that state ports, due to their sluggish and less dynamic structures, are being replaced by private ports that can respond to demands quickly and offer efficient container operations thanks to their advanced technology infrastructures. The findings show that today Turkish container traffic is more evenly distributed among existing ports. Moreover, although container volumetric concentration is still more dominant in the Marmara region, significant increases in container volumetric concentration have been observed in the Mediterranean, Aegean, and Black Sea regions.

**Keywords:** Container ports, container shipping, port development, Gini coefficient, shift-share analysis

**Article history:** Received 17/11/2023 – Accepted 26/01/2024

## 1. Introduction

Globalization of supply chains, technological transformation, and growing environmental concerns have increased the importance of ports in recent years. Popularity of containerization and intermodal transportation emerged as one of the main outputs of globalization of supply chains (Guerrero and Rodrigue, 2014; van Duin and van Wee, 2007). Contemporary developments in port technology aims to serve ships by meeting ever-growing ship capacities, reducing ships' port times, and speeding up efficiency of port-land interfaces (Ehlers et al., 2014; Kosiek et al., 2021). Increasing environmental pressures on businesses trigger more demand for maritime transportation due to its economy of scale advantages came to the fore with green port operations (Aregall et al., 2018; Kurt, 2023).

Containerization has pioneered the development of globalization and port technologies and has also become a part of corporate sustainability strategies to address environmental concerns. Containerization, which can be defined as a revolutionary development in terms of its contribution to maritime transportation and logistics systems, has also various effects on the structural, operational, and strategic development of ports and their spatial distribution. Reflections of these effects can be expressed as changes in the traffic volumes of ports and regional traffic shifts.

The increase in container traffic volume offers exceptional opportunities for capacity utilization existing ports and capacity planning of new ports investments. However, ports seek ways to gain an advantage by adapting the containerization through structural and operational adjustments to benefit from these opportunities and attract container flow to a port facility or region. On the other hand, while the strategic location of the ports is a vital criterion to attract the attention of container shipping liners, it has also a positive interaction with the structural operational developments. Developments resulting from containerization in Turkish ports also attract considerable attention, so there is a need to examine the effects of these developments on Turkish container shipping sector in detail. Especially after the second millennium, the privatization of Turkish ports, significant port investments, and the increase of Turkish container traffic volume are the important sources of motivation to examine the development in the Turkish port sector. Therefore, in this study, the distribution of container throughput of Turkish ports and the regional concentration of Turkish ports are discussed, in the light of the developments initiated by containerization. Gini Coefficient, which was developed to represent income or wealth inequality within a cluster, was used in this study to analyze the distribution of annual container throughput among Turkish container ports. However, since the Gini Coefficient method does not provide specific results for any port, the regional concentration change of port container throughputs over the years was analyzed by adopting the Shift-Share method.

This paper is formed as follows. The first section provides an introduction section to the study. The second section represents a literature review including key former studies on container shipping with its global context and containerization impacts on ports. The third section defines the methodology to analyze the concentration of Turkish container ports. The fourth section provides the extent of the concentration of Turkish container ports with the obtained results from the analysis. The fifth section represents a scientific discussion by considering port developments and clusters with containerization in Türkiye with evidence from the past and offers some future projections. The final section concludes the study with a concise summary including limitations and further implications of this research.

## 2. Literature Review

Older ships were replaced by modern and large-capacity ships to ensure a faster and more efficient flow of goods (Baik, 2017), and ports turned into larger distribution nodes and more advanced facilities (Alderton and Saieva, 2013). Port numbers and capacities accepted as an important criterion in

determining the economic development levels of countries show the power and competitive capacity of countries in international transportation (Berkoz and Tekba, 1999; Dwarakish and Salim, 2015; Rodrigue and Notteboom, 2020). Ports were also seen as major economic multiplier in increasing the prosperity of countries and gateways of regional and international trade (Ducruet and Guerrero, 2022). Due to changing world dynamics, ports became not only an internal component of the transportation system, but also an important subsystem of broader production, trade, and logistics systems (Munim and Schramm, 2018). Extensive changes and developments were witnessed in port systems with the intramodality concept created by the introduction of containers. A significant part of the current literature on port systems paid particular attention to port structures that have changed and developed with containerization.

Guerrero and Rodrigue (2014) stated that K-waves associated with the technology time cycle fit functional and spatial diffusion of containerization. The K-wave of containerization was explained by a five-wave phase starting from developed countries (especially North America, Europe, and Japan, formerly known as the economic triad) and extending to developing countries. The development of containerization within these five-wave phases also affected ports, requiring them to adapt to global shifts in production and transportation. Notteboom (1997) stated that in response to the demand for technologically and economically competitive ports imposed by containerization, ports should focus on more advanced, efficient, and flexible services during their development and change processes. In this context, Haralambides et al. (2002) emphasized an increasing interest in dedicated container terminals operated by carriers, and in the emergence of global port operators to provide these advanced and special services. Although raising concerns about what the function of the port and the regulatory authority would be when dedicated container terminals were introduced, an intense interest in dedicated container terminals was seen as they increase the efficiency and development of ports by offering a higher service rate and faster response to demand (vertical integration) (Cariou, 2001; Hsu et al., 2015; Vacca et al., 2007). Baird (1996) concluded that the later phases of containerization necessitate a custom-built structural development of ports that can specifically serve mega container ships. Loo and Hook (2002) have attempted to draw four trends in shaping the development of one of the major container ports that is Hong Kong. These are the emergence of inland cargo centers, the high spatial concentration of container traffic, the ever-growing container ships, and the importance of hinterland connections.

In the nearly 70 years since its introduction, the containers established the operability of a globally standardized system where operational efficiency, speed, and high throughput came to the fore instead of heavy, labor-intensive, and expensive port operations. However, depending on the development levels of regions and countries, the diffusion, development, and growth of container ports were not at the same level as the advancement in global technology and economy. For this reason, up to now, several studies have addressed container port development of a country and regional basis. McCalla (1999) analyzed North American East Coast Ports with the help of queue size analysis and the Gini Coefficient, showing that container handling has concentrated from large ports to medium-sized ports, and regional container concentration has decreased according to the increase in container volume. Wang et al. (2004) applied the Herfindahl-Hirschman Index (HHI), Gini Coefficient, and Shift-Share Analysis (SSA) to measure the traffic concentration of the world's leading ports. It was concluded that ports in Southern China were much more concentrated than ports in Europe and the United States. Itoh (2012) discussed the cargo flow distribution and container traffic changes in Asian ports using the Gini Coefficient. González Cancelas et al. (2013) aimed to calculate the Lorenz Curve and Gini Coefficient for different types of cargo in Spanish Ports and propose future strategies. Nguyen et al. (2020) associated the concentration trend of container ports in the Southeast Asian region with port operation efficiency. For this purpose, the analysis based on the analysis based on HHI, Gini Coefficient,



and SSA methods covered 10 major regional ports. Feng et al. (2020) proposed a comprehensive triple diagram method to investigate in detail the concentration gradient, inequality, and competition of The Yangtze River Delta multi-port system by combining HHI, Gini Coefficient, Aitchison Distance, and SSA. Other studies by Veenstra and Notteboom (2011) and Ziran et al. (2022) examined the development of the container port system in the Yangtze River Delta, with the Gini Coefficient method.

Studies in the literature showed that the Lorenz Curve, Gini Coefficient, HHI, and SSA methods were the most common procedures to determine container port developments and port concentration of containers. In addition, from the first studies in which these methods were used specifically for container port developments to the present day, it has been observed that the studies focus on a specific region and countries from wider geographies (for example, from the economic triad to the Yangtze River Delta or the Spanish port ecosystem). However, the lack of a comprehensive study in the literature addressing the concentration and development of Turkish container ports constitutes the main motivation of this study.

### 3. Methodology

#### 3.1. Mathematical Model

In this study, a holistic approach integrating the Gini Coefficient and Share-Shift Analysis is utilized to establish the concentration of Turkish container ports by considering the cumulative and port-based annual throughput. Therefore, as the first step of this section, the concept of the Gini Coefficient and its mathematical model are introduced. The Gini Coefficient (also known as the Gini Index or Gini Ratio), an economic statistical measure of dispersion, is used to show the degree of inequality or concentration of a variable (e.g., income, wealth, and consumption; it is container throughput in this study) in a distribution of its elements.

The Gini coefficient is expressed as a number between 0 and 1. A Gini coefficient of 0 represents perfect equality where all values are the same. A Gini Coefficient of 1 (or 100%) represents maximum inequality, where a single unit (It is a port in this study) has all container throughput and the others have no container throughput. A general formulation of the Gini Coefficient can be shown as the equation below (Giorgi and Gigliarano, 2017).

$$G = \frac{1}{2\mu n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |t_i - t_j| \right) \quad (1)$$

Where:

- $n$  : the number of ports in a port range
- $\mu$  : the average container throughput in the port range
- $i$  :  $i^{\text{th}}$  port in the port range ( $i = 1, 2, \dots, n$ )
- $t_i$  : the container throughput of  $i^{\text{th}}$  port
- $j$  :  $j^{\text{th}}$  port in the port range ( $i = 1, 2, \dots, n$ )
- $t_j$  : the container throughput of  $j^{\text{th}}$  port

As the second step method of this study, a Shift-Share Analysis (SSA) was applied to understand the shift in the concentration of Turkish container ports. A typical SSA is done by obtaining a measurement/reference with the values taken at the beginning and end of an analysis period on a given variable (Container throughput) for certain regions (Türkiye) and industry (Container ports). The SSA to be applied for the regional shift (RS) in container concentration of Turkish ports can be formulated as follows (Artige and Van Neuss, 2014).

$$RS = e_k^{T+m} - e_k^T = NS_k + IM_k + LS_k \quad (2)$$

Where:

$e$  : Container port throughput variable

$k$  : Turkish container port industry

$T$  : The first reference year

$m$  : The time to the second reference year

$NS$  : National growth effect on Turkish container port throughput

$IM$  : Container port industry mix effect

$LS$  : Local share effect

The beginning and ending values of the container throughput variable in the container port industry are  $e_k^T$  and  $e_k^{T+m}$  respectively. The three effects described above have a percentage impact on the container throughput concentration.

$$NS_k = e_k^T \times G^* \quad (3)$$

$$IM_k = e_k^T \times (G_k^* - G^*) \quad (4)$$

$$LS_k = e_k^T \times (g_k^* - G_k^*) \quad (5)$$

The total percentage change in the nationwide container throughput variable for the container port industry is  $G^*$ , while the national and regional industry-specific percentage changes are  $G_k^*$  and  $g_k^*$  respectively. To express the change in container throughput at the second reference year for the Turkish container port industry, equations 3, 4, and 5 give the following equation.

$$e_k^{T+m} = e_k^T \times (1 + g_k^*) \quad (6)$$

### 3.2. Data Collection

Due to commercial confidentiality, it is difficult to obtain high-quality data on container cargo flow in Türkiye on a port or terminal basis. The annual cargo flow in Turkish ports is generally recorded in tons under the port authorities. However, since 2004, the container handling data of the port authorities have been disclosed by the General Directorate of Maritime Affairs of the Ministry of Transport and Infrastructure of the Republic of Türkiye. This article will contribute to the examination of the containerization development in Türkiye and the volumetric concentration of container cargo by using container throughput data in Turkish port authorities and other raw data supporting these data.

The data needed to analyze the growth, concentration, and diffusion of container traffic volume of Turkish port authorities was obtained from the official data sets of the institutions of the Republic of Türkiye and the ports' data source. Not only the data obtained are presented in its raw form but are

also processed with statistical tools and methods to be used in Gini Coefficient and SSA methods. In addition, the intermediate outputs obtained up to the stage of use in the Gini Coefficient and SSA methods are presented in the results section of this study, and what the processed data tries to describe is explained.

### 3.3. Data Analysis

The raw data obtained was processed with the help of SPSS and Microsoft Excel programs and made available for use in Gini Coefficient and SSA methods. The first raw container port data collected covered all Turkish ports that handled containers between 2004 and 2022. To evaluate raw data in different categories, such as container throughput and export figures, in the same category, a statistical approach was used, taking the year 2004 as a reference and based on the changes until 2022. On the other hand, when conducting Gini Coefficient and SSA analyses, it became crucial to eliminate meaningless or ignorable data. Therefore, the data of port authorities whose container flow was below 1000 TEU per year and which did not have a continuous container flow had been transferred to the nearest port authority. Preventing data loss was solved by transferring data to the nearest port authorities, considering regional concentration. Although statistically negligible data were transferred without loss, for the results obtained to be meaningful, data below 1% were disregarded in the graphical representation, even if they are included in the calculation. Only processed data were presented in the graphical representations in the results part of the study.

## 4. Results

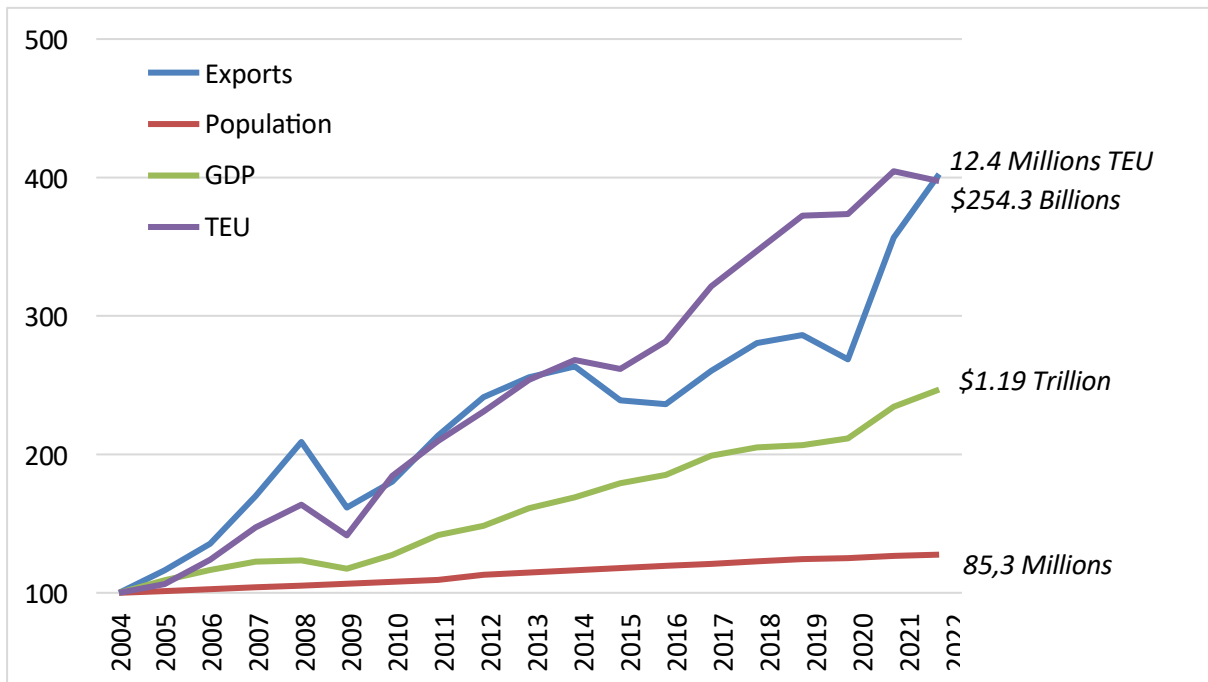
The findings in this study show the concentration of Turkish container ports and their regional shifts over the years, based on the data of the Ministry of Transport and Infrastructure of the Republic of Türkiye between 2004 and 2022. Figure 1 provides a comparative analysis of the components that may affect the development of Turkish container ports and the total TEU throughput of the ports in the period to date. Accordingly, container transportation has shown a more stable and dynamic growth trend, differentiating from GDP with the effect of globalization. Türkiye's export figures showed a big jump after 2019 due to COVID-19 and high exchange rate policy, and similarly, the container throughput reached a growth rate of approximately 300% from 2004 to 2022. However, the growth rate in the container volume handled has been steadily upward, except for the negative outlook seen in 2009 due to the impact of the financial crisis in the last quarter of 2008. Although Türkiye's exports and Turkish ports' container outputs have achieved similar growth rates in the period until 2022, the growth trend of containerization has been less affected by the fluctuations in exports.

With the global trade contraction caused by the 2008 economic crisis, the rate of transit containers in the container throughput handled in Turkish ports decreased to 0.2% in 2009. As a response to the consequences of the 2008 economic crisis, an increasing interest in more efficient, and more economic container shipping has been seen. So, a significant increase was also recorded in the share of both transit and cabotage container traffic. From 2004 to 2022, in comparison with a TEU-based 300% growth rate of container throughput in Turkish ports, a growth rate of 2,077% and 1,055% was seen in cabotage and transit containers, respectively. This growth comparison between transit, cabotage, and total container throughput of Turkish ports is presented in Figure 2. Thus, while the rate of cabotage and transit containers in total containers handled was 1.2% and 5.6% in 2004, respectively, these rates reached 6.6% and 16.5% in 2022.

The reasons for this increase in cabotage container traffic can be attributed to the better understanding and adoption of the benefits of containerization by companies engaged in trade and the introduction of inland container lines that enable cabotage container shipping. In addition to the economies of scale and scheduled regular voyages offered by containerization, the policies of shifting transportation from highways to short-sea shipping have increased the interest in cabotage container shipping.

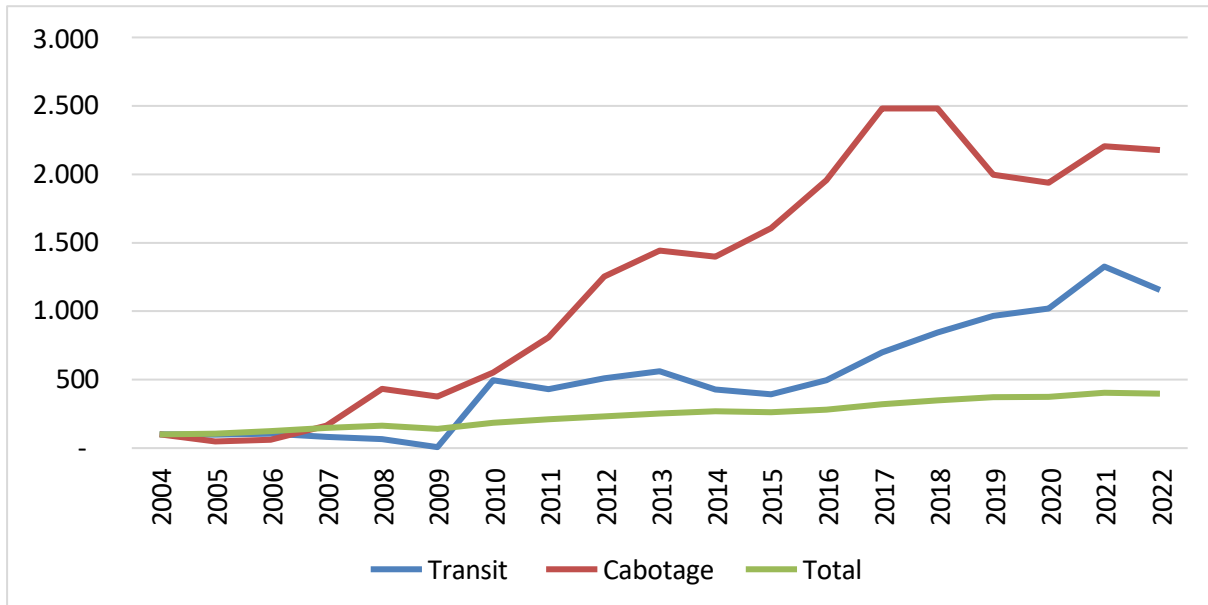
Several growth factors were at play to explain the growth in transit container traffic. It could be said that behind the rapid increase in transit container traffic of Turkish ports especially after 2015 was the strategy of Asyaport under the Tekirdag Port Authority and the ports under the Ambarli Port Authority to serve transit cargo. So much so that 88% of the transit container traffic in 2022 was handled by ports under these two port authorities. This situation can be considered as a reflection of the development of transshipment hubs seen in the world in the 1990s and 2000s on Turkish ports. However, while the transit container traffic of ports in the Mediterranean basin was 43% in 2013 (Yetkili et al., 2016), the transit container traffic in Turkish ports was 12.5% in the same year, which is an indication that Turkish ports remain weak in terms of transit traffic.

Certainly, in addition to the factors considered to affect growth due to containerization, ports' ability to respond to this growth depends on their technical and operational development. Ports' investments in dedicated container terminals, equipping these terminals with appropriate cranes and equipment, sufficient port and stock areas, hinterland connections integrated with the port, and preparing suitable ground for third-party logistics (3PL) and fourth-party logistics (4PL) companies are important development parameters for ports.



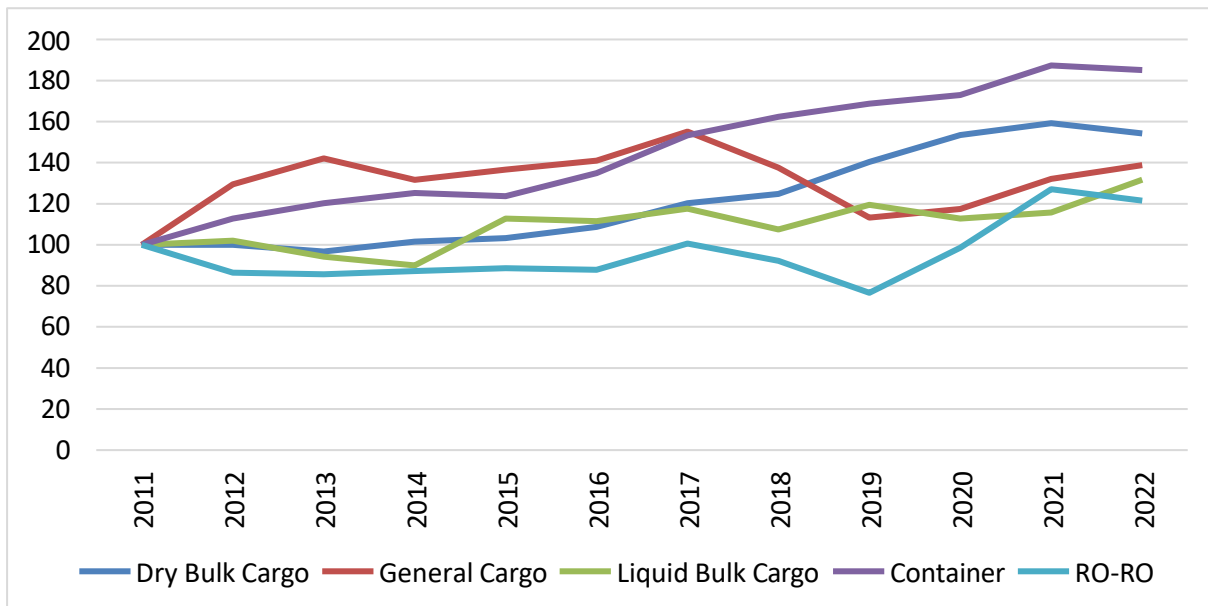
**Figure 1.** The relationship between economic growth of Türkiye and Turkish ports' container throughput, 2004-2022 (2004=100)

**Source:** Adapted from TIM (2023), TUIK (2023), UAB (2022), and World Bank (2023)



**Figure 2.** The relationship between transit, cabotage and total container throughput of Turkish ports, 2004-2022 (2004=100)

Source: Adapted from UAB (2022)



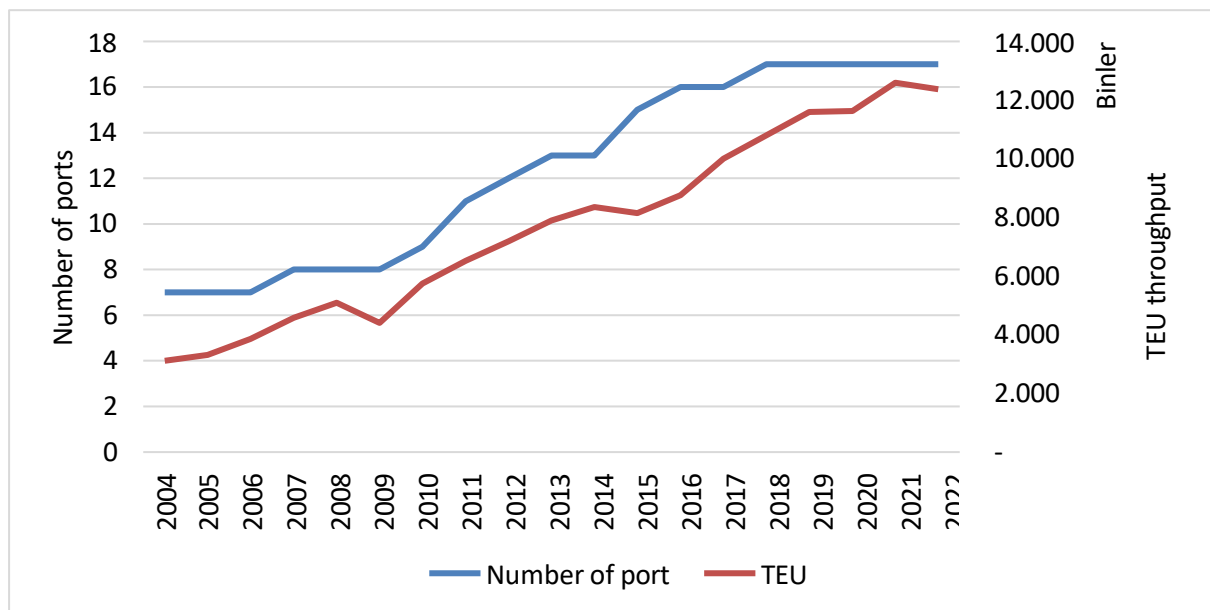
**Figure 3.** The ton-based comparison of containerized traffic with other maritime transportation modes, 2011-2022 (2011=100)

Source: Adapted from UAB (2022)

Although the increase in container traffic resulting from national and international economic growth is the most notable component, empty container traffic statistically contributes with additional container throughputs and port handlings. To understand whether the statistical data on the growth in container transportation is inflated by non-value-added operations, these growth rates are presented on a ton basis, and in comparison with other maritime transportation modes in Figure 3. Although 25% of the total handled containers consist of empty containers, according to the data of the Ministry of Transport and Infrastructure of the Republic of Türkiye, an 85% increase was recorded in

the total amount of container-ton handled between 2011-2022, with a higher acceleration than all other maritime transportation modes. The TEU-based containerization growth achieved during this period was 167%.

Container port investments in Türkiye were first made in Haydarpasa Port in 1979, and the first private dedicated container terminal was Marport under Ambarli Port Authority in 1996 (Limar in 1996). In light of the data received from UAB and based on Turkish ports with traffic of more than 10,000 TEU, the number of ports increased from 7 in 2004 to 17 in 2022 (see Figure 4). The number and capacity increase in Turkish ports have been provided with the recent year investments of Asyaport (Tekirdag Port Authority -2015), DP World Yarimca (Kocaeli Port Authority -2016) and Socar Terminal (Aliaga Port Authority -2018). The number of ports is seen as the primary indicator to explain the growth in container traffic. Although a similar curve trend is observed when comparing the increase in container traffic with the number of ports, there are no new container port investments to be commissioned in the near future in Türkiye, other than investments in capacity increase. This may indicate that there would not be a sudden acceleration in the increase of container traffic.

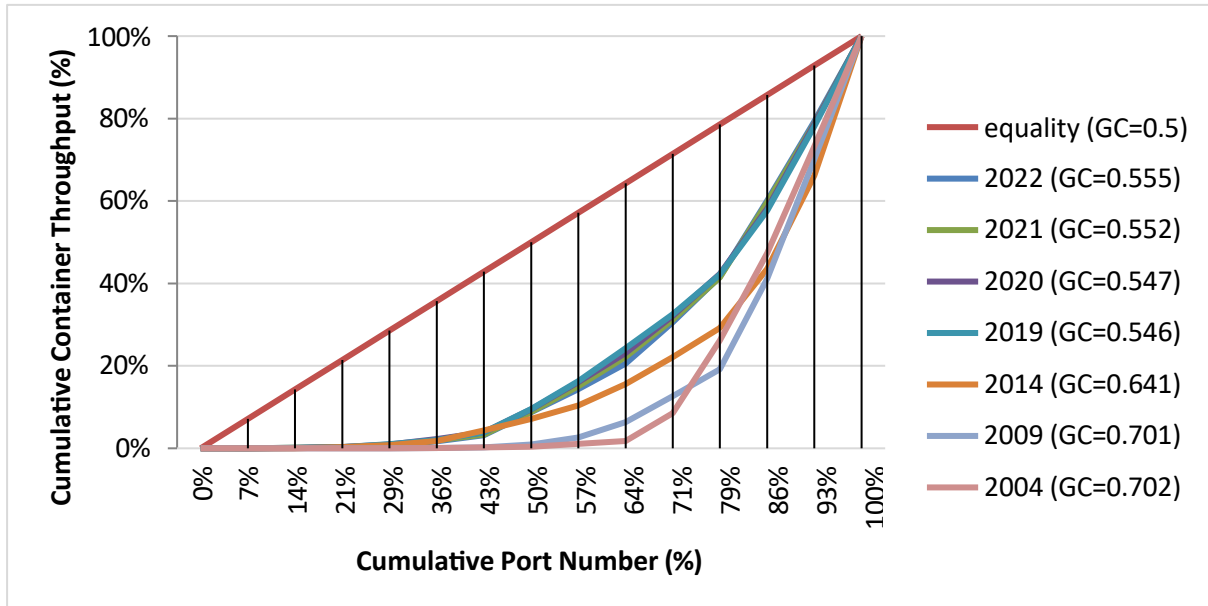


**Figure 4.** The comparison of the number of ports and TEU throughputs, 2004-2022

**Source:** Adapted from Türklım (2023), and UAB (2023, 2022)

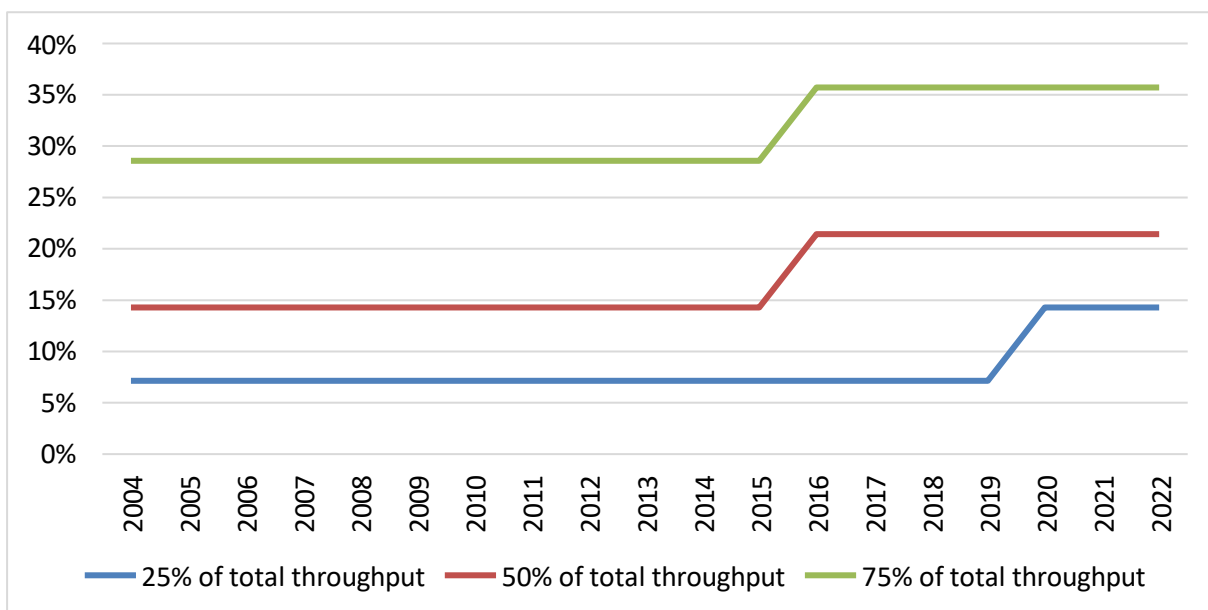
The analysis of Turkish container ports shows that container concentration has changed significantly between 2004 and 2022 (see Figure 5). The Gini Coefficient mainly points to two periods in which the strategies of concentration in existing conventional ports and incorporating industrial regions into the port hinterlands came to the fore. The first period can be described with a concentration trend in Türkiye's main ports (Haydarpasa Port, Alsancak Port, and Mersin Port), which were already located close to industrial centers and started container handling in the 1980s, and in the Ambarli Port (GC= 0.7 in 2004 and GC= 0.64 in 2014). The second period is expressed by the Gini Coefficient of 0.55, which characterizes the diffusion of container traffic, especially in responsibility of Mersin, Gemlik, Aliaga, Kocaeli, and Tekirdag port authorities, which have a hinterland that covers Türkiye's industrial centers.





**Figure 5.** The concentration of Turkish container ports, 2004-2022

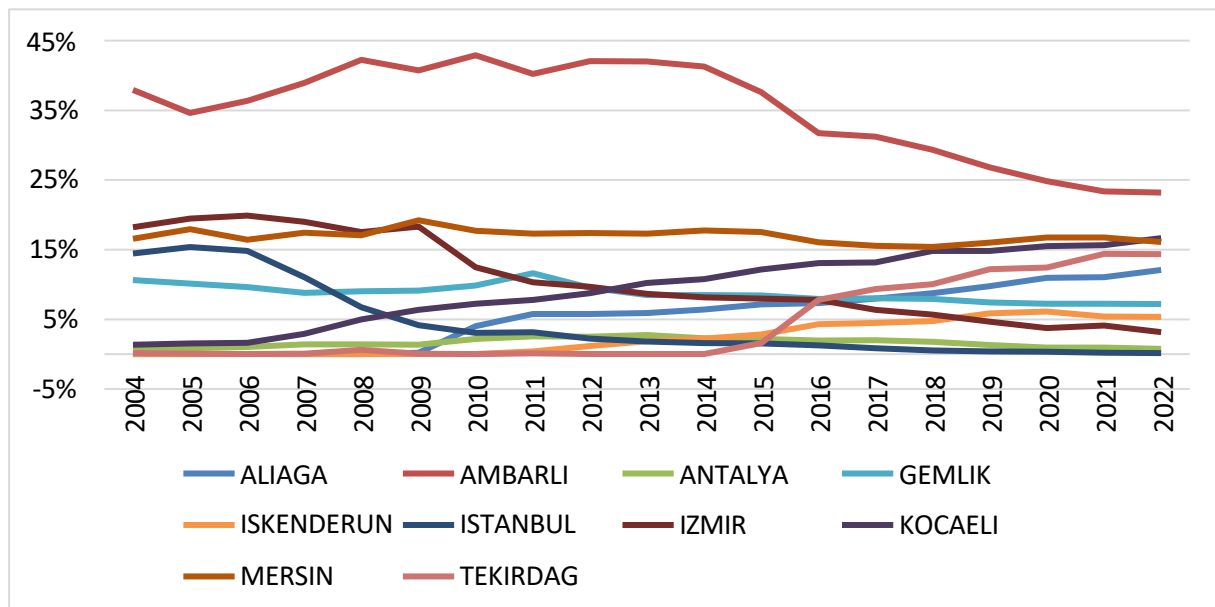
The concentration trend in Turkish container ports is presented in Figure 6. In 2004, 7% of all ports handled 25% of the total container volume. In 2022, 14% of all ports handled the same share of traffic, while 21% of ports handled 50% of container throughput. As of 2019, the trend, as shown by the Gini coefficient, was that approximately 21% of all ports handled 50% of Türkiye's container throughput, while 36% of ports handled 75% of container output. Therefore, between 2004 and 2022, Türkiye's container traffic concentration shifted and spread to newly built ports and terminals during this period. This situation reveals that the concentration in major ports, which already have a certain infrastructure, tends to spread with new investments.



**Figure 6.** The rate of ports handling 25%, 50%, and 75% of Turkish container throughput, 2004-2022

Source: Adapted from UAB (2022)

Using SSA, shifts in share distribution in Turkish container ports are obtained as in Figure 7. In the analysis, data of port authorities that recorded a container throughput of 1% or more between 2004 and 2022 were taken into account. Compared to 2004, significant decreases were observed in the shares of Ambarlı Port Authority (from 37.9% to 23.2%), İzmir Port Authority (from 18.2% to 3.2%), and İstanbul Port Authority (from 14.4% to 0.1%), which have dominated the Turkish container port market. Despite this decrease, Ambarlı Port Authority continues to be the largest actor in the Turkish container port sector even today. The shares of Mersin and Gemlik Port Authorities, which were completing the top 5, in total traffic showed a moderate decrease. Aliaga Port Authority increased its share in the pie from 0% to 12.1%, Tekirdağ Port Authority from 0.2% to 14.3% and Kocaeli Port Authority from 1.3% to 16.7%, forming the new top 5 together with Ambarlı and Mersin Port Authorities. Between 2004 and 2022, all ports except İstanbul and İzmir Port Authorities recorded an increase in their container throughput as the Turkish container port market grew, even though their share of the pie decreased.

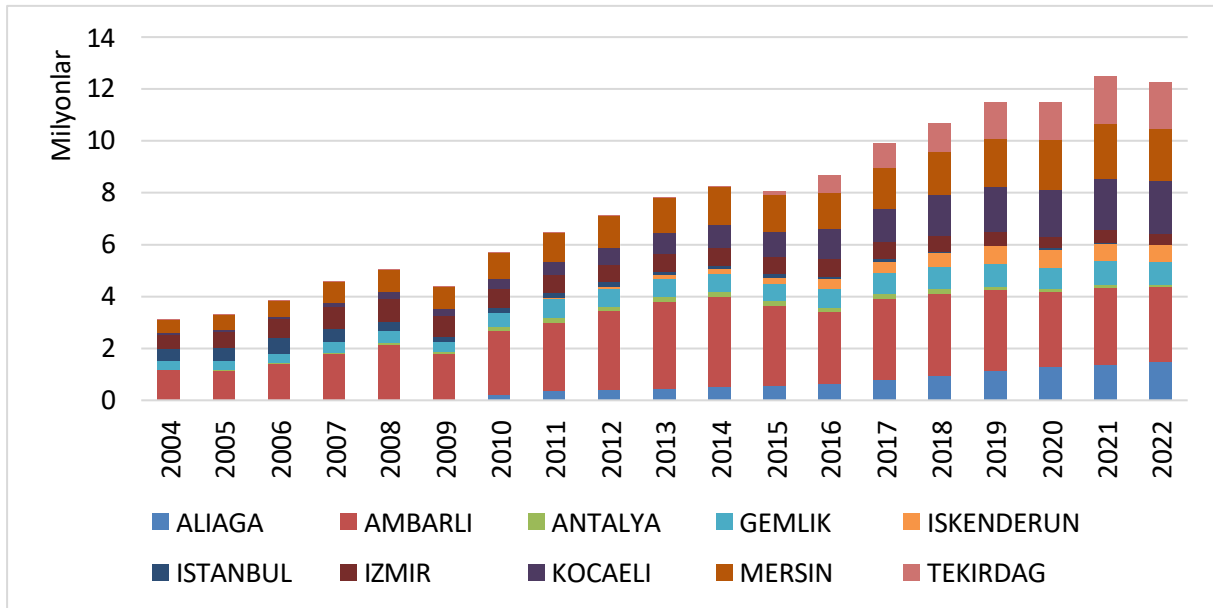


**Figure 7.** The share of Turkish port authorities in percentage<sup>1</sup>

**Source:** Adapted from UAB (2022)

Figure 8 shows the shares of Turkish Port Authorities in the growing Turkish container market. Thanks to this graph, it becomes clear that containerization has a specific temporal growth pattern. A decrease or increase in the share of a port authority does not indicate that the port authority has less container throughput than in previous periods. However, it enables the direction of the momentum gained by the port authority to become clear with the growth trend in the container market. In total, the growth in Turkish container traffic is high, but each port authority has a different growth dynamic in line with its own specific development and regional factors. The explanations in this section are not valid as the İzmir Port Authority shows a decrease and the İstanbul Port Authority almost disappears in container market.

<sup>1</sup> Port authorities with more than 1% container share in total container traffic are included.



**Figure 8.** The volume of Turkish port authorities in TEU with the growth of Turkish container market<sup>2</sup>

**Source:** Adapted from UAB (2022)

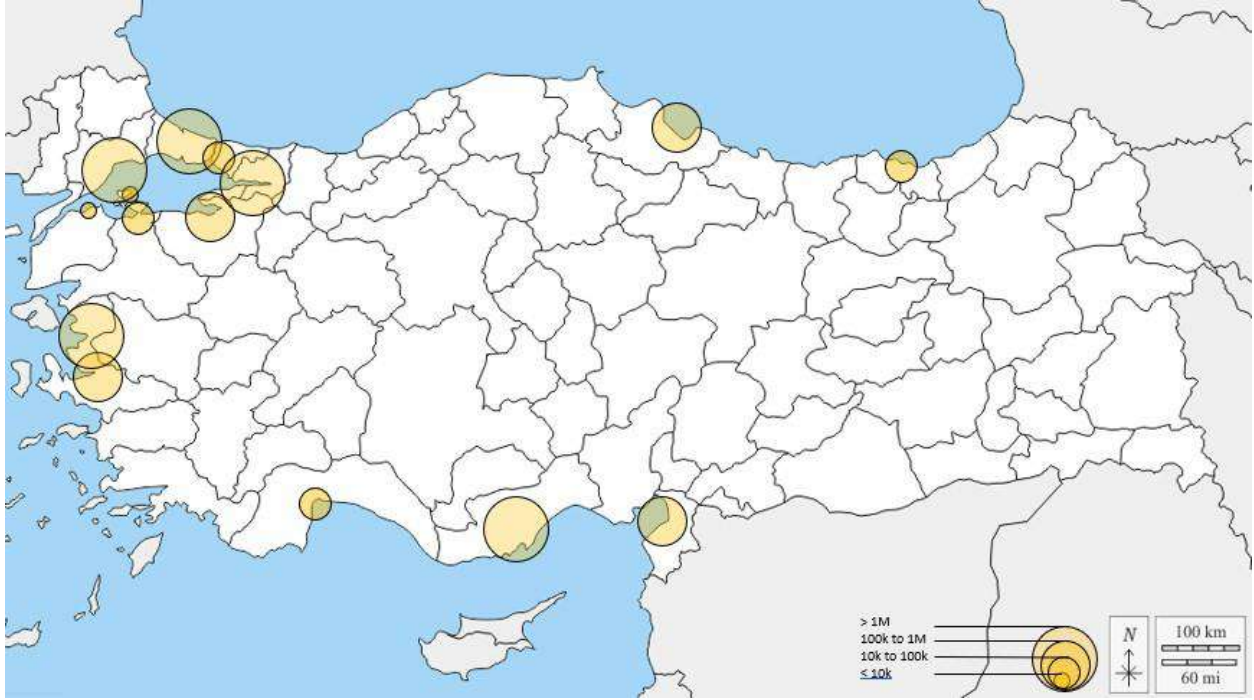
The maps presented in Figures 9 and 10 show container traffic volumes in 2004 and 2022, respectively. These visuals are important to better understand the size of port authorities and the spatial distribution of Turkish container ports between the years when the analysis started and ended. Ports with container throughput over 10,000 TEU are included in these map representations.



**Figure 9.** Major Turkish container port locations in 2004

<sup>2</sup> Port authorities with more than 1% container volume in total container traffic are included.

At first glance at Figures 9 and 10, it is clearly seen that while containerization has been focused on the Marmara and Aegean regions, container traffic volumes of Mersin, Iskenderun, Samsun, and Trabzon Port Authorities have increased in 2022 compared to 2004.



**Figure 10.** Major Turkish container port locations in 2022

**Table 1.** Analysis of port share shifts, 2004-2022

PORT AUTHORITY	2004-2022
Kocaeli	15.3%
Tekirdag	14.2%
Aliaga	12.1%
Iskenderun	5.3%
Samsun	0.9%
Antalya	0.2%
Bandirma	0.1%
Karabiga	0.0%
Marmara Island	0.0%
Trabzon	0.0%
Mersin	-0,5%
Gemlik	-3.4%
Istanbul	-14.3%
Ambarli	-14.7%
Izmir	-15.0%

The shifts in shares in the Turkish container market within all port authorities that handle containers are given in Table 1. This underlines the increasing divergence in the dynamics of containerization. The most important example of these share shifts was experienced by the Izmir and Istanbul Port Authorities, which took over the responsibility of the two state ports that dominated the market, and the Ambarli Port Authority, which dominated the market by offering the advanced port infrastructure and the wide container network. Ambarli Port Authority, whose container traffic was 1.2 million TEU

in 2004 and reached 3 million by 2022, is responsible for the port complex with the largest container volume in Türkiye, even though it lost its share of the pie in this period.

## 5. Discussion

As mentioned in the literature review, containerization has resulted in extensive changes and developments in port structures, operational practices, and strategic plans. Moreover, various reports have shown that container traffic is increasing day by day (Feng et al., 2021). The continuity in the increase in container traffic has also been seen in Turkish ports (Oztemiz and Vatansever, 2023). This study was designed to determine the effects of changes and developments in ports due to containerization and increasing traffic volume on Turkish port concentrations.

The results of this study showed that container throughputs are now more evenly distributed compared to 2004 and there is a significant increase in the number of container ports and port areas. As Tunalı and Akarçay (2022) highlighted that the developments in ports have an important relationship with the economic growth and development of countries. Therefore, the results of this study also support that ports and port regions help the development of the geography. One of the reasons for the port privatization policy carried out by the Turkish government is the desire to benefit the development of the country by using the resources allocated for state ports more efficiently (İnce and Güngör, 2021). It can be seen from examples around the world that governments play a significant role in the development of ports through the policies they develop (Loo and Hook, 2002b; Monios and Wilmsmeier, 2014; Tae-Woo Lee and Flynn, 2011). The development of Turkish container ports, the quadrupling of container traffic volume and the emergence of many container port regions can be shown as supporting investment plans with incentives, privileges, and procedural conveniences.

On the other hand, the sustainable development of Turkish ports depends on how well they can take advantage of emerging opportunities and adapt to developing technology. Especially due to its strategic location, the fact that the transit container traffic of Turkish ports is below the world average should be considered as a weakness for Turkish port industry (Yetkili et al., 2016). The increase in the transit cargo volume of Piraeus port with the Chinese state's investment in Greece within the scope of the One Road One Belt initiative is enough to understand how big the missed opportunity is (Bo et al., 2018; Van der Putten et al., 2016). In terms of technology, the sustainable development of Turkish ports can be achieved by adaptation to possible structural, operational, and strategic developments that may arise with digitalization, automation, and autonomous ships (Del Giudice et al., 2022; Gasparotti et al., 2023; Kon et al., 2021; Kurt and Aymelek, 2024, 2022).

## 6. Conclusion

This study aimed to examine the development of Turkish container ports in terms of their container traffic volume, spatial diffusion, and shares in the container market. For this analysis, Gini coefficient and Shift-share analysis methods which are used in many studies to examine the development of ports, were carried out. The investigation of Turkish ports showed that ports have experienced significant structural, operational, and strategic developments with the introduction of containerization. The heavy and non-dynamic structures of state ports which dominated the Turkish container sector before the millennium, brought to light the need for rapid and efficient container ports. This need has been tried to meet by privatizing state ports and new container port/terminal investments. The proliferation of containerization and the increase in container volume have also attracted port operators to invest in the Turkish port sector. This trend has caused the Turkish container sector to be dominated by



private ports. Only, a few state ports (Haydarpaşa Port and Alsancak Port) currently continue their operations but are losing their share in the market day by day.

The findings obtained in this study show that the container throughputs are shared more evenly among the existing container ports today. The fact that the Lorenz curve approached the equal distribution in the period from 2004 to 2022 shows that the increasing container volume is directed to different port facilities as a result of the privatization of Turkish ports and new port/terminal investments. Thus, it can be said that Turkish container handling is carried out by a wider portfolio of ports. While this situation intensifies the competition among Turkish ports, the Turkish port sector, which can offer alternatives, gains a significant advantage against its international competitors. In addition, a more balanced distribution of container throughput among ports will allow ports to focus more on operational efficiency, enabling a faster and more effective response to demand. The balanced distribution also supports efficiency in resource use by preventing excessive capacity use in certain ports and reducing possible idle capacity problems in new port investments. The inequality reduction in the distribution of container throughput prevents traffic congestion in port and hinterland connections by redirecting the traffic to different regions.

This study indicates that although the Marmara region is the busiest region of container traffic, significant increases in the concentration of container volume in other regions (Mediterranean, Aegean, and Black Sea) have also been seen. The percentage shift in volume to other regions can be explained as the increasing container traffic opportunity being turned into an advantage by privatized or new ports. While container throughput has increased in almost all regions, Kocaeli, Tekirdağ, and Aliaga port areas have become more prominent due to their intertwined with industry and strong hinterland connections.

This study also reveals the weaknesses of the Turkish container port system. Due to its location, Türkiye has the potential to serve as a transfer hub on the Asia-Europe mainline route. However, while the average transit cargo rate of ports in the Mediterranean basin is 43% and this rate is around 30% in the world, the rate of transit containers handled in Turkish ports is only 14%. This rate has reached this level with Asyaport's transit container handling of up to 70%, whose purpose of establishment is to serve transit cargo. It is important for the development of Turkish container ports to include a strategic plan to increase the transit container volume in the future projection, especially due to their strategic location.

The biggest limitation of this study is the period of analysis had to be restricted due to the unreliability of the data before 2004. Due to data limitations, the period from the first investment in containerization at Haydarpaşa Port in 1979 to 2004 could not be included in the analysis. Therefore, examining the development of Turkish container ports before the millennium requires consideration in future studies. In addition, the policies to be produced to improve the transit cargo volume, which is the weakness of the above-mentioned Turkish container ports, and the academic studies that will play a guiding role in these policies will add great value to the Turkish container sector. On the other hand, shaping the future of the Turkish container industry is possible by adapting to developing advanced technology. Examining the effects of autonomous ships on ports, and studies on ensuring operational adaptation of Turkish container ports with autonomous ships should be considered as future studies on Turkish container ports.

## References

Alderton, P., Saieva, G., 2013. Port management and operations. Taylor & Francis.



- Aregall, M.G., Bergqvist, R., Monios, J., 2018. A global review of the hinterland dimension of green port strategies. *Transp Res D Transp Environ* 59, 23–34.
- Artige, L., Van Neuss, L., 2014. A new shift-share method. *Growth Change* 45, 667–683.
- Baik, J.S., 2017. The study on impacts of mega container ships on ports. *Pan-Pacific Journal of Supply Chain Management: Applications and Practices* 1, 22–40.
- Baird, A.J., 1996. Containerization and the decline of the upstream urban port in Europe. *Maritime policy and Management* 23, 145–156.
- Berkoz, L., Tekba, D., 1999. The role of ports in the economic development of Turkey.
- Bo, W., Karpathiotaki, P., Changzheng, D., 2018. The central role of the Mediterranean Sea in the BRI and the importance of Piraeus Port. *J. WTO & China* 8, 98.
- Cariou, P., 2001. Vertical integration within the logistic chain: does "regulation" play rational? The case for dedicated container terminals.
- Del Giudice, M., Di Vaio, A., Hassan, R., Palladino, R., 2022. Digitalization and new technologies for sustainable business models at the ship–port interface: A bibliometric analysis. *Maritime Policy & Management* 49, 410–446.
- Ducruet, C., Guerrero, D., 2022. Inland cities, maritime gateways, and international trade. *J Transp Geogr* 104, 103433.
- Dwarakish, G.S., Salim, A.M., 2015. Review on the Role of Ports in the Development of a Nation. *Aquat Procedia* 4, 295–301.
- Ehlers, S., Asbjornslett, B.E., Rodseth, O.J., Berg, T.E., 2014. *Maritime-port technology and development*. Crc Press.
- Feng, H., Grifoll, M., Yang, Z., Zheng, P., Martin-Mallofre, A., 2020. Visualization of container throughput evolution of the Yangtze River Delta multi-port system: the ternary diagram method. *Transp Res E Logist Transp Rev* 142, 102039.
- Feng, H., Grifoll, M., Zheng, P., Martin-Mallofre, A., Murphy, F., Li, S., 2021. Evolution and container traffic prediction of Yangtze River Delta multi-port system (2001-2017). *International Journal of Shipping and Transport Logistics* 13, 44–69.
- Gasparotti, C., Mincu, G.M., Nitu, C., Raileanu, A., Turcanu, A., 2023. Ports Digitization—A Challenge for Sustainable Development. *Rom. J. Econ. Forecast* 2, 143–160.
- Giorgi, G.M., Gigliarano, C., 2017. The Gini concentration index: a review of the inference literature. *J Econ Surv* 31, 1130–1148.
- González Cancelas, N., Palomino Monzón, M.C., Soler Flores, F.J., Almazan Garate, J.L., 2013. Gini coefficient, dissimilarity index and Lorenz curve for the Spanish port system by type of goods.
- Guerrero, D., Rodrigue, J.-P., 2014. The waves of containerization: shifts in global maritime transportation. *J Transp Geogr* 34, 151–164.
- Haralambides, H.E., Cariou, P., Benacchio, M., 2002. Costs, benefits and pricing of dedicated container terminals. *International Journal of Maritime Economics* 4, 21–34.
- Hsu, W.-K.K., Yu, H.-F., Huang, S.-H.S., 2015. Evaluating the service requirements of dedicated container terminals: a revised IPA model with fuzzy AHP. *Maritime policy & management* 42, 789–805.

İnce, M., Güngör, Ş., 2021. Lojistik Hinterlant ve Konteyner Limanları: İskenderun ve Mersin Limanları İncelemesi. *Değişimden Dönüşüme Sosyal Bilimlerde* 121.

Itoh, H., 2012. Structural changes in port cargo flow distribution in Asian container port systems, in: *The Iame2012 Annual Conference*. pp. 1–27.

Kon, W.K., Abdul Rahman, N.S.F., Md Hanafiah, R., Abdul Hamid, S., 2021. The global trends of automated container terminal: A systematic literature review. *Maritime Business Review* 6, 206–233.

Kosiek, J., Kaizer, A., Salomon, A., Sacharko, A., 2021. Analysis of modern port technologies based on literature review. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 15.

Kurt, İ., 2023. Evaluation of the Green Port Concept for Decarbonized Maritime Industry, in: *Decarbonization of Maritime Transport*. Springer, pp. 157–176.

Kurt, İ., Aymelek, M., 2024. Operational adaptation of ports with maritime autonomous surface ships. *Transp Policy (Oxf)* 145, 1–10.

Kurt, İ., Aymelek, M., 2022. Operational and economic advantages of autonomous ships and their perceived impacts on port operations. *Maritime Economics & Logistics* 1–25.

Loo, B.P.Y., Hook, B., 2002a. Interplay of international, national and local factors in shaping container port development: a case study of Hong Kong. *Transp Rev* 22, 219–245.

Loo, B.P.Y., Hook, B., 2002b. Interplay of international, national and local factors in shaping container port development: a case study of Hong Kong. *Transp Rev* 22, 219–245.

McCalla, R.J., 1999. From St. John's to Miami: Containerisation at eastern seaboard ports. *GeoJournal* 48, 21–28.

Monios, J., Wilmsmeier, G., 2014. The impact of container type diversification on regional British port development strategies. *Transp Rev* 34, 583–606.

Munim, Z.H., Schramm, H.-J., 2018. The impacts of port infrastructure and logistics performance on economic growth: the mediating role of seaborne trade. *Journal of Shipping and Trade* 3, 1–19.

Nguyen, P.N., Woo, S.-H., Beresford, A., Pettit, S., 2020. Competition, market concentration, and relative efficiency of major container ports in Southeast Asia. *J Transp Geogr* 83, 102653.

Notteboom, T.E., 1997. Concentration and load centre development in the European container port system. *J Transp Geogr* 5, 99–115.

Oztemiz, H., Vatansever, K., 2023. Türkiye Küresel Konteyner Liman Projeleri: 2035 Yılı Konteyner Trafik Hacmi ve Dış Ticaret. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 24, 261–298.

Rodrigue, J.-P., Notteboom, T., 2020. Ports and economic development. *Port economics, management and policy*.

Tae-Woo Lee, P., Flynn, M., 2011. Charting a new paradigm of container hub port development policy: The Asian doctrine. *Transp Rev* 31, 791–806.

TİM, 2023. Türkiye Export Figures [WWW Document]. Türkiye Exporters Assembly. URL <https://tim.org.tr/tr/ihracat-rakamlari> (accessed 11.17.23).

TUIK, 2023. Population and Demography [WWW Document]. Turkish Statistical Institute. URL <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109> (accessed 11.17.23).

Tunalı, H., Akarçay, N., 2022. Konteyner yük taşımacılığı, liman alt yapı yatırımları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin analizi: OECD ülkeleri örneği. *Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi* 4, 102–118.

Türklim, 2023. Türklim Members [WWW Document]. Port Operators Association of Türkiye. URL <https://www.turklim.org/en/turklim-members/> (accessed 11.17.23).

UAB, 2023. Regional Port Authorities [WWW Document]. Ministry of Transport and Infrastructure of the Republic of Türkiye. URL <https://www.uab.gov.tr/bolge-liman-baskanliklari> (accessed 1.19.23).

UAB, 2022. Cargo Statistics [WWW Document]. Ministry of Transport and Infrastructure of the Republic of Türkiye. URL <https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/yuk-istatistikleri> (accessed 1.18.23).

Vacca, I., Bierlaire, M., Salani, M., 2007. Optimization at container terminals: status, trends and perspectives, in: *Swiss Transport Research Conference*.

Van der Putten, F.-P., Montesano, F.S., van de Ven, J., Ham, P., 2016. The Geopolitical Relevance of Piraeus and China's New Silk Road for Southeast Europe and Turkey. *Clingendael, Netherlands Institute of International Relations*.

van Duin, J.H.R., van Wee, G.P., 2007. Globalization and intermodal transportation: modeling terminal locations using a three-spatial scales framework, in: *Globalization and Regional Economic Modeling*. Springer, pp. 133–152.

Veenstra, A., Notteboom, T., 2011. The development of the Yangtze River container port system. *J Transp Geogr* 19, 772–781.

Wang, T.-F., Cullinane, K.P.B., Song, D.W., 2004. Industrial concentration in container ports, in: *International Association of Maritime Economists Annual Conference*, Izmir.

World Bank, 2023. GDP-Türkiye, World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data [WWW Document]. World Bank. URL <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD?end=2022&locations=TR&start=1960&view=chart> (accessed 11.17.23).

Yetkili, E., Doğan, E., Baltaoğlu, S., Salihoğlu, İ., 2016. Economic analysis of container transshipment in the Eastern Mediterranean region. *International Journal of Environment and Geoinformatics* 3, 12–21.

Ziran, J., Chunfang, P., Huayou, Z., Chengjin, W., Shilin, Y., 2022. Temporal and spatial evolution and influencing factors of the port system in Yangtze River Delta Region from the perspective of dual circulation: Comparing port domestic trade throughput with port foreign trade throughput. *Transp Policy (Oxf)* 118, 79–90.



# TÜRKİYE'NİN TEKNOLOJİDE ÖNCÜ LİDER KLAS KURULUŞU

Bağımsız, Tarafsız, Güvenilir, Uzman

60  
yıl



**TÜRK LOYDU**

**#60YıldırGüvenle**