

E-ISSN 2618-6365 Vol. 5 Issue 1 **2022**

AQUATIC RESEARCH



<http://aquatres.scientificwebjournals.com>



Chief Editor:

Prof.Dr. Nuray ERKAN, Istanbul-Turkey

nurerkan@istanbul.edu.tr

Subjects: Processing Technology, Food Sciences and Engineering
Institution: Istanbul University, Faculty of Aquatic Sciences

Cover Photo:

Ferhan oşkun, Istanbul-Turkey

Phone: +90 532 763 2230

fcoşkun@gmail.com

Instagram: [instagram.com/exultsoul](https://www.instagram.com/exultsoul)

Editorial Board:

Prof.Dr. Miguel Vazquez ARCHDALE, Kagoshima-Japan

miguel@fish.kagoshima-u.ac.jp

Subjects: Fisheries

Institution: Kagoshima University, Faculty of Fisheries, Fisheries Resource Sciences Department

Prof.Dr. Mazlan Abd. GHAFAR, Terengganu-Malaysia

mag@umt.edu.my

Subjects: Fisheries

Institution: University of Malaysia Terengganu, Institute of Oceanography and Environmental

Prof.Dr. Adrian GROZEA, Timişoara-Romania

grozea@animalsci-tm.ro

Subjects: Fisheries

Institution: Banat's University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Faculty of Animal Science and Biotechnologies

Prof.Dr. Saleem MUSTAFA, Sabah-Malaysia

saleem@ums.edu.my

Subjects: Fisheries, Environmental Sciences and Engineering

Institution: University of Malaysia Sabah

Prof.Dr. Tamuka NHIWATIWA, Harare-Zimbabwe

drtnhiwatiwa@gmail.com

Subjects: Fisheries

Institution: University of Zimbabwe, Department of Biological Sciences

Prof.Dr. Özkan ÖZDEN, Istanbul-Turkey

ozden@istanbul.edu.tr

Subjects: Fisheries, Food Sciences and Engineering

Institution: Istanbul University, Faculty of Aquatic Sciences

Prof.Dr. Murat YİĞİT, Çanakkale-Turkey

muratyigit@comu.edu.tr

Subjects: Fisheries

Institution: Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Science and Technology

Assoc.Prof.Dr. Makiko ENOKI, Tokyo-Japan

enoki@kaiyodai.ac.jp

Subjects: Environmental Sciences and Engineering

Institution: Tokyo University of Marine Science and Technology Faculty of Marine Science, Department of Marine Resource and Energy

Assoc.Prof.Dr. Athanasios EXADACTYLOS, Nea Ionia

Magnesia-Greece

exadact@uth.gr

Subjects: Fisheries

Institution: University of Thessaly (UTH), Department of Ichthyology and Aquatic Environment (DIAE)

Assoc.Prof. Matthew TAN, Australia

matthew.tan@jcu.edu.au

Subjects: Fisheries

Institution: James Cook University, Centre for Sustainable Tropical Fisheries and Aquaculture (CSTFA) - College of Science & Engineering



Publisher Nuray Erkan Özden

Copyright © 2022 ScientificWebJournals Web Portal

Adress: Abdi Bey Sok. KentPlus Sitesi No:24B D. 435 Kadıköy/İstanbul, Türkiye

E-mail: swj@scientificwebjournals.com

for submission instructions, subscription and all other information visit

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>



Aims and Scope

AQUATIC RESEARCH

Abbreviation: **Aquat Res**

e-ISSN: **2618-6365**

Journal published in one volume of four issues per year by

<http://aquatres.scientificwebjournals.com> web page

“**Aquatic Research**” journal aims to contribute to the literature by publishing manuscripts at the highest scientific level on all fields of marine and aquatic sciences. The journal publishes original research and review articles that are prepared in accordance with the ethical guidelines. The publication language of the journal is English or Turkish and continues publication since 2018.

Aquatic Biology, Aquatic Ecology, Aquatic Environment and Pollutants, Aquaculture, Conservation and Management of Aquatic Source, Economics and Managements of Fisheries, Fish Diseases and Health, Fisheries Resources and Management, Genetics of Aquatic Organisms, Limnology, Maritime Sciences, Marine Accidents, Marine Navigation and Safety, Marine and Coastal Ecology, Oceanography, Seafood Processing and Quality Control, Seafood Safety Systems, Sustainability in Marine and Freshwater Systems The target audience of the journal includes specialists and professionals working and interested in all disciplines of marine and aquatic sciences.

Manuscripts submitted to “**Aquatic Research**” journal will go through a double-blind peer-review process. Each submission will be reviewed by at least two external, independent peer reviewers who are experts in their fields in order to ensure an unbiased evaluation process. The editorial board will invite an external and independent editor to manage the evaluation processes of manuscripts submitted by editors or by the editorial board members of the journal. Our journal will be published quarterly in English or Turkish language.

The target audience of the journal includes specialists and professionals working and interested in all disciplines of marine and aquatic Sciences.

The editorial and publication processes of the journal are shaped in accordance with the guidelines of the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), World Association of Medical Editors (WAME), Council of Science Editors (CSE), Committee on Publication Ethics (COPE), European Association of Science Editors (EASE), and National Information Standards Organization (NISO). The journal is in conformity with the Principles of

Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing (doaj.org/bestpractice).

“**Aquatic Research**” journal is indexed in TR Dizin, Clarivate Zoological Record, FAO/AGRIS, SciLit and Bielefeld Academic Search Engine (BASE).

Processing and publication are free of charge with the journal. No fees are requested from the authors at any point throughout the evaluation and publication process. All manuscripts must be submitted via the online submission system, which is available at

<http://dergipark.gov.tr/journal/2277/submission/start>

The journal guidelines, technical information, and the required forms are available on the journal’s web page.

Statements or opinions expressed in the manuscripts published in the journal reflect the views of the author(s) and not the opinions of the publisher, ScientificWebJournals Web Portal, editors, editorial board, and/or publisher; the editors, editorial board, and publisher disclaim any responsibility or liability for such materials.

All published content is available online, free of charge at

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>.

OPEN  ACCESS

Editor in Chief: Prof. Dr. Nuray ERKAN

Address: Istanbul University, Faculty of Aquatic Sciences,
Department of Food Safety, Ordu Cad. No: 8, 34134
Fatih/Istanbul, Türkiye

nurerkan@istanbul.edu.tr



Vol. 5 Issue 1 Page 1-98 (2022)

Content

RESEARCH ARTICLES

- 1. Dietary incorporation of Sweet Potato *Ipomoea batatas* shoots improved growth performance and haematological profile of Tilapia *Oreochromis niloticus* in Hapa Nets 1-10**
Francis BALETA Patricia CANDELARIA Diomerl Edward BALDO Love Joy BALETA Lander PLANTADO Mylene NAVARRO
- 2. Biological control of invasive zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in a freshwater ecosystem through *Potamon ibericum* 11-19**
Halit KUŞKU
- 3. Toxicity of environmentally important micropollutants on three trophic levels Page: 20-28**
Hilal YILMAZ Gülsen AVAZ Ülkü YETİŞ Melek ÖZKAN
- 4. Türk arama kurtarma bölgesinde gerçekleşen gezi/spor/eğlence amaçlı gemi ve yatların karıştığı kazaların analizi 29-38**
Sibel BAYAR Ercan AKAN
- 5. Determination of the perception of ship management towards environmental pollution caused by routine operations of ships 39-52**
Osman ARSLAN Murat Selçuk SOLMAZ Hasan Bora USLUER
- 6. First morphometry, reproduction, and genetic data for *Blennius ocellaris* (Linnaeus, 1758) from the Black Sea 53-62**
Uğur KARADURMUŞ Rafet Çağrı ÖZTÜRK Mehmet AYDIN
- 7. İstanbul Boğazı'ndaki Deniz Kazalarının Seyir Emniyeti Perspektifinde İncelenmesi: İSTANBULMAKS Gemi Tipi Önerisi 63-88**
Gizem KODAK Gökhan KARA Murat YILDIZ Aydın SALCI
- 8. Elektronik seyir cihazlarının deniz kazalarına etkileri 89-98**
Mehmet KAPTAN Özkan UĞURLU

Dietary incorporation of Sweet Potato *Ipomoea batatas* shoots improved growth performance and haematological profile of Tilapia *Oreochromis niloticus* in Hapa Nets

Francis Nuestro BALETA¹, Patricia MAGISTRADO-CANDELARIA², Diomerl Edward Bondad BALDO³, Love Joy PALLAYA-BALETA⁴, Lander Cezar PLANTADO², Mylene Concina NAVARRO²

Cite this article as:

Baleta, F.N., Magistrado-Candelaria, P., Baldo, D.E.B., Pallaya-Baleta, L.J., Plantado, L.C., Navarro, M.C. (2022). Dietary incorporation of Sweet Potato *Ipomoea batatas* shoots improved growth performance and haematological profile of Tilapia *Oreochromis niloticus* in Hapa Nets.

Aquatic Research, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.3153/AR22001>

¹ National Research Council of the Philippines, DOST Compound, Bicutan, Taguig City, Philippines

² Partido State University Sagñay Campus, Sagñay, Camarines Sur, Philippines

³ Partido State University Caramoan Campus, Caramoan, Camarines Sur, Philippines

⁴ College of Business Management, Partido State University Goa Campus, Goa, Camarines Sur, Philippines

ORCID IDs of the author(s):

F.N.B. 0000-0002-5266-1893

P.M.C. 0000-0001-6399-9622

D.E.B.B. 0000-0001-7122-5301

L.J.P.B. 0000-0003-2701-9687

L.C.P. 0000-0002-1697-2272

M.C.N. 0000-0002-9450-1126

Submitted: 14.03.2021

Revision requested: 08.05.2021

Last revision received: 20.05.2021

Accepted: 20.05.2021

Published online: 01.11.2021

Correspondence:

Francis Nuestro BALETA

E-mail: fnbaleta19@yahoo.com



ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the potential of sweet potato *Ipomoea batatas* powder (Ib-SPP), hot-water extracts (IbSPHWE) and crude ethanolic extracts (IbSPCEE) as growth promoter and immunoenhancer for tilapia cultured in hapa nets. Fish were divided randomly into four Treatments: T1 (control group) was fed a practical diet (PD) while T2, T3 and T4 were fed PD + IbSP powder (P), PD + IbSP hot-water extract (HWE), PD + IbSP Crude Ethanol Extracts (CCE), respectively. The growth indices and haematological profile of cultured fish were recorded after four months of feeding experiment.

The final weight, weight gain, specific growth rate, condition factor, FCR, PER, FER were significantly higher in fishes that received PD +IbSPHWE than those that received either PD, PD + IbSPCEE or PD+ IbSPP only. The same trend was observed with the RBC, Hb, HCT, WBC and the PLT and its indices. The study has demonstrated that incorporation of the hot-water extracts of *I. batatas* could improve the growth performance and increase immunocompetence of *O. niloticus* as evidenced by improved haematological profile.

Keywords: *Oreochromis niloticus*, *Ipomoea batatas*, Immunostimulants, Hot-Water extracts, Haematological profile

Introduction

The production of commercially-important aquaculture species significantly increased during the past decades. To meet the market demands, fish culture practices in enclosed spaces like ponds, net cages and tanks had intensified. Along with intensive fish culture are increase in stocking density, water quality and environment manipulation, enhanced fish nutrition and feeding management and fish health management. However, with increased stocking density, fish are exposed to a number of stressors such as overcrowding, transport, handling, which adversely affect the health status of cultured fish. Improvement of the health status and growth performance of cultured fish is of great importance to aquaculture. Strengthening the defense mechanism of fish through prophylactic administration of immunostimulants seem to be one of the most promising method of controlling diseases in aquaculture (Li et al, 2004; Robertsen, 1999; Raa et al, 1992). These substances increase the immunocompetence and resistance to pathogens and diseases by enhancing both the specific and non-specific defense mechanisms of fish and other organisms (Zhou et al, 2003).

Recently, increasing attention is being paid to the use of plant products for disease control in aquaculture as an alternative to chemical treatments (Reverter et al, 2014) Numerous studies documented the efficacy of plant extracts as anti-stress, growth promoter, appetite stimulator, immunobooster, and elicit disease resistance and anti-pathogen properties in fish and shrimp aquaculture due to the presence of active principles like alkaloids, terpenoids, tannins, saponins, glycosides, flavonoids, phenolics, steroids or essential oils (Chakraborty and Hancz, 2011; Citarasu, 2010).

The sweet potato *Ipomoea batatas* (L) is a dicotyledonous plant that belongs to the bindweed or morning-glory family Convolvulaceae. In the Philippines, sweet potatoes (locally known as *camote* or *kamote*) are an important food crop in rural areas. They are often a staple among impoverished families in provinces, as they are easier to cultivate and cost less than rice, it can even be found growing along the backyards of some houses in the rural areas of the country. The young shoots (red or purple in color) and leaves of *I. batatas* are sometimes eaten as a salad or a main ingredient in some stew. The leaves are even used as a cheap source of protein for ruminant feeds.

Various leaf meal and other plant extracts have been studied as a potential feed ingredient for fish and shrimp (Garg et al, 2019; Labh et al, 2017; Wu et al, 2016; Ganzon-Naret, 2014; Baleta et al, 2013; Kaleeswaran et al, 2011; Abd El-Hakim et al, 2010;

Olmendo Sanchez et al, 2009; Afuang et al, 2003;), however, utilization of sweet potato leaf meal and extracts as a feed ingredient for animal and fish diets is scarce (Adewolu, 2008; Abonyi et al, 2012). The study was conducted to determine the effects of sweet potato shoots as growth promoter and immunobooster for tilapia particularly on the survival, growth indices and haematological profile.

Material and Methods

Experimental Fish

Healthy tilapia (*O. niloticus*) with a mean weight of 17-18 g were obtained from the Partido State University (PSU) Multi-species Hatchery Laboratory, PSU Sagñay Campus. Fish were acclimated for two weeks at the experimental hapa nets (3m x 5m x 1m) installed in 1000 m² pond. Fish were fed with commercial feed *ad libitum* twice per day until initiation of the experiment. During the feeding experiment, ten (10) fish were stocked at each hapa net (1m x 1m x 1m) Water parameters were measured during the conditioning phase and the duration of the feeding experiment. The water temperature, pH and dissolved oxygen ranged between 29 ± 2.2 °C, 7.2-7.5 pH and 6.4 ± 1.3 mg L⁻¹, respectively during the culture period.

Collection and Preparation of I. batatas Powdered Leaves

The shoots of *I. batatas* were purchased at the local market of the town. Preparation of the feeds were done at the CAS Science Laboratory, Partido State University, Goa, Camarines Sur, Philippines. The leaves were washed thoroughly with tap water and the unwanted parts (stems and the necrotic parts of the leaves) were removed. The cleaned and sorted leaves were air-dried for two weeks at room temperature. The air-dried leaves were oven-dried at 60°C until a brittle and crispy consistency of the leaves is achieved. The dried leaves were crushed and grinded with a blender and hammer mill until powdered particles are produced. The powdered leaves were stored in an airtight plastic container at room temperature until use. The ratio of wet to dried powdered *I. batatas* leaves were recorded.

Preparation of the Hot-Water Extracts of I. batatas

The hot-water extract of *Ipomea batatas* shoots were prepared based on the method described by Fujiki et al. (1992), Hou and Chen (2005) and Baleta et al (2013) with modifications. Briefly, 100 g of dried *I. batatas* powder were added to 1000 mL of distilled water and were boiled for 3 h in a water bath set-up. The boiled suspension was passed through a nylon mesh

and the filtrate were frozen until use. The frozen *I. batatas* HWE were thawed and were boiled before use for the experiment.

Preparation of the *I. batatas* Crude Ethanolic Extracts

Five hundred grams of *I. batatas* powder were soaked in 5 L of 95% ethanol and incubated in the dark condition at room temperature for 72 hrs. Thereafter, the supernatant was filtered using Whatman No. 42 filter paper. The supernatant was then evaporated to dry under reduced condition (40°C) via a rotary evaporator (IKA-100). The obtained extract was stored at a refrigerator.

Preparation of Experimental Diets and Feeding Experiment

Fish were divided randomly into four Treatments (T1, T2, T3 and T4). Each group was divided into two subgroups (A and B;

each sub-group had triplicate of 30 fish). Subgroup A was used for growth and survival studies while subgroup B was used for examination of haematological profile. T1 (control group) was fed a practical diet. Experimental diets were formulated from locally available ingredients to satisfy the nutrient requirements of *O. niloticus* (Table 1). The proximate composition of the practical and experimental diets is presented in Table 2 The ingredients were ground, mixed, pelletized to a 1.5 mm diameter and dried at room temperature for a day. Pellets were stored at 4°C until use. T2 was fed practical diet supplemented with 5% *I. batatas* powder (50 g kg⁻¹). T3 and T4 were given with practical diet supplemented with 5% *I. batatas* HWE (50 mL kg⁻¹) and 5% *I. batatas* CEE (50 g kg⁻¹), respectively. Food was provided twice daily (8:00 am and 4:00 pm) at the rate of 5% of fish live body weight. The amount of food was readjusted every two weeks according to fish weight.

Table 1. Ingredients (per kg) for the experimental diets of tilapia

Feed Ingredient	Practical Diet (PD)	Experimental Groups		
		PD + IbSP P	PD + IbSP HWE	PD + IbSP CEE
Fish Meal (local)	0.25	0.28	0.28	0.28
Corn Meal	0.12	0.10	0.10	0.10
Soy bean meal	0.28	0.27	0.27	0.27
Rice bran	0.21	0.16	0.16	0.16
Corn Oil	0.05	0.05	0.05	0.05
Vit. And Minerals	0.04	0.04	0.04	0.04
Corn Starch	0.05	0.05	0.05	0.05
IbSP Powder		0.05		
IbSP HWE			0.05	
IbSP CCE				0.05

Note: **IbSP** – *Ipomoea batatas* Sweet Potato Powder;

IbSP HWE - *Ipomoea batatas* Sweet Potato Hot-water Extract;

IbSP CCE - *Ipomoea batatas* Sweet Potato Crude Ethanolic Extract

Table 2. Proximate composition of the practical and experimental diets of tilapia

Feed Ingredient	Practical Diet (PD)	Experimental Groups		
		PD + IbSP P	PD + IbSP HWE	PD + IbSP CEE
Crude Protein (N x 6.25)	25.12	25.48	25.25	24.26
Crude Fat	12.45	13.91	12.24	12.23
Ash	10.42	11.05	11.08	10.97
Moisture	12.89	12.93	12.13	13.08
Total Carbohydrates (%)	34.15	34.63	34.20	34.94

Note: **IbSP** – *Ipomoea batatas* Sweet Potato Powder;

IbSP HWE - *Ipomoea batatas* Sweet Potato Hot-water Extract;

IbSP CCE - *Ipomoea batatas* Sweet Potato Crude Ethanolic Extract

Growth Performance

The experimental fish in sub-group A were counted and weighed at the end of the feeding experiment to assess growth performance. The final body weight (FBW), weight gain (WG), specific growth rate (SGR), feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER), feed efficiency ratio (FER) and condition factor (CF) were determined according to De Silva and Anderson (1995), Hevroy et al. (2005) and Jafarian et al. (2007).

Haematological Profile, Blood Collection and Plasma Separation

Six fish were randomly collected from each treatment in sub-group B at the end of the feeding experiment. Whole blood were collected from the caudal vein of each fish using 1cc syringe (25 g x 5/8). The collected blood was transferred in 0.5 mL heparin vacutainer tube with EDTA and maintained at low temperature until analyses. The blood parameters red blood cell count (RBC; $10^6/\text{mL}$), hematocrit (HCT; %), hemoglobin concentration (HB; g/l), mean corpuscular volume (MCV; fl), mean corpuscular hemoglobin (MCH; pg) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC; g/dl), white blood cell count (WBC; $10^3/\text{mL}$), lymphocytes (LYMP#; $10^6/\text{mL}$), monocytes (Mon#; $10^6/\text{mL}$), eosinophil (Eos#; $10^6/\text{mL}$), platelet count (PLT; $10^6/\text{mL}$), mean platelet volume (MPV; fl), platelet distribution width (PDW; fl), platelet large cell count (P-LCC;

$10^6/\text{mL}$) and platelet large cell ratio (P-LCR; %) were analyzed using Rayto Auto Hematological Analyzer (RT-7600).

Statistical Analyses

All data were analyzed by one-way ANOVA ($P < 0.05$) and Tukey's tests. A value of $P < 0.05$ was considered statistically significant. All statistical analyses were performed using SPSS v.26 (SPSS, IL, USA).

Results and Discussion

The final weight, weight gain, specific growth rate and condition factor were significantly higher in fishes that received practical diets supplemented with the HWE of *I. batatas* than those that received either PD, PD + IbSPCEE or PD+ IbSPP only for four months (Table 3). Similarly, the feed conversion ratio, protein efficiency ratio, and feed efficiency ratio is significantly higher in T3 (PD +IbSPHWE) as compared to T4 (PD + IbSPCEE), T1 (PD), and T2 (PD + IbSPP) after the feeding experiment (Table 4).

Significant increase in RBC, Hb, HCT and other RBC indices were also observed in fishes that received PD+IbSPHWE as compared to fishes that received either PD + IbSPCEE, PD+ IbSPP, or PD only (Table 5) ($P < 0.05$). The same trend was observed with the WBC and other leukocyte indices (Table 6), and even with the PLT and its indices (Table 7).

Table 3. Growth Performance of *O. niloticus* under different diets with sweet potato *I. batatas* powder and extracts after 16-wk culture period

Parameters	Feeds			
	Control Feed 1 (0 g kg ⁻¹ IbSP)	Experimental Treatments		
		Feed 2 (PD + IbSP Powder)	Feed 3 (PD + IbSHWE)	Feed 4 (PD + IbSCEE)
Length (Initial) cm	9.50 ±0.35 ^a	10.13 ±0.12 ^a	9.23 ±0.44 ^a	9.47 ±0.43 ^a
Length (Final) cm	16.23 ±0.40 ^b	16.11 ±0.35 ^b	18.49 ±0.44 ^a	16.86 ±0.33 ^b
Weight (Initial) g	14.03 ±0.44 ^a	14.65 ±0.23 ^a	14.23 ±0.20 ^a	14.93 ±1.09 ^a
Weight (Final) g	78.80 ±5.69 ^b	78.67 ±4.83 ^b	120.24 ±5.69 ^a	85.40 ±5.42 ^b
Weight gain (g)	60.84 ±5.20 ^b	60.81 ±14.23 ^b	101.25 ±4.71 ^a	67.26 ±6.25 ^b
Survival rate (%)	100 ±0.00 ^a	100 ±0.00 ^a	100 ±0.00 ^a	100 ±0.00 ^a
Average Daily weight gain (g)	0.57 ±0.05 ^b	0.56 ±0.04 ^b	0.93 ±0.05 ^a	0.62 ±0.05 ^b
Average Daily length gain (g)	0.06 ±0.01 ^{ab}	0.05 ±0.00 ^b	0.08 ±0.01 ^a	0.06 ±0.01 ^{ab}
Specific Growth rate	1.51 ±0.09 ^b	1.47 ±0.05 ^b	1.87 ±0.03 ^a	1.53 ±0.05 ^b
Condition Factor	1.51 ±0.03 ^a	1.52 ±0.02 ^a	1.67 ±0.04 ^a	1.54 ±0.05 ^a

Means with the same letters as superscripts are not significantly different ($P > 0.05$)

Values are expressed as mean ± standard error, calculated from the mean-square for error of the ANOVA

Table 4. Parameters of feed and nutrient utilization of *O. niloticus* under different diets with sweet potato *I. batatas* powder and extracts after 16-wk culture period

Parameters	Feeds			
	Control	Experimental Treatments		
	Feed 1 (0 g kg ⁻¹ IbSP)	Feed 2 (PD + IbSP Powder)	Feed 3 (PD + IbSHWE)	Feed 4 (PD + IbSCEE)
Feed intake (g feed g ⁻¹ fish)	95.94 ± 0.08 ^b	96.52 ± 0.64 ^b	98.59 ± 0.56 ^a	93.85 ± 0.76 ^c
Feed conversion ratio	1.51 ± 0.15 ^a	1.52 ± 0.11 ^a	0.94 ± 0.04 ^b	1.35 ± 0.11 ^a
Protein Efficiency Ratio	2.15 ± 0.20 ^b	2.13 ± 0.16 ^b	3.53 ± 0.18 ^a	2.34 ± 0.18 ^b
Feed efficiency ratio	67.52 ± 6.41 ^b	66.30 ± 4.65 ^b	107.47 ± 5.05 ^a	75.12 ± 5.91 ^b

Means with the same letters as superscripts are not significantly different (P>0.05)

Values are expressed as mean ± standard error, calculated from the mean-square for error of the ANOVA

Table 5. Erythrocyte indices of *O. niloticus* under different diets with sweet potato *I. batatas* powder and extracts after 16-wk culture period.

Treatment	Erythrocyte Indices						
	Red Blood Cell RBC (10 ⁶ /mL)	Hemoglobin Hb (g/dL)	Hematocrit HCT (%)	Mean Corpuscular Volume MCV (fl)	Mean Corpuscular Hemoglobin MCH (pg)	Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration MCHC (g/dL)	Red Blood Cell Distribution Width RDW-CV
PD	1.69 ± 0.03 ^c	78.00 ± 2.85 ^c	28.13 ± 1.09 ^c	169.01 ± 3.81 ^c	49.64 ± 0.42 ^b	254.33 ± 8.29 ^b	10.05 ± 0.49 ^b
PD+IbS Powder	1.72 ± 0.03 ^{ac}	84.87 ± 1.02 ^b	29.52 ± 0.58 ^c	172.84 ± 3.66 ^{bc}	48.05 ± 0.83 ^b	269.67 ± 4.42 ^b	15.75 ± 1.79 ^a
PD+IbS HWE	2.20 ± 0.04 ^a	106.33 ± 3.09 ^a	39.68 ± 1.12 ^a	185.53 ± 2.49 ^a	53.27 ± 0.94 ^a	329.53 ± 10.66 ^a	20.57 ± 2.40 ^a
PD+IbS CEE	1.82 ± 0.03 ^b	88.33 ± 1.99 ^b	32.26 ± 0.69 ^b	181.25 ± 2.96 ^{ab}	49.28 ± 0.55 ^b	274.33 ± 3.75 ^b	17.06 ± 1.54 ^b

Means with the same letters as superscripts are not significantly different (P> 0.05)

Values are expressed as mean ± standard error, calculated from the mean-square for error of the ANOVA

Table 6. Leukocyte indices of *O. niloticus* under different diets with sweet potato *I. batatas* powder and extracts after 16-wk culture period.

Treatment	Leukocyte Indices				
	White Blood Cell WBC (10 ⁶ /mL)	Lymphocytes LYMP# (10 ⁶ /mL)	Monocytes MON (10 ⁶ /mL)	Neutrophils NEUT (10 ⁶ /mL)	Eosinophils EOS (10 ⁶ /mL)
PD	67.45 ± 0.84 ^c	67.02 ± 1.06 ^c	67.02 ± 1.06 ^c	15.84 ± 5.77 ^a	2.34 ± 1.21 ^a
PD+IbS Powder	78.05 ± 2.38 ^b	72.16 ± 1.92 ^b	72.16 ± 1.92 ^b	16.59 ± 10.37 ^a	2.26 ± 0.62 ^a
PD+IbS HWE	88.75 ± 1.86 ^a	82.23 ± 1.30 ^a	82.23 ± 1.30 ^a	22.48 ± 5.47 ^a	1.38 ± 0.74 ^a
PD+IbS CEE	78.44 ± 2.09 ^b	79.28 ± 1.32 ^a	79.28 ± 1.32 ^a	22.92 ± 11.42 ^a	1.51 ± 1.08 ^a

Means with the same letters as superscripts are not significantly different (P>0.05)

Values are expressed as mean ± standard error, calculated from the mean-square for error of the ANOVA

Table 7. Platelet indices of *O. niloticus* under different diets with sweet potato *I. batatas* powder and extracts after 16-wk culture period.

Treatment	PLT Indices					
	Platelet PLT (10 ⁶ /mL)	Mean Platelet Volume MPV (fl)	Platelet Distribution Width PDW (fl)	Plateletcrit PCT (%)	Platelet-Large Cell Count P-LCC (10 ⁶ /mL)	Platelet-Large Cell Ratio P-LCR (%)
PD	321.93 ±22.47 ^c	9.85 ±2.23 ^a	4.75 ±0.34 ^a	0.21 ±0.03 ^b	6.53 ±0.61 ^a	28.80 ±3.72 ^a
PD+IbS Powder	446.27 ±26.06 ^b	5.13 ±0.07 ^b	4.19 ±0.08 ^a	0.24 ±0.01 ^b	7.11 ±0.47 ^a	34.27 ±2.83 ^a
PD+IbS HWE	694.33 ±43.45 ^a	4.91 ±0.07 ^b	4.17 ±0.09 ^a	0.35 ±0.03 ^a	6.17 ±0.42 ^a	37.86 ±4.56 ^a
PD+IbS CEE	413.00 ±17.68 ^b	5.17 ±0.11 ^b	4.12 ±0.09 ^a	0.28 ±0.02 ^b	7.03 ±0.77 ^a	36.27 ±3.96 ^a

Means with the same letters as superscripts are not significantly different (P>0.05)

Values are expressed as mean ± standard error, calculated from the mean-square for error of the ANOVA

Incorporation of feed additives; such as vitamins, minerals and prebiotics are considered as promising options in aquaculture particularly in the enhancement of growth, disease prevention and improvement of aquatic animal health.

Several plant extracts are reported to stimulate appetite and promote weight gain when they are administered to cultured fish (Harikrishnan et al., 2012; Pavaraj et al., 2011; Takaoka et al., 2011). In the study of Shalaby et al. (2006), food intake, specific growth rate and final weight of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) increased when garlic was incorporated in the diet. Punitha et al (2008) found out that grouper *Ephinephelus tauvina* fed diets with a mixture of methanolic herb extracts (Bermuda grass (*Cynodon dactylon*), Long pepper (*Piper longum*), stonebreaker (*Phyllanthus niruri*), coat buttons (*Tridax procumbens*) and ginger (*Zingiber officinalis*)) exhibited 41% increase in weight of grouper than the control group. Aside from gain in weight, several studies demonstrated that plant extracts somehow improve digestibility and availability of nutrients resulting in an increase in feed conversion and leading to a higher protein synthesis (Citarasu, 2010; Nya and Austin, 2009; Talpur et al., 2013). For example, Putra et al. (2013) showed that supplemented diet with 1% of ethanolic katuk extract (*Sauropus androgynous*) stimulated appetite, growth and improved food utilization (lower feed conversion ratio) in grouper *Ephinephelus coioides*. The health status of the fish can also be determined by evaluating the Specific growth rate (SGR) and condition factor (CF). Extracts from plants and other products may control, limit and inhibit the growth and colonization of numerous pathogenic and nonpathogenic species of bacteria in fish guts. The incorporation of these plant extracts in the diets of fish may provide greater efficiency in the feed

utilization, which may result in improved growth and feed efficiency (Jain et al, 2008; Bedford, 2000). Our study demonstrated that the incorporation of *I. batatas* extracts in the practical diets of tilapia significantly improve the gain in weight, specific growth rate, feed conversion ratio, protein efficiency ratio, feed efficiency ratio and condition factor of tilapia.

Haematological profile is a pathophysiological reflector of the entire body and the counts of various parameters in blood give an indication to the health status of fish by determining any abnormality brought about by using these immunostimulants (Tewary and Patra, 2011). The results of the present study indicated that inclusion of *I. batatas* in the fish diet increased the RBC counts and the values appeared to increase with increasing dietary inclusion levels of *I. batatas* in healthy fish. The result of the present study is in agreement with observed increase in RBC in: *C. carpio* fed extract of *Eurphobia hirta* (Pratheepa and Sukumaran, 2014), and *Clarias gariepinus* fed *Morus alba* extract (Sheikhlar et al, 2014). These results also correspond with those by Nya and Austin (2009) who reported the counts of RBC were significantly higher in rainbow trout fed with the garlic-added and ginger-added diets. The apparent increase in RBC after dietary supplementation with *I. batatas* may be related to presence of iron, vitamin A, vitamin B, vitamin C and vitamin B12 which are required for RBC production (Dugency et al, 2003).

The nutritive status of fish can be linked to the health condition of an animal and potential way they deal with stress resulting from their surrounding environment. In our study, a clear link between increased weight and length gains with the increased number of RBCs and other haematological parameters can be observed. The primary function of WBC's is to defend the body

against foreign pathogenic organisms. In the current study, the amount of WBC's, neutrophils, RBC's and hemoglobin concentration was greater in treatment 3 (PD+IbSPHWE) which confirms that this increase was the underplaying factor for the enhanced growth of the fish. Also, result of haematological profile of our study denotes that the health status of tilapia was at the optimal level as well as no or minimal infection or pathogenic activity in the fish body.

Hematological parameters are used to provide information about the health and physiological status of fish, feeding conditions and water quality in which they live (Fazio et al., 2013). WBC, RBC, Hct, and Hb values are particularly recommended on a routine basis to monitor the health of the stock in fish farms. In the previous study on the effects of herbal immunostimulants on hematology and the immune system, it has been reported that plants bioactive substances caused an increase in blood cells counts, and this triggered the immune system and enhanced a natural defense in distinct fish species (Nya and Austin, 2009a; Talpur et al., 2013; Ajeel and Faragi, 2013; Haghighi and Rohani, 2013).

Conclusion

The study demonstrated that incorporation of *I. batatas* hot-water extract in the practical diets of *O. niloticus* is a potential feed ingredient that significantly improved the growth performance as evidenced by enhanced weight gain, reduced feed conversion ratio, increased protein and feed efficiency ratios. Moreover, the immunocompetence of *O. niloticus* is also improved as evidenced by the hematological profile. These results indicate that diets enriched with plant extracts have beneficial effects on fish health and enhance the immune system and hence they could play an important role in preventing disease outbreaks in aquaculture systems, thereby improving growth performance.

Compliance with Ethical Standard

Conflict of interests: The authors declare that for this article they have no actual, potential or perceived conflict of interests.

Ethics committee approval: Experimental design and fish handling of the current study had been approved by the Research Ethics Committee of Partido State University, Goa, Camarines Sur, Philippines.

Funding disclosure: The research work was supported by the University Research and Exploration Fund of Partido State University, Goa, Camarines Sur dated September 16, 2020.

Acknowledgments: The authors thank the Campus Dean of Partido State University Sagnay Campus for providing necessary infrastructure facility to carry out the work. The technical assistance of Mr. Jericho Encinas is likewise acknowledged.

Disclosure: -

References

- Abd El-Hakim, N.F., Ahmad, M.H., Azab, E.S., Lashien, M.S., Baghdady, E.S., (2010).** Response of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* to diets supplemented with different levels of fennel seeds meal (*Foeniculum vulgare*). *Abbassa-International Journal for Aquaculture*, 3, 215-230.
- Abonyi, F.O., Iyi, E.O., Machebe, N.S. (2012).** Effects of feeding sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaves on growth performance and nutrient digestibility of rabbits. *African Journal of Biotechnology*, 11(15), 3709-3712.
<https://doi.org/10.5897/AJB11.3103>
- Adewolu, M.A., (2008).** Potentials of Sweet potato *Ipomoea batatas* leaf meal as dietary ingredient for *Tilapia zilli* fingerlings. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(3), 444-449.
<https://doi.org/10.3923/pjn.2008.444.449>
- Afuang W., Siddhuraju P., Becker K. (2003).** Comparative nutritional evaluation of raw, methanol extracted residues and methanol extracts of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves on *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research*, 34, 1147-1159.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00920.x>
- Ajeel, S.G. and Al-Faragi, J.K. (2013).** Effect of ginger, *Zingiber officinale* and garlic, *Allium sativum* to enhance health of common carp, *Cyprinus carpio*. *The Iraqi Journal of Veterinary Medicine*, 37, 59-62.
<https://doi.org/10.30539/iraqijvm.v37i1.332>
- An, L.V., (2004).** Sweet potato leaves for growing pigs. Biomass yield, digestion and nutritive value. Doctor's thesis, Swedish University of Agriculture Sciences, pp: 49.
- Baleta, F.N., Lin, Y-C., Chen, Y-Y., Chen, J-C. Yeh, S-T. Putra, D.F., Huang, C-L. (2013).** Efficacy of *Sargassum oligocystum* Extract on the Innate Immunity of White Shrimp *Li-*

topenaus vannamei and its resistance against *Vibrio alginolyticus*. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*, 40(4), 241-256.

Bedford, M. (2000). Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: implications and strategies to minimize subsequent problems. *Worlds Poultry Science Journal*, 56, 347-365.

<https://doi.org/10.1079/WPS20000024>

Citarasu, T. (2010). Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, 18, 403-414.

<https://doi.org/10.1007/s10499-009-9253-7>

Chakraborty, S.B., Hancz, C., (2011). Application of phytochemicals as immunostimulant, antipathogenic and antistress agents in finfish culture. *Reviews in Aquaculture* 3, 103-119.

<https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2011.01048.x>

De Silva, S., Anderson, T. (1995). *Fish Nutrition in Aquaculture*, first ed., Chapman and Hall, London.

Düğenci, S.K., Arda, N., Candan, A. (2003). Some medicinal plants as immunostimulant for fish. *Journal of Ethnopharmacology*, 88, 99-106.

[https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00182-X](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00182-X)

Ekenyem, B.U., Madubuike, F.N. (2006). An assessment of *Ipomoea asarifolia* leaf meal as feed ingredient in broiler chick production. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5, 46-50.

<https://doi.org/10.3923/pjn.2006.46.50>

Fazio, F., Marafioti, S., Torre, A., Sanfilippo, M., Panzera, M., Faggio, C. (2013). Haematological and serum protein profiles of *Mugil cephalus*: effect of two different habitats. *Ichthyological Research*, 60(1), 36-42.

<https://doi.org/10.1007/s10228-012-0303-1>

Fujiki, K., Matsuyama, H., Yano, T. (1992). Effect of hot-water extracts from marine algae on resistance of carp and yellowtail against bacterial infections. *Science Bulletin*, Faculty of Agriculture, Kyushu University, 47, 137-141.

Galina, J., Yin, G., Ardó, L., Jeney, Z. (2009). The use of immunostimulating herbs in fish. An overview of research. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35, 669-676.

<https://doi.org/10.1007/s10695-009-9304-z>

Ganzon-Naret, E.S. (2014). Utilization of *Moringa oleifera* leaf meals as plant protein sources at different inclusion levels in fish meal based diets fed to *Lates calcarifer*. *ABAH Bioflux* 6(2), 158-167.

Garg, C.K., Sahu, N.P., Shamna, N., Deo, A.D., Kumar, S., Maiti, M.K. (2019). Effect of dietary *Houttuynia cordata* leaf meal and leaf extract on the growth performance, nutrient utilization and expression of IGF-I gene in *Labeo rohita*. *Aquaculture Nutrition*, 1110.

<https://doi.org/10.1111/anu.12891>

Haghighi, M., Rohani, M.S. (2013). The effects of powdered ginger, *Zingiber officinale* on the haematological and immunological parameters of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Medicinal Plant and Herbal Therapy Research*, 1, 8-12.

Harikrishnan, R., Balasundaram, C., Heo, M.S. (2012). Effect of *Inonotus obliquus* enriched diet on hematology, immune response, and disease protection in kelp grouper, *Epinephelus bruneus* against *Vibrio harveyi*. *Aquaculture*, 344-349, 48-53.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.03.010>

Hevrøy, E., Espe, M., Waagbø, R., Sandnes, K., Ruud, M., Hemre, G.I. (2005). Nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. *Aquaculture Nutrition*, 11, 301-313.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2005.00357.x>

Hong, N.T.T., Wanapat, M., Wachirapakorn, C.K.P., Rowlinson, P. (2003). Effect of timing of initial cutting and subsequent cutting on yields and chemical compositions of cassava hay and its supplementation on lactating dairy cows. *Asian- Australian Journal of Animal Science*, 16, 1763-1769.

<https://doi.org/10.5713/ajas.2003.1763>

- Hou, W.Y., Chen, J.C., (2005). The immunostimulatory effect of the hot-water extract of *G. tenuistipitata* on the white shrimp *L. vannamei* and its resistance against *V. alginolyticus*. *Fish and Shellfish Immunology*, 19, 127-138.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.11.009>
- Ishida, H., H. Suzuno, N. Sugiyama, S. Imami, T. Tadokoro and A. Meakawa, (2000). Nutritive value on chemical components of leaves, stalks and stem of sweet potato (*Ipomoea batatas* Poir). *Food Chemistry*, 68, 359-367.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00206-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00206-X)
- Jafarian, H., T.G. Azari, A.A. Kamali, M. Soltani, R.M. Habibi, (2007). The use of probiotic *Bacillus* bioencapsulated with *Artemia urmiana* nauplii for the growth and survival in *Acipenser persicus* larvae. *Agriculture Science and Natural Resources*, 14, 77-87.
- Jain, M., Ganju, L., Katiyal, A., Padwad, Y., Mishra, K.P., Chanda, S. (2008). Effect of *Hippophae rhamnoides* leaf extract against Dengue virus infection in human blood-derived macrophages. *Phytomedication*, 15, 793-799.
<https://doi.org/10.1016/j.phymed.2008.04.017>
- Kaleeswaran, B., Ilavenil, S., Ravikumar, S., (2011). Growth response, feed conversion ratio and antiprotease activity of *Cynodon dactylon* (L.) mixed diet in *Catla catla*. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10, 511-517.
<https://doi.org/10.3923/javaa.2011.511.517>
- Labh, S.N., Shakya, S.R., Gupta, S.K., Kumar, N., Kayastha, B.L. (2017). Effects of lapsi fruits (*Choerospondias axillaris* Roxburgh, 1832) on immunity and survival of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) infected with *Aeromonas hydrophila*. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 5, 571-577.
- Li, P., Lewis, D.H., Galtin, D.M. (2004). Dietary oligonucleotides from yeast RNA influence immune responses and resistance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *Morone saxatilis*) to *Streptococcus iniae* infection. *Fish and Shellfish Immunology*, 16, 561-569.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2003.09.005>
- Noori, A., Nasir, Amar, Y., Jassim, A. (2013). Effect of different dietary proteins and fats on some biochemical blood parameters in common carp fingerlings (*Cyprinus carpio*) reared in floating cages. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, 4, 293-298.
- Nya, E., Austin, B. (2009). Use of dietary ginger, *Zingiber officinale* Roscoe, as an immunostimulant to control *Aeromonas hydrophila* infections in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Fish Diseases*, 32, 971-977.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2009.01101.x>
- Olmedo Sanchez, J.A., Curiel Flores, A., Orozco, J.R. (2009). The effect of a herbal growth promoter feed additive on shrimp performance. *Research Journal of Biological Sciences*, 4, 1022-1024.
- Pavaraj, M., Balasubramanian, V., Baskaran, S., Ramasamy, P. (2011). Development of immunity by extract of medicinal plant *Ocimum sanctum* on common carp *Cyprinus carpio* (L.). *Research Journal of Immunology*, 4, 12-18.
<https://doi.org/10.3923/rji.2011.12.18>
- Pratheepa, V., Sukumaran, N. (2014). Effect of *Euphorbia hirta* plant leaf extract on immunostimulant response of *Aeromonas hydrophila* infected *Cyprinus carpio*. *Peer Journal* 2, e671.
<https://doi.org/10.7717/peerj.671>
- Punitha, S.M.J., Babu, M.M., Sivaram, V., Shankar, V.S., Dhas, S.A., Mahesh, T.C., Immanuel, G., Citarasu, T., (2008). Immunostimulating influence of herbal biomedicines on non-specific immunity in Grouper *Epinephelus tauvina* juvenile against *Vibrio harveyi* infection. *Aquaculture International* 16, 511-523.
<https://doi.org/10.1007/s10499-007-9162-6>
- Putra, A., Santoso, U., Lee, M.-C., Nan, F.-H. (2013). Effects of dietary katuk leaf extract on growth performance, feeding behavior and water quality of grouper *Epinephelus coioides*. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 2, 17-25.

- Raa, J., Rorstad, G., Engstad, R.E., Robertson, B. (1992). The use of immunostimulants to increase resistance of aquatic organisms to microbial infections. In: Shariff, M., Subasinghe, R.P., Arthur, J.R. (Eds.), *Disease in Asian Aquaculture*. Proceedings of the First Symposium on Diseases in Asian Aquaculture. Asian Fisheries Society, Philippines, pp. 39-50. 1.
- Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., Sasal P. (2014). Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives. *Aquaculture*, 433, 50-61.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.048>
- Robertsen, B. (1999). Modulation of the non-specific defence of fish by structurally conserved microbial polymers. *Fish and Shellfish Immunology*, 9, 269-290.
<https://doi.org/10.1006/fsim.1998.0186>
- Shalaby, A.M., Khattab, Y.A., Abdel Rahman, A.M. (2006). Effects of garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Venomous Animal Toxins* 12, 172-201.
<https://doi.org/10.1590/S1678-91992006000200003>
- Sheikhlar, A., Alimon, A.R., Daud, H., Saad, C.R., Webster, C.D., Meng, G.Y. (2014). White mulberry (*Morus alba*) foliage methanolic extract can alleviate *Aeromonas hydrophila* infection in African Catfish (*Clarias gariepinus*). *The Scientific World Journal*, 2014, 592709.
<https://doi.org/10.1155/2014/592709>
- Takaoka, O., Ji, S.-C., Ishimaru, K., Lee, S.-W., Jeong, G.-S., Ito, J., Biswas, A., Takii, K. (2011). Effect of rotifer enrichment with herbal extracts on growth and resistance of red sea bream, *Pagrus major* (Temminck and Schlegel) larvae against *Vibrio anguillarum*: effect of medicinal herb on larval red sea bream. *Aquaculture Research*, 42, 1824-1829.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02783.x>
- Talpur, A.D., Ikhwanuddin, M. (2013). *Azadirachta indica* (neem) leaf dietary effects on the immunity response and disease resistance of Asian seabass, *Lates calcarifer* challenged with *Vibrio harveyi*. *Fish and Shellfish Immunology*, 34, 254-264.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.11.003>
- Talpur, A.D., Ikhwanuddin, M., Bolong, A-M.A. (2013). Nutritional effects of ginger, *Zingiber officinale* Roscoe on immune response of Asian sea bass, *Lates calcarifer* and disease resistance against *Vibrio harveyi*. *Aquaculture*, 400, 46-52.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.02.043>
- Tewary, A., Patra, B. (2011). Oral administration of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) acts as a growth promoter and immunomodulator in *Labeo rohita* (Ham.). *Journal of Aquaculture Research and Development*, 2, 1-7.
<https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000109>
- Vaseeharan, B., Thaya, R., (2013). Medicinal plant derivatives as immunostimulants: an alternative to chemotherapeutics and antibiotics in aquaculture. *Aquaculture International*, 22, 1079-1091.
<https://doi.org/10.1007/s10499-013-9729-3>
- Wu, Y.S., Chen, Y.Y., Ueng, P.S., Nan, F.H. (2016). Effects of medicinal herbs *Plantago asiatica*, *Houttuynia cordata* and *Mentha haplocalyx* on non-specific immune responses of cobia (*Rachycentron canadum*). *Fish and Shellfish Immunology*, 58, 406-414.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.09.043>
- Zhou, J., Huang, J., Song, X.L. (2003). Applications of immunostimulants in aquaculture. *Marine Fisheries Research*, 24, 70-79.



Biological control of invasive zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in a freshwater ecosystem through *Potamon ibericum*

Halit KUŞKU

Cite this article as:

Kuşku, H. (2022). Biological control of invasive zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in a freshwater ecosystem through *Potamon ibericum*.

Aquatic Research, 5(1), 11-19. <https://doi.org/10.3153/AR22002>

Canakkale Onsekiz Mart University,
Faculty of Marine Science and
Technology, Department of Marine
Technology Engineering, 17100 -
Canakkale, Turkey

ORCID IDs of the author(s):

H.K. 0000-0003-4109-2370

Submitted: 18.03.2021

Revision requested: 08.06.2021

Last revision received: 11.06.2021

Accepted: 14.06.2021

Published online: 04.11.2021

Correspondence:

Halit KUŞKU

E-mail: halit@comu.edu.tr



Available online at
<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

ABSTRACT

In the present study, possible effects of using *Potamon ibericum* for the prevention of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion in a freshwater ecosystem were investigated. In a recirculating aquaculture system (RAS) supplied with aerated freshwater, 3 individuals of *P. ibericum* were placed in each of 3 aquariums provided by 100 zebra mussels. Throughout the 90-day monitoring study, mussel consumption was visually counted and then new mussels were introduced daily to complete the number of mussels to hundred, repeatedly each day. Throughout the monitoring study, growth rates, number of mussels consumed, and the number of broken mussel shell pieces were determined. Daily consumption rate of mussels by each crab was recorded as 11.115, 11.104, and 11.107 mussel/crab in the 3 experimental groups, respectively. The consumption rate of mussels per crab was counted as 999.78 over the 90-days experiment. As a result, the findings of this study provide strong evidence that *P. ibericum* can be used for biological control to combat zebra mussel (*D. polymorpha*) invasion in a freshwater ecosystem.

Keywords: Biological control, *Dreissena polymorpha*, Economic value, Freshwater crab, Human consumption, *Potamon ibericum*

Introduction

Zebra mussel (*Dreissena polymorpha Pallas*) is one of the two types of freshwater shellfish distributed in Eastern Europe, North America and West Asia (Drake and Bossenbroek, 2004; Kinzelbach, 1992). Several investigations have been focused on the invasion and expansion of zebra mussels spread around the freshwaters in Europe over the last 150 years and even entering North America in 1988 (Sprung and Borcharding, 1991). Zebra mussels are dominantly spread in the lakes and reservoirs of Turkey (Demirsoy, 1998; DSI, 1969; Geldiay and Bilgin, 1973). It is well known that female mussels are prolific and each individual could produce millions of eggs during spawning period, and the population of zebra mussel drastically increased in the last decade in inland waters of Turkey (Albayrak et al., 2016; Gaygusuz et al., 2007; Odabasi et al., 2019).

There is a significant damage in terms of economic impacts via the invasion and expansion of zebra mussels in freshwater reservoirs with significant impacts on the biodiversity of the aquatic ecosystem due to its sessile growth features and high reproductive characteristics (Stanczykowska, 1977; Mackie et al., 1989). Zebra mussels are settling naturally on rocks in particular and concrete materials, iron, PVC and sheet metal surfaces of facilities set in freshwater reservoirs or even on aquatic plants. Mussels can form clusters on the silty and sandy bottom, as well as rough holding places (DSI, 2005). They form rather thick and dense layers and cause a narrowing of field they accumulate on. Even if only one zebra mussel enters an ecosystem, it is extremely difficult to control its development as the reproduction of zebra mussels is remarkably high. For instance, a zebra mussel can lay between 30 000 and 1 000 000 eggs per year, but only 2% -5% of these reach mature size, which can adhere to a suitable area within 2-3 weeks (Synder et al. 1992). Another problem of the invasive zebra mussel growth in freshwater dam lakes is the accumulation of mussels inside pipes and around valves that reduces flow velocity of water through pipes via limitation of the volume within the pipes. Moreover, massive mortalities of mussels in the long term may cause waterway pollution and filter occlusion and an increase in surface corrosion because of mussel infestation (Darrigran, 2002). It is almost impossible to eradicate the mussel once they become established in to the inland waters (Amberg et al., 2019). In Great Lakes region of the USA, the accumulation density of zebra mussel has increased from 200 adults to 700,000 adults per square meter in a year (Miller and Payne, 1992) and \$500 million was spent annually for the control of zebra mussel in that region. Besides, in Mississippi Valley (USA), it was reported

that the spread of zebra mussel increased 105 times in 2 years (Yager, 1994).

The primary reason for the problems is that the density and mass of mussels can reach very high levels. For example, densities of 30 000 - 100 000 pieces per square meter is 10 times higher than the total mass of all invertebrate bottom organisms. The economic losses caused by the zebra mussel in North America have been calculated as approximately 5 billion US dollars per year. For this reason, mussels expansion continue to be one of the most intensively researched interests (ZMIS, 2001).

To control the invasion of zebra mussels using chemicals, both physical and manual methods have been reported earlier (Singer et al., 1997). However chemical usage was not preferred due to their negative impacts on the environment and the manual collection of mussels requires huge workforce. Till now only a few studies indicated biological control methodology against zebra mussel. Singer et al. (1997) used *Bacillus* species against zebra mussel on their veliger stage.

In the present study, we investigated the potential use of zebra mussel as biological agent for the control of their expansion by introducing a predator crab *P. ibericum* into the freshwater ecosystem. The feeding behaviour and preferences of *P. ibericum* were also evaluated via visual and camera monitoring that might provide useful indications for possible culture efforts of *P. ibericum* in future investigations as well as farmers in the field.

Material and Methods

Ethical Statement

Regulations of Animal Behavior Society Guidelines have been followed throughout the experimental procedures of the present study, approved by the Ethical Committee of Canakkale Onsekiz Mart University via Ethical Commission Approval Number: 2021/03-04.

Sampling Area

In this study, zebra mussels were collected from Atikhisar Dam Lake, Canakkale – Turkey (Figure 1.), while the crabs were collected from Küçükmenderes River, Canakkale - Turkey (Figure 2.) with the permission of Turkish Ministry of Agriculture and Forestry under the approval statement of E-67852565-140.03.03-232544, Ankara – Turkey.



Figure 1. *Dreissena polymorpha*, natural habitat and sampling areas from Atikhisar Dam Lake, Canakkale-Turkey



Figure 2. *Potamon ibericum*, natural habitat and sampling areas from Küçükmenderes River, Canakkale-Turkey

Experimental Conditions and Set Up

The study was carried out in the research facilities of Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Science and Technology (Canakkale-Turkey). A recirculating aquaculture system (RAS) consisting of glass aquariums (70 x 40 x 40 cm) supported with well-aerated freshwater with a flow rate of 30.1 ± 0.4 L/min was used. A total of 9 predator crab (*Potamon ibericum*) (3 crab per tank) was randomly distributed into 3 glass aquariums in a triplicate design. Photoperiod followed a natural course throughout the monitoring study of 90 days.

Water quality parameters of temperature, dissolved oxygen, ammonia, nitrite, nitrate, and pH have been recorded bi-weekly using an automatic water quality measuring device (YSI brand), and resulted in 19.04 ± 1.21 °C, 7.2 ± 1.2 mg/L, 0.01 ± 0.001 mg/L NH₃, 0.023 ± 0.011 mg/L, 2.18 ± 0.17 mg/L, and 7.2, respectively.

The crab was fed with zebra mussel until satiation over the study course of 90 days, and live weight increase was determined via weighing in 30 day intervals (3 weighing in total). The number of consumed mussel was counted every 3 days. The weight of consumed mussels was determined by subtraction the number of remaining mussels the next day from the total of 100 that was introduced in each aquarium the previous day. This course of count for the remaining mussels was followed with 3 days of intervals over the course of 90-days study. At the end of the study, consumption rates of mussels and weight gain of crabs were recorded.

Statistical Analyses

Data presented in this study have been expressed as means \pm SD. After meeting homogeneity and normal distribution of data, Tukey Multiple Range Test was applied in order to evaluate growth performance. SPSS 19 (IBMM SPSS Statistics 19) Statistical Software was used. Critical limits of significance were set at $P < 0.05$.

Results and Discussion

Growth trend of *P. ibericum* given zebra mussels over the 90-days experimental period is summarized in Figure 3. It was observed and monitored that *P. ibericum* consumed *D. polymorpha* by breaking their shell. The average number of broken shells divided into pieces by *P. ibericum* is shown in Figure 4.

Result of the study showed no differences in growth performance of experimental groups at any sampling time, and each group consumed similar amounts of mussels. Weight gain and mussel consumption of the *P. ibericum* are given in Table 1.

P. ibericum consuming zebra mussels through breaking their shells is shown in Figure 5. Small pieces of shells of *D. polymorpha* broken by *P. ibericum* are shown in Figure 6.

The findings of the present study showed clear evidence that *P. ibericum* can be used as a biologic agent to fight for the biological control of *D. polymorpha*, and eradicate the expansion of zebra mussel in a freshwater ecosystem, that in terms may improve the biodiversity quality of the freshwater reservoirs as well as providing economic benefits through reducing expenses to combat with zebra mussel invasion, locally or worldwide.

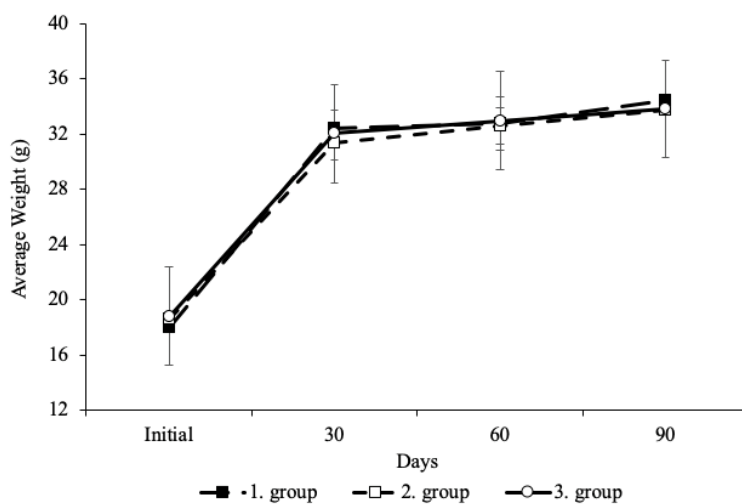


Figure 3. Growth performance of *Potamon ibericum* fed *Dreissena polymorpha*. Values are mean \pm SD of 3 *Potamon ibericum*; different superscript letters in a row indicate significant differences between groups ($P < 0.05$).

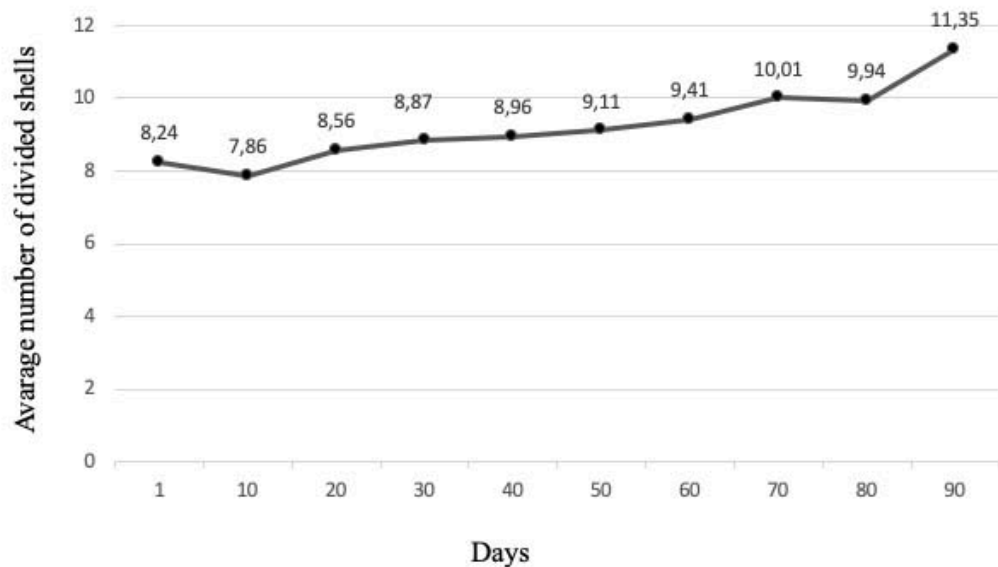


Figure 4. View of broken shells of *Dreissena polymorpha* divided into pieces by *Potamon ibericum* (Average number for 1 *D. polymorpha*). Values are in average counts

Table 1. Growth performance of *Potamon ibericum* fed on *Dreissena polymorpha* during 90 days.

Groups	WG (%)	SGR (%/days)	Mussel Consumption (counts)	
			CPC per crab	TC total
1	11.83±2.1	0.11±0.01	11,115	3001±1.8
2	10.76±1.94	0.11±0.01	11,104	2998±1.9
3	10.63±1.85	0.11±0.01	11,107	2999±1.2

CPC: mussel consumption per crab

TC: total consumption of mussels in experimental treatment group

WG (Weight gain, %) = ((final weight - initial weight) / initial weight) x 100

SGR (Specific growth rate, %/day) = ((ln final weight - ln initial weight) / days) x 10

P. ibericum consuming zebra mussels through breaking their shells is shown in Figure 5. *Small pieces of shells of D. polymorpha* broken by *P. ibericum* are shown in Figure 6.

The findings of the present study showed clear evidence that *P. ibericum* can be used as a biologic agent to fight for the biological control of *D. polymorpha*, and eradicate the expansion of zebra mussel in a freshwater ecosystem, that in terms

may improve the biodiversity quality of the freshwater reservoirs as well as providing economic benefits through reducing expenses to combat with zebra mussel invasion, locally or worldwide.

Several studies have been made for the control of *D. polymorpha* expansion in freshwater reservoirs (Singer et al., 1997). Different than earlier works, the present study focused on the potential use of *P. ibericum* to combat zebra mussel

expansion, and furthermore our findings provide useful information for feeding habit and growth performance of *P. ibericum* fed by *D. polymorpha*, novel information for crab culture and future investigations. Different than the present study, Singer et al. (1997) used Gramicidin S and D, and strains of Bacillus (*B. alvei*, *B. brevis*, *B. circulans*, *B. laterosporus*) for biological control of the *D. polymorpha*. The mussel is sensitive against the antibiotics Gramicidin S, Gramicidin D and some Bacillus strains in different life stages as well. On the mussel veliger stages, this agent was notably effective. However, using this type of the antibiotics

in a natural reservoir might be hazardous in long term applications. In contrast, the use of *P. ibericum* in the biological combat against *D. polymorpha*, however is an environment-friendly approach even in long term with no hazardous influences on the aquatic ecosystem. Special care is advised to consider the biological diversity of the fresh water reservoir when introducing crab, since site specific impacts can be encountered in special locations. However, the availability and distribution of *P. ibericum* in the near-by vicinity could be a good sign and indication for a rather harmless introduction of these crabs into the selected target pitch.



Figure 5. *Potamon ibericum* feeding on zebra mussel *Dreissena polymorpha*

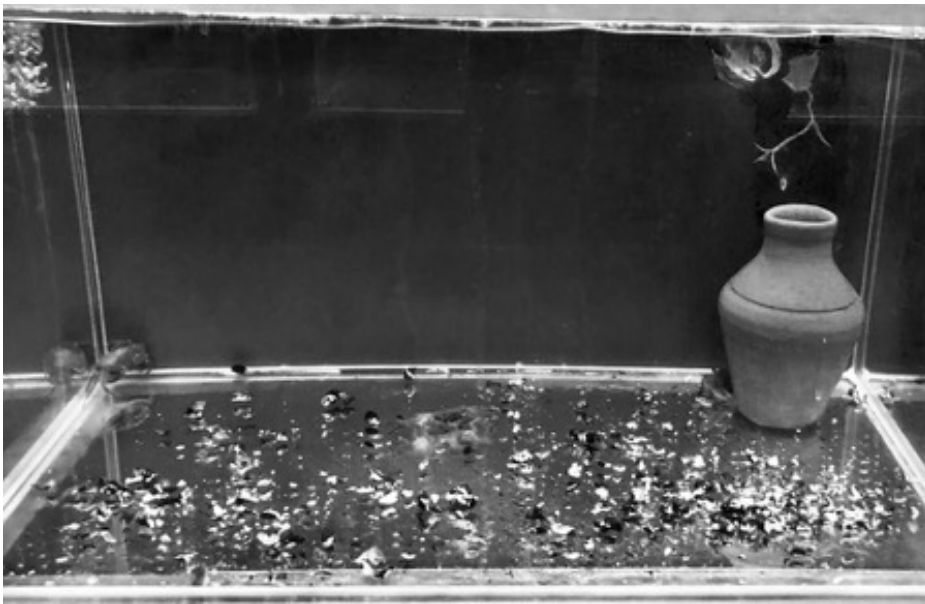


Figure 6. Consumed *Dreissena polymorpha* at the end of the day-3 with shells shredded in the containment.

Considering the solution methods of zebra mussels' damages, several methods have been reported, namely, cleaning by high pressure water spraying, application of low frequency electromagnetism, heat applications, high flow rate, the use of repellent building materials, biological control agents, mechanical cleaning, the use of chemicals and various dyes are some methods that could be applied (Sprecher and Getsinger 2000; Bobat et al., 2004; Aksu and Yıldız, 2017). Earlier reports underlined that all mussel larvae are retained with a 40 µm filter application (DSİ, 2012).

It was detected that application of 8-methyl-Nvanillyl-trans-6-nonenamide, N-vanillynonanamide, and N-benzoylmonoethanolamine benzoate had an antifouling effect of up to 90% for Zebra mussels (Angarano et al., 2007). Furthermore, it was reported that encapsulated biocide-loaded particles led to death of more than 90% of Zebra mussels (Costa et al., 2011). Similarly, application of potassium chloride, poly-DADMAC, niclosamide ethanolamine salt and 2- (thiocyanomethylthio) benzothiazole (TCMTB) showed 60% -90% molluscicid effect in Zebra mussels (Costa et al., 2011; Costa et al., 2012). Waller and Bartsch (2018) applied carbon dioxide as a pressure-free infusion of 1000-3000 µatm PCO₂ to get zebra mussels under control, and reported that 100% mortality was achieved after 96 hours. In a recent study, steam and flame applications carried out for the control of zebra mussels achieved 100% mussel death (Coughlan et al., 2020). However, there is still remarkable concern and question mark for the technical, economic or environmental applicability of these above-mentioned methods. These earlier investigated methods are still not in application so far, besides in small locations for testing.

Conclusion

Inland water crabs are ecologically significant in global scale (Dobson et al., 2007). Not only in terms of their ecological importance but also in terms of medicinal usage (Rinaudo, 2006), in addition, as a potential food source also, crabs are very critical (Padghane et al., 2016). The study results indicated that crabs could consume the mussel which is very hazardous for the environment, and at the same time increasing growth performance of crabs, which resulted positively in two ways; namely (a) crabs could consume huge numbers of mussels and prevent mussel expansion in the freshwater environment, (b) crab could be harvested from the freshwater habitat where they have been introduced to consume the mussels and thereafter be used as medicinal compounds and human consumption as a food source.

Based on our knowledge so far, there is no any study on the biological control of *D. polymorpha* by using *P. ibericum* as

a biological agent. This is the first attempt for an environment-friendly biological control method for the combat against *D. polymorpha*, an invasive species threatening freshwater reservoirs all around the world. In conclusion the findings of this study provide significant evidence for the successful use of *P. ibericum* to fight against invasion and eradicate the expansion of Zebra mussel *D. polymorpha* in freshwaters around the world. Further, the harvest of crabs fed and enriched with zebra mussels in freshwater reservoirs, may provide a good source high quality food for the increasing world population. Thus, the nutritional value of *P. ibericum* as a potential for human consumption is encouraged to be evaluated in future investigations.

Compliance with Ethical Standard

Conflict of interests: The authors declare that for this article they have no actual, potential or perceived conflict of interests.

Ethics committee approval: Canakkale Onsekiz Mart University Ethical Commission Approval Number: 2021/03-04.

Funding disclosure: -

Acknowledgments: Prof. Dr. Sedat MURAT, President of Canakkale Onsekiz Mart University (COMU) is gratefully acknowledged for his special interest and continuous support to Marine Research activities at COMU. Many thanks to the Faculty of Marine Science and Technology for the support of experimental facilities. Prof.Dr. Murat YIGIT, Prof.Dr. Sebahattin ERGÜN and Assoc.Prof.Dr. Sevdan YILMAZ, who made it possible to conduct and succeed this study with their valuable support and advises throughout the course of this work, is deeply acknowledged.

Disclosure: -

References

Aksu, Ö., Yabanli, M., Can, E., Kutluyer, F., Kehayias, G., Can, Ş.S., Demir, V. (2012). Comparison of heavy metals bioaccumulation by *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) and *Unio elongatulus eucirrus* (Bourguignat, 1860) from Keban Dam Lake, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(7 A), 1942-1947.

Aksu, S., Yıldız, D. (2017). Dünyada ve Türkiye'de HES'lerde ve Su İletim Sistemlerindeki Zebra Midye Sorunu. *World Water Diplomacy & Science News*, 1-4.

Amberg, J.J., Merkes, C.M., Stott, W., Rees, C.B., Erickson, R.A. (2019). Environmental DNA as a tool to help inform zebra mussel, *Dreissena polymorpha*,

management in inland lakes. *Management of Biological Invasions*, 10(1), 96.

<https://doi.org/10.3391/mbi.2019.10.1.06>

Angarano M., McMahon R.F., Hawkins D.L., Schetz J.A. (2007). Exploration of structure-antifouling relationships of capsaicin-like compounds that inhibit zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) macrofouling, *Biofouling*, 23:5, 295-305.

<https://doi.org/10.1080/08927010701371439>

Bobat, A., Hengirmen, M.O., Zapletal, W. (2004). Zebra mussel and fouling problems in the Euphrates Basin. *Turkish Journal of Zoology*, 28(2), 161-177.

Costa, R., Aldridge, D.C., Moggridge, G.D. (2011). Preparation and evaluation of biocide-loaded particles to control the biofouling zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. *Chemical Engineering Research and Design*, 89(11), 2322-2329.

<https://doi.org/10.1016/j.cherd.2011.02.027>

Costa, R., Aldridge, D.C., Moggridge, G.D. (2012). Multicomponent molluscicide mixtures for zebra mussel control. *Journal of Great Lakes Research*, 38(2), 317-325.

<https://doi.org/10.1016/j.jglr.2012.03.010>

Coughlan, N.E., Cunningham, E.M., Potts, S., McSweeney, D., Healey, E., Dick, J.T., Cuthbert, R.N. (2020). Steam and Flame Applications as Novel Methods of Population Control for Invasive Asian Clam (*Corbicula fluminea*) and Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*). *Environmental Management*, 66(4), 654-663.

<https://doi.org/10.1007/s00267-020-01325-1>

Darrigran, G. (2002). Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological invasions*, 4(1-2), 145-156.

<https://doi.org/10.1023/A:1020521811416>

Demirsoy, A. (1998). *Yasamın Temel Kuralları (Böcekler dışında omurgasızlar)*. Cilt 2. Kısım I. Metaksan A.S.. Ankara. 1210 s.

Dobson, M., Magana, A.M., Lancaster, J., Mathooko, J.M. (2007). Aseasonality in the abundance and life history of an ecologically dominant freshwater crab in the Rift Valley, Kenya. *Freshwater Biology*, 52(2), 215-225.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01648.x>

Drake, J.M., Bossenbroek, J.M. (2004). The potential distribution of zebra mussels in the United States. *BioScience*, 10, 931-941.

[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0931:TPDOZM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0931:TPDOZM]2.0.CO;2)

DSİ (Devlet Su İşleri) (1969). Kovada II. Hidroelektrik santralında midye sorunu ve su mecralarının midye üremesinden ve korozyondan korunmasıyla ilgili olarak yapılan elektroşimik tecrübelerin neticeleri. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara.

DSİ (Devlet Su İşleri) (2005). Hidroelektrik santrallarda sorun yaratan zebra midye araştırmaları raporu. DSİ Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı. Ankara, Türkiye.

<https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuIcerik/767/1115/DosyaGaleri/hidroelektrik-santrallarda-sorun-yaratan-zebra-mi-dye-araştırmaları.pdf> (accessed 20.01.2020)

DSİ (Devlet Su İşleri) (2012). Zebra midye ile mücadelede filtrasyon ve boya denemeleri sonuç raporu. T.c Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara, Türkiye.

<https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuIcerik/767/1115/DosyaGaleri/zebra-midye-ile-mucadelede-filtrasyon-ve-boya-denemeleri.pdf> (accessed 14.01.2020)

Gaygusuz, O., Gaygusuz, Ç.G., Tarkan, A.S., Acipinar, H., Turer, Z. (2007). Preference of zebra mussel, *Dreissena polymorpha* in the diet and effect on growth of Gobiids: a comparative study between two different ecosystems. *Ekoloji*, 17(65), 1-6.

<https://doi.org/10.5053/ekoloji.2007.651>

Geldiay, R., Bilgin, F.H. (1973). Batı Anadolu'da bazı tatlısularda yaşayan *Dreissena polymorpha* (Pallas)

“Bivalv” üzerine bir araştırma, *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi İlmî Raporlar Serisi*, 158, 10.

Kinzelbach, R. (1992). The zebra mussel *Dreissena polymorpha*, ecology, biological monitoring and first application in water quality management (5-17). Stuttgart, Germany: Gustav Fisher Press. Recprd no 20067203537

Mackie, E.J., Chiquet-Ehrismann, R., Pearson, C.A., Inaguma, Y., Taya, K., Kawarada, Y., Sakakura, T. (1989). Tenascin is a stromal marker for epithelial malignancy in the mammary gland. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 84, 4621-4625. <https://doi.org/10.1073/pnas.84.13.4621>

Miller, A.C., Payne, B.S. (1992). Zebra Mussels: Biology, Ecology, and Recommended Control Strategies, Technical Note, ZMR-1-01, U.S. Army Corps of Engineers Program. <https://erdc-library.erd.dren.mil/jspui/bitstream/11681/4192/1/TN-ZMR-1-01.pdf> (accessed 01.03.2021)

Odabasi, S., Odabasi, D.A., Acar, S. (2019). New species of freshwater molluscs from Gökçeada (northeastern Aegean Sea), Turkey (Gastropoda: Hydrobiidae, Bythinellidae). *Archiv für Molluskenkunde International Journal of Malacology*, 148(2), 185-195. <https://doi.org/10.1127/arch.moll/148/185-195>

Padghane, S., Chavan, S., Dudhmal, D. (2016). Fresh water crab *Barytelphusa cunicularis* as a food commodity: Weekly crab market study of Nanded city, Maharashtra, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(4), 14-18.

Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: properties and applications. *Progress in polymer science*, 31(7), 603-632. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001>

Singer, S., Van Fleet, A., Viel, J., Genevese, E. (1997). Biological control of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* and the snail *Biomphalaria glabrata*, using Gramicidin S and D and molluscicidal strains of

Bacillus. *Journal of industrial microbiology and biotechnology*, 18(4), 226-231. <https://doi.org/10.1038/sj.jim.2900371>

Sprecher, S.L., Getsinger, K.D. (2000). Zebra mussel chemical control guide, ERDC/EL TR-00-1, U.S. Zebra Mussel Research Program, Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA375208.pdf> (accessed 01.02.2020)

Sprung, M., Borcharding, J. (1991). Physiology and morphometric changes in *Dreissena polymorpha* (Mollusca; Bivalvia) during a starvation period. *Malacologia* 33, 179-191.

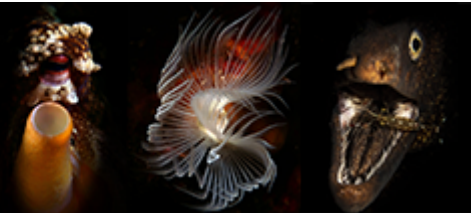
Stanczykowska, A. (1977). Ecology of *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia) in lakes. *Polish Archives of Hydrobiology*, 24, 461-530.

Snyder, L.F., Garton, W.D., Brainard, M. (1992). Mussels in the Great Lakes: The Invasion and Its Implications, published by the Ohio Sea Grant College Program. Zebra Mussels Threaten Inland Waters: An Overview. Minesota Sea Grant. Retrieved from http://www.seagrant.umn.edu/ais/zebramussels_threaten (accessed 01.10.2020)

Waller, D.L., Bartsch, M.R. (2018). Use of carbon dioxide in zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) control and safety to a native freshwater mussel (Fatmucket, *Lampsilis siliquoidea*). *Management of Biological Invasions*, 9(4), 439-450. <https://doi.org/10.3391/mbi.2018.9.4.07>

Yager, T. (1994). Zebra Mussels at Lock and Dam 6, Upper Mississippi River, January 1994, Technical Note, ZMR-1-23, Zebra Mussel Research Program, U.S. Army Corps of Engineers.

ZMIS (Zebra Mussel Information System) (2001). Zebra Mussel Information System. U.S. Army Engineer Research and Development Center (ERDC), Waterways Experiment Station. <https://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?speciesID=5> (accessed 01.03.2021)



Toxicity of environmentally important micropollutants on three trophic levels

Hilal YILMAZ¹, Gülsen AVAZ², Ülkü YETİŞ³, Melek ÖZKAN¹

Cite this article as:

Yılmaz, H., AVAZ, G., YETİŞ, Ü., ÖZKAN, M. (2022). Toxicity of environmentally important micropollutants on three trophic levels.

Aquatic Research, 5(1), 20-28. <https://doi.org/10.3153/AR22003>

¹ Gebze Technical University,
Environmental Engineering Department,
41400 Kocaeli Turkey

² TUBITAK Marmara Research Center,
Institute of Environment and Cleaner
Production. 41400 Kocaeli Turkey

³ Middle East Technical University,
Environmental Engineering Department,
06531 Ankara Turkey

ORCID IDs of the author(s):

H.Y. 0000-0002-5782-0283

G.A. 0000-0003-2703-7877

Ü.Y. 0000-0001-7322-0563

M.Ö. 0000-0001-9017-5389

Submitted: 27.01.2021

Revision requested: 11.06.2021

Last revision received: 18.06.2021

Accepted: 11.07.2021

Published online: 14.12.2021

Correspondence:

Melek ÖZKAN

E-mail: mozkan@gtu.edu.tr



ABSTRACT

Micropollution is a serious environmental problem caused by continuous entry of trace quantities of toxic chemical substances into the aquatic environment. In the present study, three trophic levels of the aquatic ecosystems were used to evaluate the acute toxicities of environmentally important micropollutants including heavy metals, pesticides and drugs. There is a scarcity of information on toxicity of the studied substances on marine water algae. Among studied micropollutants, the most toxic chemical to *Daphnia magna* and *Danio rerio* was found to be 1-Chloro-2,4 dinitrobenzene with EC50 of 0.002 and 4.2 mg/L, respectively. Although this compound was also toxic to marine algae, *Phaeodactylum tricornutum*, arsenic showed the highest toxicity to the algae with EC50 of 2.4 mg/L. As compared to other organisms, *D. magna* was found to have higher sensitivity to all of the tested micropollutants.

Keywords: Aquatic toxicity, Acute toxicity, Micropollutants

Introduction

Micropollution is an important environmental problem characterized by entry of a wide variety of chemicals into the receiving environments at trace concentrations (ng/L to µg/L). Thanks to the recent technological progress in chemical analysis, it is not hard to detect their presence in water (Metz & Ingold 2014; Hollender et al. 2007; Schwarzenbach et al. 2006). Continuous input of non-biodegradable, persistent and bioaccumulative micropollutants in receiving waters is an important problem threatening aquatic ecosystem. In spite of their hardly detectable low concentrations in receiving water bodies, most of them raise considerable toxicological concerns (Schwarzenbach et al. 2006). They cause serious pollution issues like poisoning of fish and other aquatic organisms and disturbances in aquatic environment (Shao et al. 2019). Triclosan which is a widely used biocide can be given as an example to this category. It is frequently detected in different water environments including streams and seawater at concentration ranging from 0.001 to 40.000 ng/L (SCCS, 2010). This bioaccumulative and persistent chemical has potential negative impacts on human and animal health, it is also highly toxic to green algae, which is an organism having remarkable impact on the balance of the ecosystem (Dhillon et al 2015; Tatarazako et al. 2004). Growth deformities, immunodeficiency, neurobehavioral deficiency and cancer can be listed as important side effects of persistent micropollutants due to bioaccumulation via food chain (Yan et al. 2018). The feminization of male fish is one of the most striking effect caused by discharge of estrogen containing wastewaters to receiving environments. Being an endocrine disrupting compound it gives harm to the reproductive performance of fish, which leads to disturbances in their population development (Harris et al. 2011).

Global production of anthropogenic chemicals is reported to increase from 1 to 400 million tons per year in the last century (Gavrilescu et al. 2015). It is reported that approximately 280 different micropollutants have been detected in greywater (Etchepare & Van der Hoek 2015). The source of these compounds reaching receiving environments are mostly human activities such as agriculture, drug and cosmetic industry. Conventional wastewater treatment is reported to be not very effective for removal of micropollutants such as pesticides, industrial chemicals or pharmaceutical products (Wilhelm et al. 2018; Falås et al. 2016; Margot et al. 2015). Because of insufficient treatment, large quantities of micropollutants are dumped into the water environments. It is essential to understand the impact of micropollutants on marine ecosystem and improve treatment technologies for their depollution (Villette et al. 2019).

Study of the toxic effect of environmentally important micropollutants on different aquatic organisms reveals how hazardous they are to the environment and increases knowledge on interactions between test organisms and the chemical substance. Microalgae with their high surface-to-volume ratio can show immediate response to toxic pollutants. Inhibition or enhancement of their growth due to the presence of contaminants provide valuable information about the possible effects of contaminants on the marine-coastal ecosystem. One of the most common standard test organism is the marine diatom *Phaeodactylum tricornerutum*, which is also an important food source for zooplankton and other filter feeding organisms. It is one of the few salt water phytoplanktonic model for toxicity standard tests (Libralato et al. 2016; Wang & Zheng 2008). Microalgae, water fleas and zebrafish represent an aquatic food chain as primary producer, primary consumer and secondary consumer, respectively. Being inexpensive, small and easy to care for in large numbers zebrafish is preferred for determination of the water quality and toxic effects of contaminants (Lele & Krone 1996). It is reported that 70% of human genes coding for proteins are consistent with zebrafish, and 84% of these genes are found to be associated with human diseases. Thus, toxicology test results obtained on zebrafish, which is a vertebrate model, can give idea about the effect of toxicants on human health ((Howe et al. 2013; Qian et al. 2018).

In this study, acute toxicity tests for 13 micropollutants including heavy metals, pesticides and drugs were investigated on marine algae, water flea and zebrafish. Among these compounds, polychlorinated biphenyls has great concern. 2,4-DCP, a widely used chlorinated phenolic compound for synthesis of agricultural biocides and pharmaceuticals, are a major source of worry for both human and ecological health (Zhang et al. 2018). Heavy metals studied are vanadium, titanium, arsenic and antimony. The chemicals and the potential sectors discharging these micropollutants were listed in Table 1. The micropollutants selected are widely used in our country and have scarce acute toxicity data in literature on marine algae. The other criteria for selection is their logK_{ow} value lower than 3 which results in increased solubility in water. Previously, the Annual Mean Environmental Quality Standards (µg/L) of these micropollutants were determined in a Project on detection of dangerous micropollutants for Turkey coastal and transitional waters. Their bioavailability, annual quantity of usage in the country (import or production) and ecotoxicity were among the important criteria for EQS determination (Tübitak 2017). The extremely hazardous chemical tested in this study with annual mean EQS value of 0.05 µg/L is Azinphos-methyl, which is an organophosphate pesticide.

EQS values of n-Butyltin Trichloride, Triadimenol and Vanadium are also low so they are regarded to be dangerous with their low mean annual EQS values (1-2 µg/L).

Material and Methods

Test Compounds

All the chemicals listed in Table 1 were supplied by Sigma Aldrich. Stock solutions of the micropollutants were prepared in distilled water. EC50 values for each chemical was determined for five different concentrations diluted from their stock solutions.

Toxicity Tests

Water fleas (*Daphnia magna*): Water fleas were cultured in a 2 L beaker containing 1 L of distilled water and fed with *Chlorella vulgaris*. The photoperiod was applied as 16 h L and 8 h D, and the temperature was 20 °C (Bernot et al. 2005). This culture was used for inoculation 100 mL of test solution containing toxic chemical of interest. All experiments were initiated with 24 h old organisms. The animals were not fed during the tests. The test solutions containing required amount of toxic chemicals were prepared by making dilutions from stock solutions in appropriate concentration range. For each concentration, 100 ml of test solutions was prepared in

two beakers and 10 *Daphnia magna* were placed into each beaker and monitored for 96 hours. The measured toxic effect was death of organisms recognized as immobilization for 15 s after stimulation by a bright light.

Marine algae (*Phaeodactylum tricornutum*): Microalgae are cultured in vessels containing only nutrient medium (as controls) and nutrient medium to which the test micropollutant is added. The algae cells was cultured in F/2 medium which contains 75g/L NaNO₃, 5.65g/L NaH₂PO₄.2H₂O, 12.9g/L Na₂SiO₃.5H₂O, 0.005g/L CuSO₄.5H₂O, 0.011g/L ZnSO₄.7H₂O, 0.005g/L CoCl₂.6H₂O, 0.090g/L MnCl₂.4H₂O, 0.909g/L FeCl₃.6H₂O (Guillard 1975). Appropriate volumes of nutrient medium were placed in flasks and algae were then introduced into the flasks and standardized light and temperature conditions are provided. Algae cultivation is carried out with an initial cell density of 10⁶ cells/mL and the experiment is continued for 96 hours. Algae cells at the logarithmic phase are used for toxicity tests. Experiments were performed in a light-dark cycle for 12 hours with 2000-3000 lx illumination, at 21 ± 2 °C, pH 7.1 for 12 hours. Data of algae growth during the test are obtained in each day for 96 hours (Sun et al. 2016). The results of the test are calculated as % effect, based on final versus initial population density.

Table 1. Micropollutants studied and their source of pollution

Micropollutant Cas No	Industrial usage
1-Chloro-2,4 dinitrobenzene 97-00-7	Detecting and determining nicotinamide adenine dinucleotide (NAD), refrigerant in air conditioning systems, main toxin in pesticide and herbicide products (Santos <i>et al.</i> , 2021)
Azinphos-methyl 86-50-0	Pesticide, agro-chemical product (Zhang <i>et al.</i> , 2019)
2-Amino-4-chlorophenol 95-85-2	Industrial gases, chemical fertilizers, nitrogen compounds, paints and varnishes (NCBI,2021)
Sulfamethoxazole 723-46-6	Applied as a bacteriostatic drug (Dirany <i>et al.</i> , 2011)
n-Butyltin Trichloride 1118-46-3	Plastic raw materials manufacture, processing and coating of metals (NCBI,2021)
3-Chlorophenol 108-43-0	Tire treading and reprocessing (Wang <i>et al.</i> , 2011)
2,4-Dichlorophenol 120-83-2	Pesticides, herbicides, and bactericides (Zhou, <i>et al.</i> , 2020)
Triadimenol 55219-65-3	Agricultural fungicide (Li <i>et al.</i> , 2014)
Arsenic 7440-38-2	Manufacture of pesticides and other agro-chemical products, construction of ships and floating structures (NCBI,2021)
Vanadium 7440-62-2	Manufacture of industrial gases, chemical fertilizers, nitrogen compounds, paints, plastic raw materials and steel alloys, battery and superconducting materials (NCBI,2021)
Titanium 7440-32-6	Manufacture of plastic bag, bag, sachet, sack, box, carboy, bottle and reel (NCBI,2021)
Antimony 7440-36-0	Flame-retardants, rubber vulcanization, plastic stabilization, white pigment, textile finish, glass manufacture, ceramic enamels (Paoletti <i>et al.</i> , 2001)
Iron 7439-89-6	Manufacture of basic iron and steel products and ferroalloys, chemical fertilizers and nitrogen compounds (NCBI, 2021)

Zebrafish (*Danio rerio*): Aerated tap water was used for the preparation of serial concentrations of the chemicals to be tested for toxicity and for the pond containing the *Danio rerio*. In the experiment, ten *Danio rerio* were placed in a 2 L glass beaker containing 1 L of solution and the fish were monitored for 96 hours after the addition of chemicals. The number of dead fish was recorded every 24 hours (Sun et al. 2016).

Calculation of %Effect for Micropollutants

% effect vs chemical concentration graphics for all the chemicals on three different organisms were given in Supplementary file. % Effect values are calculated by using following equation

$$\%Effect = \frac{\# \text{ of death organisms in test}}{\# \text{ of alive organisms in control}} \times 100$$

Results and Discussion

In the present study, three trophic levels of the ecosystems including producers (*P. tricornutum*), primary and secondary consumers (*D. magna* and *D. rerio*), were used to evaluate the toxicities of environmentally important micropollutants listed in Table 1. Micropollutants which has rare or no toxicity test results on marine algae were selected for determination of their toxicity. Benthic microalgae play a key role in biogeochemical cycles and are important for the control of marine resources. Marine organisms living in estuarine and coastal sediments will be the first targets of toxic pollutants. They are exposed to a number of natural and synthetic pollutants, including trace metals, pesticides, various PAHs, biocides, and other pollutants coming from plastic or cosmetic industry (Tato & Beiras 2019). The toxicity of micropollutants such as PAHs and metals on marine organisms has been widely investigated (Brown et al. 2004; Company et al. 2004; Singh et al. 2004; Morlon et al. 2005). However, only a few compounds are subject to legal regulations (Rogowska et al. 2020) and unfortunately large number of contaminants are still discharged into the nearest river or sea without removal from wastewater. Toxic contaminants including most of the micropollutants threat survival of aquatic organisms and disturb marine ecosystem. Drastic changes in the ecosystem may result in difficult-to-reverse circumstances. For example, effect of micropollutants on microbial loop functioning is reported to a cause of mucilage problem in Mediterranean Sea (Danovaro et al. 2009). To protect marine life, determining the pollutants with high toxicity and characterizing the ecological risk to aquatic organisms is critical. Although prediction tools using quantitative structure activity relationship (QSAR) models such as Ecological Structure Activity Relationships (ECOSAR) can also be applied for risk assesment

studies (Li et al. 2021), data based on ecotoxicological tests is primarily preferred.

Being dominant in most marine ecosystem, the diatom *P. tricornutum* appears as a good model to study the interactions between toxic contaminants and marine ecosystem (Poirier et al. 2018). Phytoplanktons (microalgae) are the primary producers at the base of the aquatic food chain, so that they are the first targets to be affected by pollution (Satoh et al. 2005). Algae are ecologically important organisms and generally sensitive to test substances. Also algal tests are rapid and cost effective (Arensberg et al. 1995).

Table 2 presents 96h acute toxicity test results for 13 micropollutants on three trophic level. EC50 and LC50 values were obtained by measuring the effect of at least five concentrations of the chemical on the test organisms. Graphics for determination of EC50 and LC50 values can be found in the Supplementary file. Figure 1 shows %effect graphics for the most toxic chemical for each individual test organism. Toxicity experiments on three trophic level revealed that *D. magna* is the most sensitive organism to all of the tested micropollutants except 2,4-Dichlorophenol (Table 2). This substance together with 1-Chloro-2,4 dinitrobenzene showed their highest toxicity to zebrafish (Figure 1 C). 1-Chloro-2,4 dinitrobenzene, an intermediate solvent used in many sectors, was shown to be highly toxic to all organisms but it was found to be toxic to *D. magna* the most (Figure 1 A). In a previous study, 48h EC50 of 1-Chloro-2,4 dinitrobenzene was reported to be 0.8 mg/L for *Chlorella pyrenoidosa*, a freshwater green algae (Maas-Diepeveen & Leeuwen 1986) and 0.49 mg/L for *D. magna* (Dierickx & Vanderwielen 1986). In our study, EC50 for *D. magna* was found to be 0.002 mg/L, much more lower than previous studies. Toxicity of other chlorinated compounds, 2,4-Dichlorophenol and 3-Chlorophenol, were not as high as 1-Chloro-2,4 dinitrobenzene for *D. magna*, however, all the chlorinated compounds including these two were shown to be highly toxic to zebrafish. Toxicity of a chemical substance may differ with respect to the test organism due to the difference in their cell structure and function, and level of organization. Vertebrates possess enzymatic and non-enzymatic antioxidant systems as defense against oxidative stress (Fontagné-Dicharry et al. 2017). There is not much toxicology data for 1-Chloro-2,4 dinitrobenzene for zebrafish in the literature. Some material safety data sheets report LC50 as 0.32 mg/L for zebrafish, however we have obtained 96h LC50 as 4.2 mg/L for this organism. There is a detailed acute toxicity data for 2,4 dichlorophenol (Moermond & Heugens 2009) in which LC50 value was given as 3.9 mg/L for zebrafish for 96h (Guillard 1975). We obtained similar EC50 value for 2,4 dichlorophenol for zebrafish. The pesticide, Azinphos-methyl, which is accepted

as extremely hazardous was found to be highly toxic to *D. magna* with EC50 of 6 µg/L but its toxicity to marine algae is not higher than heavy metals. In the present study *D. magna*

was found to be sensitive to micropollutants more than marine algae.

Table 2. Half-maximal effective concentrations of micropollutants on three trophic levels

Micropollutant	<i>Daphnia magna</i> EC50 (96 h) (mg/L)	<i>P. tricornutum</i> EC50 (96 h) (mg/L)	<i>Danio rerio</i> LC50 (96h) (mg/L)
2,4-Dichlorophenol	<u>17.7</u>	16.7	4.2
3-Chlorophenol	12.3	25.5	34.1
n-Butyltin Trichloride	5.8	7.9	65.6
Iron	4.0	53.7	<u>335.6</u>
Sulfamethoxazole	2.2	<u>114.7</u>	235.5
Triadimenol	1.3	5.4	135.3
Antimony	0.08	4.9	103.5
Titanium	0.055	3.7	118.4
Vanadium	0.050	6.2	124.2
2-Amino-4-chlorophenol	0.023	65.2	5.5
Arsenic	0.023	2.4	21.9
Azinphos-methyl	0.006	8.6	11.7
1-Chloro-2,4 dinitrobenzene	0.002	5.2	4.2

Underlined values are the highest, bold ones are the lowest toxic concentrations for a species. Half maximal effective concentration for each chemical were calculated from the equations obtained from %effect vs concentration graphics (Supplementary file)

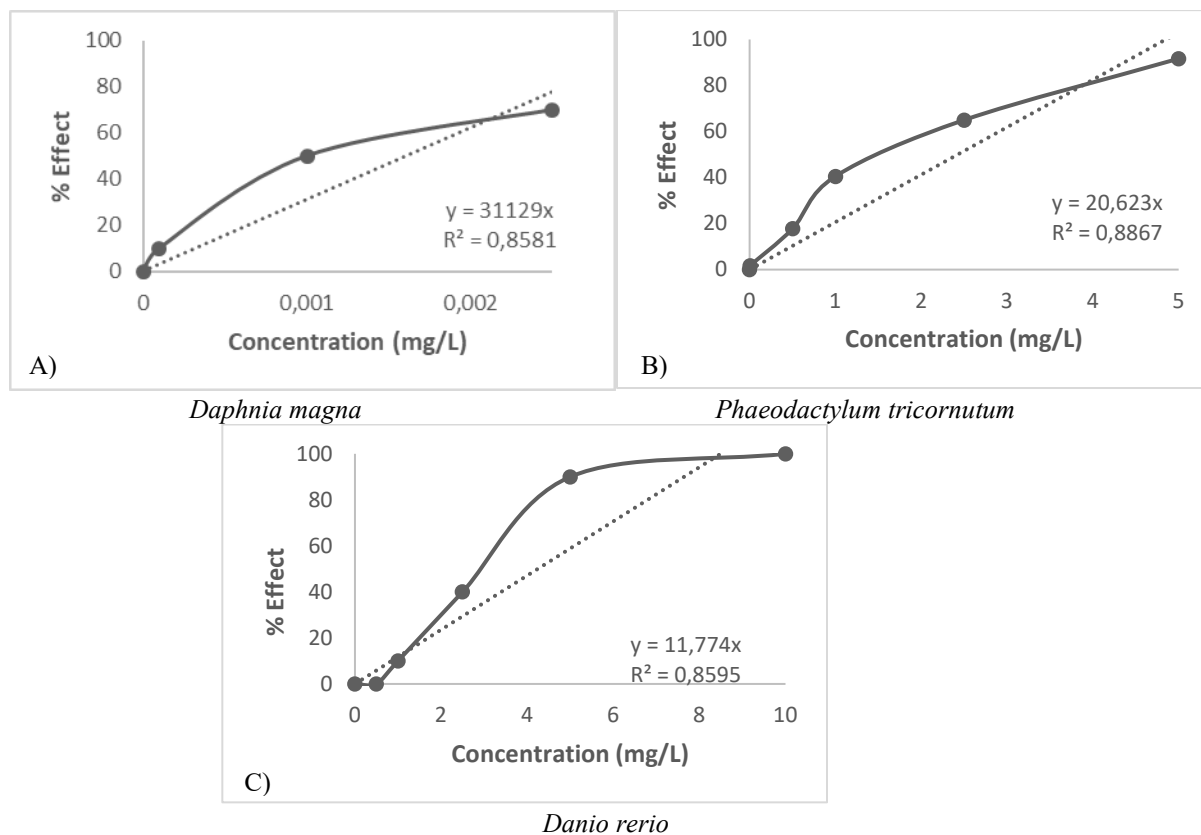


Figure 1. %Effect of the most toxic micropollutants studied on three trophic level A) 1-Chloro-2,4 dinitrobenzene for water flea *Daphnia magna*, B) Arsenic for marine algae *Phaeodactylum tricornutum*, and C) 1-Chloro-2,4 dinitrobenzene for zebrafish *Danio rerio*.

Heavy metals (e.g., copper, lead, mercury) are one of the most widely used contaminants and serious forms of environmental pollution. Except for iron, studied heavy metals in the present work were determined to be highly toxic for water flea and marine microalgae. As a higher level consumer, zebrafish, is more resistant to heavy metals as compared to the chlorinated organic compounds. Arsenic showed high toxicity to *D. magna* and *P. tricorutum*. Concentrations as low as 23 µg/L was found to be enough to give harm to water fleas. Among the substances examined in this study, arsenic was shown to be the most toxic chemical for microalgae, *P. tricorutum* (Figure 1 B). Vanadium also showed remarkable toxicity to *D. magna* and *P. tricorutum*. It was reported that the growth of an aquatic plant is stimulated by trace quantities of vanadium (1-10 µg/l), but concentrations above 100 µg/l are toxic. Power and heat producing industry using fossil fuels (such as petroleum, coal and oil) cause the most widespread discharge of vanadium into the environment (Venkataraman & Sudha 2005).

Conclusion

Ecotoxicity of 13 environmentally important micropollutants including heavy metals such as arsenic, titanium and vanadium, pharmaceuticals including sulphametaxazole; industrial solvents used in plastic raw material manufacturing including 2,4-dichlorophenol and n-butyltin trichloride, and chemicals used in pesticide manufacturing like azinphos-methyl were tested on marine water algae, water flea and zebrafish. Although those micropollutants are not priority micropollutants they are hazardous or extremely hazardous substances used in various industries at high quantities. The results of the study showed that water flea, *D. magna*, is most sensitive organisms to almost all of the micropollutants tested. Among the tested micropollutants, 1-chloro-2,4 dinitrobenzene which is used in paint and agricultural chemical manufacturing industry was found to be the most toxic compound to all tested species. Arsenic and azinphos-methyl were also found to be highly toxic to all the organisms used in this study. Marine microalgae used in this study is shown to be affected remarkably by heavy metals which are one of the major causes of marine pollution in our country.

Result of the study will be useful for validation of environmental quality standards for micropollutants entering marine environment. We dramatically experienced a mucilage problem in Marmara Sea in 2021 and understand how microalgal community change and dominance of harmful species can have devastating results in sea ecosystem. Stress exerted by toxic pollutants on plankton community not only cause death of organisms but also make them increase exopolysaccharide

production which turns into mucus at the end. In order to protect marine ecosystem, environmental quality standards should be strictly applied for the micropollutants entering the water bodies from various industries.

Compliance with Ethical Standard

Conflict of interests: The authors declare that for this article they have no actual, potential or perceived conflict of interests.

Ethics committee approval: Ethics committee approval is not required.

Funding disclosure: We thank Turkish Scientific and Technological Research Council (TUBITAK) for supporting this study (Project No: 115Y025).

Acknowledgments: -

Disclosure: -

References

- Arensberg, P., Hemmingsen, V.H., Nyholm, N. (1995).** A Miniscale Algal Toxicity Test. *Chemosphere*, 30(11), 2103–15.
[https://doi.org/10.1016/0045-6535\(95\)00090-U](https://doi.org/10.1016/0045-6535(95)00090-U)
- Bernot, R.J., Brueske, M.A., Evans-White, M.A., Lambert, G.A. (2005).** Acute and Chronic Toxicity of Imidazolium-Based Ionic Liquids on *Daphnia Magna*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24(1), 87.
<https://doi.org/10.1897/03-635.1>
- Brown, R.J., Galloway, T.S., Lowe, D., Browne, M.A., Dissanayake, A., Jones, M.B., Depledge, M.H. (2004).** Differential Sensitivity of Three Marine Invertebrates to Copper Assessed Using Multiple Biomarkers. *Aquatic Toxicology*, 66(3), 267–78.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2003.10.001>
- Company, R., Serafim, A., Bebianno, M.J., Cosson, R., Shillito, B., Fiala-Médioni, A. (2004).** Effect of Cadmium, Copper and Mercury on Antioxidant Enzyme Activities and Lipid Peroxidation in the Gills of the Hydrothermal Vent Mussel *Bathymodiolus Azoricus*. *In Marine Environmental Research*, 58, 377–81.
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2004.03.083>
- Danovaro, R., Fonda, S., Pusceddu, U.A. (2009).** Climate change and the potential spreading of marine mucilage and

microbial pathogens in the Mediterranean Sea. *PlosOne*, 4(9), e7006.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007006>

Dierickx, P.J., Vanderwielen, C. (1986). Glutathione-Dependent Toxicity of the Algicide 1-Chloro-2,4-Dinitrobenzene to *Daphnia Magna straus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 37(1), 629–32.

<https://doi.org/10.1007/BF01607814>

Dirany, A., Aaron, E., Oturan, S., Sirés, N., Oturan, I., Aaron, J.J. (2011). Study of the toxicity of sulfamethoxazole and its degradation products in water by a bioluminescence method during application of the electro-Fenton treatment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 400(2), 353–360.

<https://doi.org/10.1007/s00216-010-4441-x>

Dhillon, G.S., Kaur S., Pulicharla, A., Brar S.K., Cledón, M., Verma, M., Surampalli, R.Y. (2015). Triclosan: Current status, occurrence, environmental risks and bioaccumulation potential. *Int J Environ Res Public Health*, 12(5), 5657–5684.

Etchepare, R., Van der Hoek, J.P. (2015). Health Risk Assessment of Organic Micropollutants in Greywater for Potable Reuse. *Water Research*, 72 (April), 186–198.

Falás, P., Wick, A., Sandro, C., Habermacher, J., Ternes, T.A., Joss, A. (2016). Tracing the limits of organic micropollutant removal in biological wastewater treatment. *Water Research*, 95(May), 240–249.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.03.009>

Fontagné-Dicharry, S., Durante, Sadasivam, H.A., C.A., Kaushik, J., Geurden, I. (2017). Parental and early-feeding effects of dietary methionine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 469(February), 16–27.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.11.039>

Gavrilescu, M., Demnerová, K., Aamand, J., Agathos, S., Fava, F. (2015). Emerging pollutants in the environment: Present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. *New Biotechnology*, 32(1), 147–56.

<https://doi.org/10.1016/j.nbt.2014.01.001>

Guillard, R.R.L. (1975). Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. in culture of marine invertebrate Animals, 29–60. Boston, MA: Springer US.

https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8714-9_3

Harris, C.A., Hamilton, P.B., Runnalls, T.J., Vinciotti, V., Henshaw, A., Hodgson, D., Coe, T.S., Jobling, S., Charles R.T., Sumpter, J.P. (2011). The consequences of feminization in breeding groups of wild fish. *Environmental Health Perspectives*, 119(3), 306–311.

<https://doi.org/10.1289/ehp.1002555>

Hollender, J., Heinz S., McArdell, C.S. (2007). Polar organic micropollutants in the water cycle. in dangerous pollutants (xenobiotics) in urban water cycle. 103–16. Springer Netherlands.

https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6795-2_11

Howe, K., Matthew D.C., Torroja, C.F., Torrance, J., Berthelot, C., Muffato, M., Collins, J.E. (2013). The zebrafish reference genome sequence and its relationship to the human genome. *Nature*, 496(7446), 498–503.

<https://doi.org/10.1038/nature12111>

Lele, Z., Krone, P.H. (1996). The zebrafish as a model system in developmental, toxicological and transgenic research. *Biotechnology Advances*. Elsevier Inc.

[https://doi.org/10.1016/0734-9750\(96\)00004-3](https://doi.org/10.1016/0734-9750(96)00004-3)

Li, Y., Dong, F., Liu, X., Xu, J., Han, Y., Zheng, Y. (2014). Chiral fungicide triadimefon and triadimenol: Stereoselective transformation in greenhouse crops and soil, and toxicity to *Daphnia magna*. *Journal of Hazardous Materials*, 265, 115–123.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.11.055>

Li, X., Zhang, R., Tian, T., Shang, X., Xu D., Yingying H., Matsuura, N. (2021). Screening and ecological risk of 1200 organic micropollutants in Yangtze Estuary water. *Water Research*, June, 117341.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117341>

Libralato, G., Gentile, E., Ghirardini, A.V. (2016). Wastewater effects on *Phaeodactylum tricornutum* (Bohlin): Setting up a classification system. *Ecological Indicators*, 60(July), 31–37.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.014>

Maas-Diepeveen, J.L., Leeuwen, C.J. (1986). Aquatic Toxicity of Aromatic Nitro Compounds and Anilines to Several Freshwater Species. Laboratory for Ecotoxicology, Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment, Report No. 86-42: 10 p.

Margot, J., Luca Rossi, Barry, D.A., Holliger, C. (2015). A review of the fate of micropollutants in wastewater treatment plants. *WIREs Water*, 2 (5), 457–487.
<https://doi.org/10.1002/wat2.1090>

Metz, F., Ingold, K. (2014). Sustainable wastewater management: Is it possible to regulate micropollution in the future by learning from the past? A policy analysis. *Sustainability*, 6(4), 1992–2012.
<https://doi.org/10.3390/su6041992>

Moermond, C.T.A., Heugens, E.H.W. (2009). Environmental risk limits for trichlorophenols. Report 601714005/2009.

Morlon, H., Claude, F., Magali, F., Christelle, A., Jacqueline, G.L., Alain, B. (2005). Toxicity of selenite in the unicellular green alga *Chlamydomonas reinhardtii*: Comparison between effects at the population and sub-cellular level. *Aquatic Toxicology*, 73(1), 65–78.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.02.007>

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 5359596, Arsenic. Retrieved June 17, 2021 from
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound>

Paoletti, F., Sirini, P., Seifert, H., Vehlow, J. (2001). Fate of antimony in municipal solid waste incineration. *Chemosphere*, 42(5-7), 533–543.
[https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00225-3](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00225-3)

Poirier, I., Marie, P., Lauriane, K., Philippe, H., Arnaud, D., Arash, J., Johana, C., Christelle, C., Gallon, R.K., Bertrand, M. (2018). Toxicological effects of Cd se nanocrystals on the marine diatom *Phaeodactylum tricorutum*: The first mass spectrometry-based proteomic approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 152, 78–90.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.01.043>

Qian, L., Feng, C., Yang, Y., Yuan, L., Suzhen, Q., Wang, C. (2018). Mechanisms of developmental toxicity in zebrafish embryos (*Danio rerio*) induced by boscalid. *Science of the Total Environment*, 634, 478–487.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.012>

Rogowska, J., Monika, C., Wojciech, R., Lidia, W. (2020). Micropollutants in Treated Wastewater. *Ambio*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/s13280-019-01219-5>

Santos, J.E.L., Gómez, M.A., Moura, D.C. de, Cerro-López, M., Quiroz, M.A., Martínez-Huitle, C.A. (2021). Removal of herbicide 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (DNCB) from aqueous solutions by electrochemical oxidation using boron-doped diamond (BDD) and PbO₂ electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 402, 123850.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123850>

Satoh, A., Vudikaria, L.Q., Kurano, K., Miyachi, S. (2005). Evaluation of the sensitivity of marine microalgal strains to the heavy metals, Cu, As, Sb, Pb and Cd. *Environment International*, 31(5), 713–722.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.01.001>

Schwarzenbach, R.P., Escher, B.I., Fenner, K., Hofstetter, T.B., Johnson, A.J., Gunten, U.V., Wehrli, B. (2006). The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science*, 313(5790), 1072–1077.
<https://doi.org/10.1126/science.1127291>

SCCS (Scientific Committee on Consumer Safety) (2010). Opinion on Triclosan (Antimicrobial Resistance) Scientific Committee on Consumer Safety; Luxembourg: 2010.
https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/triclosan/en/about-triclosan.htm#29
(accessed:12.12.2021)

Shao, Y., Chen, Z., Hollert, H., Zhou, S., Deutschmann, B., Seiler, T.B. (2019). Toxicity of 10 organic micropollutants and their mixture: Implications for aquatic risk assessment. *Science of the Total Environment*, 666(May), 1273–1282.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.047>

Singh, A.K., Sharma, L., Mallick, N. (2004). Antioxidative role of nitric oxide on copper toxicity to a chlorophycean

alga, chlorella. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 59(2), 223–227.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.10.009>

Sun, H.Q., Du, Y., Zhang, Z.Y., Jiang, W.J., Guo, Y.M., Lu, X.W., Zhang, Y.M., Sun, L.W. (2016). Acute toxicity and ecological risk assessment of benzophenone and N,N-Diethyl-3 Methylbenzamide in personal care products. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(9), 925.

<https://doi.org/10.3390/ijerph13090925>

Tatarazako, N., Ishibashi, H., Teshima, K., Kishi, K., Arizono, K. (2004). Effects of triclosan on various aquatic organisms. *Environmental Sciences: An International Journal of Environmental Physiology and Toxicology*, 11(2), 133–140.

Tato, T., Beiras, R. (2019). The use of the marine microalga *Tisochrysis lutea* (T-Iso) in standard toxicity tests; comparative sensitivity with other test species. *Frontiers in Marine Science*, 6 (August).

<https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00488>

TUBITAK (2017). Project on Determination of Hazardous Substances in Coastal and Transitional Waters and Ecological Coast Dynamics. Proje No:5128702.

Venkataraman, B.V., Sudha, S. (2005). Vanadium Toxicity. *Asian Journal of Experimental Sciences*, 19(2), 127–134.

Villette, C., Maurer, L., Delecolle, J., Zumsteg, J., Erhardt, J., Heintz, D. (2019). In situ localization of micropollutants and associated stress response in populus *Nigra* leaves. *Environment International*, 126(May), 523–532.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.066>

Wang, L., Zheng, B. (2008). Toxic effects of fluoranthene and copper on marine diatom *Phaeodactylum tricornerutum*. *Journal of Environmental Sciences*, 20(11), 1363–1372.

[https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62234-2](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62234-2)

Wang, X., Pan, J., Guan, W., Dai, J., Zou, X., Yan, Y., Hu, W. (2011). Selective removal of 3-Chlorophenol from aqueous solution using surface molecularly imprinted microspheres. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 56, 2793–2801.

<https://doi.org/10.1021/je101275e>

Wilhelm, S., Jacob, S., Ziegler, M., Köhler, H.Z., Triebkorn, R. (2018). Influence of different wastewater treatment technologies on genotoxicity and dioxin-like toxicity in effluent-exposed fish. *Environmental Sciences Europe*, 30(25).

<https://doi.org/10.1186/s12302-018-0154-0>

Yan, Z., Yang, H., Dong, H., Ma, B., Sun, H., Pan, T., Jiang, R., Zhou, R., Shen, J., Liu, J., Lu, G. (2018). Occurrence and ecological risk assessment of organic micropollutants in the lower reaches of the Yangtze River, China: A case study of water diversion. *Environmental Pollution*, 239, 223–232.

Zhang, Y., Liu, M., Liu, J., Wang, X., Wang, C., Ai, W., Chen, S., Wang, H. (2018). Combined toxicity of triclosan, 2,4-dichlorophenol and 2,4,6-trichlorophenol to zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 57, 9–18.

Zhang, H., West, D., Shi, H., Ma, Y., Adams, C., Eichholz, T. (2019). Simultaneous determination of selected trace contaminants in drinking water using solid-phase extraction-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Water, Air, & Soil Pollution*, 230(28).

<https://doi.org/10.1007/s11270-018-4066-9>

Zhou, Y., Zhang, Y., Hu, X. (2020). Synergistic coupling Co₃Fe₇ alloy and CoFe₂O₄ spinel for highly efficient removal of 2,4-dichlorophenol by activating peroxydisulfate. *Chemosphere*, 242, 125244.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125244>



Türk arama kurtarma bölgesinde gerçekleşen gezi/spor/eğlence amaçlı gemi ve yatların karıştığı kazaların analizi

Sibel BAYAR¹, Ercan AKAN²

Cite this article as:

Bayar, S., Akan, E. (2021). Türk arama kurtarma bölgesinde gerçekleşen gezi/spor/eğlence amaçlı gemi ve yatların karıştığı kazaların analizi.

Aquatic Research, 5(1), 29-38. <https://doi.org/10.3153/AR22004>

¹ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, 34320, İstanbul

² İskenderun Teknik Üniversitesi, Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, 31200, İskenderun

ORCID IDs of the author(s):

S.B. 0000-0002-9169-935X

E.A. 0000-0003-0383-8290

Submitted: 05.06.2021

Revision requested: 12.07.2021

Last revision received: 16.07.2021

Accepted: 18.07.2021

Published online: 18.12.2021

Correspondence:

Sibel BAYAR

E-mail: sibelb@iuc.edu.tr



Available online at

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

ÖZ

Ülkemiz üç tarafı denizlerle çevrili olup; uygun iklime sahip olması ve birçok tarih ve kültürü barındırması gibi nedenlerle turizm açısından cazip bir konumdadır. Özellikle Ege ve Akdeniz'in durgun yapısı, hemen hemen dört mevsim deniz turizmine imkân vermekte olup; özellikle yat gemilerinin sıklıkla tercih ettiği güzergahlardan biri olmaktadır. Bu bakımdan gezi spor ve eğlence amaçlı gemiler ve yatlardan kaynaklı olarak da bir deniz trafiği ortaya çıkmakta ve zaman zaman bu gemiler kazaya sebebiyet vermektedir. Çalışmada, Türk Arama Kurtarma Bölgesi'nde meydana gelen gezi, spor ve eğlence amaçlı gemiler ve yatların karıştığı deniz kazaları istatistiksel olarak incelenmiştir. Bu kapsamda öncelikle frekans dağılımları gerçekleştirilmiş ve hipotezler ki-kare bağımsızlık analizi ile incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deniz, Gemi, Kaza, Ki-Kare, Yat

ABSTRACT

Analysis of accidents involved in touring/ sport/ recreational vessels and yachts in the Turkish search and rescue area

Our country is surrounded by seas on three sides; it is in an attractive position in terms of tourism due to its suitable climate and many history and cultures. Especially the stagnant structure of the Aegean and the Mediterranean allows sea tourism in almost four seasons; it is one of the routes preferred especially by yacht ships. In this respect, a maritime traffic arises due to touring, sports and recreational ships and yachts, and these ships occasionally cause accidents. In the study, marine accidents in the Turkish Search and Rescue Area involving touring, sports and recreational vessels and yachts are statistically analyzed. In this context, frequency distributions are carried out first and the hypotheses are examined by Chi-Square independence analysis.

Keywords: Marine, Vessel, Accident, Chi-Square, Yacht

Giriş

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz özellikle Ege ve Akdeniz Bölgesinde ağırlıklı olarak üç mevsim deniz turizmi yapılabilmesi avantajıyla önemli bir konumdadır. Bu bakımdan özellikle Nisan-Kasım arası yaygın bir biçimde deniz turizm aktiviteleri devam etmekte olup, yatlar için de önemli bir rota olarak tercih edilmektedir.

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı 2020 verilerine göre ülkemizde toplam 1957 belgeli yata ait toplam 18725 yatak bulunmaktadır. Ayrıca; 38 adet yüzer deniz turizmi aracı, 2 adet dalabilir deniz turizmi aracı, 2604 adet de günübirlik gezi teknesi bulunmaktadır. Deniz Turizm tesislerinde, 10844 adet yatak kapasitesi denizde, 4232 adet yatak kapasitesi karada olmak üzere toplam 15076 yatak kapasitesi mevcuttur. Bununla birlikte 2019 verilerine göre Yabancı Bayraklı turizm işletme belgesi olan 160 adet yat bulunmakta olup; 538718 yabancı ziyaretçi günübirlik olmak üzere, toplam 185560 yabancı ziyaretçi denizyoluyla sınır kapılarından giriş yapmıştır (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2021). Bu kapsamda özellikle günübirlik turlar ve yatlar nedeniyle deniz trafik yoğunluğu yaşanmakta, diğer gemiler için de tehdit olabilmekte ve bu durum zaman zaman kazalara yol açmaktadır.

Deniz kazaları çok boyutlu sorunlara yol açması nedeniyle Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) ve birçok ülke deniz kazalarının araştırılması için birimler oluşturmuş olup, kazalara ait raporlar oluşturulup, nedenleri saptanmakta ve kazaların önlenmesine ilişkin çalışmalar yürütülmektedir. Titanik kazasından (1912) sonra Denizde Can Güvenliği Sözleşmesi (SOLAS) kabul edilmiş olup sürekli güncel tutulması için revizyonlar gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 1977 yılında yürürlüğe giren Denizde Çatışmayı Önleme Uluslararası Sözleşmesi (COLREG) deniz kazalarının önlenmesi ve seyir güvenliğinin sağlanması açısından önem arz etmektedir (Tunçel, 2020). 1979 yılında ise Uluslararası Arama Kurtarma (SAR) Sözleşmesi imzalanmış olup, bu sözleşme kapsamında kaza meydana geldiğinde ve denizde tehlikede bulunan insanlara yardımın oluşturulan bu SAR organizasyonu tarafından yapılması planlanmıştır (IMO, 1979). Ayrıca IMO deniz kazalarının uluslararası boyutta araştırması amacıyla Deniz Kazalarını ve Deniz Olaylarını İnceleme Kodunu (1997) oluşturmuştur (Tunçel, 2020).

Sözleşmeler açısından kazalara bakacak olursak ; SOLAS Yönetmeliği I/21 ve MARPOL Madde 8 ve 12 uyarınca, her İdare, bu sözleşmelere tabi kendi bayrağı altındaki gemilerde meydana gelen kazazedelere ilişkin bir soruşturma yürütmeyi ve bu tür soruşturmanın bulguları ile ilgili olarak Örgüt'e bilgi vermeyi taahhüt etmekte olup; Yükleme Sınırı Sözleşmesinin 23. Maddesi, zayıfların soruşturulmasını da gerek-

tirmektedir. Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesinde (UNCLOS), deniz kazaları olması durumunda bayrak devletinin görevleri belirtilmiş olup, Bayrak Devletin kazaya karışan geminin bayrağındaki devlet ile deniz kazası ve seyirüfefer olayına ilişkin yapılan herhangi bir soruşturmanın yürütülmesinde işbirliği yapması gerektiği belirtilmiştir. Bununla birlikte IMO, Deniz Güvenliği Komitesi (MSC) Londra'da Mayıs 2008'deki 84. oturumu için bir araya geldiğinde, Deniz Kazası veya Deniz Olayına Yönelik Güvenlik Soruşturması için Yeni Uluslararası Standartlar ve Önerilen Uygulamalar Yönetmeliğini (Yaralı Soruşturma Kodu) kabul etmiştir. Ayrıca Kuralların I ve II. Kısımlarını zorunlu kılmak için SOLAS Bölüm XI-1'deki ilgili değişiklikler de kabul edilmiş olup kuralların III. Bölümü, ilgili rehberlik ve açıklayıcı materyal içerir (IMO, 2021).

IMO, bir dizi kararla işbirliğini ve karşılıklı çıkarların tanınmasını teşvik etmiştir. İlki, Kasım 1968'de kabul edilen Deniz Kazalarına İlişkin Resmi Sorgulamalara Katılım hakkındaki A.173 (ES.IV) kararıdır. Ardından Kasım 1975'te kabul edilen Yaralılara Yönelik Soruşturmaların Yürütülmesine ilişkin A.322 (IX) karar ve her ikisi de Kasım 1979'da kabul edilen, Deniz Yaralılara Yönelik Soruşturmalar için Bilgi Değişimi ve Yaralıların Soruşturulması ve Sözleşmelere Aykırı İdarelerin Personel ve Malzeme Kaynak İhtiyaçlarına ilişkin A.442 (XI) sayılı karar A.440 (XI) gelmiştir. Ayrıca; Deniz Kaza Soruşturmalarında İşbirliği hakkındaki A.637 (16) sayılı karar, 1989 yılında kabul edilmiştir. Bu münferit kararlar, IMO tarafından Deniz Kayıplarının ve Olaylarının İncelenmesine İlişkin Kod'un kabul edilmesiyle birleştirilip ve genişletilmiştir. Kasım 1999'da kabul edilen Deniz Yaralıların ve Olaylarının İncelenmesine İlişkin Kurallarda Değişiklik Yapılmasına Dair Karar A.884 (21), karar A.849 (20), insan faktörlerinin araştırılması için yönergeler sağlamıştır. Kurul, yirmi sekizinci oturumunda, A.849 (20) ve A.884 (21) numaralı kararları iptal eden Yaralı Soruşturma Kanununun uygulanmasında soruşturmacılara yardımcı olmak için Kılavuz İlkeler hakkındaki A.1075 (28) kararını kabul etmiştir (IMO, 2021).

Bununla birlikte deniz kazaları ciddi insan ve maddi kayıplara ve çevresel hasara neden olması nedeniyle bilimsel anlamda da ilgi çekici olmuş ve kazalarla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Öncelikle dünyada deniz kazalarıyla ilgili istatistiksel analiz kullanan birkaç çalışma incelenecektir. Bu kapsamda Toman ve Zec (2020), Adriyatik Denzinde eğlence gemilerinin karıştığı karaya oturma ile sonuçlanan kazaları SARIMAX yöntemiyle istatistiksel analiz yapıp 5 yıllık süre için karaya oturma kazası eğilimlerini tahmin etmişlerdir. Xue vd (2020) ise; Chongqing Deniz Güvenliği İdaresi'nden

(MSA) 2009-2018'de gemi kazalarına ilişkin on yıllık istatistiksel verilerin istatistiksel analizi yoluyla kazaların zamansal dağılımının özelliklerini özetlemektedir. Bir başka çalışmada ise Xue vd. (2021), Yangtze Nehri'nin iç su alanlarında gerçekleşen deniz kazaları incelenmiş olup; kazaların kategorileri ve ciddiyeti, kazalara karışan gemi türleri, mekansal ve mekansal olarak tarihsel verilerin istatistiksel ve karşılaştırmalı analizi yoluyla gemi kazalarının özelliklerini özetlemiştir. Xu vd. (2020), Yeni Zelanda'da Nisan 2015'ten Mart 2018'e kadar meydana gelen yaklaşık 1600 deniz kaza verilerinden hareketle deniz kazalarının üç faktöre, yani gemi grubu, su alanı ve mevsime göre dağılımı ve korelasyonu gri ilişkisel analiz kullanarak analiz etmişler ve kaza tipi dağılımını belirtmek için yüzde analizi kullanmışlardır. Ntanos vd. (2015) ise 1000 Grostondan büyük olan Yunan Bandıralı gemilerde kaydedilen kaza verileri tanımlayıcı istatistikler açısından değerlendirmiş ve daha sonra ise gemi tipi değişkeni ile kaza sorumluluğu, kaza sonucu kaza alanı arasındaki ilişkiyi araştırmak amaçlı hipotezleri ki kare testi ile analiz etmişlerdir. De Maya vd. (2019) 1990-2016 yılları arasında deniz kazalarına ilişkin veriler de tanımlayıcı istatistikler açısından incelemişler ve değişkenler arasındaki ilişkileri araştırmak için hipotez testleri gerçekleştirmişlerdir. Bir başka çalışmada Nielsen ve Jungnickel (2003) 1980-1990 yılları arasında eski Almanya Demokratik Cumhuriyeti'nin deniz kazaları verileri üzerinden istatistiksel bir analiz gerçekleştirmiş olup, deniz kazalarının zamansal belirleyicileri olduğu hipotezini test etmişlerdir. Bebeteidoh ve Poku (2016) deniz kazalarının temel nedenlerini tespit etmek amacıyla konunun uzmanı olan meslek erbaplarına bir anket uygulayarak, toplanan verileri, bu araştırmada oluşturulan her bir hipotezin geçerliliğini ve güvenilirliğini test etmek için uygun olduğu düşünülen istatistiksel araç olan Ki-Kare testi ile analiz etmişlerdir. Ayrıca Wu vd (2005) ise belirli hava faktörlerinin balıkçılık olaylarının ciddiyetini etkileyip etkilemediğini belirlemek için Kanada Sahil Güvenlik tarafından 1997'den 1999'a kadar kaydedilen balıkçı teknesi olaylarını kullanarak, istatistiksel analizler yapmışlardır. Daha sonrasında ise lojistik regresyon ile, dalga yüksekliği ve buz konsantrasyonunun, bir olayın tehlike veya tehlike olmayan olarak sınıflandırılma olasılığını tahmin edebileceğini tespit etmişlerdir.

Türk Arama Kurtarma Bölgesindeki deniz kazaları ile ilgili olarak çoğunlukla ilgili bölgelerdeki kaza risklerin analizi veya gerçekleşen kazalar ile ilgili istatistiksel analizi içeren çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda Yılmaz ve İlhan (2017) Türk bayraklı gemilerde meydana gelen iş kazaları ve risklerini analiz etmişlerdir. Yılmaz ve İlhan (2018) çalışmalarında ise Türk Bayraklı gemilerle ilgili kazaların denizcilere etkilerine ilişkin bir analiz gerçekleştirmişler ve frekans dağılımlarından faydalanmışlardır. Kızıkan (2010) ise yüksek lisans

tez çalışmasında Türkiye kıyı alanlarında gemi emniyet yönetimi açısından deniz kazalarının istatistiksel analizini yapmıştır. Asyalı ve Kızıkan (2012) ise Türkiye Kıyılarında uluslararası sefer yapan gemilerin karıştığı deniz kazalarının analizi yapılmıştır. Ceyhan (2014) Türk Denizleri bölgesinde gemi kazalarının çevresel etkilerini incelemiştir. Ayrıca Nas (2011) İzmir Körfezi ve Yenikale geçidindeki karaya oturma kazalarının analizini yapmıştır. Taş ve Alkan (2016) ise Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyılarında gerçekleşen kazaları frekans dağılımı ve ki kare testi ile analiz etmişlerdir.

Literatürde en çok İstanbul ve Çanakkale Boğazı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Çakır ve Kamal (2021) İstanbul Boğazındaki ticari gemi kazalarını karar ağacı yöntemi ile analiz etmişlerdir. Kodak ve Acarer (2021) ise İstanbul Boğazında deniz trafik düzenlemelerinin kaza oranına etkisini incelemişlerdir. Ece (2016) İstanbul Boğazında meydana gelen kazalarda kaza ile kılavuz kaptan alınması arasındaki ilişki frekans dağılımı, ki kare ilişki testi ve Cramer's V testi ile analiz edilmiştir. Ayrıca Ece (2005) İstanbul Boğazındaki deniz kazalarını seyir ve çevre güvenliği açısından istatistiksel analiz yapmış ve daha sonra Ece (2012) İstanbul Boğazında sağ şerit düzeninin uygulanmaya başladığı andan sonraki deniz kazalarını istatistiksel anlamda analiz etmiştir. Bu konu hakkında bir makale yayımlamıştır. Koldemir (2006) ise İstanbul Boğazı ile ilgili çalışmasında seyir güvenliği için sorunlu bölgelerin belirlenmesi amacıyla kaza kara noktaları analizi yapmıştır. Koldemir (2009) da ise kaza kara noktalarının güncellenmesini yapmıştır. Bayar vd. (2008) İstanbul Boğaz kazalarını istatistiksel olarak incelemişlerdir. Kılıç (2015) İstanbul Boğazında risk analizi yapmış olup bulanık analitik hiyerarşi prosesi metodunu kullanmıştır. Ece vd. (2020) çalışmalarında ise Çanakkale Boğazında gerçekleşen deniz kazalarını istatistiksel analizi kapsamında frekans dağılımı ve ki kare testinden faydalanmışlardır. Kuleyin ve Aytekin (2015) Çanakkale Boğazı deniz kazalarını incelemişlerdir. Kılıç ve Sanal (2015) ise Çanakkale Boğazındaki karaya oturma ile sonuçlanan gemi kazalarını incelemek için hata ağacı analizi yöntemini kullanmışlardır. Başar (2010) Çanakkale Boğazındaki riskli bölgelerin analizi ile ilgili bir simülasyon gerçekleştirmiştir. Bununla birlikte Tatlısuluoğlu (2008) tez çalışmasında ise Çanakkale Boğazındaki deniz kazalarının çevreye etkilerini istatistiksel anlamda analiz etmiştir.

Çalışmada; Türk arama kurtarma bölgesinde gerçekleşen yat ve yüzer deniz turizm aracı, dalabilir deniz turizm aracı ve günübirlik gezi tekneleri vb. diğer deniz turizm araçlarının karıştığı deniz kazalarının analizinin yapılması amaçlanmış olup, öncelikle ilgili kazalara ilişkin ilgili frekans ve yüzde dağılımları yapılmış ve kazaların durumları arasında ilişkilerin varlığına ilişkin hipotez testleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan Türk Arama Kurtarma Bölgesinde yapılan çalışmalara bakıldığında ağırlıklı olarak Türk Boğazlarında meydana gelen kazaları incelediklerini ve risk analizi veya istatistiksel analizi yaptıklarını görülmektedir. İstatistiksel analiz yapılan çalışmalarda sıklıkla frekans dağılımı ve ki kare bağımsızlık testini uyguladıkları ve AAKKM verileri üzerinden analiz gerçekleştirdikleri görülmüştür. Çalışmamızda da AAKKM internet sitesinden alıp derlediğimiz 2009-2016 yılları arasında gerçekleşen verilere frekans dağılımı ve ki kare bağımsızlık testi uygulanmıştır. Ancak, gezi, spor ve eğlence gemileri ve yatlarda meydana gelen kazaların değerlendirme nedeniyle diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Materyal ve Metot

Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Ülkemizin elverişli konumu ve iklim koşulları nedeniyle yılın büyük bir kısmında özellikle Ege ve Akdeniz kıyılarında yat turizmi ve ayrıca günübirlik gezi ve eğlence amaçlı gemiler bir deniz trafiği yaratmaktadır. Bu kapsamda deniz trafiğinin seyri açısından gezi ve eğlence amaçlı gemiler ile yatların deniz trafiği seyrine etkisinin araştırılması önemli görülmüş olup, Türk Arama Kurtarma Bölgesi'nde gezi ve eğlence amaçlı gemiler ile yatların karıştığı kazaların meydana geldiği mevsim, saat aralığı, kaza bölgesi, gemi tipi, tabiiyeti, kaza nedeni, tipi ve sonucu gerçekleştiği gibi veriler üzerinden değerlendirme yapılarak, bu faktörler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi ve kazaları en çok nelerin etkilediğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında 2009-2016 yılları arasında Türk Arama Kurtarma Bölgesi'nde seyir yapan yat ve gezinti, spor ve eğlence amaçlı gemilerin karıştığı kazalar ele alınmış olup, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ana Arama Kurtarma Koordinasyon Merkezi internet sitesinden alınan veriler kullanılmıştır.

Deniz Kazası

Kaza, TDK'ya göre: "istem dışı veya umulmayan bir olay dolayısıyla bir kimsenin, bir nesnenin veya bir aracın zarara uğraması" olarak tanımlanmıştır (TDK,2021). Bu kapsamda deniz kazası ise, insan hatası, makina arızası, kötü hava koşulları vb. sebepler sonucu meydana gelen geminin arızalanması, kaybolması batması, çatması, çatışması, karaya oturması, ölüm/yaralanma/denize adam düşme ve/veya çevre kirliliği tarzı sonuçlanan ani gerçekleşen olaydır (Kuleyin ve Aytekin, 2015). IMO Kaza İnceleme Koduna göre deniz kazası, gemi operasyonlarının gerek duyulması ve yapılması ile ilgili ölüm, ciddi yaralanma veya kişi kaybolması, geminin kaybı, terk edilmesi, gemide hasar oluşması, karaya oturma, çatma veya çatışmanın gerçekleşmesi, gemi operasyonları kaynaklı maddi zarar oluşması, hasar sonucu çevresel zararın

oluşması durumlarından biri veya daha fazlasının gerçekleşmesi olayıdır (Asyalı ve Kızılcapan, 2012). Deniz kazalarının neden olan etkenler insan hatası, mekanik nedenler, yangın ve patlama, yapısal nedenler, hava ile ilgili nedenler ve diğer etkenler olup, deniz kazalarının yaklaşık %80'i insan hataları nedeniyle meydana gelmektedir (Ugurlu vd, 2013).

Deniz kazaları insanı, deniz çevresini, gemilerdeki ve karadaki özellikleri ve faaliyetleri çeşitli şekil ve derecelerde olumsuz etkilemektedir. Ancak deniz kirliliğinin nedeni sadece kazalar ve çarpışmalar değil, aynı zamanda kazara petrol sızıntısı, katı atık, petrol aktarımı veya yakıt ikmali gibi durumlardan kaynaklı da olabilmektedir.

Bununla birlikte; kazaların etkileri küçük yaralanmalardan ölümlere ve önemsiz hasardan çevreye ve mülke verilen çok ciddi hasara kadar değişmektedir. Ölümler ve yaralanmalar dahil olmak üzere kazaların maliyeti, mülke ve çevreye verilen zarar, önleme ve hafifletici önlemler ve sigorta, nakliye maliyetlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Mullai ve Paulsson, 2011; Ceyhun, 2014).

Türk Arama Kurtarma Bölgesi

Denizde Arama Kurtarma Uluslararası Sözleşmesinde alanı sınırlarla belirlenmiş arama kurtarma hizmetlerinin sağlandığı Arama Kurtarma Bölgeleri kapsamında arama kurtarma faaliyetlerinin bölgeleri ve sorumluluk alanları belirlenmiş olup, ilgili bölgedeki arama ve kurtarma faaliyetlerinden sorumlu olan bir Koordinasyon Kurtarma Merkezi ve bu merkeze tabi olan kurtarma alt merkezlerinden oluşmaktadır. Arama Kurtarma Bölgesinde tüm faaliyetleri o bölgede sorumlu olan Koordinasyon Kurtarma Merkezi organize etmek de sorumlu olup, ilgili taraflar arasında karşılıklı anlaşmaya ulaşılamaması durumunda ise bu taraflar ilgili bölge içerisinde arama kurtarma faaliyetlerini gerçekleştirmek için eşit ve dengeli bir koordinasyonu sağlayacak şekilde arama kurtarma hizmetlerine katılmaları gerekmektedir (IMO, 1979).

Bu kapsamda ülkemizde Arama Kurtarma faaliyetlerine ilişkin olarak "Deniz ve Hava Araçları Kazalarında Arama ve Kurtarma Yönetmeliği" (Resmi Gazete: 17.10.2020 tarih ve 31277 Sayı) hükümleri geçerli olup; ilgili yönetmelik gereği Türk Arama Kurtarma bölgesindeki her türlü arama ve kurtarma faaliyetlerini T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına bağlı olan Ana Arama Kurtarma Koordinasyon Merkezi koordine etmekle beraber, deniz arama kurtarma faaliyetlerinin sorumluluğu da Sahil Güvenlik Komutanlığında bulunmaktadır. Arama-Kurtarma temel ifadeyle hayatın tehdit altında olduğu olumsuz koşullarda yaralıları kurtaran ve yardım eden özel eğitilmiş bir grup personel tarafından gerçekleştirilen teknik bir faaliyettir. Deniz ve Hava Araçları kazalarında Arama Kurtarma Yönetmeliğine göre Arama Kurtarma hizmeti ise,

bir arama ve kurtarma faaliyetini doğru ve eksiksiz olarak gerçekleştirmek için elde bulunan olanaklar ve yeteneklerin kullanılarak deniz aracı, hava aracı vb. araçlarla ilgili olarak kurumların birlikte çalışması, tıbbi tavsiye, tahliye ve ilkyardım konularının da dahil olduğu tehlikeli durumun takibi, haberleşme, koordinasyon ve uygulamalarının bütünü ifade etmektedir (Resmi Gazete, 2020).

Türk Arama Kurtarma Bölgesi Şekil 1'deki gibi olup ilgili sınırlar dahilinde Türk hava sahası, içsular, karasuları ve açık denizleri kapsamaktadır (AAKKM, 2021).

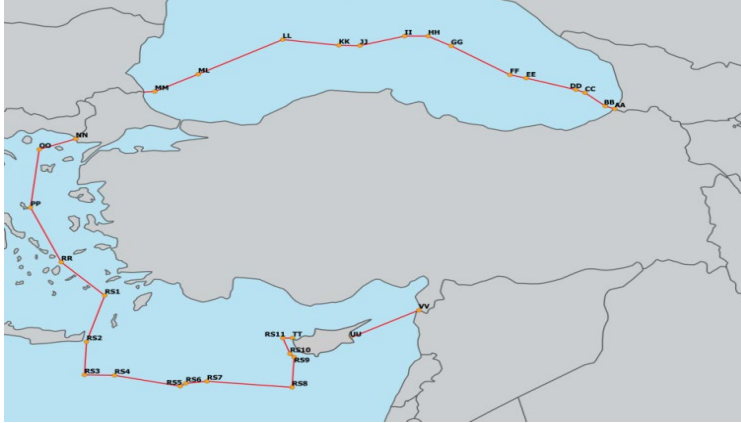


Figure 1. Turkish search and rescue zone boundaries (AAKKM, 2021)

Türk Arama ve Kurtarma Bölgesinde meydana gelen deniz kazaları ve diğer olaylarla ilgili veriler Ana Arama Kurtarma Koordinasyon Merkezi internet sitesinde yayımlanmakta olup, hali hazırda 2001-2016 yılları arasında gerçekleşen kaza/olay verilerine ulaşılabilmektedir (Yılmaz ve İlhan, 2018).

Araştırmanın Yöntemi

Çalışmada Türk Arama Kurtarma Bölgesi'nde 2009-2016 yılları arasında meydana gelen gezi ve eğlence amaçlı gemilerin ve yatların karıştığı kazaların analizinin yapılması amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan istatistik veriler T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ana Arama Kurtarma Koordinasyon Merkezinin internet sitesinde yayınladığı Kaza/Olay istatistiklerinden derlenmiştir (AAKKM, 2020). Elde edilen verilere göre Türk Arama Kurtarma Bölgesi'nde ilgili yıllar arasında yat ve diğer gezi, spor ve eğlence amaçlı geminin karıştığı toplam 213 kaza verisi üzerinden kaza analizi yapılmıştır. Verilerin analizi SPSS 21 Paket Programı kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle kazalara ilişkin frekans ve yüzde dağılımları tespit edilmiş, daha sonra verilere hipotez testi uygulayarak kriterler arasındaki ilişkilerin incelenmesi

aşamasına geçilmiştir. Çalışmaya ait hipotezler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırmanın hipotezleri

Table 1. Hypotheses of the research

Hipotez	Açıklama
H_1	Mevsim ile kaza tipi aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_2	Saat aralığı ile kaza tipi aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_3	Kaza bölgesi ile kaza tipi aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_4	Gemi tipi ile kaza tipi aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_5	Gemi tabiiyeti ile kaza tipi aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_6	Kaza sonucu ile kaza tipi aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_7	Ölüm/yaralanma/kayıp ile kaza tipi aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_8	Mevsim ile kaza sonucu aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_9	Saat aralığı ile kaza sonucu aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_{10}	Kaza bölgesi ile kaza sonucu aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_{11}	Gemi tipi ile kaza sonucu aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_{12}	Gemi tabiiyeti ile kaza sonucu aralarında anlamlı bir ilişki vardır.
H_{13}	Ölüm/yaralanma/kayıp ile kaza sonucu aralarında anlamlı bir ilişki vardır.

Ki-Kare Bağımsızlık analizi değişkenler nominal olduğunda hipotezleri test etmek için kullanılan en yararlı istatistiklerden biridir. Ki-Kare bağımsızlık analizi kategorik veriler üzerinde bağımsızlık analizleri yapmaya yarayan istatistiksel bir analizdir. Ki-Kare bağımsızlık analizleri (2x2) (rxc) olmak üzere iki çeşit olmaktadır. (2x2) tabloları ile, ikili kategorilere sahip bulunan iki değişkenin ilişki durumu analiz edilirken, (rxc) tabloları ile Ki-Kare bağımsızlık testi ise ikiden fazla alt kategoriye sahip bulunan iki değişkenin ilişki durumu anali edilmektedir. (rxc) tablolarıyla Ki-Kare bağımsızlık testinde her bir hücre için hesaplanan teorik frekanslar içinde 5'den küçük olanların yüzdesi %20'den düşük ise Pearson Ki-Kare testi, yüksekse Fisher Freeman Halton Exact Test sonuçlarına bakılmalıdır (Çolak, 2015). Bu bakımdan verilerimiz kategorik verilerden oluşmaktadır ve genellikle kategorik veriler ikiden fazla kritere sahip olmaktadır. Bu nedenle hipotez testi olarak Ki-Kare bağımsızlık analizi yapılmış olup, kriterlerin

gerçekleşme sayısının 5’den küçük olması durumu gerçekleştiriyse 2’li kategorik veri karşılaştırmalarında Fisher Exact Test ve daha fazla olması durumunda ise Fisher Freeman Halton Exact Test sonuçlarına bakılarak yorumlanmış, %20’nin altında ise Pearson Ki-Kare sonucuna göre değerlendirme yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Elde edilen verilere göre Türk Arama Kurtarma Bölgesi’nde 2009-2016 yılları arasında yat ve diğer gezi spor ve eğlence amaçlı geminin karıştığı toplam 213 kaza verisi üzerinden SPSS 21 Paket Programı kullanılarak kaza analizi yapılmıştır.

Kazalara ilişkin kriterlerin frekans ve yüzde dağılımları Tablo 2’de verilmiştir. Bu bağlamda, incelenen kazaların 128’i (%60,1) yaz döneminde, 85’i (%39,9) ise kış döneminde gerçekleşmektedir. Analizimizde Yat ve Diğer Gezi ve Eğlence amaçlı gemilerin karıştığı kazalar incelendiği için yaz döneminde daha yoğun bir trafik olması nedeniyle yaz döneminde gerçekleşen kazaların daha çok olması doğal bir durumdur.

Ayrıca kazaların 53’ü (%24,9) 12:01-16:00 saatleri arasında, 50’sinin (%23,5) 16:01-20:00 saatleri arasında gerçekleştiği görülmüştür. Bununla birlikte 00:00-04:00 saatleri arasında 18 (%8,5) en az kaza gerçekleşmiş olup bunu 04:01-08:00 saatleri 19 (%8,9) olarak takip etmektedir. Kaza bölgesine baktığımızda ise en çok kazanın 90 (%42,3) kaza olmak üzere Ege Bölgesi’nde, en az kazanın ise 6 (%2,8) kaza ile Karadeniz Bölgesi’nde gerçekleşmekte olup, yat ve diğer gezinti ve eğlence amaçlı gemilerin nadiren bu bölgede bulunmaları bu düşük yüzdeyi açıklamaktadır.

Kazaya 163 (%76,5) yat ve 50 (%23,5) diğer gezi ve eğlence amaçlı gemi karışmıştır. Diğer gezi, spor ve eğlence amaçlı gemiler olarak, gezinti (tenezzüh) gemisi, fiber/sürat teknesi, dalgıç gemisi, restoran gemisi vb. gemiler ifade edilmektedir.

Bununla birlikte kazaların 148’i (%69,5) Türk bayraklı gemilerde, 65’i (%30,5) ise yabancı bayraklı gemilerde gerçekleşmiştir. Kazanın tipine baktığımızda Oturma/Yan Yatma/Su Alma veya Sürüklenme 79 (%37,1) ile en yüksek oranlı kaza tipi ifade etmekte olup, Çatışma/Çatma 22 (%10,3) ile en düşük oranda gerçekleşen kaza tipini göstermektedir. Kazanın nedenine baktığımızda ise 87 (%40,8) kazanın nedeni bilinmemekle birlikte 52 (%24,4) kaza arıza sebebiyle meydana gelmiştir. Kaza sonucuna göre; 107 (%50,2) kazada geminin emniyete alınıp kurtarıldığı, 66 (%31,0) kazada geminin kurtarılamadığı görülmüş olup, 40 (%18,8) kazada ise diğer (müdahale edilememesi veya kazazedeye ilişkin durumlar vb.) durumlar meydana gelmiştir. Bununla birlikte kazaların

178’inde (%83,6) herhangi ölüm/yaralanma veya kayıp gerçekleşmemiş olmakla birlikte 35’inde (%16,4) ölüm/yaralanma/kayıp durumlarından bir veya birden fazlası gerçekleşmiştir.

Tablo 2. Kazalara ilişkin kriterlerin frekans ve yüzde dağılımları

Table 2. Frequency and percentage distributions of criteria related to accidents

Kaza Kategorisi	Frekans	Yüzde
Mevsim		
Yaz Dönemi (Mayıs – Ekim)	128	%60,1
Kış Dönemi (Kasım – Nisan)	85	%39,9
Saat Aralığı		
00:00–04:00	18	%8,5
04:01–08:00	19	%8,9
08:01–12:00	37	%17,4
12:01–16:00	53	%24,9
16:01–20:00	50	%23,5
20:01–23:59	36	%16,9
Kaza Bölgesi		
Akdeniz Bölgesi	37	%17,4
Marmara Bölgesi	80	%37,6
Ege Bölgesi	90	%42,3
Karadeniz Bölgesi	6	%2,8
Gemi Tipi		
Yat	163	%76,5
Diğer (Gezinti/Spor veya Eğlence)	50	%23,5
Gemi Tabiiyeti		
Türk	148	%69,5
Yabancı	65	%30,5
Kaza Nedeni		
Arıza	52	%24,4
Hava Muhalefeti/Su Alma/Çarpma veya Sürüklenme	48	%22,5
Bilinmiyor	87	%40,8
Diğer	26	%12,2
Kaza Tipi		
Alabora	55	%25,8
Çatma/Çatışma	22	%10,3
Oturma/Yan Yatma/Su Alma/Sürüklenme	79	%37,1
Yangın/Patlama	33	%15,5
Diğer	24	%11,3
Kaza Sonucu		
Geminin Emniyete Alınması/Kurtarılması	107	%50,2
Geminin Hurdaya Çıkması/Kurtarılamaması	66	%31,0
Diğer	40	%18,8
Ölü/Yaralı ve/veya Kayıp Durumu		
Var	35	%16,4
Yok	178	%83,6

Frekans dağılımları yapıldıktan sonra verilere hipotez testi uygulayarak kriterler arasındaki ilişkilerin incelenmesi aşamasına geçilmiştir. Tablo 3’de görüldüğü üzere; (H2) Saat Aralığı ve Kaza Tipi ve (H3) Kaza bölgesi ile Kaza Tipi ve (H10) Kaza Bölgesi ve Kaza Sonucu arasındaki ilişkiyi belirlemek için Fisher Freeman Halton Exact hipotez testi sonucuna bakılmıştır. Buna göre; (H2) Saat Aralığı ve Kaza Tipi ve (H3) Kaza bölgesi ile Kaza Tipi arasında anlamlı bir ilişki bulunmamakla birlikte, (H10) Kaza Bölgesi ve Kaza Sonucu arasında ise anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Diğer karşılaştırmalar arasındaki ilişkiyi belirlemek için ise Pearson Ki-Kare Testi sonuçlarına bakılmış olup: (H4) Gemi Tipi ve Kaza Tipi; (H5) Geminin Tabiiyeti ve Kaza Tipi; (H6) Kaza Sonucu ve Kaza Tipi; (H7) Ölüm/Yaralanma/Kayıp ve Kaza Tipi; (H11) Gemi Tipi ve Kaza Sonucu; (H12) Geminin Tabiiyeti ve Kaza Sonucu ve (H13) Ölüm/Yaralanma/Kayıp ve Kaza Sonucu kriterleri arasında ayrı ayrı anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bunun aksine (H1) Mevsim ve Kaza Tipi; (H8) Mevsim ve Kaza Sonucu ve (H9) Saat Aralığı ve Kaza Sonucu arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Frekans tablosundan görüldüğü üzere deniz turizminin yoğun olduğu dönem olan yaz döneminde kazaların % 60,1’inin gerçekleştiğini görmekteyiz. Bu dönemde belirgin bir fark olmasının nedeni yaz döneminde kaza tehlikesinin artması nedeniyle değil de, yaz döneminde özellikle Akdeniz ve Ege denizinde yoğun olarak, gezi/ eğlence ve spor amaçlı gemilerin ve yatların kış dönemine nazaran daha yoğun trafik oluşturması nedeniyle olması muhtemeldir. Nitekim, H1 ve H8 hipotezleri ile mevsim ile kaza tipi ve kaza sonucu arasında da anlamlı bir ilişki bulunmamış ve bu hipotezler reddedilmiştir. Bununla birlikte kazaların büyük bir yüzdesinin 08:00-20:00

aralığında yani çalışmaya konu gemilerin yoğun trafiği olduğu saatlerde meydana gelmiş olup, saat aralığının hem kaza tipiyle hem de kaza sonucuyla anlamlı bir ilişki bulunduğu dair H2 ve H9 hipotezleri reddedilmiştir.

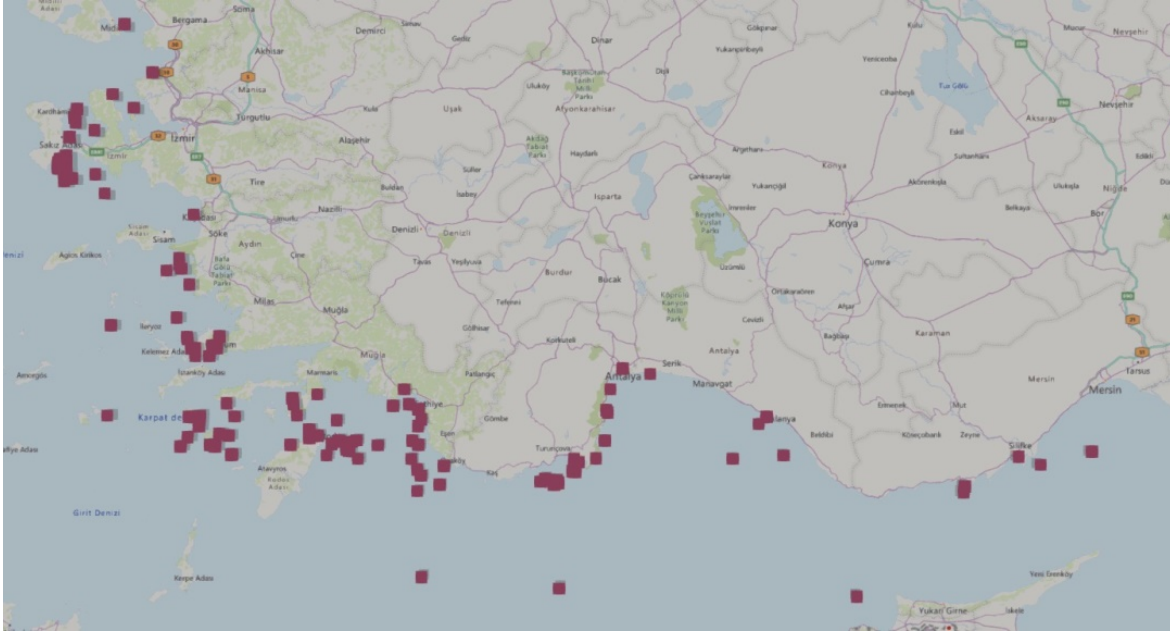
Frekans tablosuna göre kazaların %47,3’ü Ege Bölgesi’nde meydana gelmiş olup, Karadeniz Bölgesi ise %2,8 ile en az kaza meydana gelmiştir. Kaza bölgesi ile kaza tipi arasında anlamlı bir ilişki olduğu H3 hipotezi reddedilmiş, ancak kaza bölgesi ile kaza sonucu arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu dair H10 hipotezi ise kabul edilmiştir. Bu kapsamda Akdeniz Bölgesi’nde meydana gelen kazaların 20’sinde gemi emniyete alınmış/kurtarılmış, 11’inde gemi hurdaya ayrılmış/kurtarılamamış, 6’sı ise diğer başka şekilde sonuçlanmıştır. Marmara Bölgesi’nde ise 52 gemi emniyete alınmış/kurtarılmış, 19 gemi hurdaya ayrılmış/kurtarılamamış ve 9 geminin akıbeti diğer başka şekilde sonuçlanmıştır. Ege Bölgesi’nde ise 90 gemiden sadece 35’i emniyete alınmış/kurtarılmıştır. Karadeniz Bölgesi’nde gerçekleşen 6 kazanın hiçbirinde gemi emniyete alınıp/kurtarılamamıştır.

Elverişli yapısı nedeniyle Ege ve Akdeniz’de mevcut turizm kaynaklı yoğun deniz trafiğine paralel olarak, ilgili gemi ve yat kazalarının %59,7’si Ege ve Akdeniz Bölgesinde meydana gelmiştir. Bu nedenle Şekil 2.’de Akdeniz ve Ege Denizi’nde meydana gelen gezi, spor ve eğlence amaçlı gemiler ile yatların karıştığı kazalar harita üzerinde gösterilmiş olup, kazalar yoğunluklu olarak turizm merkezi olan Antalya, Muğla ve İzmir Çeşme civarında gerçekleşmiştir. Şekil 2, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ana Arama Kurtarma Koordinasyon Merkezinin internet sitesinde yayınladığı Kaza/Olay istatistik bilgilerinden derlenerek hazırlanmıştır.

Tablo 3. Hipotez testi sonuçları

Table 3. Hypothesis test results

Hipotez	Test	Değeri	P	Hipotezin Sonucu
H ₁	Pearson Ki Kare	9,038	0,610	Red
H ₂	Fisher Freeman Halton Exact	13,567	0,854	Red
H ₃	Fisher Freeman Halton Exact	18,132	0,740	Red
H ₄	Pearson Ki Kare	15,258	0,004	Kabul
H ₅	Pearson Ki Kare	11,331	0,022	Kabul
H ₆	Pearson Ki Kare	159,583	<0,001	Kabul
H ₇	Pearson Ki Kare	31,592	<0,001	Kabul
H ₈	Pearson Ki Kare	1,228	0,541	Red
H ₉	Pearson Ki Kare	6,180	0,800	Red
H ₁₀	Fisher Freeman Halton Exact	19,490	0,002	Kabul
H ₁₁	Pearson Ki Kare	12,444	0,002	Kabul
H ₁₂	Pearson Ki Kare	18,840	<0,001	Kabul
H ₁₃	Pearson Ki Kare	54,567	<0,001	Kabul



Şekil 2. 2009-2016 yılları arasında Akdeniz ve Ege Bölgesinde gezi, spor ve eğlence amaçlı gemiler ile yatların karıştığı kazalar
Figure 2. Accidents involved in touring/ sport/ recreational vessels and yachts in the Mediterranean and Aegean Regions between 2009-2016

Sonuç

Denizlerimizde uluslararası gemi trafiğinin yanı sıra gezi spor ve eğlence amaçlı gemiler, tur tekneleri, yatlar ve şehir içi taşımacılığında kullanılan vapur ve motorlar, balıkçı tekneleri vb. deniz araçlarından kaynaklı ayrıca bir trafik meydana gelmektedir. Özellikle yaz döneminde gezinti, spor, eğlence amaçlı gemiler, günübirlik tekneler ve yatlar deniz trafiğini ciddi biçimde etkilemektedir. Bu durumda da bu gemi ve yatların karıştığı kazalar da meydana gelmektedir. Bu nedenle çalışmada Türk Arama Kurtarma Bölgesi'nde meydana gelen gezi, spor ve eğlence gemileri ve yatların karıştığı kazalar incelenmiş olup, yapılan frekans dağılımı sonucunda %60,1'inin yaz döneminde gerçekleştiği ve kazaların %50'den fazlasının Akdeniz ve Ege Denizinde meydana geldiği ve %76,5'ine yatların karıştığı ortaya konmuştur. Bununla birlikte; yapılan hipotez testlerinde kaza tipi ile sırasıyla gemi tipi, gemi tabiiyeti, kaza sonucu ve Ölüm/yaralanma/kayıp arasında ve kaza sonucu ile sırasıyla kaza bölgesi, gemi tipi, gemi tabiiyeti ve ölüm/yaralanma/kayıp arasında anlamlı bir ilişki bulunmuş olup, mevsim, saat aralığı, kaza bölgesi ile kaza tipi arasında ve mevsim ve saat aralığı ile kaza sonucu arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Türk Arama Kurtarma Bölgesinde meydana gelen deniz kazaları ile ilgili olarak birçok çalışma yapılmış olmakla birlikte daha önce gezi spor ve eğlence amaçlı gemiler ile yatların karıştığı kazalarla ilgili özel bir çalışma yapılmamış olması bakımından çalışmamız farklı bir bakışa sahiptir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Etik kurul izni: Araştırma niteliği bakımından etik izin gerektirmemektedir.

Finansal destek: -

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

AAKKM (Ana Arama Kurtarma Koordinasyon Merkezi) (2021). Arama Kurtarma (SAR) Nedir? <https://aakkm.uab.gov.tr/arama-kurtarma-sar-nedir>, (Erişim Tarihi: 07.05.2021).

AAKKM (Ana Arama Kurtarma Koordinasyon Merkezi) (2020). Kaza-Olay İstatistikleri, <https://aakkm.uab.gov.tr/kaza-olay-istatistikleri>, (Erişim Tarihi: 15.11.2020).

Asyalı, E., Kızılcıkan, T. (2012). Türkiye Kıyılarında 2004-2008 Yıllarında uluslararası sefer yapan gemilerin karıştığı deniz kazalarının analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 4(2), 27-45.

Başar, E. (2010). Investigation into marine traffic and a risky area in the Turkish Straits system: Çanakkale Strait, *Transport*, 25(1), 5-11.

<https://doi.org/10.3846/transport.2010.01>

Bayar, N., Özüm, S., Yılmaz, H. (2008). Analysis of Accidents in Istanbul Strait. Proceeding Book of International Maritime Lecturers Association 16th Conference on MET, 393-400.

Bebetido, O.L., Poku, R. (2016). Marine offshore accidents in Nigeria, causes and necessary preventive measures. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 5(3),171-183.

Ceyhan, G. C. (2014). The impact of shipping accidents on marine environment: A study of Turkish seas. *European Scientific Journal*, 10(23), 10-23.

Çakır, E., Kamal, B. (2021). İstanbul Boğazı'ndaki ticari gemi kazalarının karar ağacı yöntemiyle analizi. *Aquatic Research*, 4(1), 10-20.

<https://doi.org/10.3153/AR21002>

Çolak, E. (2015). Ki-Kare Bağımsızlık Analizi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı. Eskişehir.

De Maya, B. N., Ahn, S. I., Kurt, R. E. (2019, September). Statistical analysis of MAIB database for the period 1990-2016. In 18th International Congress of the Maritime Association of the Mediterranean.

Ece, N.J., Tok.,V., Temiz, İ. (2020). An analysis of marine accidents in the strait of Çanakkale. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 12, 1-26.

<https://doi.org/10.18613/deudfd.740152>

Ece, N.J. (2016). Kılavuzluk hizmetlerinin deniz emniyetine katkısı: İstanbul Boğazı'nda kazaya karışan gemiler ile kılavuz kaptan almaları arasındaki ilişkinin analizi. *Journal of ETA Maritime Science*, 4(1), 3-21.

<https://doi.org/10.5505/jems.2016.03522>

Ece, N.J. (2012). İstanbul Boğazı'nda meydana gelen deniz kazalarının analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 4(2), 1-25.

<https://doi.org/10.18613/deudfd.740152>

Ece J.N. (2005). İstanbul Boğazı'ndaki Deniz kazalarının seyir ve çevre güvenliği açısından analizi ve zararsız geçiş koşullarında değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması, Ankara

IMO (International Maritime Organization) (2021). Casualties.

<https://www.imo.org/en/OurWork/MSAS/Pages/Casualties.aspx>, (Erişim Tarihi: 10:05.2021).

IMO (International Maritime Organization) (1979). International Convention on Maritime Search and Rescue (SAR) [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Maritime-Search-and-Rescue-\(SAR\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Maritime-Search-and-Rescue-(SAR).aspx) (Erişim Tarihi: 10:05.2021).

Kılıç, A., Sanal, H.T. (2015). Çanakkale Boğazı'nda karaya oturmayla sonuçlanan gemi kazaları. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 38-50.

Kılıç, İ. (2015). Bulanık-analitik hiyerarşi sürecini kullanarak İstanbul Boğazı'nda deniz kazaları risk analizi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Kızılcı, T. (2010). Kıyı alanlarında gemi emniyet yönetimi ve deniz kazaları analizi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü.

Kodak, G., Acarer, T. (2021). İstanbul Boğazı'nda deniz trafik düzenlemelerinin kaza oranına etkisinin değerlendirilmesi. *Aquatic Research*, 4(2), 181-207.

<https://doi.org/10.3153/AR21015>

Koldemir, B. (2009). Seyir güvenliği açısından İstanbul Boğazı'nda riskli bölgelerin belirlenmesi; kaza kara noktalarının güncellenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 1(1), 17-26.

Koldemir, B. (2006). İstanbul Boğazı trafiğinde seyir güvenliği sorunu olan bölgelerin belirlenmesi için bir yöntem. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 51-57.

Kuleyin, B., Aytakin, H. (2015). Çanakkale Boğazında 2004-2014 Yılları arasında gerçekleşen deniz kazalarının analizi ve kazaların önlenmesine yönelik öneriler. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 7(1), 21-38.

<https://doi.org/10.18613/deudfd.87984>

Mullai A, Paulsson U, (2011). A grounded theory model for analysis of marine accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 1590-1603.

<https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.03.022>

Nas, S. (2011). İzmir Körfezi deniz ulaştırma emniyeti ve Yenikale geçidi karaya oturma kazalarının analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Der-gisi*, 13(1), 9-23.

Nielsen, D., Jungnickel, D. (2003). Maritime accident investigation and temporal determinants of maritime accidents: A case study. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 2(1), 49-59.

<https://doi.org/10.1007/BF03195033>

Ntanos S., Chalikias M., Milioris K., Sidiropoulos G. (2015). Data analysis on maritime accidents over 1000 grt: The case of Greece. Proceedings of ICQQMEAS 2015 International Conference, 261-270, ISBN: 978-960-98739-6-3.

Resmi Gazete. (2020). 17.10.2020 Tarih ve 31277 Sayılı Deniz ve Hava Araçları Kazalarında Arama ve Kurtarma Yönetmeliği.

Taş, A., Alkan G. (2016). Analysis of grounding accidents in the Mediterranean and the Aegean Sea coast of Turkey, Proceeding book of The Second Global Conference on Innovation in Marine Technology and the Future of Maritime Transportation, 290-300.

Tatlısuluoğlu, A. (2008). Çanakkale Boğazı deniz kazaları ve çevreye olan etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2021). Turizm İstatistikleri.

<https://yigm.ktb.gov.tr/TR-9851/turizm-istatistikleri.html>,

(Erişim Tarihi: 02.05.2021).

TDK (Türk Dil Kurumu) (2021). Türk Dil Kurumu Sözlükleri, <https://sozluk.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 09.05.2021).

Toman, I., Zec, D. (2020). The analysis of recreational vessel groundings in Croatian waters of the Adriatic Sea. *Po-morstvo*, 34(1), 59-64.

<https://doi.org/10.31217/p.34.1.7>

Tunçel, A. L. (2020). Dökme yük ve genel kargo gemi kazalarının analizi. Yüksek Lisans Tezi. İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı.

Ugurlu, O., Yildirim, U., Yuksekyildiz, E. (2013). Marine accident analysis with GIS. *Journal of Shipping and Ocean Engineering*, 3(1-2), 21.

Xu, T., Liu, X., Hu, S. (2020). Maritime accidents in New Zealand from 2015 to 2018: revealing recommendations from statistical review. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 50(4), 509-522.

<https://doi.org/10.1080/03036758.2019.1659378>

Xue, J., Papadimitriou, E., Reniers, G., Wu, C., Jiang, D., van Gelder, P.H.A.J.M. (2021). A comprehensive statistical investigation framework for characteristics and causes analysis of ship accidents: A case study in the fluctuating backwater area of Three Gorges Reservoir region. *Ocean Engineering*, 229, 108981.

<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.108981>

Xue, J., Papadimitriou, E., Wu, C., Van Gelder, P.H.A.J.M. (2020). Statistical analysis of the characteristics of ship accidents for Chongqing Maritime Safety Administration District. 2020 Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems (FISTS), 2020. 247-251.

<https://doi.org/10.1109/FISTS46898.2020.9264867>

Wu, Y., Pelot, R., Hilliard, C. (2005). The effect of weather factors on the severity of fishing boat accidents in Atlantic Canada. *Risk Management*, 7(3), 21-40.

<https://doi.org/10.1057/palgrave.rm.8240217>

Yılmaz, F., İlhan, M. N. (2018). Türk Bayraklı gemilerin karıştığı deniz kazaları ve denizcilere etkilerine ilişkin bir analiz. *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, (211), 80-95.

Yılmaz, F., İlhan, M. N. (2017). Analysis of occupational accidents and risk factors occurred on Turkish flagged ships. *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, (209), 55-70.



Determination of the perception of ship management towards environmental pollution caused by routine operations of ships

Osman ARSLAN¹, Murat Selçuk SOLMAZ², Hasan Bora USLUER³

Cite this article as:

Arslan, O., Solmaz, M.S., Usluer, H.B. (2022). Determination of the perception of ship management towards environmental pollution caused by routine operations of ships. *Aquatic Research*, 5(1), 39-52. <https://doi.org/10.3153/AR22005>

¹ Kocaeli University, Maritime Faculty, Maritime Transportation and Management Engineering Department, Kocaeli, Turkey

² Piri Reis University, Maritime Faculty, Maritime Transportation and Management Engineering Department, Istanbul, Turkey

³ Galatasaray University, Maritime Vocational School, Istanbul, Turkey

ORCID IDs of the author(s):

O.A. 0000-0003-4384-3510

M.S.S. 0000-0002-8528-2865

H.B.U. 0000-0001-8988-9288

Submitted: 23.02.2021

Revision requested: 11.07.2021

Last revision received: 02.08.2021

Accepted: 03.08.2021

Published online: 20.12.2021

Correspondence:

Osman ARSLAN

E-mail: osmanarslan881@gmail.com



ABSTRACT

In order to leave a livable world to future generations, the elimination of environmental pollution, which is one of the important dimensions of sustainability, increases its importance every day. Undoubtedly, among the factors that cause environmental pollution, the role of ships is quite high. The seas are also polluted by the routine operation of ships as well as marine accidents. Pollution arising from the routine operations of ships is caused by the discharge of pollutants such as ballast water, bilge water, sludge or garbage into the sea. In addition, emissions from ships and oil and fuel pollution caused by the routine operation of ships also play an important role in environmental pollution. In this study, the phenomena resulting from the routine operations of ships and causing environmental pollution were examined using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, which is one of the multi-criteria decision-making methods, and the perceptions of ship operators towards environmental pollution were tried to be determined.

Keywords: Environmental Pollution, Maritime Transportation, Ship Operations, Ship Management, AHP, Perception

Introduction

Maritime transportation, which is of great importance in terms of world trade, is a very advantageous mode of transportation compared to other transport modes due to its safe, economical and high carrying capacity. With the development of the world economy and industry, the demand in maritime transportation has increased rapidly, and this has led to an increase in the number and tonnage of ships. The increase in the number and size of the ships leads to an increase in environmental pollution.

The seas, which have been a source of life for people for centuries, have been used as waste disposal areas in recent years. According to the data of the International Maritime Organization (IMO), wastes entering the world's seas; 8% from natural resources, 0.5% from offshore production, 11% from sea transport, 30% from atmospheric sources, 40% from flood and land based discharges, 10% from illegal discharge (Küçük and Topçu, 2012). Ships, which are the main elements of maritime transport, cause sea pollution to a large extent and less air pollution (Satır, 2007). Marine pollution as defined by UN Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), Article 1.4 (1982) is: "means the introduction by man, directly or indirectly, of substances or energy into the marine environment, including estuaries, which results or is likely to result in such deleterious effects as harm to living resources and marine life, hazards to human health, hindrance to marine activities, including fishing and other legitimate uses of the sea, impairment of quality for use of sea water and reduction of amenities." Air pollution is the presence of pollutants such as dust, gas, fog, odor, smoke or steam in the atmosphere in quantity, density and time that will harm human, plant and animal life or material objects (Satır, 2007). The maritime sector, which realizes more than 90 percent of the world trade with approximately 90,000 vessels, contributes greatly to environmental pollution and climate change. The enormous increase in maritime transport today also increases ship pollution significantly (URL-1).

Operational pollution means that marine pollution caused by ships is not limited to accidents. Actually, most of the pollutants are released during the voyage of the ship, not by accident (Özdemir et al., 2016). Marine transportation generates negative impacts on the marine environment, including greenhouse gas emissions, air pollution, releases of ballast water containing aquatic invasive species, garbage, historical use of antifoulants, giving directly to the sea of raw sewages, oil and chemical spills, dry bulk cargo releases, resulting of oil and waste water after deck washing operations (Walker et

al., 2019; Özdemir et al., 2016). These pollutants are very harmful for marine environment.

Maritime transport makes a large contribution to greenhouse gases and air pollution (Miola and Ciuffo, 2011). Ship emissions compose a major, and so far, poorly regulated, source of air pollution (Jonson et al., 2020). Shipping activity can pollute the atmosphere through routine operations. In particular, carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO), sulphur oxide (SO_x), nitrogen oxide (NO_x) and particulate matter (PM) are released due to the operation of the ship's machinery and the incineration of waste, which contributes to global warming and acid rain (Potters, 2013; Aygül and Baştuğ, 2020). As a result of the burning of fossil fuels used in ship machinery, exhaust emissions are harmful to the environment and human health (Aygül and Baştuğ, 2020).

The most important convention prepared under the leadership of the International Maritime Organization (IMO) regarding ship-related pollution is the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL), shortly MARPOL 73/78. This contract, to which many countries are parties, has six annexes (IMO, 2020a).

- Annex I: Regulations for the Prevention of Pollution by Oil,
- Annex II: Regulations for the Control of Pollution by Noxious Liquid Substances in Bulk,
- Annex III: Prevention of Pollution by Harmful Substances Carried by Sea in Packaged Form,
- Annex IV: Prevention of Pollution by Sewage from Ships,
- Annex V: Prevention of Pollution by Garbage from Ships,
- Annex VI: Prevention of Air Pollution from Ships.

When the literature is searched, there are many studies on marine pollution originating from ships. In addition, it was seen that studies were carried out on air pollution caused by ship emissions and their effects on human health. The literature on these subjects was reviewed and studies on environmental pollution caused by ships are given in Table 1.

In the study, the causes of marine and air pollution caused by the routine operation of ships were examined by reviewing the literature and the indicators found were evaluated by experts such as inspectors, technical directors and designated persons ashore (DPA) working in ship management. The priority levels of the indicators were calculated using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method with the data obtained from the experts.

Table 1. Studies on environmental pollution caused by ships.

Author(s)	Aim/Aims	Method/Methods	Results or Conclusions
Baykal and Baykal (1999)	To provide precautions and suggestions that can be taken during the build and operation of ships related to marine pollution caused by ship-sourced wastewater.	Literature review.	Issues related to wastewater should be seriously addressed by planning in advance, starting from the project stage of the ships, including the build and delivery processes.
Saxe and Larsen (2004)	To model the dispersal of NO _x , SO ₂ and primary formed particulate matter originating from ships in the Danish harbours.	The operational meteorological air quality model (OML) was used to calculate the urban dispersion of air pollutants originating from ships in three Danish ports.	It was concluded that emission from ships in harbour could possibly induce health problems to people in the Danish ports.
Satir (2007)	To develop a ship waste reception facility model.	The planning, site selection, installation and operation of a ship waste reception facility are examined together with different alternatives.	The developed model is supported by scientific data, as is the case with the site selection of the waste facility.
Iduk and Nitonye (2015)	To find solutions to marine pollution caused by non-compliance with the standards set for the protection of the marine environment.	Questionnaire/descriptive method was used to find out the effects and solution of marine pollution from ships.	Sources of marine pollution from ships have been established, which included discharge of oily water from bilge, invasive organisms from ballast, accidental discharge of oil from tankers ships and operational discharge, etc.
Zhu and Zhao (2015)	To assess the feasibility of applying the Polluter-Pays Principle (PPP) to its fullest measure in counteracting ship-source pollution in Hong Kong.	Involved data collection, which was performed by conducting a questionnaire survey of selected ship-ping.	Findings provide useful evidence, and enable meaningful reflections on the existing legal and policy framework covering ship-source pollution.
Özdemir et al. (2016)	To investigate reasons of marine pollution caused by ship operations and to find measures to prevent them.	The decision-making trial and evaluation laboratory method approach was applied.	The results showed that bunker oils and bilge waters is a key value factor and powerful influential criteria.
Onwuegbuchunam et al. (2017)	To conduct a physico-chemical and microbiological analysis of samples of ships' wastewater to determine the status of marine pollution in the port environment.	Taking samples from selected areas and processed at the laboratory and determination of the physico-chemical and microbiological parameters.	Results of the laboratory analysis of the physico-chemical and microbiological properties of ship generated wastewater are presented as bilge, ballast and black water
Zhang et al. (2018)	To propose an innovative risk-based model for quantitative regional emergency resource allocation, which comprehensively analysis the factors such as oil spill probability, hazard consequences, oil properties, weathering process and operation efficiency.	The oil spill risk index modelling.	Results indicate that the emergency resource allocation method based on risk assessment is applicable to the oil spill risk assessment and capacity building in the port area.
Ringbom (2018)	To explore governance structures in shipping with a particular focus on the regulation of environmental protection in the Baltic Sea.	Literature review.	If the air emission standards are applied, environmental regulation of shipping may become more multi-faceted and dynamic.
Jonson et al. (2020)	To find the effects of perturbing ship emissions by performing a series of scenario calculations in both globally and individual sea areas.	Scenario based study.	The impact of ship emissions on ozone in nearby land areas was comparable for the some models but lower for the a model.

Marine Pollution Caused by Pollutants Other than Oil and Fuel

Considering the issue of marine pollution, it is seen that there are two main pollutants. The first of these is terrestrial pollutants that have a large share of 80% in the pollution of the marine environment. The second pollutant that causes the pollution of the seas is marine vehicles, namely ships (Baykal and Baykal, 1999). Maritime transportation activities play an important role in the pollution of the marine environment. Some of the pollution caused by ships arises due to the routine operation of ships (Tütüncü, 2004). This pollution occurs as a result of the ships being discharged into the sea while sailing, such as cargo residues, ballast, sewage, and garbage without complying with the international rules on waste management (Fitoz, 2009; Çevik, 2004).

Cargo Residues

One of the causes of marine pollution from ships is the discharge of cargo residues into the sea (Çevik, 2004). Cargo residues resulting from the normal activities of the ships consist of the remaining parts of the cargo remaining in the cargo holds of the ship after the discharge and hold-cleaning operations of the ships are completed (URL-2). Within the scope of MARPOL Annex V, rules have been introduced on how cargo residues defined as Harmful to the Marine Environment (HME) can be disposed of. In this context, due to the difficulties experienced by shipowners and operators in finding suitable waste reception facilities at the cargo receiving terminals, it ensures that the washing water of the holds containing solid bulk cargoes that are classified as HME may be discharged outside the special areas under the conditions defined in the circular. It is therefore strongly recommended that shipowners and crew comply with the relevant MARPOL Annex V Rule 4.1.3 and Rule 6.1.2 for the discharge of HME waste (URL-3).

Ballast Water

The ballast system is a tank system in the bow or sides of the ships where seawater is stored in order to ensure the stability of the ship (Alpay, 2015). Some of the sea creatures in the ballast waters transported by ships die due to temperature changes in the ballast water, food shortage and lightless environment. The surviving creatures are mixed with the new marine ecology they come to when the ballast waters are discharged into the sea. This mixing hinders the functioning of the food chain, damaging the ecology. Invasive species carried by ballast water pose a significant threat to biodiversity. This threat is combined with marine pollution originating from land and excessive use of marine resources, causing *changes in the marine habitat* (Körpe, 2009).

Sewage

In accordance with Annex IV of MARPOL, “sewage means drainage and other wastes from any form of toilets, urinals, and WC scuppers; drainage from medical premises (dispensary, sick bay, etc.) via wash basins, wash tubs and scuppers located in such premises; drainage from spaces containing living animals; or other waste waters when mixed with the drainages defined above”. In other words, it is the wastewater that occurs as a result of the use of sinks, toilets, showers and kitchens in the ship for seafarers to survive. Among these waters, toilet water is the one with the highest degree of pollution compared to other water and is called black water. Other water, including water from kitchens, is less pollutant than toilet water and is called gray water. While black waters contain too much organic matter, suspended solids, nitrogen, phosphorus and coliform, the coliform content of gray waters is insignificant compared to black water. Discharging sewage into shallow areas with less water circulation causes an increase in eutrophication. The suspended solid material collapses to the bottom of the sea and threatens the natural environment there (Baykal and Baykal, 1999).

Garbage

MARPOL 73/78, which is the international convention for the prevention of pollution of the seas by ships, contains the rules on preventing the pollution of the seas with the garbage from the ships in Annex V. In this context, garbage includes all kinds of food and operational wastes that need to be disposed of regularly and collected during the normal operation of the ship, except those defined or listed in other Annexes. It is prohibited to discharge any kind of a solid waste to the sea, except food residues that can be discharged 12 miles from the shore from ships. The Mediterranean, the Red Sea, the Baltic Sea, the Black Sea, and the Gulf are designated as special areas within the scope of the Annex, and the discharge of wastes in the sea is prohibited here. The discharge of garbage outside of private areas is mainly subject to the following conditions: Discharging of all kinds of plastic materials into the sea, including synthetic ropes, fishing nets, plastic garbage bags, is prohibited. Certain materials may be discharged into the sea as far as possible from the nearest land, and if the distance to the nearest land is less than specified, discharging into the sea will be prohibited: 25 nautical miles for floating stacking equipment, coatings, and packaging materials; food waste, paper, and cardboard products, glass, rags, and other mineral waste and the like can be dumped up to 12 nautical miles away; food wastes, paper products, glass, rags, and other mineral wastes and the like can be discharged into the sea, not less than 3 nautical miles from the nearest land after they are processed in a shredder and grinder. The pores of

such crushed and ground garbage are 25 mm. It must be divided into small pieces that are no bigger than the size of the filter (Palabıyık, 2002).

Marine Pollution Caused by Oil and Fuel

It is the marine pollution caused by discharging sludge, oil, and fuel leaks in the bilge of ships' engine rooms, fuel tanks, or cargo tanks of oil tankers into the sea. The most important of these is the waste accumulated in bilge, sludge and slop tanks.

Bilge Waters

Leaks consisting of fuel, oil, and cooling water used in all machinery operated with the fuel in the ships accumulate in the bilge located at the bottom of the ship (Fitoz, 2009). The waters collected in the bilge and containing high amounts of oil are called bilge waters. The amount of bilge water in a ship depends on the age, tonnage, and maintenance of the ship (Küçükşahin, 1997). The water accumulated in the bilge must be removed from the ship after a certain period. Otherwise, it will cause corrosion on the ship. If bilge water accumulates and is not discharged, it may cause the cargo to become wet and damp on the loaded ship. If the bilge water in the engine and boiler room is not discharged, it may prevent the normal operation of the machines and seafarers (Küçükşahin, 1997).

Oily Sludge

Refers to sludge formed from sludge and/or oil sediments in engine rooms of ships, fuel tanks, or cargo tanks of oil tankers (Yılmaz et al., 2009). According to the Water Pollution Control Regulation, the unused residue remaining from the fuel and oil used by the machines on the ships is called sludge. The unwanted substances contained in the used fuel of the ship's machinery must be purified before use. After the treatment process is over, the residual material, sludge, comes out from the fuel. When the ship arrives at the port, if sludge removal service is not provided within the port service, the ships discharge the sludge to the sea. Since sludge remains on the sea surface for a long time without dispersing, they drag to the beach after a while and take the appearance of pitch sticking to people's feet while walking on the beach (Alpay, 2015).

Tank Washing Water (Slop)

In the Regulation of Waste Collection from Ships and Control of Wastes, slop is defined as "oily water residues formed as a result of washing the cargo tanks on the ships and accumulated in the tanks" (URL-4). Like bilge waters, tank wash water contains a high percentage of oil, so it poses as much danger to the seas as bilge waters (Gündoğdu, 2013). When the

ships carrying oil and petroleum products unload their cargo, some product remains in the tank. When it comes to placing a different cargo in the same tank, the tank is first washed with seawater in order not to spoil the content and purity of the cargo. The mixture of oil and seawater formed as a result of washing is called slop (Fitoz, 2009). It was determined that the remaining cargo in the tanks is 0.35% of the total cargo (Egemen, 1999). Considering that a tanker carries thousands of tons of oil, this rate is no small amount. According to a study, it was found that as a result of the slop being discharged at sea, approximately 8 to 20 million barrels of oil were thrown into the sea per year (Egemen, 1999).

Air Pollution Caused by Routine Operations of Ships

The main engines, boilers, and generators in ships are the biggest air pollutants that cause ship-borne exhaust gas emissions in air pollution (Uçar, 2014). Since most of the ships use oil, the oil released into the air from the funnels of these ships causes pollution of the marine environment (Tütüncü, 2004). With the burning of fossil fuels used in ship machinery, harmful exhaust emissions occur in terms of environment and human health. The most important of these emissions are sulphur oxide (SO_x), nitrogen oxide (NO_x), particulate matter (PM), carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), and volatile organic compounds (VOC) (Solmaz et al., 2019; Bailey et al., 2004). Air pollutants and greenhouse gases resulting from ship exhaust emissions cause reduced air quality, global warming, and acid rain (Aygül and Baştuğ, 2020). In the study, Nitrogen Oxide (NO_x), Sulphur Oxide (SO_x), and Particulate Matter (PM), which cause the most air pollution, were discussed.

Nitrogen Oxide (NO_x)

Nitrogen oxides are a family of chemicals, including nitric acid, nitrogen dioxide, nitrous oxide, and other related compounds (Bailey et al., 2004). The high temperature that occurs during the combustion in diesel machines is the reason for the formation of nitrogen oxides. The formation of NO_x, which is not only dependent on temperature, occurs depending on the cylinder pressure, air-fuel ratio, combustion time within the cylinder, and the speed of chemical reactions (Şenol, 2020). With the combustion of the fuels used in ships in diesel engines, the temperature in the cylinders reaches 1500 °C and above. At this temperature, nitrogen and oxygen in the combustion air in the cylinder undergo a chemical reaction and cause NO_x to be formed (Saraçoğlu, 2010). Since nitrogen oxides cause acid rain by forming nitric acid, it is one of the main emissions to be considered (Şenol, 2020). 5% of the NO_x emitted to the atmosphere from the funnels of the ship is NO₂ and the rest is nitrogen monoxide. The average residence time in the atmosphere is about one day (Saraçoğlu, 2010).

Sulphur Oxide (SO_x)

Among the sulphur oxides, the most contaminant is SO₂ gas, which is colorless, odorless, and soluble in water (Bayat, 2011). SO₂ gas is a non-flammable poisonous gas released as a result of burning fossil fuels with high carbon content such as oil, coal, and natural gas (Soysal and Demiral, 2007). The high sulphur content of fossil fuels used in ships has made ships an important source of sulphur dioxide emission in global air pollution (Aygül and Baştuğ, 2020). Certain restrictions have been placed by IMO on sulphur oxide emissions and serious attention has been paid to monitoring ship emissions. IMO has determined the sulphur content in the fuel used by ships as 0.5% for the areas outside the Emission Control Areas (ECA) to control emissions. In the ECA region, it should be less than 0.1% (IMO, 2020b).

Particulate Matter (PM)

Particulate matter (PM) contamination ranges from coarse dust ejected from dirt roads to small sooty particles created when burning wood, gasoline or diesel (Bailey et al., 2004). PM is particles suspended in the air and is a mixture of solid particles and liquid droplets (Aygül and Baştuğ, 2020). And also, it is unburned powdered substances leftover from the reaction and combustion of fossil fuels and lubricating oils used in ships and heavy industries. The size of the particulate matter is in the range of 0.002 µm - 500 µm. PM has many damages to the environment such as corrosion, pollution, and damage to the vegetation. An emission limit of 50 µg/m³ has been determined for ship-sourced PM emissions (Ekmeçioğlu, 2020).

Material and Methods

Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP was developed by Thomas Saaty in the 1970s (Şengül et al., 2012). It was first used in probability planning problems in the US Department of Defense in 1971 (Göksu and Güngör, 2008). With AHP, which is based on pairwise comparisons inherent in human nature, the importance and degree of preference of options and criteria are evaluated (Alp and Gündoğdu, 2012).

AHP is a basic approach to decision making. AHP uses both objective and subjective evaluation criteria. It then tests the consistency of the evaluations. It ensures that a very important decision, such as which one should be given priority among the alternatives that should be evaluated according to many criteria, is implemented by the decision-maker. AHP can be defined as a method of expressing the components and variables of a complex and not well-structured situation in a hierarchical order, assigning quantitative values to personal

judgments regarding the comparative significance levels of each alternative, and making a synthesis by revealing the priority levels of the variables according to the results of the judgments. Facility location selection, personnel evaluation, evaluation of companies, training evaluation and selection, software selection, target market selection, tourism center selection, and new product development can be given as examples to the studies conducted with the AHP method (Alp and Gündoğdu, 2012). Many solution techniques have been developed for such problems solved under the name of Multi-Criteria Decision Making Techniques. AHP is the most used of these techniques. AHP is an effective analysis in multi-criteria decision making (Şengül et al., 2012).

In the first step in AHP, in line with the specified purpose, the criteria and sub-criteria of those criteria are defined and a hierarchical structure is created by the decision-maker. In the second step of AHP, by comparing the criteria in pairs, decision-makers are given the opportunity to determine their importance and make the best decision as a result. Complex decisions are synthesized using the AHP method, and both quantitative and qualitative aspects of the decision are revealed (Güngör and İşler, 2005). The following steps are performed in order to solve the decision-making problems with AHP (Alp and Gündoğdu, 2012);

- Creating a hierarchical structure (decomposition),
- Comparative structures and pairwise comparisons,
- Calculation of relative priorities (synthesis),
- Calculation of the consistency ratio.

When there are n criteria for the specified purpose, a square matrix of size $n \times n$ is created. In the created matrix, there are values that show how important i row elements are compared to j column elements. These given values are evaluated with the Thomas Saaty scale, which indicates the importance levels between the numbers 1-9 in Table 2. As shown in the Criteria Table 3, a pairwise comparison matrix is created (Güngör and İşler, 2005).

Table 2. Saaty AHP Scale.

Importance level	Definition
1	equally important
3	a little bit important
5	Important
7	very important
9	absolutely important
2, 4, 6, 8	intermediate values

Source: Saaty, T. L. (1980).

If the hierarchy contains n criteria, a total of $n(n-1) / 2$ pairwise comparisons are required. The pairwise comparisons

matrix contains the values of w_i/w_j . The expression w_i/w_j expresses how important the i criterion is than the j criterion (Şengül et al., 2012).

Table 3. Creating a Pairwise Comparison Matrix for Criteria

	Criterion 1	Criterion 2
Criterion 1	W1/W1	W1/W2
Criterion 2	W2/W1	W2/W2
Criterion n	Wn/W1	Wn/W2

Source: Vargas L.G. (1990).

The next step after the creation of paired comparison matrices is to calculate the eigenvector that shows the importance of each item in the relevant matrix compared to other items (Sipahioğlu, 2008). The $n \times 1$ dimension eigenvector of the matrix is determined as follows (Supçiller and Capraz, 2011).

$$i = 1,2,3,\dots,n \text{ ve } j = 1,2,3,\dots,n$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (2)$$

Matrix consistency is calculated by finding the relative importance of the criteria. For a comparison matrix to be consistent, its largest eigenvalue (λ_{max}) must be equal to the matrix size (n). To calculate the relative importance of the criteria, the column vector "wi" is constructed by taking the geometric mean of each row. By normalizing the created column vector, the relative importance vector "Wi" is calculated. By multiplying each row in the matrix by the relative importance vector, the column vector V2 is calculated. Then, the vector V3 is calculated by dividing each element of this vector by the corresponding element in the relative importance vector, and the arithmetic mean of the column vector V3 gives the largest eigenvalue λ_{max} (Güngör and İşler, 2005).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{w_i}}{n} \quad (4)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Table 4. Random Consistency Index (RI)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0.058	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59	

Source: Güngör and İşler, (2005)

If the Consistency Ratio (CI) obtained is less than 0.10, the matrix created is consistent (Şengül et al., 2012)

The Consistency Ratio (CR) is obtained by dividing the Consistency Indicator (CI) value by the Random Consistency Index (RI) value shown in Table 4. The randomness indicator is calculated for 15-dimensional matrices at most. The high number of criteria reduces the possibility of obtaining consistent results when all criteria are evaluated together (Güngör and İşler, 2005).

Application

In the study, it is aimed to determine which pollutants cause the most damage within the scope of marine and air pollution caused by the routine operation of ships. First, a questionnaire form was prepared in which pairwise comparisons of the criteria determined by the literature review were made. This questionnaire was applied to 6 experts working as decision-makers, such as technical managers, or DPAs. Two of these experts work as technical managers and others as DPA. Technical managers are qualified as chief engineers and DPAs are qualified as captains. In addition, the duration of each expert's work onboard is over 15 years. These 6 experts were asked to compare the marine and air pollution criteria due to the routine operations of the ships and the sub-criteria of these criteria. The hierarchical structure of the criteria is given in Figure 1. Microsoft Excel program was used to solve these comparisons.

Pairwise Comparison of Main Criteria

The data in Table 5 was created by taking the geometric mean of the results in the survey evaluated by experts' opinions of the main criteria. Evaluation of the main criteria is shown in Table 5.

The weights of the data in Table 5, i.e. their degrees of importance, are calculated and shown in Table 6. Considering the weight of the main criteria, it is thought that marine pollution caused by oil and fuel causes more damage to the environment than marine pollution caused by pollutants other than oil and fuel and air pollution. It is observed that the marine pollution caused by pollutants other than oil and fuel causes the least damage. And also, the calculated consistency ratio value is 0.02, since $CR = 0.02 < 0.10$, the comparisons were found to be consistent.

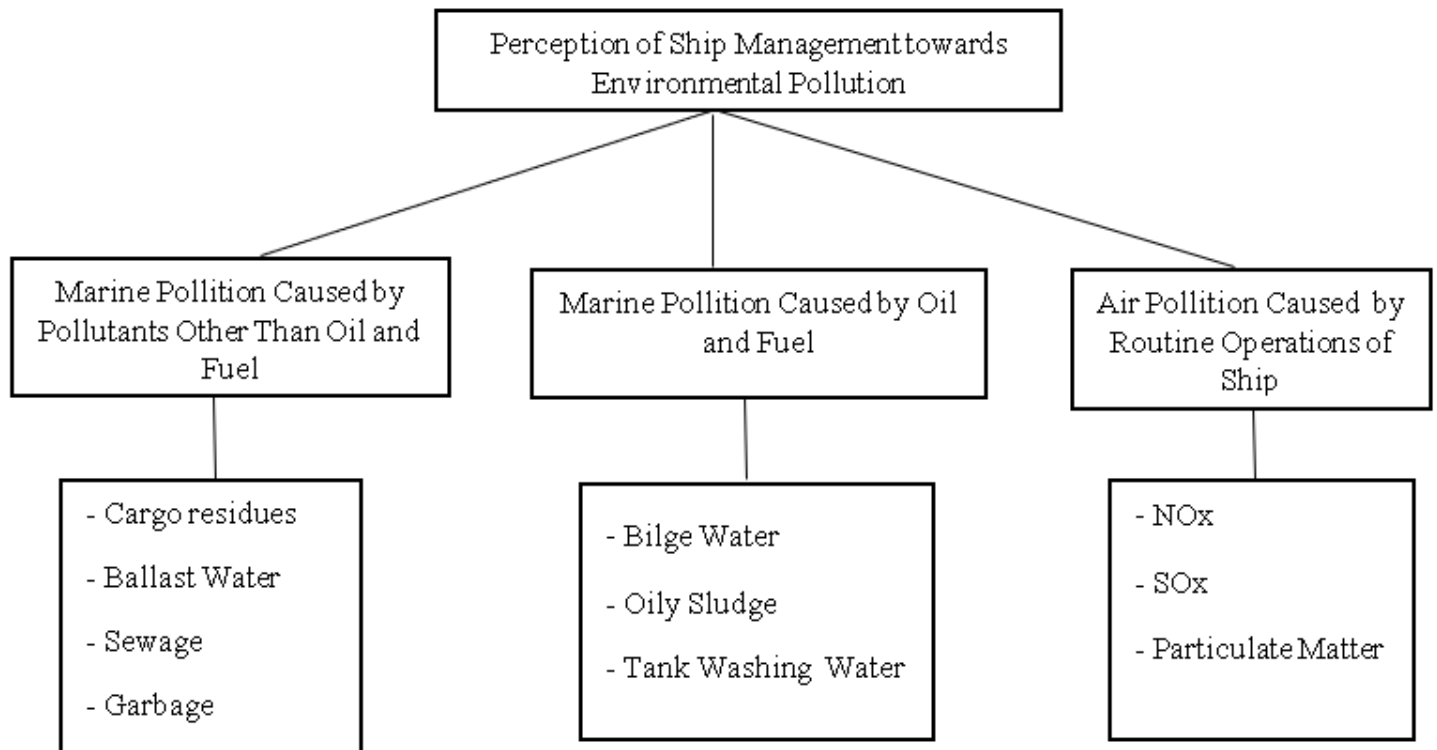


Figure 1. The hierarchical structure of the criteria.

Table 5. Pairwise Comparison of Main Criteria

Criteria	Marine Pollution Caused by Pollutants Other Than Oil and Fuel	Marine Pollution Caused by Oil and Fuel	Air Pollution Caused by Routine Operations of Ships
Marine Pollution Caused by Pollutants Other Than Oil and Fuel	1	0.166	0.411
Marine Pollution Caused by Oil and Fuel	6.008	1	5.581
Air Pollution Caused by Routine Operations of Ships	2.430	0.179	1

Table 6. Weights of Main Criteria

Criteria	Weights
Marine Pollution Caused by Pollutants Other Than Oil and Fuel	0.081
Marine Pollution Caused by Oil and Fuel	0.696
Air Pollution Caused by Routine Operations of Ships	0.222
Consistency Ratio (CR): 0.02	

Pairwise Comparison of Sub-Criteria for Marine Pollution Caused by Pollutants Other than Oil and Fuel

Sub-criteria of marine pollution caused by pollutants other than oil and fuel were compared by experts. The group decision was calculated after the geometric mean of the data obtained by preparing the paired comparison matrix in Table 7.

Considering the weights in Table 8, the ballast water sub-criterion was evaluated as the most damaging pollutant to the environment by experts' opinions. Sewage, on the other hand, is the least harmful pollutant. Since the Consistency Ratio = 0.019 < 0.10, the pairwise comparison matrix was found to be consistent.

Pairwise Comparison of Sub-Criteria for Marine Pollution Caused by Oil and Fuel

Sub-criteria of marine pollution caused by oil and fuel were compared by experts. The group decision was calculated after the geometric mean of the data obtained by preparing the paired comparison matrix in Table 9.

Considering the weights in Table 10, the bilge waters sub-criterion was evaluated as the most damaging pollutant to the environment by experts' opinions. Tank Washing Water (Slop), on the other hand, is the least harmful pollutant. Since the Consistency Ratio = 0.021 < 0.10, the pairwise comparison matrix was found to be consistent.

Pairwise Comparison of Sub-Criteria for Air Pollution Caused by Routine Operations of Ships

Sub-criteria of air pollution resulting from the routine operations of ships were compared by experts. The group decision was calculated after the geometric mean of the data obtained by preparing the paired comparison matrix in Table 11.

Considering the weights in Table 12, Sulphur Oxide (SO_x) sub-criterion was evaluated as the most damaging pollutant to the environment by experts' opinions. Nitrogen Oxide (NO_x), on the other hand, is the least harmful pollutant. Since the Consistency Ratio = 0.073 < 0.10, the pairwise comparison matrix was found to be consistent.

Table 7. Pairwise comparison of sub-criteria of marine pollution caused by pollutants other than oil and fuel

Criteria	Cargo residues	Ballast water	Sewage	Garbage
Cargo residues	1	0.350	3.992	0.321
Ballast water	2.853	1	3.360	2.078
Sewage	0.250	0.297	1	0.303
Garbage	3.107	0.481	3.295	1

Table 8. The weights of sub-criteria of marine pollution caused by pollutants other than oil and fuel

Criteria	Weights
Cargo residues	0.180
Ballast water	0.488
Sewage	0.082
Garbage	0.249
Consistency Ratio (CR): 0.019	

Table 9. Pairwise comparison of sub-criteria of marine pollution caused by oil and fuel

Criteria	Bilge Waters	Oily Sludge	Tank Washing Water
Bilge Waters	1	6.265	5.273
Oily Sludge	0.159	1	1.348
Tank Washing Water	0.189	0.741	1

Table 10. The weights of sub-criteria of marine pollution caused by oil and fuel

Criteria	Weights
Bilge Waters	0.738
Oily Sludge	0.140
Tank Washing Water (Slop)	0.121
Consistency Ratio (CR): 0.021	

Table 11. Pairwise comparison of sub-criteria of air pollution resulting from the routine operations of ships

Criteria	Nitrogen Oxide (NO _x)	Sulphur Oxide (SO _x)	Particulate Matter (PM)
Nitrogen Oxide (NO _x)	1	0.278	0.458
Sulphur Oxide (SO _x)	3.595	1	3.914
Particulate Matter (PM)	2.182	0.255	1

Table 12. The weights of sub-criteria of air pollution resulting from the routine operations of ships

Criteria	Weights
Nitrogen Oxide (NO _x)	0.138
Sulphur Oxide (SO _x)	0.637
Particulate Matter (PM)	0.224
Consistency Ratio (CR): 0.073	

Results and Discussion

Three main criteria and their sub-criteria were prioritized by experts using the AHP method. The weights written in bold color in Table 13 are criteria that have the highest weight resolved according to the data obtained from experts.

As seen in Table 13, when the main criteria that cause environmental pollution caused by the routine operations of ships are listed by weight, it is seen that marine pollution caused by

oil and fuel comes first, and then air pollution and marine pollution caused by pollutants other than oil and fuel, respectively. As can be seen from the weights, oil and fuel pollution has emerged as the most damaging pollutant to the environment. It is observed that the damage caused by the discharge of the bilge waters of the ships into the sea is the most. The bilge water, which consists of fuel, oil, and cooling water used in the machines, causes corrosion and wetting of the load and creates a negative effect on the ship. Discharge of bilge waters into the sea without complying with international rules plays a significant role in marine pollution.

Table 13. The weights of criteria of environmental pollution caused by routine operations of ships

Criteria	Weights of Criteria	Sub-criteria	Weights of Sub-Criteria
Marine Pollution Caused by Pollutants Other Than Oil and Fuel	0.081	Cargo residues	0.180
		Ballast water	0.488
		Sewage	0.082
		Garbage	0.249
Marine Pollution Caused by Oil and Fuel	0.696	Bilge Waters	0.738
		Oily Sludge	0.140
		Tank Washing Water (Slop)	0.121
Air Pollution Caused by Routine Operations of Ships	0.222	Nitrogen Oxide (NO _x)	0.138
		Sulphur Oxide (SO_x)	0.637
		Particulate Matter (PM)	0.224

Air pollution caused by the routine operations of ships ranks second. It is thought that the damage caused by sulphur oxide to the environment is more in emission emissions. As a result of the burning of fossil fuels in ship engines, a lot of sulphur oxide gas is mixed into the atmosphere. The release of sulphur oxide causes problems such as ozone depletion, acid rain, and respiratory distress in humans.

Marine pollution caused by pollutants other than oil and fuel is thought to be the least. Among the sub-criteria, it was observed that ballast water ranks first among pollutants. As a result of the ballast operation, sea creatures carried by ballast water can be included in a different marine ecology and harm the living creatures there.

Conclusion

In the study, environmental pollution caused by the routine operations of the ships has been discussed. In this context, practices in routine operations of ships that cause environmental pollution are listed based on expert opinions according to their damage to the environment. Thus, the perception of ship operators about environmental pollution has been revealed. The main and sub-criteria formed as a result of the literature review were presented to the expert group with a questionnaire and they were asked to compare these criteria and sub-criteria. In the study, the AHP technique, which is the most used method among Multi-Criteria Decision-Making Techniques and an effective method in paired comparisons, was used. According to the priorities obtained as a result of the calculations specific to AHP, it is seen that the damage to the environment by Marine Pollution Caused by Oil and Fuel is in the first place. The second is Air Pollution Caused by Routine Operations of Ships. Marine Pollution Caused by Pollutants Other Than Oil and Fuel is thought to pollute the environment the least.

In marine pollution, it is seen that the pollution caused by oil and fuel wastes such as bilge, slop, and sludge in the seas comes to the fore. It is a necessity for these pollutants to be delivered to waste reception facilities in ports or to be discharged to the seas in accordance with international rules, to protect the marine environment. In addition, according to MARPOL 73/78, ships must store on board wastes that are not allowed to be discharged into the sea. However, in order to fulfill this, the number of waste reception facilities in ports should be increased. Another issue that should be considered is the necessity of operating the existing treatment systems in ships in accordance with IMO standards.

Regarding emissions, which rank second, the use of high sulphur fuels comes first in ship-borne air pollution. To prevent this IMO has introduced restrictions on sulphur emissions.

With the decision of IMO, the sulphur rate in the fuels of ships sailing outside the ECA region in 2020 was reduced from 3.5% to 0.5%. For this purpose, ship operators are expected to use low-sulphur fuel, to turn to renewable energy sources, or to exhibit more environmentally friendly ship management by taking advantage of chimney filtering systems such as scrubber.

Within the scope of marine pollution caused by pollutants other than oil and fuel, it is seen that ballast operations are in the first place because they are carried out without complying with the rules and thus negatively affect the marine ecology. In this context, it is considered important to equip ships with ballast water management systems within the scope of The International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, which was put forward by IMO in 2004 and entered into force in 2017.

As a result, by applying an environmentally sensitive management policy of ship operators, it will be important to raise the awareness of ship personnel about environmental pollutants and their damage to the environment, to improve marine pollution prevention training, and to eliminate operational defects in preventing marine pollution.

Compliance with Ethical Standard

Conflict of interests: The authors declare that for this article they have no actual, potential or perceived conflict of interests.

Ethics committee approval: Ethics committee approval is not required.

Funding disclosure: -

Acknowledgments: -

Disclosure: -

References

Alp, S., Gündoğdu, C.E. (2012). Analytical hierarchy process and fuzzy analytical hierarchy process application in choosing the place of incorporation. *Dokuz Eylül University the Journal of Graduate School of Social Sciences*, 14(1), 07-25.

Alpay, C.G. (2015). The Evaluation of Studies on The Prevention of The Marine Pollution Within The Metropolitan Municipalities. Master Thesis, Institute of Science, Istanbul Technical University, Istanbul.

Aygül, Ö., Baştuğ, S. (2020). maritime transport-based air pollution and its effect on human health. *Journal of Maritime Transport and Logistics*, 1(1), 26-40.

Bayat, B. (2011). Hava kirliliği ve kontrolü, *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim Dergisi*, 135(1), 55-59.

Bailey, D., Plenys, T., Solomon, G.M., Campbell, T.R., Feurer, G.R., Masters, J., Tonkonogy, B. (2004). Harboring Pollution: The Dirty Truth about U.S. Ports. Natural Resources Defense Council (NRDC).

Baykal, B.B., Baykal, M.A. (1999). Gemi Kaynaklı Evsel Atık Sular ve Gemilerde Atık Su Yönetimi. A. İ. Aldoğan, Y. Ünsan, E. Bayraktarkatal (Eds.), *Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi, Bildiri Kitabı, İstanbul, Yapım Matbaacılık*.

Çevik, Ü. (2004). Uluslararası Denizcilik Sözleşmeleri. p.250, İstanbul, Birsen Yayınları, ISBN: 975-511-375-4

Egemen, Ö. (1999). Çevre ve Su Kirliliği. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları 3. Baskı, No: 42.

Ekmekçiöğlü, A. (2020). Calculation of Ship-Based Emissions by Numerical Methods. Master Thesis, Yıldız Technical University, Institute of Science, İstanbul.

Fitoz, C. (2009). Prevention of Ship-Originated Marine Pollution and Recommendations for the Turkish Straits. Master Thesis, Çanakkale Onsekiz Mart University, Institute of Social Sciences, Çanakkale.

Göksu, A., Güngör, İ. (2008). Bulanık analitik hiyerarşik proses ve üniversite tercih sıralamasında uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 13(3), 1-26.

Güngör, İ., İşler, D.B. (2005). Analitik hiyerarşi yaklaşımı ile otomobil seçimi. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2), 21-33.

Gündoğdu, M. (2013). The investigation of pollution level in ship wastewater. Master Thesis, Fırat University, Institute of Science.

Iduk, U., Nitonye, S. (2015). Effects and solutions of marine pollution from ships in Nigerian waterways. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(9), 81-90.

IMO (2020a). International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). Retrieved from [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx) (accessed 18.09.2020).

IMO (2020b). Sulphur Oxides (SO_x) and Particulate Matter (PM)–Regulation 14. Retrieved from <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pollution-Prevention> (accessed 25.11.2020).

Jonson, E.J., Gauss, M., Schulz, M., Jalkanen, J.P., Fagerli, H. (2020). Effects of global ship emissions on European air pollution levels. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(19), 11399–11422. <https://doi.org/10.5194/acp-20-11399-2020>

Körpe, Ö. (2009). Ballast water management. Master Thesis, İstanbul Technical University Institute of Science.

Küçük, Y.T., Topçu, A. (2012). Pollution from maritime transportation. *Ankara University Journal of Environmental Sciences*, 4(2), 75-79. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000067

Küçükşahin, F. (1997). Gemi Makineleri. Birsen Yayınevi, İstanbul. ISBN: 9789755115993 MARPOL 73/78. Retrieved from <https://www.marpolandsolas.com> (accessed 21.09.2020).

Miola, A., Ciuffo, B. (2011). estimating air emissions from ships: meta-analysis of modelling approaches and available data sources. *Atmospheric Environment*, 45(13), 2242-2251. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.01.046>

Onwuegbuchunam, D.E., Ebe, T. E., Okoroji, L.I., Essien, A.E. (2017). An analysis of ship-source marine pollution in Nigeria seaports. *Journal of Marine Science and Engineering*, 5(3), 39. <https://doi.org/10.3390/jmse5030039>

Özdemir, Ü., Yılmaz, H., Başar, E. (2016). Investigation of marine pollution caused by ship operations with DEMATEL method. *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10(2), 315-320. <https://doi.org/10.12716/1001.10.02.14>

Palabıyık, H. (2002). Gemi ve Liman Atık Yönetimi ve MARPOL 73/78: İzmir Limanı Örneği. 5-6 Kasım, Türkiye Kıyıları Kongresi, İzmir, ss. 997-1006.

Potters, G. (2013). Marine Pollution. Bookboon, 1st edition. ISBN 978-87-403-0540-1

Ringbom, H. (2018). Regulation of ship-source pollution in the Baltic Sea. *Marine Policy*, 98, 246-254.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.09.004>

Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. USA: McGraw-Hill.
<https://doi.org/10.21236/ADA214804>

Saraçoğlu, H. (2010). Investigation of exhaust gas emissions of ships calling Izmir Port and their environmental impact. Master Thesis, Istanbul Technical University Institute of Science.

Satır, T. (2007). Developing Port Reception Facility Model in the Turkish Ports for Establish and Management Sufficient for International Convention for the Prevention of Pollution from Ships. Ph.D. Thesis, Istanbul University Institute of Marine Sciences and Management, Istanbul.

Saxe, H., Larsen, T. (2004). Air pollution from ships in three Danish ports. *Atmospheric Environment*, 38(24), 4057-4067.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.03.055>

Sipahioğlu, A. (2008). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Ders Notları, Osman Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü.

Solmaz, M.S., Başkaya A., Savaş A., Akman M. (2019). Utilization of renewable energy in ships: optimization of hybrid system installed in an oil barge with economic and environmental pollution analysis. *Journal of ETA Maritime Science*, 7(2), 179-191.
<https://doi.org/10.5505/jems.2019.30643>

Soysal, A., Demiral, Y. (2007). Kapalı ortam hava kirliliği. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 6(3), 221-226.

Supçiller, A.A., Çapraz, O. (2011). Ahp-Topsis Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması, Ekonometri ve İstatistik, 13(12) Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı, 1–22.

Şengül, Ü., Eren, M., Eslamian Shiraz, S. (2012). Municipalities Public Transport Vehicle Selection Using Fuzzy Ahp. *Erciyes University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 40, 143-165.

Şenol, S. (2020). Gemi kökenli emisyonlara dayalı alternatif sevk sistemleri. *GİDB Dergi*, 18, 31-56.

Tütüncü, A.N. (2004). Gemi Kaynaklı Deniz Kirlenmesinin Önlenmesi, Azaltılması ve Kontrol Altına Alınmasında Devletin Yetkisi. Beta, İstanbul. ISBN 975-295-362-X

Uçar, O.F. (2014). Samsun İli Limanlarına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri. Denizcilik Uzmanlık Tezi, T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.

UN Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) (1982). (Article 1.4) Retrieved from https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf (accessed 10.02.2021)

URL-1, 8 Ways Cruise Ships Can Cause Marine Pollution, (2020). Retrieved from <https://www.marineinsight.com/environment/8-ways-in-which-cruise-ships-can-cause-marine-pollution/> (accessed 08.01.2021).

URL-2, Gemilerden Alınan Atık Türleri ve Açıklamaları. Retrieved from https://istac.istanbul/contents/46/gemilerden-atik-alimi_130838442818551895.pdf (accessed 05.12.2020).

URL-3, HME Yük Atıklarının Denize Boşaltımının Yasaklanması. Retrieved from <https://www.denizticaret-dasi.org.tr/tr/haberler/hme-yuk-atiklarinin-denize-bosaltiminin-yasaklanmasi-1018-1> (accessed 05.12.2020).

URL-4, Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 26.12.2004, Sayısı: 25682, Retrieved from <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5672&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (accessed 08.01.2021).

Vargas, L.G. (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 2-8.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90056-H](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90056-H)

Walker, T.R., Adebambo, O., Del Aguila Feijoo, M.C., Elhaimer, E., Hossain, T., Edwards, S.J., Morrison, C.E., Romo, J., Sharma, N., Taylor, S., Zomorodi, S. (2019). environmental effects of marine transportation. world seas: an Environmental Evaluation (Second Edition), Ecological Issues and Environmental Impacts, 3, 505-530.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00030-9>

Yılmaz, E., Yetkin, M., Yıldız, Ş. (2009). Petrol ve Petrol Türevli Gemi Kaynaklı Atıksuların Bertaraf ve Yönetimi: İstanbul Örneği, TÜRKAY Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, YTÜ, İstanbul.

Zhang, C., An, W., Xiong, D. Liu, B., Song, S. (2018). Research on the risk-based model for regional emergency re-

source allocation for ship-source oil spill. *Acta Oceanologica Sinica*, 37(11), 133-138.

<https://doi.org/10.1007/s13131-018-1253-x>

Zhu L., Zhao Y.C., (2015). A feasibility assessment of the application of the polluter-pays principle to ship-source pollution in Hong Kong. *Marine Policy*, 57, 36-44.

<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.03.010>



First morphometry, reproduction, and genetic data for *Blennius ocellaris* (Linnaeus, 1758) from the Black Sea

Uğur KARADURMUŞ¹, Rafet Çağrı ÖZTÜRK², Mehmet AYDIN³

Cite this article as:

Karadurmuş, U., Öztürk, R.Ç., Aydın, M. (2022). First morphometry, reproduction, and genetic data for *Blennius ocellaris* (Linnaeus, 1758) from the Black Sea. *Aquatic Research*, 5(1), 53-62. <https://doi.org/10.3153/AR22006>

¹ Bandırma Onyedli Eylül University,
Maritime Vocational School,
Department of Underwater
Technology, Balıkesir, Turkey

² Karadeniz Technical University, Fac-
ulty of Marine Sciences, Department of
Fisheries Technology Engineering,
Trabzon, Turkey

³ Ordu University, Fatsa Faculty of
Marine Sciences, Department of
Fisheries Technology Engineering,
Ordu, Turkey

ORCID IDs of the author(s):

U.K. 0000-0002-5827-0404

R.Ç.Ö. 0000-0003-1785-4056

M.A. 0000-0003-1163-6461

Submitted: 24.08.2021

Revision requested: 29.09.2021

Last revision received: 30.09.2021

Accepted: 06.10.2021

Published online: 26.12.2021

Correspondence:

Mehmet AYDIN

E-mail: maydin69@hotmail.com

ABSTRACT

Two specimens of the butterfly blenny, *Blennius ocellaris*, were caught off the coast of Ordu (Black Sea, Turkey) in April 2021 by trammel net. The aim of this paper is to further document occurrence and distribution of the butterfly blenny for the Black Sea and for Turkish marine ichthyofauna and to provide first morphometric, reproduction, and genetic data on this species to the Black Sea fauna species. Some morphometric and meristic characters were measured and presented as the percentage of total length (TL%). All morphometric measurements except eye diameter, pre-anal length, and maximum body depth were higher in the male individual. It was observed that the head makes up almost 1/4 of the body. It was determined that the ripe eggs were in their final stage of development (Stage IV). Gonad's weight of a female individual was 2.85 g and the number of eggs was determined as 2993. The mean egg diameter was measured as $1070.7 \pm 15.63 \mu\text{m}$ (from 1050.2 to 1123.1 μm). The mitochondrial DNA gene regions of 16S rRNA and COI of the specimens were sequenced and analyzed. The generated partial sequences of COI and 16S rRNA were 621 bp and 551 bp, respectively. The maximum likelihood tree generated with the COI gene sequences retrieved from the GenBank database demonstrated geographic region-based distinction and sequences of the Black Sea specimens nested with the reference specimen sequences from the Western Mediterranean Sea and the Sea of Marmara.

Keywords: Butterfly blenny, Black Sea, Ichthyofauna, Morphology, Reproduction, mtDNA



Introduction

The butterfly blenny, *Blennius ocellaris* (Linnaeus, 1758) (Family: Blenniidae), is a demersal species inhabiting inshore waters. This species is widespread from the English Channel to Morocco and throughout the Mediterranean Sea and parts of the Red Sea. It is found especially over rocky substrates covered with seaweed. It is commonly found from 30 to 200 m depth, up to 400 m on the Algerian coast (Zander, 1986). *B. ocellaris* is a carnivorous and nocturnal fish that mainly feed on small fish, polychaetes, mollusks, crustaceans, echinoderms, bryozoans, and ascidiaceans (Kabasakal, 1999). Eggs that are demersal and adhesive, are laid under mussel-shells or stones and guarded by male. Depending on the water temperature, spawning takes place between April (Marseille) and July (England). Larvae are planktonic and often found in shallow coastal waters (Watson, 2009). It may sometimes be captured as a bycatch in bottom trawlers. It was caught as bycatch in about 37% of experimental trawls conducted in the Aegean Sea, but was not abundant (Damalas et al., 2010).

Little is known about the distribution and habitats of butterfly blenny. The occurrence of *B. ocellaris* was reported from the Mediterranean Sea (Başusta & Erdem, 2000; Çiçek et al., 2006), the Aegean Sea (Kabasakal, 1999; Torcu & Aka, 2000; Acarlı et al., 2014; Bilge et al., 2014; Coker and Cihangir, 2018; İlkyaz et al., 2018), the Sea of Marmara, and Turkish Straits (Slastenenko, 1959; Moosleitner, 1988; Bok et al., 2011; Daban et al., 2020). This species is also globally listed as Least Concern (LC) in the IUCN Red List of Threatened Species (Di Natale et al., 2014). The occurrence of *B. ocellaris* in the Black Sea was first mentioned in the marine fish checklist for Black Sea without species description by Bilecenoğlu et al. (2014) referring Erazi (1942). The species has also been reported on the coasts of the Bulgaria (Zander, 1986) and Ukraine (Rass, 1987) in the Black Sea. Lastly, Bat et al. (2005) reported the presence of the species in their fauna studies on Sinop coasts, Turkey (central Black Sea). Moreover, the butterfly blenny was described as a rare species in the Black Sea and listed as endangered (EN: high risk of extinction in the wild) for Turkish Black Sea coast by the Black Sea Commission (BSC, 2021). There is no scientific evidence of the presence of the species in the Black Sea other than cited literatures. Nevertheless, none of the scientific data in the Black Sea provides the data on capture sites, capture depths, sizes of fish, morphological characters and genetic characterization. Morphological characters, such as meristic counts and body shape, have long been used in stock identification (Haddon & Willis, 1995; Turan et al., 2004). The aim of this paper is to further document butterfly blenny for the Black Sea and for Turkish marine ichthyofauna and to provide first

morphometric, reproduction, and genetic data on this species to the Black Sea fish fauna.

Material and Methods

Sampling and Morphology

A single male and female *B. ocellaris* specimens were caught in the southern Black Sea coast of Ordu, Turkey (41°02'14.89" N – 37°30'02.80" E) on 21-22 April 2021 (Figure 1). The individuals were captured as a discard during red mullet fisheries by commercial trammel nets with 28 mm mesh size on the sandy seabed at 50 m depth. Specimens were morphologically identified at species level according to the main references (Fischer et al., 1987; Uiblein & Heemstra, 2010). Taxonomic classification was determined according to FishBase (Froese & Pauly, 2019) as: Animalia (Kingdom); Chordata (Phylum); Actinopterygii (Class); Blenniiformes (Order); Blenniidae (Family); Blenniinae (Subfamily); *Blennius* (Genus); *B. ocellaris* (Species); *B. lepus*, *Adonis pavoninus* (Synonymus). The sex of each specimen was determined by macroscopic gonadal examination. Morphometric and meristic characters were measured on each specimen according to Gharaei (2012). Different morphometric characteristics were calculated as the percentage of total length (TL%) (Gaygusuz et al., 2006). Morphological characters were measured in the laboratory with an electronic caliper to the nearest 0.01 mm and weight of specimens were weighed to the nearest 0.01 g. In order to determine reproduction characteristics, eggs were weighed on a balance with a sensitivity of 0.001 g. The egg size and number of eggs were determined from egg subsamples according to Bagenal (1978) and Murua et al. (2003). For egg diameter inspection, diameter was measured with a calibrated ocular microscope using imaging software (Nikon NIS Elements 3.0) to the nearest 0.01 µm (Jakobsen et al., 2009).

Genetic Analysis

The genomic DNA was extracted from fin clips using Genomic DNA purification kit (SV Wizard, Promega). The integrity and concentration of the DNA was assessed with gel electrophoresis. Two mtDNA gene regions; 16S rRNA and cytochrome oxidase subunit-I (COI) were analyzed for genetic characterization and species identification. PCR assay was performed in a total volume of 25 µl containing, 12.5 µl 2X PZR mastermix (Hibrigen), 1 µl of each primer (10 pmol), 100 ng DNA and ultrapure water. The primers of 16Sbr-H and 16Sar-L (Palumbi, 1996) were used to amplify 16S rRNA gene region. The primers of Fish-F1 and Fish-F2 (Ward et al. 2005) were used to amplify COI gene region. The thermal cycling condition was as follows: 95°C for 3 min, followed

by 35 cycles of 95°C for 50 s, 54°C-55 °C (16S rRNA and COI) for 45 s, and 72°C for 45 s with a final extension step of 5 min at 72°C. PCR products were visualized on agarose gel and sequenced on ABI 3500 Genetic Analyzer (Thermo Fisher) using a Big Dye v.3.1 Terminator Cycle Sequencing Kit.

The raw sequence reads were manually checked, trimmed, and aligned using BioEdit (Hall, 1999). The quality checked sequence data was compared with reference sequences in the NCBI GenBank database (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>) using BLAST (Basic Local Alignment Search Tool). Species assignment was performed based on the sequence similarity comparison.

The phylogenetic relationships were inferred with a maximum likelihood tree using available COI and 16S rRNA sequences of the species with known geographic information. The reference COI sequences (MG837120, MG837122, KJ709487, KY176406, JQ774790, KJ205345, JQ774787, KJ768218) and 16S rRNA sequence (AY098815) of *B. ocellaris* were retrieved from NCBI GenBank database. *Salarias pavo* (MH190459) was used as an outgroup. The maximum likelihood trees were generated in Mega X (Kumar et al., 2018). The robustness of the trees was tested with 1000 bootstrap replicates. The best suitable sequence evolution model was chosen based on the Akaike Information Criterion (AIC) and Bayesian Information Criterion (BIC).



Figure 1. Sampling site. The red star in the figure represents the capture site (41°02'14.89" N – 37°30'02.80" E).

Results and Discussion

Description

Dorsal fin rays XII + 15; anal fin rays II + 15; pectoral fin rays 12; pelvic fin rays I + 3. Anterior part of the dorsal fin is conspicuously longer than the posterior part. These features were similar in male and female individuals. Basic coloration was brown and yellowish for male and female, respectively. Five or seven distinctly dark bars on the body. There was a black spot with white margin between 6th and 8th dorsal fin rays of both male and female. The white margin was more pronounced in the female. This dark spot on the dorsal fin is a known characteristic feature of *B. ocellaris* (Figure 2).

Morphology

The lists of morphometric and meristic characters used for the analysis of *B. ocellaris* are presented in Table 1. All morphometric measurements except eye diameter, pre-anal length and maximum body depth were higher in male individual. The TL% of all fins were also higher in male. It was observed that the head makes up almost 1/4 of the body. The body height of the female is apparently higher (with the highest difference rate of 5.51%) than that of the male. Therefore, the observed differences in TL% can be characterized by gender; especially by body depth. Nevertheless, studies with a sufficient sample size are needed to be able to make a definite determination.



Figure 2. Male (left) and female (right) view of the sampled butterfly blenny, *Blennius ocellaris*, in the central Black Sea.

Table 1. Some morphometric and meristic properties of sampled *Blennius ocellaris*

Morphometric characters	Male		Female	
	Value	TL%	Value	TL%
Total length (mm)	105.20	-	104.00	-
Standard length (mm)	84.12	79.96	82.00	78.85
Head length (mm)	23.34	22.19	22.60	21.73
Post-orbital length (mm)	13.85	13.17	12.47	11.99
Eye diameter (mm)	5.80	5.51	5.75	5.53
Pre-dorsal length (mm)	19.48	18.52	17.77	17.09
Dorsal fin base length (mm)	65.13	61.91	64.17	61.70
Pre-anal length (mm)	46.00	43.73	45.91	44.14
Anal fin base length (mm)	34.00	32.32	33.47	32.18
Pre-pelvic length (mm)	20.67	19.65	19.72	18.96
Pelvic fin length (mm)	16.72	15.89	16.47	15.84
Pre-pectoral length (mm)	25.44	24.18	23.32	22.42
Pectoral fin base length (mm)	23.74	22.57	22.86	21.98
Max. body depth (mm)	21.73	20.66	27.22	26.17
Min. caudal peduncle depth (mm)	8.59	8.17	7.57	7.28
Body weight (g)	14.78	-	16.06	-

Reproduction

Ovary became more enlarged occupying almost the entire body cavity and eggs were macroscopic and clearly visible. Ripe eggs were large transparent, red-whitish in color with conspicuous partially blood vessels (Figure 3). The gonad weight of the female individual was weighed as 2.85 g and the number of eggs was determined as 2993. The egg diameter ranged from 1050.2 to 1123.1 μm , with an average size of $1070.7 \pm 15.63 \mu\text{m}$.

Genetic Characterization

Two mtDNA gene regions of the two specimens were successfully sequenced. The generated partial sequences of COI and 16S rRNA were 621 bp and 551 bp, respectively. A single haplotype for COI and 2 haplotypes for 16S rRNA were identified. Comparison of COI and 16S rRNA sequences against the GenBank database using BLAST gave a successful match with available *B. ocellaris* sequences with pairwise sequence identity similarity of 99.52% for COI and 99.82%-100% for 16S rRNA genes. Generated COI and 16S rRNA sequences were deposited in GenBank (Accession numbers: COI, MZ822975; 16S rRNA, MZ823046-MZ823047). There was only a single reference sequence of 16S rRNA of *B. ocellaris*. Thus, maximum likelihood tree was only generated with COI gene region using Kimura two-parameter (K2P) model.

The topology of tree generated with Maximum Likelihood (ML) method with available COI ingroup references of *B. ocellaris* and outgroup (*S. pavo*) retrieved from GenBank database clearly recovered geographic region-based grouping. The Black Sea *B. ocellaris* genotype nested with the reference sequences generated from the specimens sampled from the Western Mediterranean Sea and the Sea of Marmara populations. Whereas reference sequences from the Atlantic Ocean and the North Sea were nested separately (Figure 4).

Upon evaluating the occurrences reported for the butterfly blenny in the Black Sea and the coastal waters of Turkey in Table 2, it was determined that the populations of the species in the Black Sea have not been described before. As we mentioned in the introduction section, presence of the butterfly blenny has been reported from the western (Erazi, 1942) and central (Sinop region) (Bat et al., 2005) Black Sea. Yet, there is no information about its morphometry, reproduction, and genetic properties of *B. ocellaris* for the Black Sea. The factors affecting growth and distribution of a fish species could be stated as nutrient availability, feeding, oxygen, salinity,

temperature, pollutants, and predator density (Helfman et al., 2009). The fact that the female individual obtained in this study has ripe (eyed) eggs indicates that butterfly blenny is in the reproductive period in April in the Black Sea. Looking at the appearance of the ripe eggs, the maturity stage fits the IV stage definition (Carrasson & Bau, 2003). The findings of İlkyaz et al. (2018) in the Aegean Sea confirm our determination regarding the reproduction period. They reported that the spawning of *B. ocellaris* occurs from January to May in İzmir Bay (Aegean Sea) and found that the first maturity length was 10.02 cm (3-years old).

Blenniiformes is a rich taxon and comprise over 150 genera and 900 species found in different aquatic ecosystems. Despite being diverse, there are limited number of genetic studies on blennies. Previously *B. ocellaris* was subjected to phylogenetic and DNA barcoding studies. Almada et al. (2005) assessed phylogenetic structure of 27 blennioid species including *B. ocellaris* distributed in the Mediterranean Sea and the Northeastern Atlantic Ocean based on 12S rRNA and 16S rRNA gene sequences. Distribution and presence of *B. ocellaris* was identified based on DNA barcoding studies in the Mediterranean Sea (Lanti et al., 2014; Vecchioni et al., 2018), the North Sea (Kneibelsberger et al., 2012), and the Atlantic Ocean (Costa et al., 2012). Yet there is no genetic study on *B. ocellaris* in Turkish coastal waters. The mtDNA sequence data generated in the present study would contribute to the reference libraries for 16S rRNA, COI, and Turkish ichthyofauna.

There are no comprehensive studies regarding the ichthyofauna, especially on Blenniidae, of the Turkish coasts of the Black Sea. In this paper, the first basic morphological, genetic, and reproduction aspects of butterfly blenny were recorded in the Black Sea. The result of the present study indicates that the *B. ocellaris* has adapted to the region and that matured individuals have realized the activity of reproduction. Thus, the presence of the species in the eastern Black Sea indicates residency of the species in the region. Furthermore, there is a lack of information on age, growth, mortality, and diet of this species in coastal waters in Turkey. Additional biological and ecological studies on *B. ocellaris* would contribute biodiversity of the Black Sea.

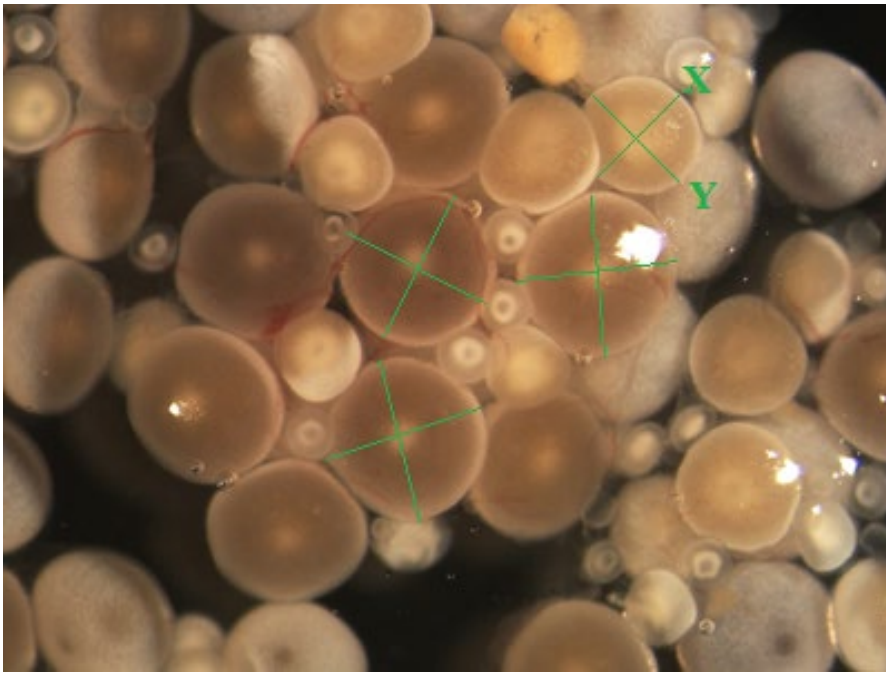


Figure 3. Ripe eggs of matured butterfly blenny (Stage IV according to Carrasson and Bau, 2003). Green lines represent long (X) and short (Y) axes of egg size measures.

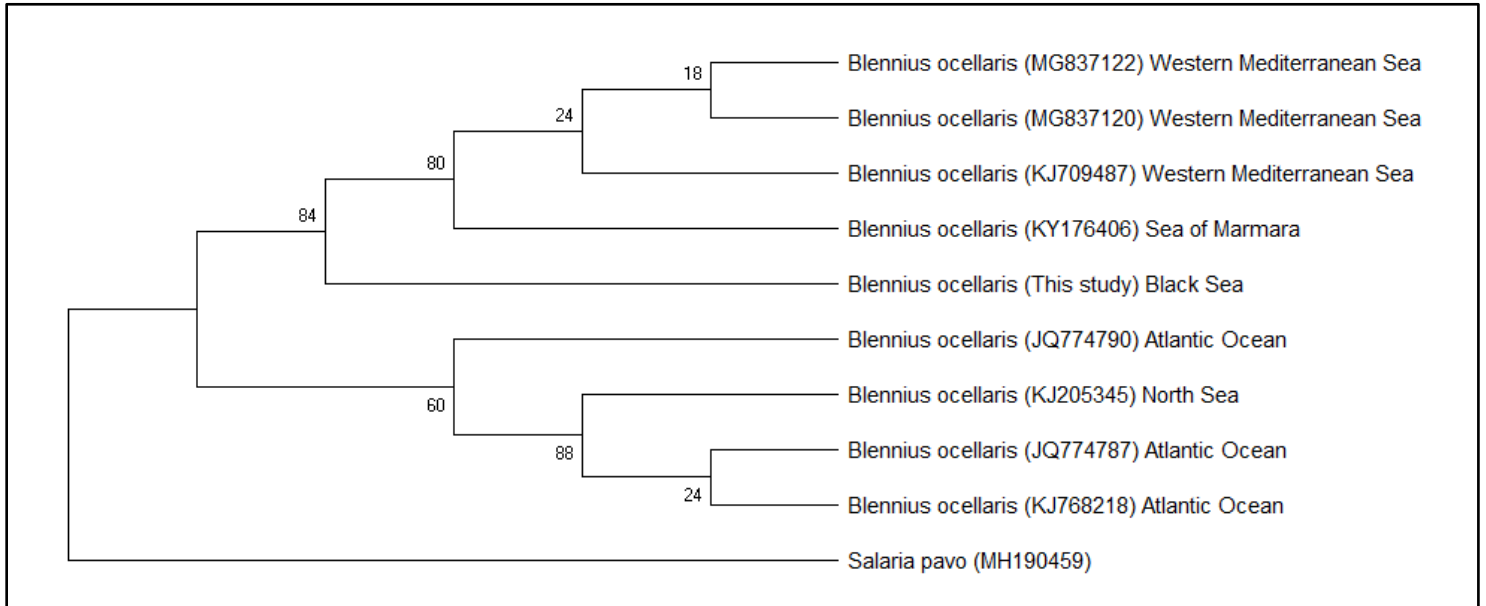


Figure 4. Maximum likelihood tree generated with the COI sequences of *Blennius ocellaris* along with reference sequences obtained from NCBI GenBank database

Table 2. Length range of *Blennius ocellaris* from different studies in coastal waters in different seas

TL _{min} (cm)	TL _{max} (cm)	N	Region	Sea	References
8.0	20.6	30	Balearic Islands	Balearic Sea	Merella et al. (1997)
8.6	10.37	11		Aegean Sea	Kabasakal (1999)
12.9	15.3	3	İskenderun Bay	Mediterranean Sea	Başusta and Erdem (2000)
11.8	13.3	4	Edremit Bay	Aegean Sea	Torcu and Aka (2000)
5.3	14.1	117		Thracian Sea	Lamprakis et al. (2003)
4.1	9.6	43	Mersin Bay	Mediterranean Sea	Çiçek et al. (2006)
11.2	13.7	15		Sea of Marmara	Bok et al. (2011)
6.0	11.0	69	İzmir Bay	Aegean Sea	Acarlı et al. (2014)
7.5	15.3	35		Aegean Sea	Bilge et al. (2014)
5.5	16.5	279	İzmir Bay	Aegean Sea	İlkyaz et al. (2018)
7.2	13.1	44		Sea of Marmara	Daban et al. (2020)
TL = 10.52 male		1	Ordu	Black Sea	Current study
TL = 10.40 female		1	Ordu	Black Sea	Current study

Conclusion

The present study confirms the occurrence of butterfly blenny, *B. ocellaris* in the coastal area of the Black Sea. Little is known about the distribution, habitat and biological aspects of butterfly blenny in Turkey. Moreover, in the present study, *B. ocellaris* was genetically characterized for the first time in the Black Sea based on mtDNA gene sequences. The findings of the study contribute to better understand distribution of the species in the Black Sea and report first detailed data on biology, morphology, and reproduction of this species in Turkish coastal waters of the Black Sea.

Compliance with Ethical Standard

Conflict of interests: The authors declare that for this article they have no actual, potential or perceived conflict of interests.

Ethics committee approval: All authors declare that this study does not include any experiments with human or animal subjects. All applicable international, national and/or institutional guidelines for the care and use of animals were followed by the authors.

Funding disclosure: -

Acknowledgments: -

Disclosure: All authors contributed to the study conception and design. All authors read and approved the final manuscript.

References

- Acarlı, D., Kara, A., Bayhan, B. (2014). Length–weight relations for 29 fish species from Homa Lagoon, Aegean Sea, Turkey. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 44(3), 249-257. <https://doi.org/10.3750/AIP2014.44.3.09>
- Almada, F., Almada, V. C., Guillemaud, T., Wirtzs, P. (2005). Phylogenetic relationships of the north-eastern Atlantic and Mediterranean blenniids, *Biological Journal of the Linnean Society*, 86, 283-295. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2005.00519.x>
- Bagenal, T. (1978). *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Oxford: Western Printing Servis Ltd., p. 219-226 ISBN: 0632001259
- Başusta, N., Erdem, Ü. (2000). A study on the pelagic and demersal fishes of Iskenderun Bay. *Turkish Journal of Zoology*, 24, 1-19 (in Turkish).
- Bat, L., Erdem, Y., Ustaoglu, S., Yardım, Ö., Satılmış, H.H. (2005). A study on the fishes of the central Black Sea coast of Turkey. *Journal Black Sea/Mediterranean Environment*, 11, 281-296.
- Bilecenoglu, M., Kaya, M., Cihangir, B., Çiçek, E. (2014). An updated checklist of the marine fishes of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 38, 901-929.

<http://dx.doi.org/10.3906/zoo-1405-60>

Bilge, G., Yapıcı, S., Filiz, H., Cerim, H. (2014). Weight-length relations for 103 fish species from the Southern Aegean Sea, Turkey. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 44(3), 263-269.

<https://doi.org/10.3750/AIP2014.44.3.11>

Bok, T.D., Göktürk, D., Kahraman, A.E., Aliçli, T.Z., Acun, T., Ateş, C. (2011). Length-weight relationships of 34 fish species from the Sea of Marmara, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(23), 3037-3042.

BSC (2021). The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC), Black Sea Fishes Check List. <http://www.blacksea-commission.org/publ-BSFishList.asp> (accessed: 25.06.2021).

Carrasson, M., Bau, M. (2003). Reproduction and gonad histology of *Aidablennius sphyinx* (Pisces: Blenniidae) of the Catalan Sea (northwestern Mediterranean). *Scientia Marina*, 67(4), 461-469.

<https://doi.org/10.3989/scimar.2003.67n4461>

Coker, T., Cihangir, B. (2018). Ichthyoplankton of inner Part of Izmir Bay, Aegean Sea (2000-2005). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18, 57-67.

https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_1_07

Costa, F. O., Landi, M., Martins, R., Costa, M. H., Carneiro, M., Alves, M. J., Steinke, D., Carvalho, G. R. (2012). A Ranking System for Reference Libraries of DNA Barcodes: Application to Marine Fish Species from Portugal, *Plos One*, 7(4), e35858.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035858>

Çiçek, E., Avşar, D., Yeldan, H., Özütok, M. (2006). Length-weight relationships for 31 teleost fishes caught by bottom trawl net in the Babadillimani Bight (northeastern Mediterranean). *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 290-292.

<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00755.x>

Daban, İ.B., Arslan İhsanoğlu, M., İşmen, A., İnceoğlu, H. (2020). Length-weight relationships of 17 teleost fishes in the Marmara Sea, Turkey. *KSU Journal of Aquaculture and Nature*, 23, 1245-1256.

<https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.682467>

Damalas, D., Maravelias, C.D., Katsanevakis, S., Karageorgis, A.P., Papaconstantinou, C. (2010). Seasonal abundance of non-commercial demersal fish in the eastern Mediterranean Sea in relation to hydrographic and sediment characteristics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 89(1), 107-118.

<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.06.002>

Di Natale, A., Bilecenoglu, M., Bariche, M., Bizsel, C., Massuti, E., Williams, J., Craig, M. (2014). *Blennius ocellaris*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2014*. e.T185126A1768546.

<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T185126A1768546.en>

Erazi, R.A.R. (1942). Marine fishes found in the Sea of Marmara and in the Bosphorus. *Review of the Faculty of Science University of Istanbul*, 7, 103-114.

Fischer, W., Schneider, M., Bauchot, M.L. (1987). *Méditerranée et Mer Noire (Zone de Pêche 37)*. Rome: Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche Rev 1. (in French).

Froese, R., Pauly, D. (Eds) (2019). FishBase. Retrieved from <https://www.fishbase.org> (accessed: 18.04.2021).

Gaygusuz, Ö., Gürsoy, Ç., Özuluğ, M., Tarkan, A.S., Acipinar, H., Bilge, G., Filiz, H. (2006). Conversions of total, fork and standard length measurements based on 42 marine and fresh water fish species (from Turkish waters). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 6, 79-84.

Gharaei, A. (2012). Morphometric and meristic studies of snow trout *Schizothorax zarudnyi* (Nikolskii, 1897) as a threatened endemic fish. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 4, 426-429.

<https://doi.org/10.5829/idosi.wjfds.2012.04.04.63123>

Haddon, M., Willis, T.J. (1995). Morphometric and meristic comparison of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*, Trachichthyidae) from the Puysegur Bank and Lord-Howe-Rise, New-Zealand and its implications for stock structure. *Marine Biology*, 123, 19-27.

<https://doi.org/10.1007/BF00350319>

Hall, T.A. (1999). BIOEDIT: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/ NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95-98.

- Helfman, G.S., Collette, B.B., Facey, D.E. Bowen, B.W. (2009). *The diversity of fishes: Biology, evolution, and ecology*. West Sussex: Wiley-Blackwell, p. 720, ISBN: 978-1-405-12494-2
- İlkyaz, A.T., Metin, G., Soykan, O., Kınacıgil, H.T. (2018). Spawning season, first maturity length and age of 21 fish species from the central Aegean Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18, 211-216. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_1_24
- Jakobsen, T., Fogarty, M., Megrey, A.B., Monksness, E. (2009). *Fish reproductive biology: implications for assessment and management*. London: Wiley-Blackwell, p. 429, ISBN: 978-1-118-75274-6
- Kabasakal, H. (1999). Description of the feeding morphology and the food habits of the butterfly blenny, *Blennius ocellaris* Linnaeus, 1758, from north-eastern Aegean Sea (Turkey). *Netherlands Journal of Zoology*, 49(3), 177-187. <https://doi.org/10.1163/156854299505687>
- Knebelsberger, T., Landi, M., Neumann, H., Kloppmann, M., Sell, A.F., Campbell, P.D., Laakmann, S., Raupach, M.J., Carvalho, G.R., Costa, F.O. (2014). A reliable DNA barcode reference library for the identification of the North European shelf fish fauna, *Molecular Ecology Resources*, 14 (5), 1060-1071. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12238>
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., Tamura, K. (2018). MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35(6), 1547-1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
- Lamprakakis, M.K., Kallianiotis, A.A., Moutopoulos, D.K., Stergiou, K.I. (2003). Weight-length relationships of fishes discarded by trawlers in the North Aegean Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 33(2), 145-152. <https://doi.org/10.3750/AIP2003.33.2.04>
- Landi, M., Dimechi M., Arculeo, M., Girolama, B., Martins, R., Carneiro, M., Carvalho, R., Lo Brutto, S., Costa, F.O. (2014). DNA Barcoding for Species Assignment: The Case of Mediterranean Marine Fishes, *Plos One*, 9, e106135. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106135>
- Merella, P., Quetglas, A., Alemany, F., Carbonell, A. (1997). Length-weight relationship of fishes and cephalopods from the Balearic Islands (western Mediterranean). *Naga ICLARM Q*, 20, 66-68.
- Moosleitner, H. (1988). The blennies of the Peninsula Chalkidiki (GR) and their distribution in the eastern Mediterranean (Pisces: Teleostei: Blennioidea). *Thalassographica*, 11(1), 27-51.
- Murua, H., Kraus, G., Saborido-Rey, F., Witthames, P.R., Thorsen, A., Junquera, S. (2003). Procedures to Estimate Fecundity of Marine Fish Species in Relation to Their Reproductive Strategy. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 33, 33-54. <https://doi.org/10.2960/J.v33.a3>
- Palumbi, S.R. (1996). Nucleic acids II: the polymerase chainreaction. In: Hillis, D.M., Moritz, C., Mable, B.K. (Eds.), *Molecular Systematics*. Sinauer Associates, Sunderland, pp. 205-247.
- Rass, T.S. (1987). Present status of the composition of the Black Sea ichthyofauna. *Journal of Ichthyology*, 27, 64-72.
- Slastenenko, E.P. (1959). Zoogeographical review of the Black Sea Fish Fauna. *Hydrobiologia*, 14, 177-188. <https://doi.org/10.1007/BF00042598>
- Torcu, H., Aka, Z. (2000). A study on the fishes of Edremit Bay (Aegean Sea). *Turkish Journal of Zoology*, 24, 45-61.
- Turan, C. (2004). Stock identification of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using morphometric and meristic characters. *ICES Journal of Marine Science*, 61, 774-781. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2004.05.001>
- Uiblein, F., Heemstra, P.C. (2010). A taxonomic review of the Western Indian Ocean goatfishes of the genus *Upeneus* (Family Mullidae), with descriptions of four new species. *Smithiana Bulletin*, 11, 35-71. <https://doi.org/10.1080/17451000.2013.850515>
- Vecchioni, L., Marrone, F., Belaiba, E., Tiralongo, F., Bahri-Sfar, L., Arculeo, M. (2018). The DNA barcoding of Mediterranean combtooth blennies suggests the paraphyly of some taxa (Perciformes, Blenniidae). *Journal of Fish Biology*, 94, 2, 339-344. <https://doi.org/10.1111/jfb.13897>

Ward, R.D., Zemplak, T.S., Innes, B.H., Last, P.R., Hebert, P.D.N. (2005). DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360, 1847–1857.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1716>

Watson, W. (2009). Larval development in blennies. In R.A. Patzner, E.J. Gonçalves, P.A. Hastings & B.G. Kapoor (Eds.)

The biology of blennies (p. 309-350). New Hampshire, USA: Science Publishers. ISBN: 9781578084395

Zander, C.D. (1986). Blenniidae. In P.J.P. Whitehead, M.L. Bauchot, J.C. Hureau, J. Nielsen & E. Tortonese (Eds). *Fishes of the north-eastern Atlantic and Mediterranean* (p. 1096-1112). Paris, Spain: UNESCO. ISBN: 9789230023089



İstanbul Boğazı'ndaki Deniz Kazalarının Seyir Emniyeti Perspektifinde İncelenmesi: İSTANBULMAKS Gemi Tipi Önerisi

Gizem KODAK¹, Gökhan KARA², Murat YILDIZ², Aydın ŞALCI³

Cite this article as:

Kodak, G., Kara, G., Yıldız, M., Şalci, A. (2022). İstanbul Boğazı'nda deniz kazalarının seyir emniyeti perspektifinde incelenmesi: İSTANBULMAKS gemi tipi önerisi. *Aquatic Research*, 5(1), 63-88. <https://doi.org/10.3153/AR22007>

¹ GİRNE ÜNİVERSİTESİ, DENİZCİLİK FAKÜLTESİ,
DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ, GİRNE, KKTC

² İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ – CERRAHPAŞA,
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, DENİZ ULAŞTIRMA
İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ,
İSTANBUL, TÜRKİYE

³ ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ, MÜHENDİSLİK VE
DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ, MAKİNE
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, İSTANBUL, TÜRKİYE

ORCID IDs of the author(s):

G.K. 0000-0002-1845-7901

G.K. 0000-0001-5796-8707

M.Y. 0000-0001-7022-0760

A.Ş. 0000-0002-2040-7591

Submitted: 04.08.2021

Revision requested: 08.10.2021

Last revision received: 09.10.2021

Accepted: 31.10.2021

Published online: 30.12.2021

Correspondence:

Gizem KODAK

E-mail: gizem.kodak@kyrenia.edu.tr



Available online at

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

ÖZ

Bu çalışmada, İstanbul Boğazı'nda 10 yıllık periyotta meydana gelen deniz kazaları gemi kökenli risk faktörleri açısından ele alınmış ve elde edilen veriler, R – Studio program dili kullanılarak frekans analizine tabi tutulmuştur. Bu kapsamda T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ana Arama Kurtarma Koordinasyon Merkezi'nden temin edilen kaza verileri, MMSI numaraları üzerinden Türk Loydu veri tabanından gemi bilgileri ile eşleştirilmiştir. Böylelikle, çalışma kapsamında kullanılacak gemi kökenli risk faktörleri belirlenmiş ve 10 farklı kriter analizlere dahil edilmiştir. Bunlar, gemi boyu, gemi genişliği, gemi su çekimi, gemi yaşı, gemi deadweight tonajı, manevra yarıçapı, dönme noktası, L/B oranı, B/T oranı ve pervane sayısıdır. Verinin mekânsal olarak filtrelenmesi ve gemi kökenli kaza nedenlerinin sınıflandırılmasıyla veri seti oluşturma süreci tamamlanmış ve değişkenler Büyük Sayılar Yasası perspektifinde frekans analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlarla, İstanbul Boğazı'ndan en emniyetli şekilde geçiş yapabilecek optimum karakteristikler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İstanbulmaks, Büyük sayılar yasası, Seyir emniyeti, Frekans analizi, Olasılık, İstanbul Boğazı

ABSTRACT

Investigation of maritime accidents in the strait of Istanbul in the perspective of navigational safety: İSTANBULMAX ship type recommendation

In this study, maritime accidents that occurred in the Strait of Istanbul over a 10-year period were evaluated in terms of ship-based risk factors. The frequency analysis was performed using the R - Studio program language. In this context, the accident data obtained from the Ministry of Transport and Infrastructure Main Search and Rescue Coordination Center were matched with the ship information accessed from Türk Loydu database. Thus, ship origin risk factors to be used within the scope of the study were determined and 10 different criteria were included in the analysis. These are ship length, ship breadth, ship draught, ship age, ship DWT, turning point, turning radius, L/B ratio, B/T ratio and number of propellers. The process of creating a data set was completed by spatially filtering the data and classifying of the ship-based causes accidents. The variables were examined with frequency analysis in the perspective of the Law of Large Numbers. With the results obtained, optimum characteristics based on ship origin risk factors have been revealed for each ship type that will pass through the Strait.

Keywords: Istanbulmax, Law of large numbers, Safety navigation, Frequency analysis, Probability, Strait of Istanbul

Giriş

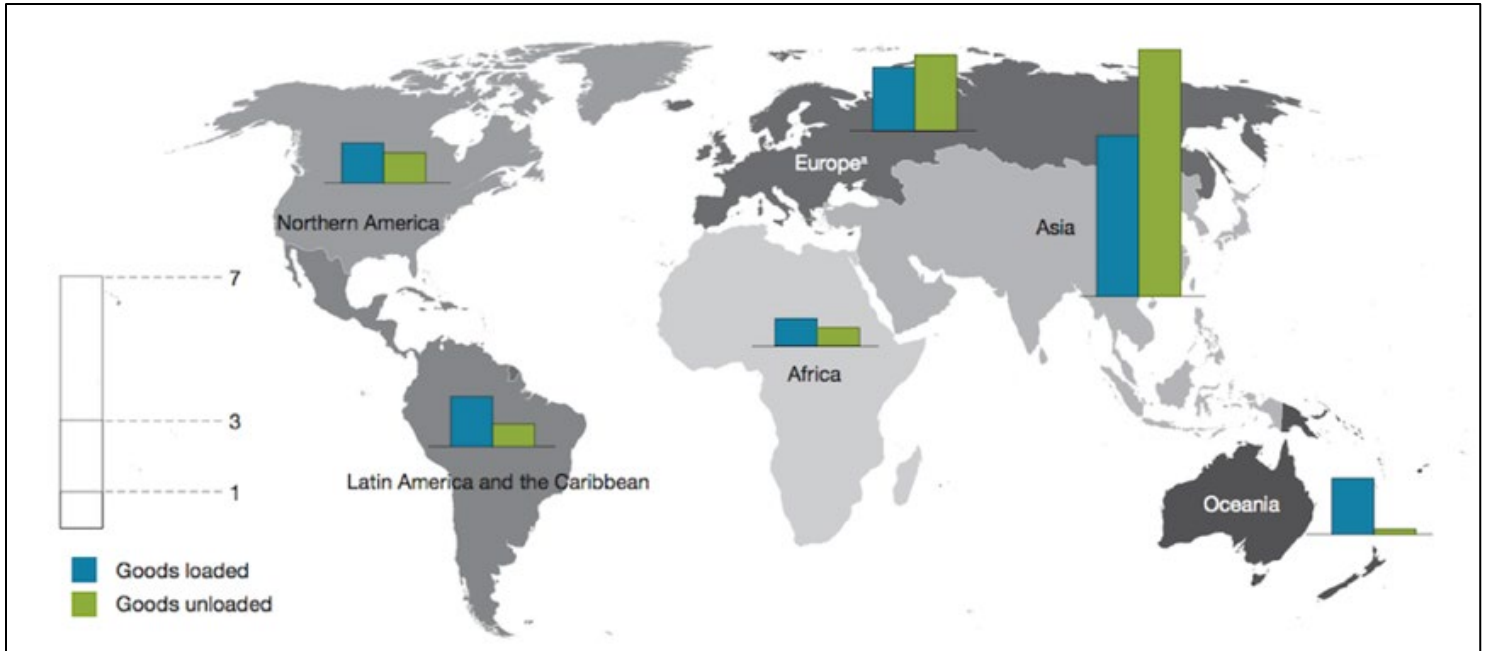
Her türlü taşıma işlemlerinde ölçek ekonomisine en uygunu, birim maliyeti düşük olan kitle taşımalarıdır. 1960'lı yıllardan bu yana yaygın gelişme gösteren kitle taşımacılığı, büyük hacimli, petrol, kömür, tahıl gibi kitle tipi yüklerin taşınmasını ifade etmektedir (Bozkurt ve diğ., 2018). Kitle taşımacılığı içinde ise birim taşıma maliyeti en düşük olanı denizyoludur. Uluslararası Deniz Ticaret Odası verilerine göre, günümüzde dünya ticaretinin %90'ı deniz yoluyla yapılmaktadır (ICS, 2020). Küresel ticarete en iyi entegre olan nakliye ağlarını ise Çin, Singapur ve Kore Cumhuriyeti oluşturmaktadır. Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Trade and Development – UNCTAD) 2020 istatistikleri ve Clarksons araştırmaları, Asya ekonomilerinin uluslararası deniz ticaretine en çok katkı sağlayan bölge olduğunu göstermektedir. 2019 yılı itibarıyla dünya ölçeğinde yüklenen ve tahliye edilen yük tonajları, aşağıda Şekil 1'de verilmiştir (UNCTAD, 2020).

Farklı kıta ve ekonomiler arasında işleyen deniz ticareti, bu merkezler arasında faaliyet gösteren gemiler için zaman içe-

risinde çeşitli ticaret rotaları oluşturmuştur ve bu rotalar çoğunlukla dar kanal ve su yolları vasıtasıyla birbirine bağlanmaktadır.

Rodrigue (2017) tarihli çalışmasında, uluslararası deniz ticaretinin ana güzergahlarını, büyük ekonomiler arasında köprü görevi gören birincil rotalar ve daha küçük pazarlar arasındaki bağlantıları oluşturan ikincil rotalar olarak ikiye ayırmıştır. Yapılan bu sınıflama doğrultusunda, deniz ticaretinin ana rotaları üzerinde bulunan ve deniz ticaret ağının kesişim noktalarını oluşturan birincil su yolları Malakka Boğazı, Bab-el-Mandeb, Hürmüz Boğazı, Süveyş Kanalı, İstanbul Boğazı, Cebelitarık Boğazı ve Panama Kanalı olarak belirlenmiştir.

Tarihsel veriler, deniz kazalarının genellikle dar ve işlek su yollarında meydana geldiğini göstermektedir (Butt ve diğ., 2012). Dolayısıyla, risklerin en yüksek olduğu alanlar da yine dar su yolları ve kanallardır. Bu bölgelerdeki gemi geçişleri her ne kadar kılavuzluk hizmetleri ile desteklense de fiziki kısıtlar dolayısıyla, açık denizdeki seyir şartları ile aynı koşullar oluşmamaktadır. Dar kanallar ve su yolları, deniz ticaretinin ana bağlantı noktalarını oluşturduğundan bu alanlardaki yoğun trafik de kaza riskini arttırmaktadır.



Şekil 1. 2019 yılı itibarıyla dünya ölçeğinde yüklenen ve tahliye edilen yük tonajları - Milyar Ton. (UNCTAD, 2020)

Figure 1. Tonnage loaded and unloaded, 2019 (Billions of tons)

Küresel ticaret döngüsünün işleminde gemilerin, ana ticaret rotaları üzerinde bulunan su yollarından emniyetle geçişi önem arz etmektedir. Öyle ki deniz ticaretinde faaliyet gösteren gemiler hem maliyet avantajı hem de ulaşımın daha kısa yoldan gerçekleştirilmesi amacıyla zaman içerisinde geçiş yapacakları su yollarının fiziki şartları baz alınarak boyutlandırılmaya başlanmış ve bu durum denizcilik sektöründe yerleşmiş bazı tanımları meydana getirmiştir. Panama ve Süveyş kanallarından geçiş yapmaya uygun en büyük boyutlu gemileri ifade eden Panamax ve Suezmax gemiler ile Malakka Boğazı'ndan geçiş yapabilecek azami boyutlara haiz olan Malaccamax gemiler bu ihtiyacın ürünü olarak ortaya çıkmışlardır.

Uluslararası deniz trafiği açısından bakıldığında, gemi geçiş sayısı bakımından dünyanın en işlek su yolu olan Malakka Boğazı'ndan günde yaklaşık 200 geminin geçiş yaptığı görülmektedir. Yılda ortalama 70.000 gemiye denk gelen bu sayı; kuzeydoğu Asya'ya taşınan petrol taşımacılığının %80'ini oluşturmaktadır (Xiaobo ve Meng, 2012; Gilmartin, 2008). Akdeniz ile Atlas Okyanusu'nu birbirine bağlayan Cebelitarık Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayısı yılda ortalama 7.000 civarında olup, bu sayı 2017 yılında 8.262 gemi ile en yüksek seviyeyi görmüştür (MSFD, 2020). Akdeniz ve Kızıldeniz'i birbirine bağlayan Süveyş Kanalı'ndan geçiş yapan gemi sayısı yılda yaklaşık 18.000 iken, Atlas ve Büyük Okyanusu birbirine bağlayan Panama Kanalı'nda bu sayı yaklaşık 14.000'dir (Rodrigue, 2017). Karadeniz ülkelerini Dünya'nın diğer ülkelere bağlayan tek su yolu olan İstanbul Boğazı ise Panama Kanalı'ndan 4, Süveyş Kanalı'ndan 3 kat daha yoğun uluslararası deniz trafiğine sahiptir (DNV, 2013). Buna ek olarak bölgede, günde 2 milyon insanın taşındığı 2500 adet yerel deniz trafik hareketi mevcuttur (Başaraner ve diğ., 2011; İstanbul Liman Başkanlığı Yerel Deniz Trafik Rehberi, 2011).

Yoğun deniz trafiğinin yanında sahip olduğu akıntı sistemi ve kıvrımlı jeomorfolojisi, İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemiler için risk oluşturmaktadır. Bölgede yakın geçmişte birçok deniz kazası meydana gelmiş ve bu kazalardan bazıları dünya ölçeğinde endişe yaratan çevre felaketleri ile sonuçlanmıştır. Sadece 1979 yılında meydana gelen Independenta kazasında 95.000 ton (ITOPF, 2020); 1994 senesinde yaşanan Nassia kazasında ise 33.000 ton ham petrol denize dökülmüştür (EEA, 2020). Günümüzde, gelişen gemi inşa teknolojisi ile Boğaz'dan geçiş yapan gemilerin boyutları ve tehlikeli yük taşıma kapasiteleri, söz konusu kazaların meydana geldiği yıllara göre büyük ölçüde artmıştır. Bu durum, olası bir

kazada meydana gelebilecek felaketin boyutlarını da arttırmaktadır.

İstanbul Boğazı, UNESCO Dünya kültür mirası listesinde yer alan İstanbul şehrinin ortasından geçmekte olup, bölgedeki kaza riski geçiş yapan gemilerin yanında 15.52 milyon nüfusa sahip olan İstanbul şehri de tehdit etmektedir. Rodrigue (2017) tarihli çalışmasında dünya deniz ticaret ağının birincil rotaları üzerinde bulunan su yollarına ilişkin kapasite, kısıt ve tehlikelerini incelemiş ve İstanbul Boğazı için en büyük tehdidin kısıtlı seyir şartları dolayısıyla ortaya çıkan deniz kazası riski olduğunu belirtmiştir. Yakın tarihte çevre felaketi ve can kayıplarıyla sonuçlanan birçok deniz kazası bu argümanı desteklemiş ve Boğaz'daki seyir emniyetini arttırmak için bölgeden en emniyetli şekilde geçiş yapabilecek gemi karakteristiklerinin belirlenmesini gündeme getirmiştir. Bu ihtiyaç, emsal su yolları temelinde İstanbulmaks tanımını yeşertmeye başlamış ve Boğaz'daki kaza riskinin azaltılması için bir çözüm önerisi olarak, Panamax, Suezmax gemiler gibi İstanbul Boğazı için de benzer bir tanım yapılması fikri doğmuştur (Oğuzülgen, 2006). 2016 yılında gerçekleştirilen 80. Yılında Montreux Türk Boğazları Sempozyumu'nda İstanbul Boğazı'nın fiziksel özellikleri ve geçmiş kazaların profili doğrultusunda "İstanbulmaks" gemi tipinin tanımlanması bir öneri olarak sunulmuştur (BAU, 2016). Son olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yayınlanan "Kanal İstanbul Çok Disiplinli Bilimsel Değerlendirme" isimli çalışmada İstanbul Boğazı'nda deniz trafiğinin daha emniyetli hale getirilmesi için İstanbulmaks tipi gemi modelinin yasal tanımının yapılması ve 2030 yılından itibaren uygulamaya konması bir öneri olarak sunulmuştur (Aşkın vd., 2020: 79). Burada kritik ayırım, Panamax, Suezmax tanımlarından farklı olarak İstanbulmaks tanımının Boğaz'dan geçiş yapacak en büyük gemi boyutlarını değil; Boğaz'dan en emniyetli şekilde geçiş yapabilecek gemi karakteristiklerini içermesidir. Böylelikle, söz konusu kriterlere haiz gemi geçişlerinin özendirilmesi, farklı risk seviyelerinde bulunan gemiler için ilave tedbirler uygulanması ve yeni önlemler geliştirilmesi mümkün olacak ve bölgedeki seyir emniyeti seviyesi artırılabilir. Bu çalışma kapsamında fiziksel özellikleri ve bölgedeki kaza profili dahilinde İstanbul Boğazı'ndan en emniyetli şekilde geçiş yapabilecek gemi karakteristikleri araştırılmış ve İstanbulmaks tanımı içerisinde yer alabilecek gemi karakteristiklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda öncelikle literatür taraması gerçekleştirilmiş ve İstanbul Boğazı'nda seyir emniyetini arttırmaya yönelik çalışmalar incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, aşağıda verilmiştir.

Atasoy (2008), İstanbul Boğazı'ndaki yerel trafik yoğunluğunu incelemiş ve elde ettiği sonuçlarla seyir emniyetinin sıkıntıya düşmesine neden olabilecek kör noktaların belirlenerek gerekli önlemlerin alınması için çalışmalar yapılması gerektiğine dikkat çekmiştir.

Özbaş (2010), gemi geçiş trafiğinin risk analizini yapmış ve gemi takip mesafelerinin azaltılarak daha fazla gemi geçişi sağlamanın İstanbul Boğazı'nda kaza riskini arttıran ana faktörlerden biri olduğunu tespit etmiştir.

Keçeci (2010), gemi boyu faktörünün güvenli seyir etkisini araştırmış ve gemi boyunun İstanbul Boğazı'ndaki kazalar üzerindeki etkisini AHP metodu kullanarak incelemiştir. Çalışma sonuçları, 151 – 200 m gemi boyu aralığından sonra gemiyi etkileyen tehlike etkenlerinin seyir emniyeti üzerinde belirgin bir etki yarattığını göstermiştir.

Başaraner ve diğ. (2011), Boğaz'dan uğraksız geçiş yapan gemilerin kullandığı rotaların iyileştirilmesi için batimetrik modele dayalı mekânsal analizlerle daha hassas rotalar belirlemişlerdir.

Özlem (2011), İstanbul Boğazı'ndaki gemi trafik akışına yönelik bir simülasyon modeli kurmuştur.

Küçükosmanoğlu (2012), Boğaz'daki deniz kazalarını tahmin edebilmek için yapay bir sinir ağı modeli geliştirmiştir. Çalışma sonuçları, özellikle 58.000 GRT den büyük gemilerin kılavuz kaptan almadığı durumların kaza riskini arttırdığını göstermiştir.

Det Norske Veritas tarafından hazırlanan raporda İstanbul Boğazı'nda seyir emniyetini tehdit eden risk faktörlerine dikkat çekilmiş, bu faktörlerin kaza türü bazında değişkenlik gösterdiği saptanmış ve kazaları önleyebilmek için ilave tedbirler alınması ihtiyacı ortaya konmuştur (DNV, 2013).

Candanoğlu (2013), İstanbul Boğazı'ndan uğraksız geçiş yapan gemilerin bekleme süresini en aza indirmeye yönelik bir model geliştirmiştir.

Arslan (2014), yaptığı çalışmada İstanbul ve Çanakkale Boğazları'ndan geçiş yapan gemi sayısını, yıllara ve gemilerin gros tonilatolarına göre trend analizi ile incelemiştir. Çalışma sonuçları, geçen gemi sayılarında azalma tespit edilmesine karşın gemi gros tonajlarının arttığını göstermiştir.

Charlier ve diğ. (2015), uluslararası deniz ticaretinin bağlantı noktalarını oluşturan su yollarını küresel ölçekte incelemiş ve İstanbul Boğazı'nda seyir emniyetine etki eden risk faktörleri hakkında bilgi vermişlerdir.

Rodrigue (2017), deniz ticaret ağı üzerinde bulunan rotaları incelemiş ve bu rotaların kesişim noktalarını oluşturan boğaz ve kanalları araştırmıştır. Yapılan sınıflama doğrultusunda İstanbul Boğazı, deniz ticaret ağının birincil rotalarından biri olarak tanımlanmıştır.

Altan (2017), İstanbul Boğazı'nda otomatik takip sistemi temelli deniz trafiği modellemesi yapmış ve çatışma türündeki kazaları incelemiştir. Çalışma, geometrik çatışma olasılığını alansal dağılım olarak ortaya koymuş ve en yüksek çatışma olasılığı olan bölgeyi Sarıyer ve Umurbey arasında bulurken, en yüksek kaza olasılığı olan noktayı, Kandilli ve Rumelihisarı arasında tespit etmiştir.

Özlem (2018), İstanbul Boğazı'nda çarpışma ve karaya oturma olasılıklarını matematiksel modeller yardımıyla incelemiş ve bu kazaların yaygın olarak kuruyük gemileri tarafından gerçekleştirildiği sonucuna ulaşmıştır. Model sonuçları karaya oturma ve çarpışma tipi kazaların özellikle geceleri artış eğiliminde olduğunu ve karaya oturma türü kazaların trafik yoğunluğu ile paralel olarak artış gösterdiğini ortaya koymuştur.

Taşan (2019), gemilerin İstanbul Boğazı'ndan geçiş sürelerini etkileyen faktörleri araştırmıştır.

Özdemir (2019), 2003 – 2013 yılları arasında bölgede meydana gelen kazaları mekânsal yoğunluk analizi ile incelemiş ve kazaların bekleme bölgelerinde yoğunlaştığı ve İstanbul Boğazı'nda çatma-çatışma ve karaya oturma oranlarının geceleyin iki kat daha fazla olduğu sonucuna ulaşmıştır.

İstikbal (2020), İstanbul Boğazı'nda gerçekleşen büyük deniz kazalarını sol seyir düzeninin kaldırılması perspektifinde incelemiştir.

Kodak ve Acarer (2021), İstanbul Boğazı'ndaki deniz trafik düzenlemelerinin kaza oranına etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonuçları, geçiş yapan gemi sayısının kazalar üzerinde % 51 oranında açıklayıcı gücü olduğunu, yapılan düzenlemelerin kazaları önlemede büyük ölçüde başarılı olduğunu ve özellikle 2010 yılı sonrasında kaza sayılarında istikrarlı bir düşüş olduğunu ortaya koymuştur.

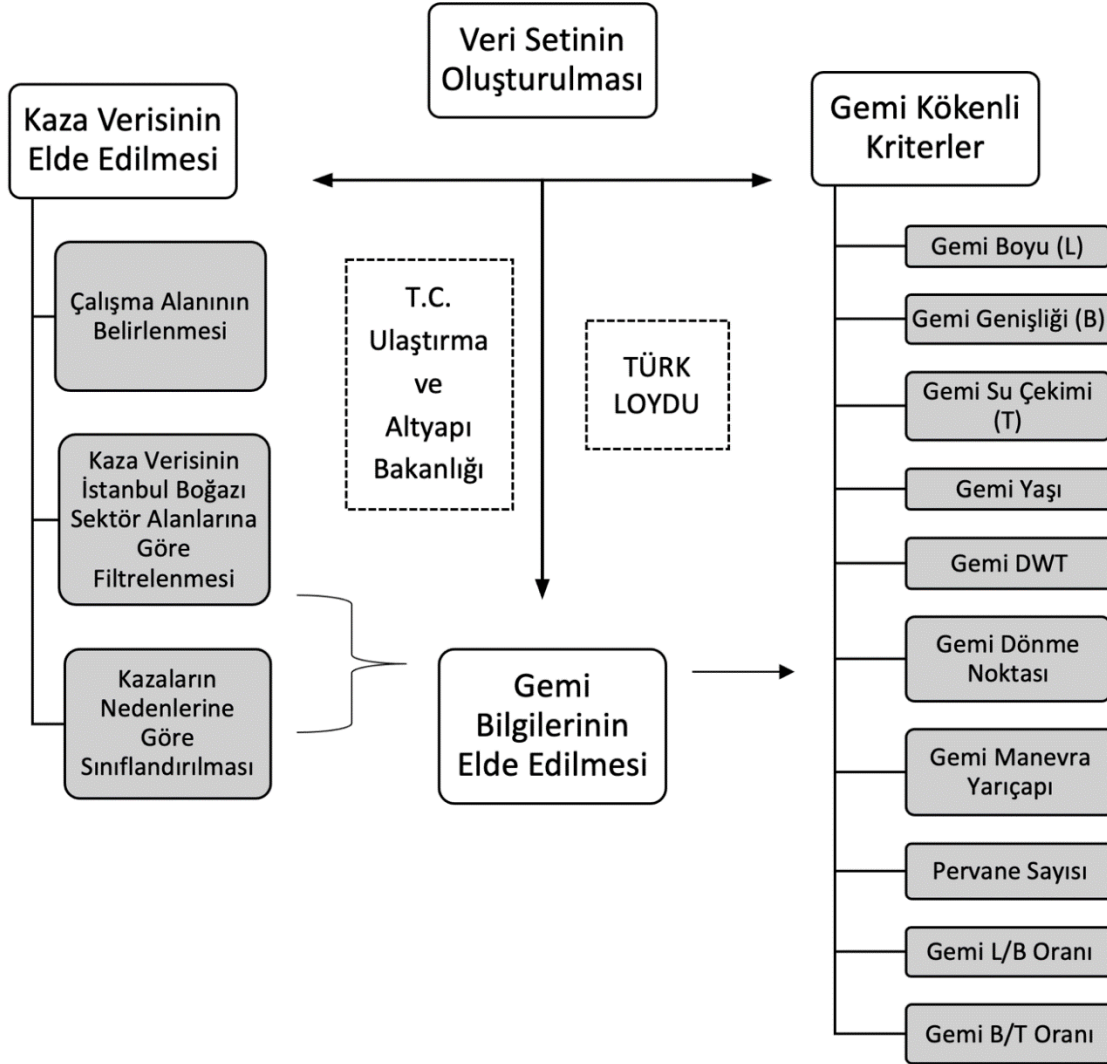
Bu çalışma ise gemi kaynaklı faktörlere bağlı olarak, İstanbul Boğazı'ndan en emniyetli şekilde geçiş yapabilecek gemi kriterlerini belirleyerek literatüre katkıda bulunmayı hedeflemiştir. Böylelikle, söz konusu kriterlere haiz gemi geçişlerinin özendirilmesi, farklı risk seviyelerinde bulunan gemiler

için ilave tedbirler uygulanması ve seyir emniyetinin artırılması için yeni önlemler geliştirilmesi mümkün olacaktır.

Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında kullanılacak materyal, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ana Arama Kurtarma Koordinasyon Merkezi'nden 2006 ile 2015 yılları arasında İstanbul Boğazı'nda gerçekleşen deniz kaza kayıtlarının alınması, kazaların VTS sektör sınırlarına göre filtrelenmesi, elde edilen verilerin kaza nedenlerine göre ayrıştırılması ve kazaya karışan

gemilerin MMSI (Maritime Mobile Service Identity -Deniz Seyyar Servis Tanıtım Numarası) numaralarının tespit edilmesi ile oluşturulmuştur. Elde edilen MMSI numaraları üzerinden, Türk Loydu iş birliği ile gemilerin boy, genişlik, su çekimi, yaş, deadweight tonaj, dönme noktası, pervane sayısı, manevra yarıçapı ve gemi boyut oranı bilgilerine erişilmiştir. Veri setinin oluşturulma süreci aşağıda, Şekil 2' deki diyagramda gösterilmiştir.



Şekil 2. Veri setinin oluşturulması ve gemi kökenli kriterlerin belirlenmesi.

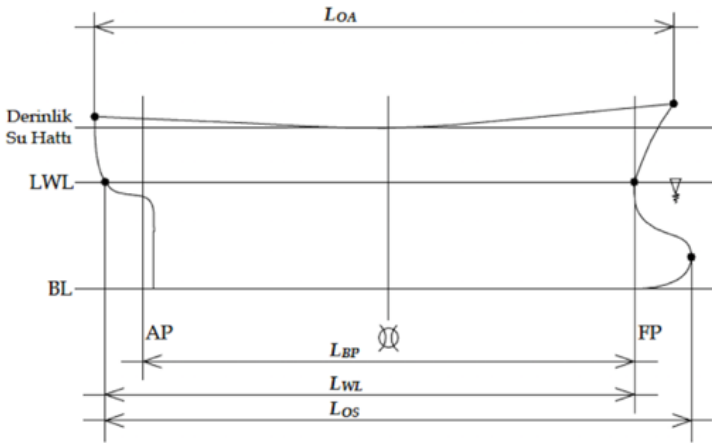
Figure 2. Creation of data set and determination of ship-origin criteria

Gemi Kökenli Kriterler

Elde edilen veri içeriği doğrultusunda, İstanbul Boğazı'nda deniz kazalarına sebep olabilecek gemi kökenli risk faktörleri; gemi boyu, gemi genişliği, gemi su çekimi, gemi yaşı, gemi tonajı (DWT), gemi dönme noktası, gemi dönme yarıçapı, gemi boyut oranları ve pervane sayısı olarak belirlenmiştir.

Gemi Boyu

Gemi geometrisinde bir gemi için dört farklı boy tanımlamak mümkündür. Bunlar; Dikmeler Arası Boy (L_{BP}), Su Hattı Boyu (L_{WL}), Tam Boy (L_{OA}) ve Su Altı Tam Boy (L_{OS})'dur. Çalışma kapsamında, geminin dikmeler arasındaki boyu (L_{BP}) kullanılmış olup söz konusu tanımlar, Şekil 3 üzerinde açıklanmıştır.



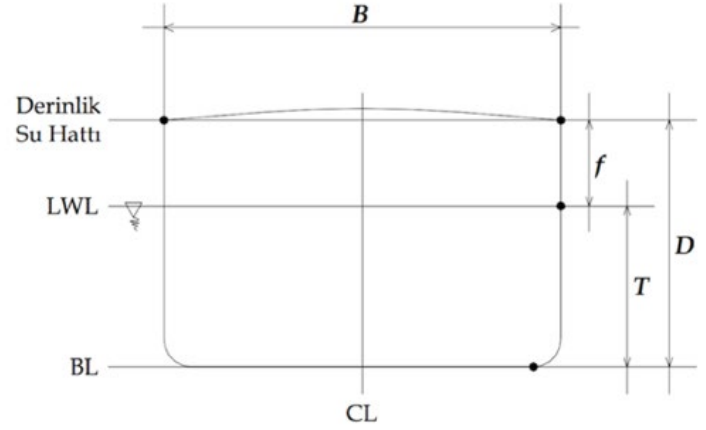
Dikmelerarası Boy (L_{BP}): Kıç dikme (AP) ile baş dikme (FP) arasındaki yatay mesafe olarak tanımlanmaktadır Gemi Genişliği (B)

Şekil 3. LBP, LWL, LOA ve LOS boy tanımlarının şekil üzerinde gösterimi (Odabaşı, 2011)

Figure 3. Illustrate of LBP, LWL, LOA and LOS definitions

Şekil 4'de D ile gösterilen gemi derinliği geminin enine orta kesitinde temel hattı ile ana güvertenin borda noktasındaki düşey mesafe olarak tanımlanmaktadır. (f), geminin

enine orta kesitinde yüklü su hattı ile ana güvertenin bordadaki noktası arasında kanal düşey mesafe olarak tanımlanan fribordu ifade etmektedir.



Şekil 4. Gemi genişlik, su çekimi, derinlik ve fribord tanımları

Figure 4. Definitions of the ship breadth, depth and freeboard

Gemi Su Çekimi (T)

Gemi su çekimi (T) en basit tanımıyla orta kesitte omurga hi-zasından su hattına kadar olan düşey uzunluktur. Bir başka ifadeyle geminin enine orta kesitinde temel hattı ile yüklü su hattı arasındaki düşey mesafe olarak tanımlanmaktadır. Su çekimi Şekil 4'de T harfi ile temsil edilmektedir.

Gemi Yaşı

Gemi yapım yılından deniz kazasının gerçekleştiği tarihe kadar geçen süreyi ifade etmektedir. Geminin kaza sırasındaki yaşı olarak çalışmaya dahil edilmiştir.

Gemi Boyut Oranları

L/B: Gemi boyunun gemi genişliğine oranını ifade etmektedir. Gemi türüne bağlı olarak farklılık gösteren bu oran, yolcu gemileri için 6 ile 8, yük gemileri için 3 ile 5 arasında değişmektedir. L/B oranının büyük olması hız için avantaj yaratır-ken, manevra kabiliyeti açısından dezavantaj oluşturmaktadır.

B/T: Gemi genişliğinin gemi su çekimine oranını ifade etmekte ve genellikle 2 ile 4.5 arasında değişmektedir (Kafalı, 1963; Sabuncu, 1985).

Gemi formundaki farklılıklar ve boyut oranları gemilerin manevra yeteneğini etkileyen kriterler olup, uzun boylu gemilerin rota tutma yeteneği, genişliği fazla olan gemilere kıyasla daha iyi olmakta, ancak bu durum dönme performansı açısından tam tersi bir etki yaratmaktadır (Sukas vd., 2017). Bu çerçevede gemi ana boyutları ve bu boyutların birbirine olan oranlarının temel manevra yeteneği üzerindeki etkileri aşağıda Tablo 1 ile açıklanmıştır.

Tablo 1. Gemi ana boyutlarının temel manevra yetenekleri üzerindeki etkileri. (TMMOB GMO Gemi Mühendisliği El Kitabı, 2011; Sukas vd., 2017)

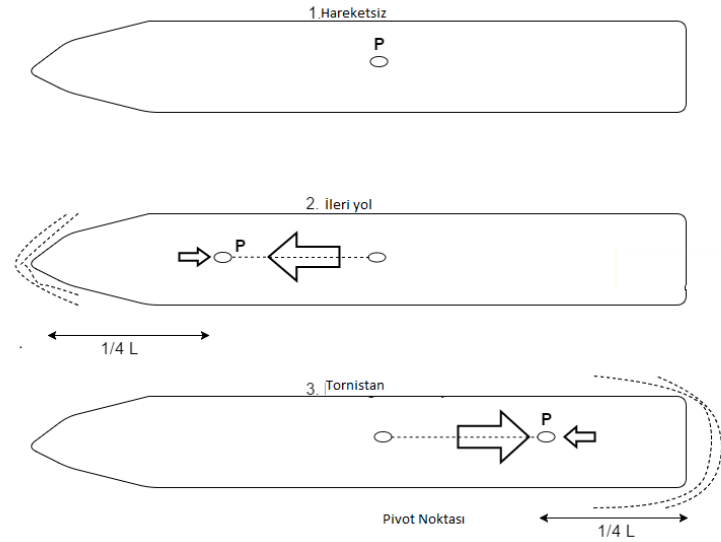
Tablo 1. Effects of ship main dimensions on basic maneuverability

Gemi Boyut ve Oranları	Rota Muhafazası	Dönme Yeteneği
Boy (L)	+	-
Genişlik (B)	-	+
Su Çekimi (T)	+	-
L/B	+	-
B/T	-	+

Tablo 1’de görüldüğü üzere manevra yeteneği açısından gemi boyu faktörü rota muhafazası ile pozitif ilişkiye sahipken, dönme yeteneği ile ters orantılıdır. Bir başka ifadeyle gemi boyu arttıkça geminin rota muhafazası artmakta ancak dönme yeteneği azalmaktadır. Genişlik açısından bakıldığında ise bu durumun tam tersi geçerli olmakta, yani geminin genişliği arttıkça rota muhafazası azalmakta ve dönme yeteneği artmaktadır. Su çekimi faktörü de rota muhafazası ve dönme yeteneği üzerinde gemi boyu ile aynı etkiye sahiptir. Gemi boyut oranları ise bu üç değişkenin sentezi olarak manevra performansını etkilemektedir. Bu noktada, gemi boyunun gemi genişliğine oranı arttıkça rota muhafazası da artmakta, buna karşılık dönme yeteneği azalmaktadır. Gemi genişliğinin gemi su çekimine olan oranı arttığında ise, rota muhafazası azalmakta ancak dönme yeteneği artmaktadır.

Gemi Dönme Noktası (P)

Hareket halindeki bir gemide dümen basıldığında dönme hareketi ile beraber savrulma hareketi meydana gelmekte ve dönme noktası baş tarafa doğru kaymaktadır. Tornistan durumunda ise dönme noktası aynı nedenden dolayı kıçta doğru yer değiştirmektedir. Bu doğrultuda, gemi üzerinde herhangi bir kuvvet yokken dönüş ekseninin gemi ağırlık merkezine yakın olarak ortada olduğu gözlemlenmektedir. İleri yol verildiğinde dönme noktası baş tarafa doğru kaymaktadır. Bu kapsamda ileri yol ile birlikte gemi dönme noktası önce gemi boyunun 1/8’i kadar mesafede oluşmakta ve ileri yoldaki hız istikrar kazandığında ise dönüş ekseninin bir miktar daha kıçta kaymasıyla baş taraftan gemi boyunun 1/4 mesafesinde istikrar sağlamaktadır. Benzer şekilde durmakta olan bir gemiye tornistan verildiğinde, dönme noktası ilk olarak kıç taraftan 1/8 gemi boyu mesafesinde oluşmakta ve geminin geriye doğru hareketi istikrar kazandıkça dönme noktası da baş tarafa doğru kayarak 1/4 gemi boyu mesafesinde istikrar kazanmaktadır. Gemi dönme noktasının gemiye kuvvet uygulanmadığı, ileri yol verildiği ve tornistan durumundaki hareketi aşağıda Şekil 5’de gösterilmiştir.



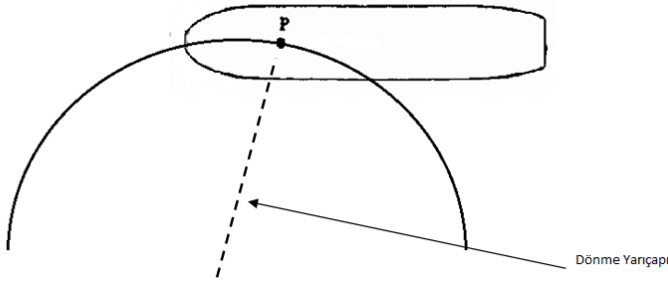
Şekil 5. Gemi dönme noktasının, hareketsiz, ileri yol ve tornistandaki hareketi (Cultofsea, 2021)

Figure 5. Illustrate of pivot point (Ship stopped, making headway, making sternway)

Literatürde Pivot Noktası olarak da bilinen ve P ile temsil edilen gemi dönme noktası, çalışma kapsamında, LBP değerinin yaklaşık yarısı kabul edilerek veri setine dahil edilmiştir.

Gemi Dönme Yarıçapı

Gemi dönme yarıçapı (manevra yarıçapı), gemi manevrasına etki eden bir diğer önemli faktördür. Sabuncu (1985) tarihli çalışmasında, dönme yarıçapını tanımlarken, dönme yarıçapının, dönme kabiliyeti ile ters, gemi rota tutma kabiliyetiyle ise doğru orantılı olduğuna işaret etmiştir. Bir başka deyişle, dönme yarıçapı ne kadar küçükse geminin dönme kabiliyeti o ölçüde yüksek olmaktadır. Dönme yarıçapının yüksek çıkması ise geminin rota tutma kabiliyetinin yüksek olduğunu göstermektedir (Sukas ve diğ., 2017).



Şekil 6. Gemi dönme yarıçapı (Cultofsea, 2021)

Figure 6. Turning Radius

Dönme yarıçapı, gemi boyuna bağlı olarak gemi tiplerine göre aşağıda verilen farklı katsayılar ile hesaplanmaktadır (Sabuncu, 1985).

- Tankerlerde gemi boyunun (L_{BP}) minimum 3.4 maksimum 7.5 katı,
- Yük gemilerinde gemi boyunun (L_{BP}) minimum 4.4 maksimum 6.1 katı,
- Yolcu gemilerinde gemi boyunun (L_{BP}) minimum 3 maksimum 5 katı,
- Römorkörlerde gemi boyunun minimum 1.5 maksimum 2.3 katı,
- Büyük harp gemilerinde gemi boyunun (L_{BP}) minimum 2.6 maksimum 4 katı,
- Destroyerlerde gemi boyunun (L_{BP}) minimum 4.3 maksimum 6 katı, (Yavaş Tip)
- Destroyerlerde gemi boyunun (L_{BP}) minimum 6 maksimum 6.7 katı, (Hızlı Tip).

Çalışma kapsamında en kötü senaryo baz alınmış ve analizlerde gemi tiplerine ilişkin maksimum katsayılar kullanılmıştır. Bu doğrultuda, gemi boyuna bağlı olarak, tankerlerde L_{BP} 'nin 7.5 katı, kuruyük ve dökme yük gemilerinde ise L_{BP} 'nin 6.1 katı olarak hesaplanmış ve veri setine dahil edilmiştir.

Pervane Sayısı

Çalışma kapsamında gemi kökenli risk faktörü değişkenlerinden bir diğeri pervane sayısı olarak belirlenmiş ve kaza yapan gemilere ilişkin pervane sayısı analizlere dahil edilmiştir.

Gemi Deadweight Tonajı

Akten ve Süygen (1985) tarihli çalışmasında gemi deadweight tonajını, bir geminin yük olarak taşıma kapasitesi olarak tanımlamışlardır. Bu tanıma göre deadweight tonaj, bir geminin yük, yolcu, personel, yakıt ve kumanya yüklü toplam ağırlığı ile (deplasman tonajı) boş ağırlığı arasındaki fark olarak hesaplanmaktadır. Milli Eğitim Bakanlığı (2016) tarafından yapılan Draft ve Sörvey Hesabı çalışmasında, deadweight ağırlığı kavramsal açıdan ele alınmış ve bir geminin yaz yükleme hattına kadar batırıldığında taşıyabileceği maksimum ağırlık olarak tanımlanmıştır. Bir başka deyişle, deadweight tonaj, geminin yüklü deplasmanından boş gemi ağırlığı çıkarıldığında bulunan ölü ağırlıktır. Geminin yük taşıma kapasitesi olarak da ifade edilen bu ölü ağırlığın içerisinde, geminin taşıdığı yük, yakıt, yağlama yağı, içme suyu, kumanya, mefruşat, balast suyu gibi ağırlıklar da bulunmaktadır.

Verinin Mekânsal Olarak Filtrelenmesi

İstanbul Boğazı'ndaki deniz trafiği, Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü'ne (CDREG 72 - Convention on the International Regulations for Preventing collisions at Sea) göre düzenlenmiş ve Uluslararası Denizcilik Örgütü- IMO (International Maritime Organization) tarafından kabul edilmiş olan trafik ayırım düzeni çerçevesinde ve bu düzen içerisinde ters yönlü gemi trafiğini birbirinden ayırmak için tesis edilen trafik şeritleri dahilinde işlemektedir (Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü, 2017). Boğaz'da, kuzeyden güneye doğru Sektör Türkeli, Sektör Kandilli ve Sektör Kadıköy olmak üzere üç sektörel alan bulunmakta ve deniz trafiği bu sektörler dahilinde takip edilmektedir (Türk Boğazları Seyir Rehberi, 2015). Çalışma kapsamında Sektör Türkeli kuzey sınırı ile, Sektör Kadıköy Güney sınırı arasında gerçekleşen kazalar filtrelenerek veri setine dahil edilmiştir. Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü (2020) tarafından hazırlanan Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri Kullanıcı Rehberi'nde İstanbul Boğazı sektörleri aşağıda Tablo 2'deki gibi tanımlanmıştır.

Tablo 2. İstanbul Boğazı sektör sınırları**Table 2.** Boundaries of the VTS Sectors in the Strait of Istanbul

İstanbul Boğazı GTH Sektörleri	Sınırlar	Tanımlar
Sektör Türkeli	Kuzey Sınırı	İstanbul Gemi Trafik Hizmetleri'nin kuzey sınırıdır.
	Güney Sınırı	Anadolu Kavağı Burnu (41 10.71'N / 29 05.19'E) ile Dikilitaş Feneri'ni (41 10.97'N/ 29 04.73'E) birleştiren hattır.
Sektör Kandilli	Kuzey Sınırı	Türkeli sektörünün güney sınırıdır
	Güney Sınırı	15 Temmuz Şehitler Köprüsüdür.
Sektör Kadıköy	Kuzey Sınırı	Kandilli sektörünün güney sınırıdır.
	Güney Sınırı	A: 40 52.5'N / 029 13.8'E B: 40 48.5'N / 029 09.0'E C: 40 50.3'N / 028 52.0'E D: 40 55.1'N / 028 43.4'E E: 40 58.2'N / 028 43.4'E mevkilerini birleştiren hattır.

Kazaların Nedenlerine Göre Sınıflandırılması

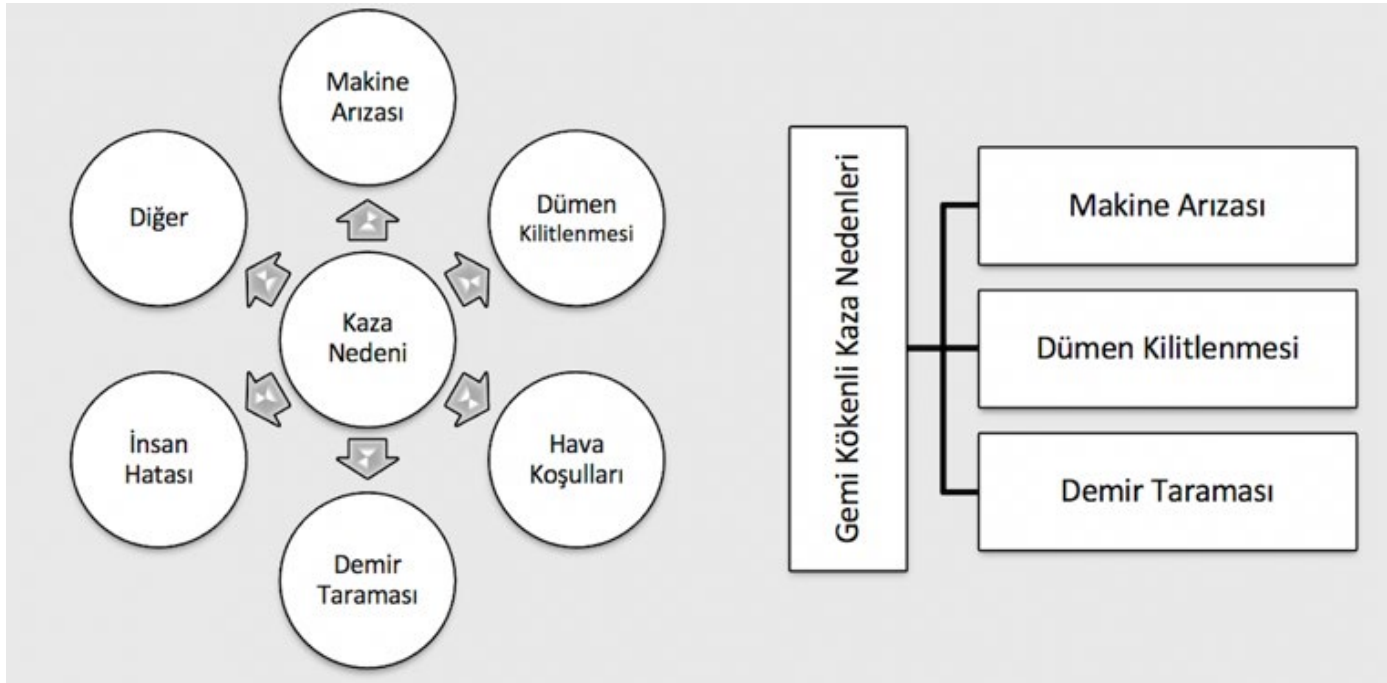
İstanbul Boğazı'nda 10 yıllık dönemde meydana gelen kaza kayıtları nedenlerine göre incelendiğinde kazaların; demir taraması, makine arızası, insan hatası, dümen kilitlenmesi, hava koşulları sebebiyle gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Söz konusu başlıklar dışında meydana gelen kazalar ise diğer nedenler olarak raporlanmıştır.

Çalışma, gemi kökenli risk faktörlerinin deniz kazaları üzerindeki etkisine odaklanmaktadır. Bu doğrultuda insan hatası ve hava koşulları ihmal edilmiş ve analizler; makine arızası, dümen kilitlenmesi ve demir taramasının sebep olduğu kazalar dahilinde gerçekleştirilmiştir. İstanbul Boğazı'nda gerçekleşen deniz kazalarının, sebeplerine ilişkin ana sınıflama ve gemi kökenli kaza nedenleri aşağıda Şekil 7'de gösterilmiştir.

Gemi kökenli nedenlerden kaynaklanan kazalar, kaza öznesi olan gemi kriterleriyle birlikte incelenmiş ve araştırmada frekans yaklaşımı benimsenmiştir.

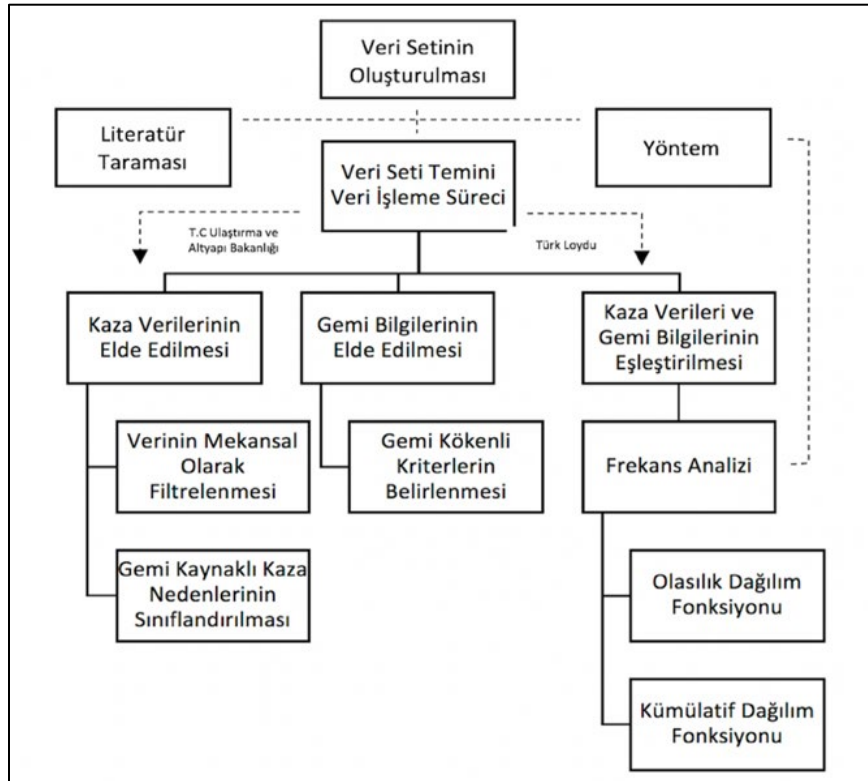
Frekans yaklaşımı "Büyük Sayılar Yasası" perspektifinde ele alınmış ve rassal değişkenin uzun vadeli kararlılığını tanımlayan bir olasılık teoremi olarak değişkenlere uygulanmıştır. Bu doğrultuda öncelikle verinin dağılım, yığılma, değişkenlik gibi temel karakteristiklerini anlaşılabilir ve değerlendirilebilir şekilde görselleştirebilmek için frekans dağılımları elde edilmiş ve bu dağılımlar üzerinden olasılık yoğunluk fonksiyonu tanımlanmıştır.

Frekans analizi, olasılık dağılım fonksiyonu ve kümülatif dağılım fonksiyonu olarak iki başlık altında yorumlanmış ve ilk olarak olasılık dağılımı fonksiyonu açıklanmıştır. İkinci aşamada kümülatif dağılım fonksiyonu tanımlanmış ve her bir gemi tipi için değişkenlere uygulanmıştır. Böylelikle, İstanbul Boğazı'nda gemi kökenli kriterlerin kaza frekansı perspektifindeki olasılığı elde edilmiş ve kümülatif dağılım sonuçları ile bu olasılıkların toplam içerisindeki payı ve uzun vadedeki kararlılığı gözlemlenmiştir. İlgili süreçler aşağıda Şekil 8, 9 ve 10'da gösterilmiştir.



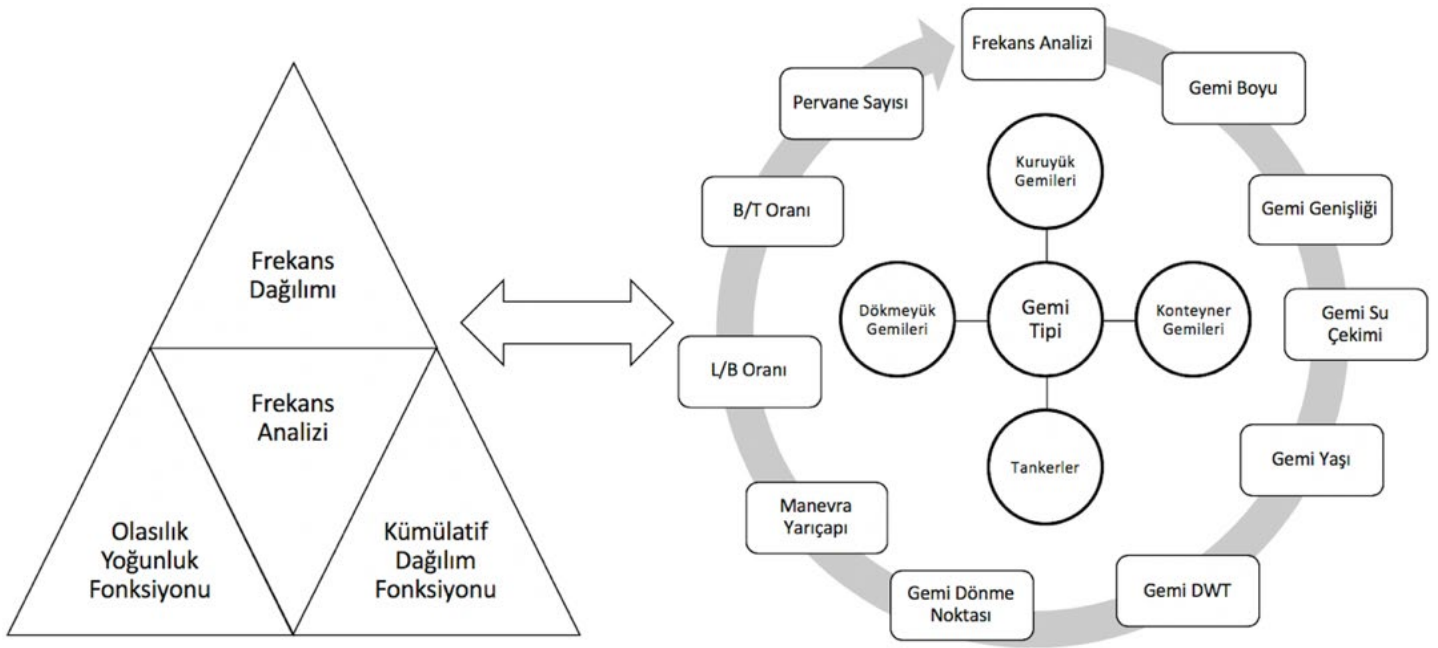
Şekil 7. Kaza nedenlerinin sınıflandırılması

Figure 7. Classification of the accidents causes



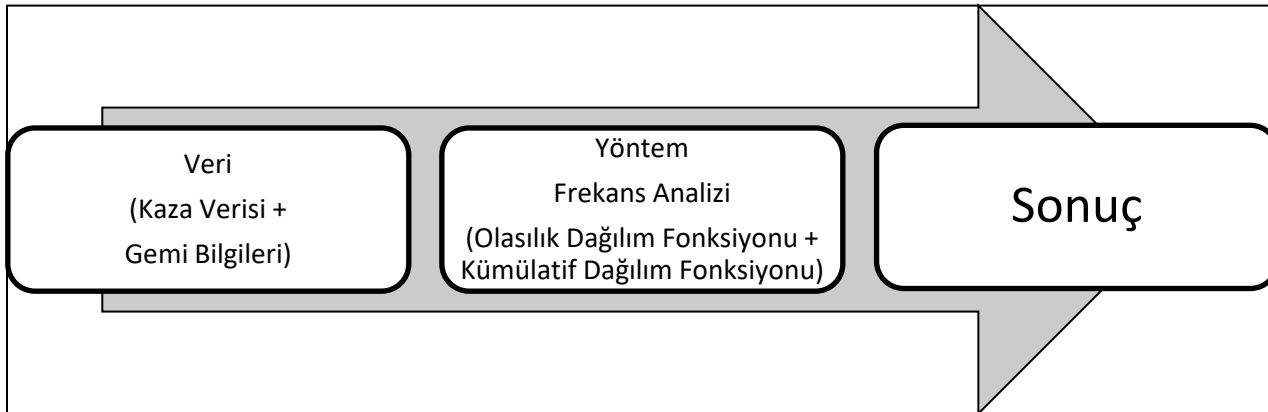
Şekil 8: Çalışmanın aşamaları

Figure 8. Main steps of the study



Şekil 9. Metot

Figure 9. Method

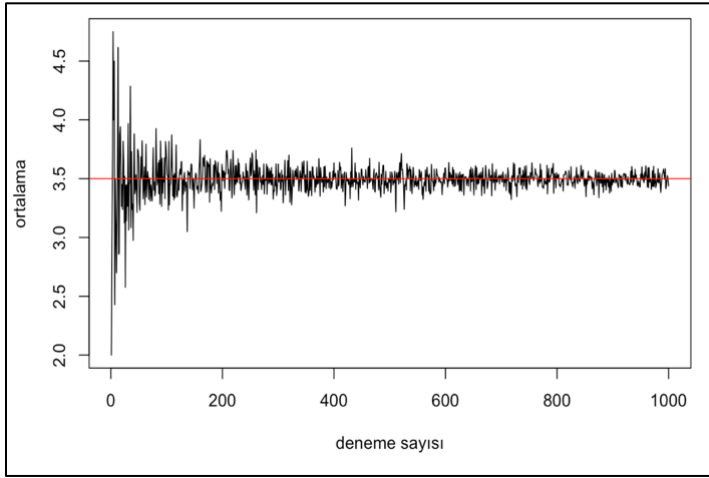


Şekil 10: Veri, yöntem ve sonuç ilişkisi

Figure 10. Data, method and result relationship

Frekans Analizi

Frekans yaklaşımının özü olan Büyük Sayılar Yasası, en sade şekilde rastgele bir değişkenin uzun vadeli kararlılığını tanımlayan bir olasılık teoremidir (Evans ve Rosenthal, 2010). Büyük Sayılar Yasası'na göre, sonlu bir beklenen değere sahip olan, birbirinden bağımsız ve eşit dağılıma sahip bir rassal değişkenler örnekleminde, bu gözlemlerin ortalaması bu beklenen değere yakınsayacak ve bu değere yakın bir seyir izleyecektir. Bu konuda verilebilecek en temel örneklerden biri, altı yüzü olan bir zarın peş peşe atılmasıdır. Binom dağılımı kurallarına göre sonucun 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 gelme olasılığı eşit olup, bu sonuçların aritmetik ortalaması 3.5'tur. Zar atılmasına dair R – Studio program dilinde elde edilen deney sonuçları, aşağıda Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Büyük sayılar yasası zar deneyi

Figure 11. Law of Large Numbers - Dice Rolling Example

Şekil 11'de, ilk başta zar atışlarının ortalamasının bariz şekilde dalgalandığı gözlemlenmektedir. Ancak, gözlem sayısı arttıkça ortalamanın, Büyük Sayılar Yasası tarafından öngörüldüğü gibi, beklenen değer olan 3.5'in etrafında dengelendiği görülmektedir.

Frekans analizi, sırasıyla sınıf aralık sayısının seçimi, her bir sınıf aralığına düşen n_i eleman sayısının belirlenmesi ve ilgili sınıf aralığına düşen frekansın hesaplanması (f_i) süreçlerini içermekte ve matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$f_i = \frac{n_i}{n} \quad (3.1)$$

Hesaplanan frekansa ait f_i değerlerinin her sınıf aralığında yatay eksen üzerine aktarımıyla "frekans diyagramları" diğer

bir ifadeyle histogramlar elde edilmektedir. Histogramlar, verilerin değişkenliği, yığılma ve dağılım yapısı özelliklerini bir bakışta gösterebilmesi açısından avantaj sağlamaktadır. Eğer gözlem sayısı artırılır ve sınıf aralığı küçültülür ise histogramın sürekli bir eğriye yaklaştığı; veri sayısı teorik olarak sonsuz olduğu takdirde ise limitte bir eğriye dönüştüğü gözlenir. Bu eğri, olasılık yoğunluk fonksiyonu veya dağılım eğrisi olarak tanımlanmaktadır (Dekking ve diğ., 2015).

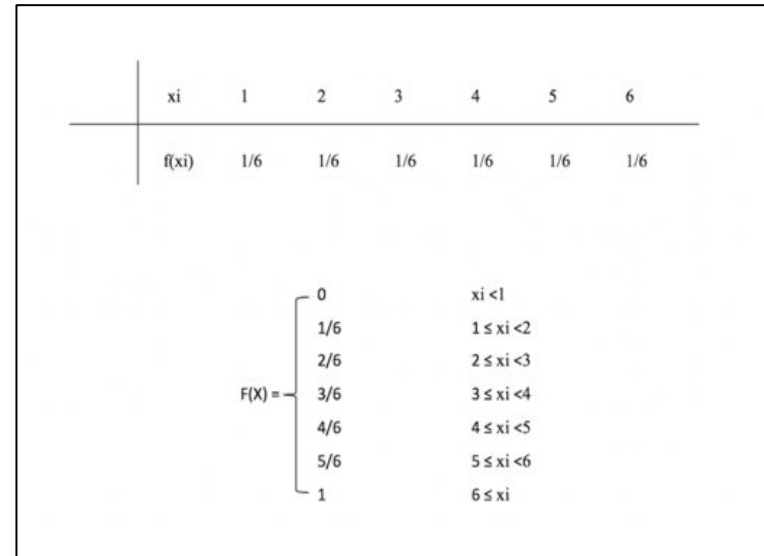
Olasılığın Dağılım Fonksiyonu

Bir olayı, bir fonksiyonun değerleriyle tanımlamak mümkün olup, bunlar rastgele değişken fonksiyonu olarak tanımlanırlar. Burada fonksiyonun değerleri, örnek uzayın her elemanını gerçel bir sayı olarak belirlemektedir. Rastgele değişken büyük harfle (X), değerleri ise küçük harfle (x) temsil edilmektedir.

Herhangi bir X rassal değişkeninin dağılım fonksiyonu $F(X)$ ile gösterilmekte ve X rassal değişkeninin x 'e eşit veya daha küçük olma olasılığını ifade etmektedir. Bu birikimli olasılık, dağılım fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır.

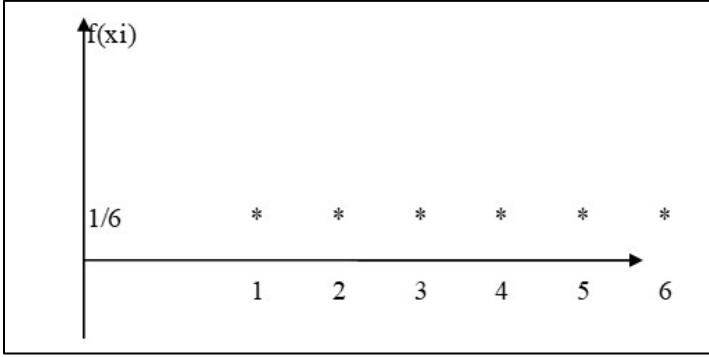
$$F(x) = P(X \leq x) = \sum_{x_i \leq x} f(x_i) \quad (3.2)$$

Olasılık dağılım fonksiyonunun incelenmesinde zar örneği üzerinden gidilecek olursa ilk aşama $f(x)$ 'in oluşturulmasıdır. Dağılım fonksiyonu, olasılık fonksiyonunun birikimli hali olduğuna göre x_i ve $f(x_i)$ aşağıdaki şekilde elde edilir.



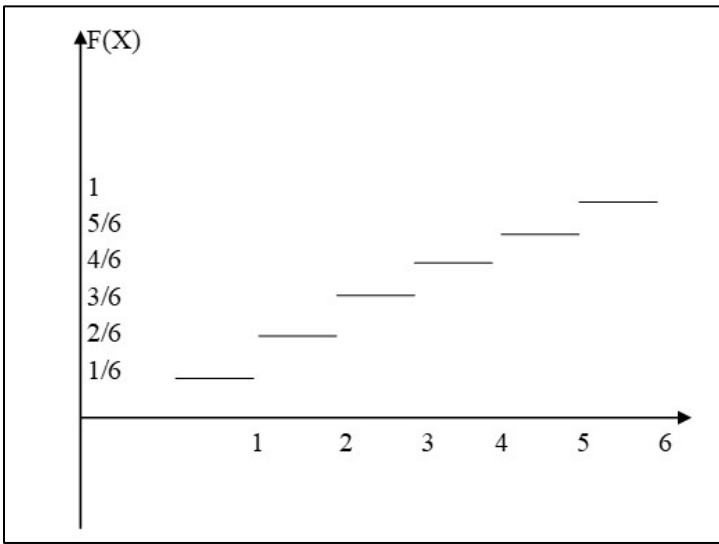
Şekil 12. Olasılık fonksiyonunun elde edilmesi. (Evans ve Rosenthal, 2010)

Figure 12. Obtaining the probability function



Şekil 13. Olasılık fonksiyonunun grafiği. (Evants ve Rosenthal, 2010)

Figure 13. Graph of probability funktion



Şekil 14. Dağılım fonksiyonunun grafiği. (Evants ve Rosenthal, 2010)

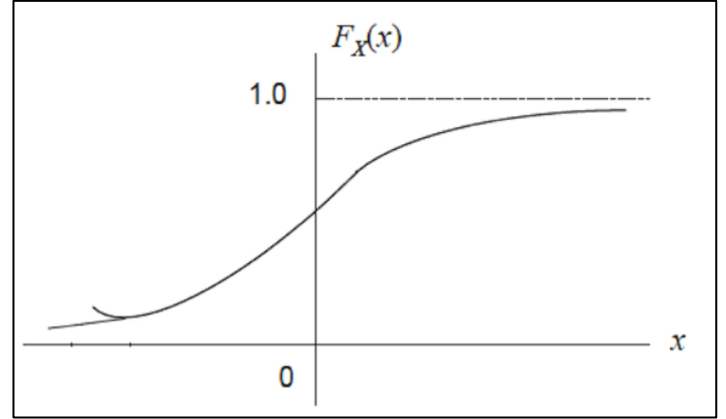
Figure 14. Plotting probability distribution

Kümülatif Dağılım Fonksiyonu

Kümülatif dağılım fonksiyonu, sürekli bir rastgele değişken olan X 'in olasılık dağılımını tümüyle tanımlayan fonksiyon olup, aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Dean, 2018; Tabachnick ve Fidell, 2007).

$$F_x(x) = \Pr[X \leq x] \quad (3.3)$$

Tipik bir kümülatif dağılım fonksiyonu aşağıda, Şekil 15'de verilmiştir.



Şekil 15. Kümülatif dağılım fonksiyonu

Figure 15. umulative distribution function

Bulgular ve Tartışma

Frekans analizi kapsamında elde edilen bulgular aşağıda alt başlıklar halinde incelenmiştir.

Gemi Tiplerine Göre Frekans Dağılımları

Frekans analizi kapsamında, gemi kriterlerine ilişkin sınıf aralık sayıları belirlenmiş, her bir sınıf aralığına düşen eleman sayısı tespit edilmiş ve ilgili sınıf aralığına düşen frekanslar her dört gemi tipi için hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar; aşağıda Tablo 3'de incelenmiştir.

Gemi Boyu: En yüksek frekans değerleri kuruyük ve konteyner gemileri için 100 – 150 metre, dökmeyük gemileri için 150 – 200 metre ve tankerler için 50 – 100 metre aralığında gözlemlenmiştir.

Gemi Genişliği: En yüksek frekans değerleri kuruyük gemileri için 10-15 metre, dökmeyük gemileri için 30-35 metre, tankerler için 10 – 20 metre ve konteyner gemileri için 20 – 25 metre aralığında gözlemlenmiştir.

Gemi Su Çekimi: En yüksek frekans değerleri kuruyük gemileri için 2 – 4 metre, dökmeyük gemileri için 4 – 6 metre, tankerler için 6 – 8 metre aralığında gözlemlenmiştir. Konteyner gemileri için tek bir aralıkta azami frekans değeri tanımlanmamıştır.

Gemi Yaşı: En yüksek frekans değerleri, kuruyük gemileri için 30 – 35 yaş, dökmeyük gemileri, konteyner gemileri ve tankerler için 0 – 10 yaş aralığında gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Gemi tipleri için karşılaştırmalı frekans tablosu**Table 3.** Comparative frequency table for ship types

Gemi Kriterleri	Kuruyük Gemileri	Dökmeyük Gemileri	Tankerler	Konteyner Gemileri
Gemi Boyu	100 – 150 m	150 – 200 m	50 -100 m	100 – 150 m
Gemi Genişliği	10 – 15 m	30 – 35 m	10 – 20 m	20 – 25 m
Gemi Su Çekimi	2 – 4 m	4 – 6 m	6 – 8 m	-
Gemi Yaşı	30 – 35	0 – 10	0 – 10	0 -10
Gemi DWT	0 - 5.000	-	0 - 50.000	0 – 20.000
Manevra Yarıçapı	500 – 600 m	1.000 – 1.200 m	500 – 1.000 m	500 – 1.000 m
Dönme Noktası	150 – 200 m	80 – 100 m	20 – 40 m	60 – 80 m
L/B Oranı	6-7	6 – 6.5	5 – 6	6 – 6.5
B/T Oranı	1-2	2 – 3	-	3.5 – 4
Pervane Sayısı	1	1	1	1

Gemi Deadweight Tonajı: En yüksek frekans değerleri, kuruyük gemileri için 0 – 5.000 DWT, tankerler için 0 – 50.000 DWT ve konteyner gemileri için 0 – 20.000 DWT aralığında gözlemlenmiştir. Dökmeyük gemileri için tek bir aralıkta azami frekans değeri tanımlanmamıştır.

Manevra Yarıçapı: En yüksek frekans değerleri, kuruyük gemileri için 500 – 600 metre, dökmeyük gemileri için 1.000 – 1.200 metre, tankerler ve konteyner gemileri için 500 – 1.000 metre aralığında gözlemlenmiştir.

Dönme Noktası: En yüksek frekans değerlerinin kuruyük gemileri için 150 – 200 metre, dökmeyük gemileri için 80 – 100 metre, tankerler için 20 – 40 metre ve konteyner gemileri için 60 – 80 metre aralığında oluştuğu gözlemlenmiştir.

L/B Oranı: En yüksek frekans değerlerinin kuruyük gemileri için 6 – 7, dökmeyük ve konteyner gemileri için 6 – 6.5, tankerler için 5 – 6 aralığında oluştuğu gözlemlenmiştir.

B/T Oranı: En yüksek frekans değerleri, kuruyük gemileri için 1 – 2, dökmeyük gemileri için 2 – 3, konteyner gemileri için 3.5 – 4, aralığında gözlemlenmiştir. Tankerler için tek bir aralıkta azami frekans değeri tanımlanmamıştır.

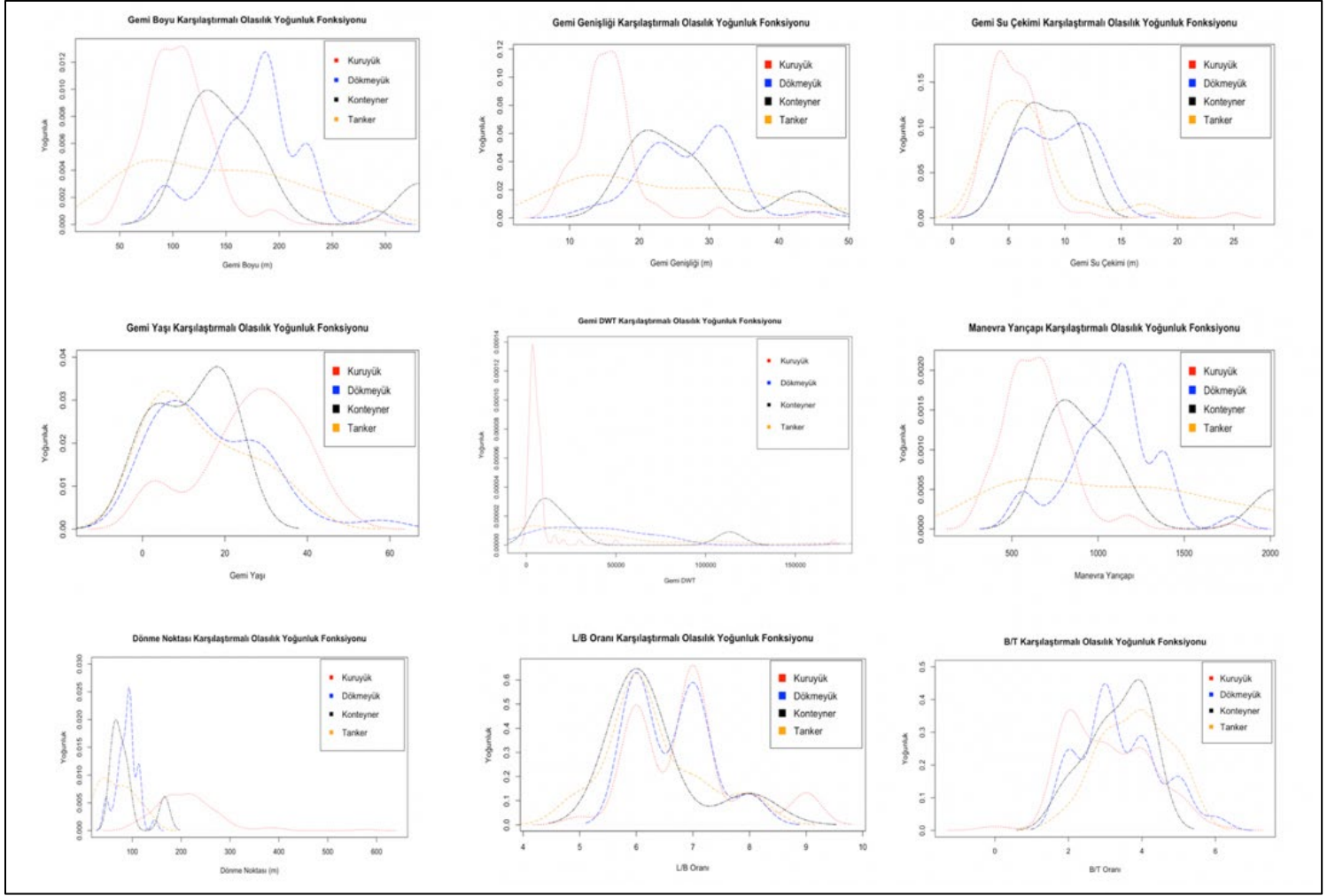
Pervane Sayısı: Elde edilen bulgular en yüksek frekans değerlerinin tüm gemi tipleri için tek pervaneli gemilerde meydana geldiğini göstermiştir. Bu durum, çift pervaneli gemilerin manevra yeteneğinde sağladığı artış dolayısıyla çok daha az frekansa sahip olduğunu, bir başka deyişle pervane sayısının kazaları önlemede etkili bir kriter olduğunu göstermektedir.

Gemi Tiplerine Göre Olasılık Yoğunluğu

Çalışma kapsamında gemi kökenli kriterler, her bir gemi tipi için olasılık yoğunluk fonksiyonu kapsamında incelenmiş ve elde edilen sonuçlar, aşağıda PDF (Probability Density Function) grafikleri ile incelenmiştir.

Gemi Boyu: Elde edilen sonuçlar, tepe noktası 0.012'ye ulaşan kuruyük ve dökmeyük gemilerinin, tankerlere kıyasla daha dengeli bir dağılım gösterdiğini, konteyner gemilerinin de 0.010'da pik yapan ve normal dağılıma oldukça yakın seyreden bir dağılım izlediğini göstermiştir. Daha basık bir dağılım eğrisine sahip olan tankerlerinse, tepe noktasına 0.004 civarında ulaştığu gözlemlenmiştir.

Gemi Genişliği: Elde edilen sonuçlar, kuruyük gemilerinin diğer gemi tiplerine kıyasla daha yüksek bir ivmeye sahip olduğunu ve 10 ile 15 metre aralığında 0.12'ye yaklaşarak tepe noktasına ulaştığını göstermektedir. Tankerlere ilişkin yoğunluk eğrisi, gemi boyu kriterine benzer olarak yatay ve stabil bir davranış sergilerken, 0.06 civarında maksimum değerine ulaşan dökmeyük ve konteyner gemileri benzer bir dağılım profili göstermişlerdir.



Şekil 16. Gemi tiplerine göre karşılaştırmalı PDF grafikleri

Figure 16. Comparative PDF graphics by ship types

Gemi Su Çekimi: Dökmeyük ve konteyner gemilerinin birbirine oldukça yakın bir dağılıma sahip olduğu gözlenmiştir. Kuruyük gemileri ve tankerler, dökmeyük ve konteyner gemilerine göre daha sağa çarpık bir dağılım göstermişlerdir. Kuruyük gemilerinin tepe noktasındaki yoğunluk değeri 0.20 civarındayken, tankerlerde ve konteyner gemilerinde bu oran 0.12 civarında gerçekleşmiştir. Dökmeyük gemilerine ait olasılık yoğunluğu eğrisinin ise 2 kez pik yaptığı ve bu noktaların 0.10 altında gerçekleştiği görülmüştür. Bir başka deyişle dört gemi tipi içerisinde yoğunluk eğrisinin azami değerine ulaştığı noktalar açısından en düşük seviye dökmeyük gemilerinde gözlemlenmiştir.

Gemi Yaşı: Elde edilen sonuçlar, dökmeyük gemileri ve tankerlerin oldukça benzer bir davranış sergilediğini; her iki gemi tipinin de 0 ile 10 yaş aralığında ve 0.03 seviyesinde azami değerine ulaştığını göstermiştir. 0.03 seviyesine kadar dökmeyük gemileri ve tankerlerle benzer eğilim gösteren konteyner gemileri ise 10 ile 20 yaş aralığında yeniden ivme kazanarak tepe noktasına ulaşmış ve sonrasında keskin bir düşüş sergilemiştir. Buna karşılık kuruyük gemileri normal dağılıma çok daha yakın bir seyir izlemiş ve maksimum değerine 30 – 35 yaş aralığında ulaşmıştır.

Gemi DWT: Elde edilen sonuçlar, kuruyük gemilerinin diğer gemi tiplerine göre oldukça farklı bir dağılım sergilediğini

göstermiştir. Dökmeyük gemileri, konteyner gemileri ve tankerler azami değerlerine 0 – 50.000 DWT aralığında ve 0.00004 seviyesi altında ulaşırken, kuruyük gemilerinin maksimum değerine 0 – 5.000 DWT aralığında ve 0.00014 civarında ulaştığı gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, dökmeyük gemileri ve tankerlerin, x eksenı boyunca 0.0002 seviyesi altında ve birbiriyle oldukça yakın bir dağılıma sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Manevra Yarıçapı: Elde edilen sonuçlar, her dört gemi tipinin de birbirinden oldukça farklı dağılımlara sahip olduğunu göstermiştir. Kuruyük ve konteyner gemileri, diğer gemi tiplerine göre daha sağa çarpık bir dağılım sergilerken, tankerlerin genel olarak 0.0006 seviyesi altında yatay bir dağılım izlediği gözlenmiştir. Kuruyük ve dökmeyük gemileri azami değerlerine 0.0020 civarında ulaşmış, ancak dağılım olarak oldukça farklı davranış sergilemişlerdir. Normal dağılıma oldukça yakın bir dağılım gösteren dökmeyük gemileri 1.100 ile 1.200 metre aralığında tepe noktasına ulaşırken, kuruyük gemileri bu noktayı 500 ile 600 metre aralığında yakalamıştır.

Dönme Noktası: Elde edilen sonuçlar, dört gemi tipinin de birbirinden oldukça farklı dağılımlara sahip olduğunu göstermiştir. Dökmeyük gemileri, konteyner gemileri ve tankerler 0 – 100 metre aralığında azami değerlerine ulaşırken, bu gemi tiplerine nazaran normal dağılıma daha yakın bir seyir izleyen kuruyük gemileri, 150 – 250 metre aralığında maksimum değerine ulaşmıştır. Dökmeyük gemileri için en yüksek yoğunluk 0.025 seviyesinde gerçekleşirken bu oran, konteyner gemilerinde 0.020, tankerlerde 0.010 ve kuruyük gemilerinde ise 0.07 civarında gözlemlenmiştir.

L/B Oranı: Elde edilen sonuçlar, her dört gemi tipinin de birbirinden oldukça farklı ve düzensiz bir dağılıma sahip olduğunu göstermiştir. Buna göre kuruyük ve dökmeyük gemilerinin 0.6 seviyesinde ve aynı L/B oranları için 2 kez pik yaptığı görülmüştür. Normal dağılıma yakın davranış sergileyen tankerler ve konteyner gemileri ise kuruyük ve dökmeyük gemilerine benzer olarak 0.6 seviyesinde tepe noktasına ulaşmış

ve sonrasında birbirine yakın bir ivme ile düşüş eğilimi göstermişlerdir.

B/T Oranı: Elde edilen sonuçlar, dökmeyük gemileri ve konteyner gemilerinin 0.5 civarında tepe noktasına ulaştığını göstermiştir. Tankerler ve kuruyük gemileri ise, 0.4 seviyesine yakın bir değerde azami değerlerini almışlardır

Gemi Tiplerine Göre Kümülatif Dağılımlar

Veri seti kapsamındaki deniz kazaları, dört gemi tipi için elde edilen gemi bilgileri doğrultusunda boy, genişlik, su çekimi, deadweight tonaj, yaş, manevra yarıçapı ve dönme noktası açısından incelenmiş ve elde edilen sonuçlarla Şekil 17'deki kümülatif dağılım grafikleri elde edilmiştir.

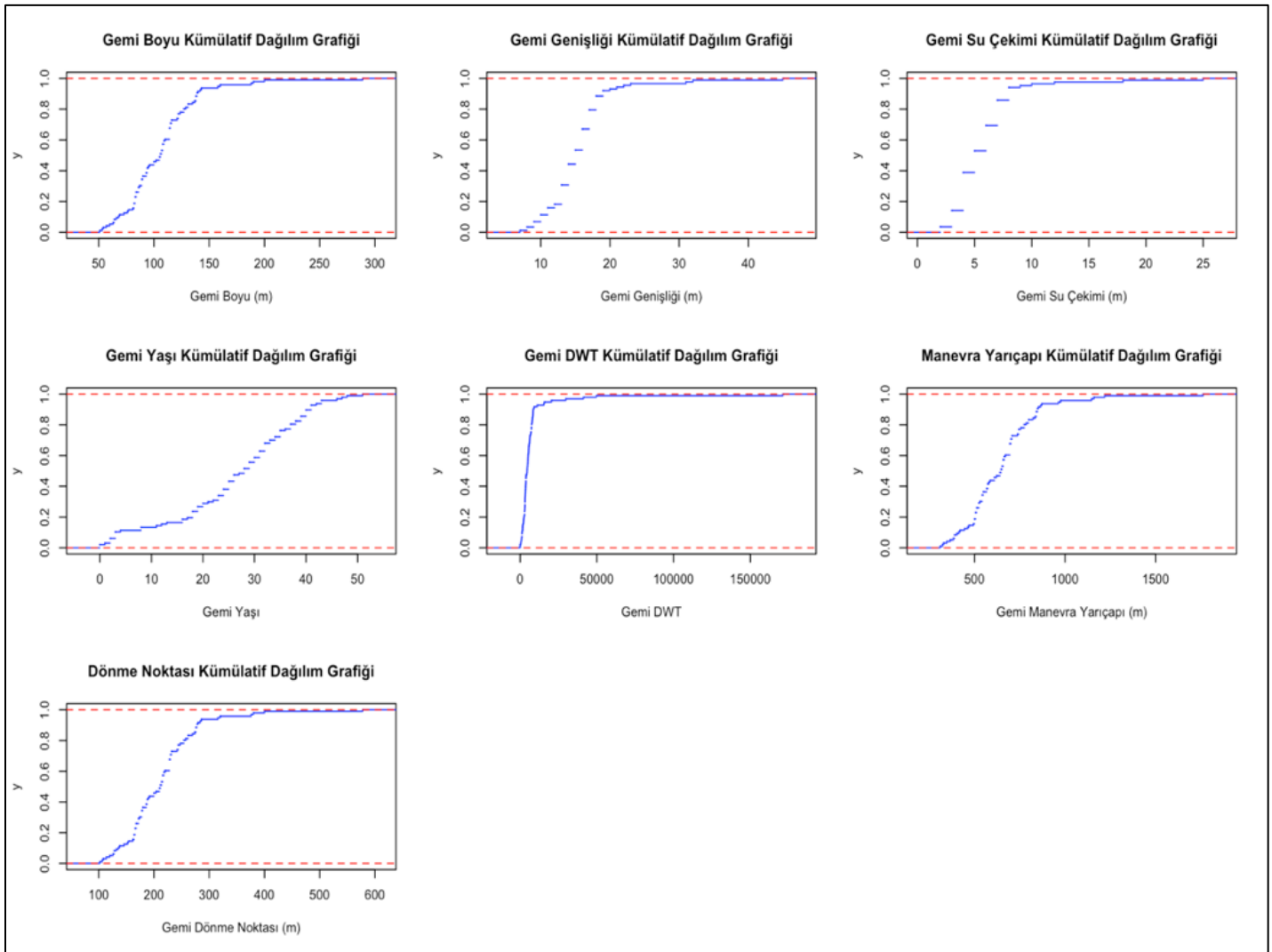
Veri seti kapsamındaki deniz kazaları, kuruyük gemileri için incelendiğinde,

Gemi Boyu: Kuruyük gemileri için gemi boyu 50 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, % 99'unun 200 metre ve altı gemilerden, %90'ının 150 metre ve altındaki gemilerden, %75'inin 120 metre ve altı gemilerden ve % 50'sinin yaklaşık 100 metre ve altındaki gemilerden oluştuğu gözlemlenmiştir.

Gemi Genişliği: Kuruyük gemileri için gemi genişliği 10 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 30 metre ve altı gemilerden, %90'ının 18 metre ve altındaki gemilerden, %75'inin 16 metre altı gemilerden ve %50'sinin 15 metre ve altı gemilerden oluştuğu gözlemlenmiştir.

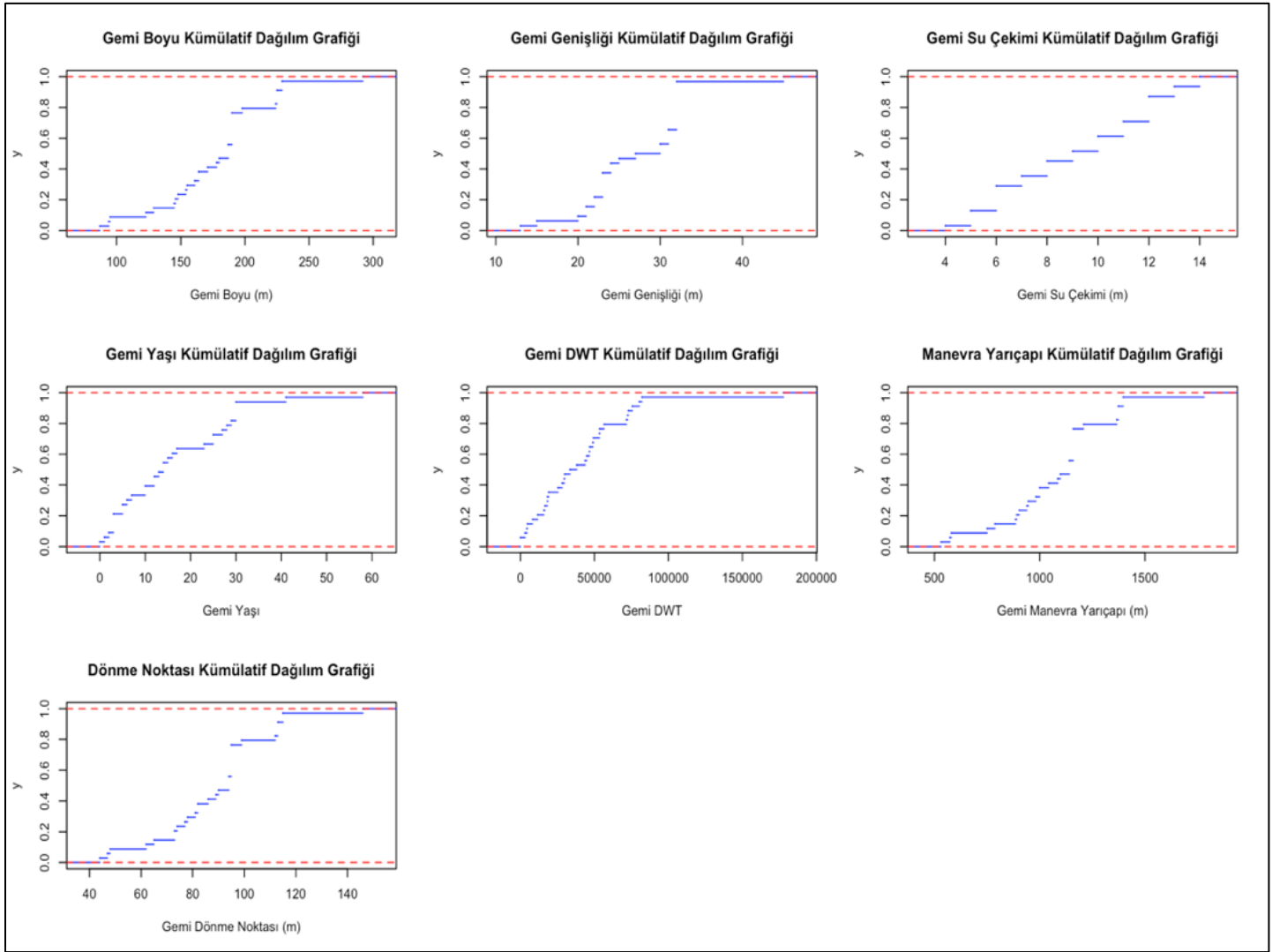
Gemi Su Çekimi: Kuruyük gemileri için gemi su çekimi 5 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 12 metre ve altında, %90'ının 7.5 metre ve altında, %75'inin 6.5 metre ve altında, %50'sinin 5.5 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Gemi Yaşı: Kuruyük gemileri için gemi yaşı kriteri için 10 yıllık aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 48 yaş ve altında, %90'ının 40 yaş ve altında, %75'inin 34 yaş ve altında, %50'sinin 28 yaş ve altında olduğu gözlemlenmiştir.



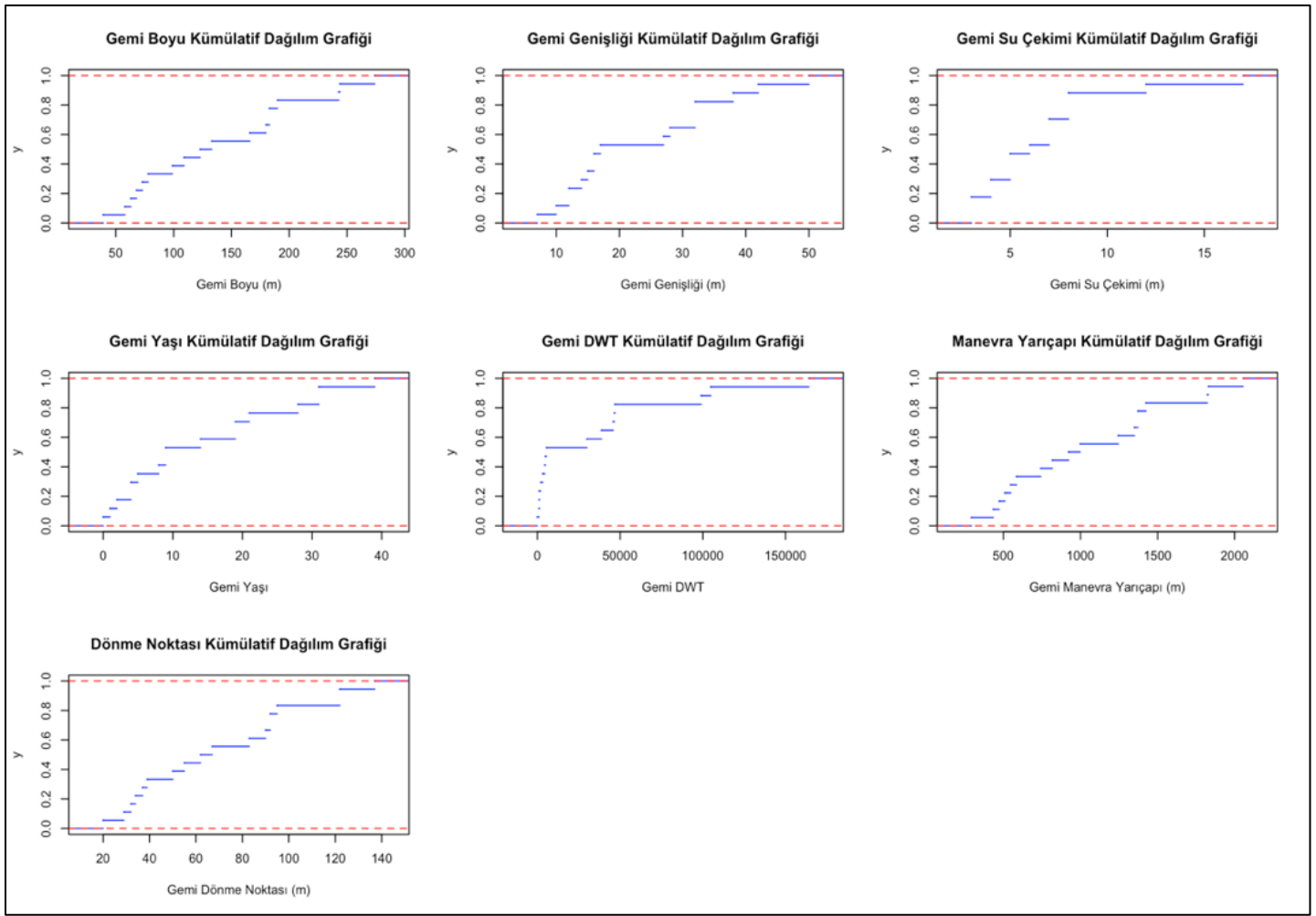
Şekil 17. Kuruyük gemileri için CDF grafikleri

Figure 17. CDF charts for dry cargo ships



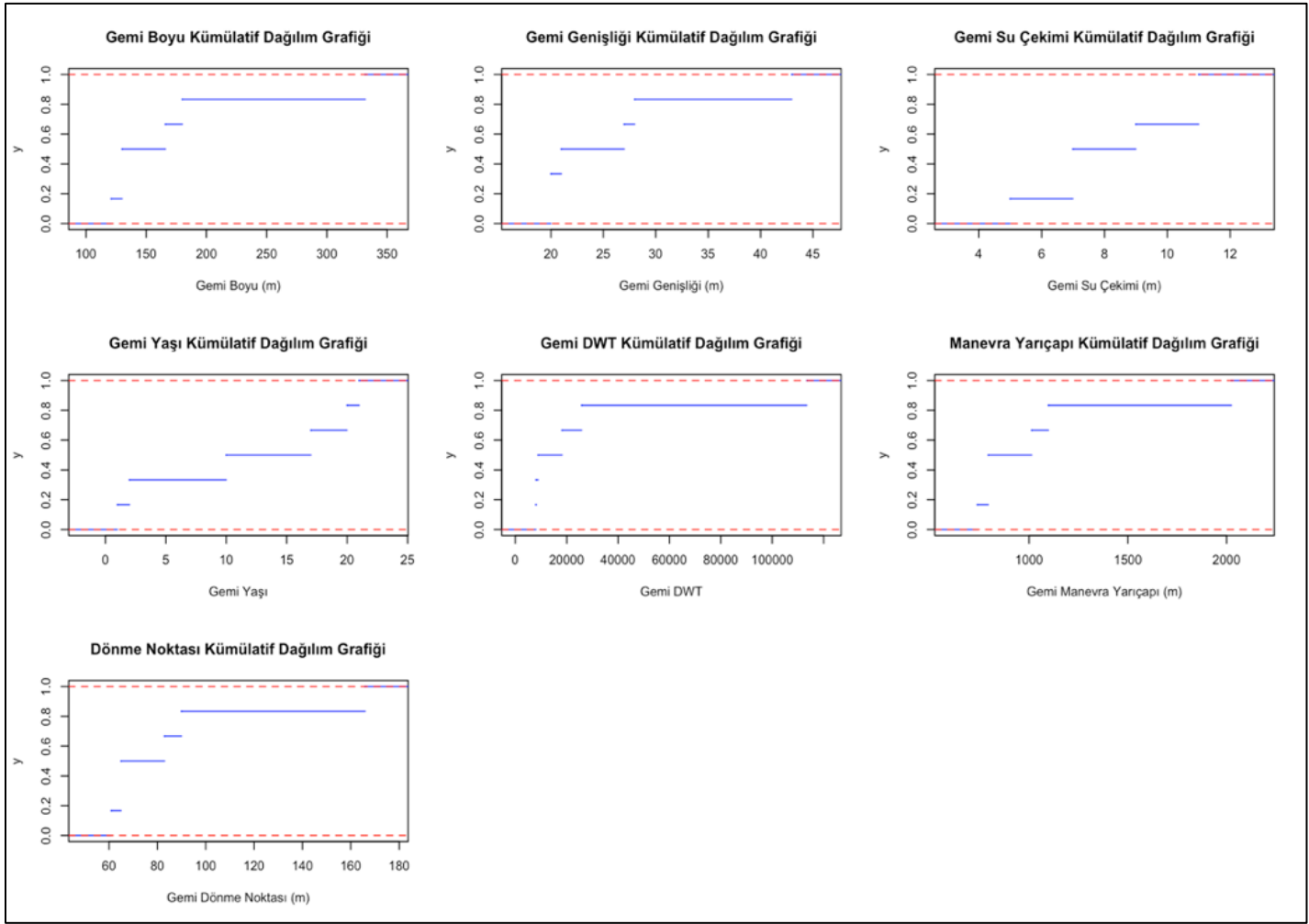
şekil 18. Dökmeyük gemileri için CDF grafikleri

Figure 18. CDF charts for bulk carriers



Şekil 19. Tankerler için CDF grafikleri

Figure 19. CDF graphics for tankers



şekil 20. Konteyner gemileri için CDF grafikleri

Figure 20. CDF charts for container ships

Gemi DWT: Kuruyük gemileri için gemi deadweight tonajı 50.000 DWT aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 50.000 DWT ve altında, %90'ının 10.000 DWT ve altında, %75'inin 7.000 DWT ve altında, %50'sinin 5.000 DWT ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Manevra Yarıçapı: Kuruyük gemileri için manevra yarıçapı 500 metre aralıklar dahilinde sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 1.250 metre ve altında, %90'ının 800 metre ve altında, %75'inin 700 metre ve altında, %50'sinin 650 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Dönme Noktası: Kuruyük gemileri için gemi dönme noktası 100 metre aralıklar dahilinde sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 400 metre ve altında, %90'ının 280 metre ve altında, %75'inin 220 metre ve altında, %50'sinin 205 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Veri seti kapsamındaki deniz kazaları, dökmeyük gemileri için incelendiğinde,

Gemi Boyu: Dökmeyük gemileri için gemi boyu 50 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 300 metre ve altı gemilerden, %90'ının 230 metre ve altındaki gemilerden, %75'inin 190 metre ve altı gemilerden ve %50'sinin yaklaşık 180 metre ve altındaki gemilerden oluştuğu gözlemlenmiştir.

Gemi Genişliği: Dökmeyük gemileri için gemi genişliği 10 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 40 metre ve altı gemilerden, %90'ının 32 metre ve altındaki gemilerden, %75'inin 31 metre altı gemilerden ve %50'sinin 29 metre ve altı gemilerden oluştuğu gözlemlenmiştir.

Gemi Su Çekimi: Dökmeyük gemileri için gemi su çekimi 2 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 14 metre ve altında, %90'nın 12.5 metre ve altında, %75'inin 11.5 metre ve altında, %50'sinin 9.5 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Gemi Yaşı: Dökmeyük gemileri için gemi yaşı kriteri, 10 yıllık aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 40 yaş ve altında, %90'nın 35 yaş ve altında, %75'inin 26 yaş ve altında, %50'sinin 13 yaş ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Gemi DWT: Dökmeyük gemileri için gemi deadweight tonajı 50.000 DWT aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 80.000 DWT ve altında, %90'nın 70.000 DWT ve altında, %75'inin 50.000 DWT ve altında, %50'sinin 35.000 DWT ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Manevra Yarıçapı: Dökmeyük gemileri için manevra yarıçapı 500 metre aralıklar dahilinde sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 1.500 metre ve altında, %90'nın 1.350 metre ve altında, %75'inin 1.300 metre ve altında, %50'sinin 1.200 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Dönme Noktası: Dökmeyük gemileri için gemi dönme noktası 20 metre aralıklar dahilinde sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 120 metre ve altında, %90'nın 115 metre ve altında, %75'inin 95 metre ve altında, %50'sinin 90 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Veri seti kapsamındaki deniz kazaları, tankerler için incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Gemi Boyu: Tankerler için gemi boyu 50 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 280 metre ve altı gemilerden, %90'nın 240 metre ve altındaki gemilerden, %75'inin 180 metre ve altı gemilerden ve %50'sinin yaklaşık 130 metre ve altındaki gemilerden oluştuğu gözlemlenmiştir.

Gemi Genişliği: Tankerler için gemi genişliği 10 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 50 metre ve altı gemilerden, %90'nın 40 metre ve altındaki gemilerden, %75'inin 30 metre altı gemilerden ve %50'sinin 20 metre ve altı gemilerden oluştuğu gözlemlenmiştir.

Gemi Su Çekimi: Tankerler için gemi su çekimi 5 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 15 metre ve altında, %90'nın 10 metre ve altında, %75'inin 7.5 metre ve altında, %50'sinin 6 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Gemi Yaşı: Tankerler için gemi yaşı kriteri için 10 yıllık aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 40 yaş ve altında, %90'nın 30 yaş ve altında, %75'inin 20 yaş ve altında, %50'sinin 10 yaş ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Gemi DWT: Tankerler için gemi deadweight tonajı 50.000 DWT aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 150.000 DWT ve altında, %90'nın 100.000 DWT ve altında, %75'inin 50.000 DWT ve altında, %50'sinin 20.000 DWT ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Manevra Yarıçapı: Tankerler için manevra yarıçapı 500 metre aralıklar dahilinde sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 2.000 metre ve altında, %90'nın 1.800 metre ve altında, %75'inin 1.400 metre ve altında, %50'sinin 900 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Dönme Noktası: Tankerler için gemi dönme noktası 20 metre aralıklar dahilinde sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 140 metre ve altında, %90'nın 110 metre ve altında, %75'inin 90 metre ve altında, %50'sinin 65 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Veri seti kapsamındaki deniz kazaları, konteyner gemileri için incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Gemi Boyu: Konteyner gemileri için gemi boyu 50 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 330 metre ve altı gemilerden, %90'nın 180 metre ve altındaki gemilerden, %75'inin 170 metre ve altı gemilerden ve %50'sinin 150 metre ve altındaki gemilerden oluştuğu gözlemlenmiştir.

Gemi Genişliği: Konteyner gemileri için gemi genişliği 5 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 42 metre ve altı gemilerden, %90'nın 27.5 metre ve altındaki gemilerden, %75'inin 27 metre altı gemilerden ve %50'sinin 21 metre ve altı gemilerden oluştuğu gözlemlenmiştir.

Gemi Su Çekimi: Konteyner gemileri için gemi su çekimi 2 metre aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 12 metre ve altında, %90'nın 11 metre ve altında, %75'inin 9 metre ve altında, %50'sinin 7 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Gemi Yaşı: Konteyner gemileri için gemi yaşı kriteri, 5 yıllık periyotlarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 21 yaş ve altında, %90'nın 20 yaş ve altında, %75'inin 17 yaş ve altında, %50'sinin 10 yaş ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Gemi DWT: Konteyner gemileri için gemi deadweight tonajı 50.000 DWT aralıklarla sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 100.000 DWT ve altında, %90'nın yaklaşık

30.000 DWT ve altında, %75'inin 20.000 DWT ve altında, %50'sinin 10.000 DWT ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Manevra Yarıçapı: Konteyner gemileri için manevra yarıçapı 500 metre aralıklar dahilinde sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 2.000 metre ve altında, %90'ının 1.200 metre ve altında, %75'inin 1.000 metre ve altında, %50'sinin 500 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Dönme Noktası: Konteyner gemileri için gemi dönme noktası 20 metre aralıklar dahilinde sınıflandırıldığında verinin, %99'unun 180 metre ve altında, %90'ının 90 metre ve altında, %75'inin 85 metre ve altında, %50'sinin 70 metre ve altında olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç

Uluslararası Deniz Ticaret Odası verilerine göre bugün, Dünya ticaretinin %90'ı deniz yolu taşımacılığı ile gerçekleştirilmektedir. Bu durum, kıtaları birbirine bağlayan açık deniz ve okyanuslarda, karayolu havayolu ve demiryoluna göre çok daha büyük bir trafik yoğunluğu yaratmaktadır. Artan trafik hacminin en doğal sonuçlarından biri ise kaza riskidir. Tarihsel veriler, deniz kazalarının genel olarak dar kanal ve işlek boğazlarda meydana geldiğini göstermektedir. Açık denize göre çok daha sınırlı seyir şartlarına sahip olan bu su yolları, buldukları coğrafyanın fiziksel kısıtları dolayısıyla gemilerin manevra sahasını daraltarak kaza riskini arttırmaktadır. Seyir emniyeti açısından açık denize göre çok daha yüksek kaza riski taşıyan dar kanal ve boğazlar, aynı zamanda deniz ticaret ağının ana bağlantılarını oluşturan kesişim noktalarıdır. Artan deniz ticaretiyle birlikte bu su yollarındaki trafik hacmi de her geçen gün artmaktadır. Üstelik bu trafiğin büyük bir bölümünü, gelişen gemi inşa teknolojisi ile yakın geçmişe kıyasla tek seferde çok daha fazla tehlikeli yük taşıma kapasitesine sahip gemiler oluşturmaktadır. Bu durum, olası bir kazada meydana gelebilecek sonuçları da daha dramatik boyutlara taşımaktadır.

Yakın tarihte dünya ölçeğinde endişeye sebep olan birçok deniz kazası, dar kanal ve boğazlarda gerçekleşmiş ve bu durum seyir emniyetinin artırılmasına yönelik çalışmaların önemini ortaya çıkarmıştır. Literatürde yer alan Panamax, Suezmax ve Malaccamax gemi tanımları, dar kanal ve boğazlardan emniyetli geçiş kriterlerinin, seyir emniyeti açısından ne kadar belirleyici olduğunun göstergesidir. Bu çalışmada, uluslararası deniz taşımacılığının ana güzergahları arasında yer alan İstanbul Boğazı'nda 10 yıllık dönemde meydana gelen deniz kazaları, gemi kökenli risk faktörleri açısından incelenmiş ve

Boğaz'dan geçiş yapacak bir gemi için optimum karakteristiklerin belirlenmesi yoluyla seyir emniyetine katkı sağlamak hedeflenmiştir. Böylelikle çalışma kapsamında elde edilen bulgular, İstanbul Boğazı'ndan en emniyetli şekilde geçiş yapabilecek gemiler için "İSTANBULMAKS" konseptinin geliştirilmesi konusunda da altyapı oluşturarak literatüre katkı sağlayacaktır.

Ulaşılan sonuçlar özellikle gemi boyu faktörü için 200 metre kritik değerine dikkat çekmiş ve İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapacak gemiler için 'büyük gemi' tanımının altını çizmiştir. Gerek Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Yönetmeliği (2019) gerekse IMO tarafından yayınlanan Ships' Routing'de Boğaz'dan geçiş yapacak gemiler için 200 metre değeri vurgulanmaktadır.

Elde edilen bulgular, 200 metre üzeri tehlikeli yük taşıyan gemilere uygulanan ilave tedbirlerin de kaza önleyici etkiye sahip olduğunu göstermiştir. İstanbul Boğazı'ndan en emniyetli şekilde geçiş yapabilecek gemi karakteristiklerinden gemi boyu faktörü için referans değerini, yasal mevzuatta da altı çizildiği üzere 200 metre olduğu yargısına ulaşılmaktadır.

Gemi manevra yeteneği açısından, gemi boyu faktörünün rota muhafazası ile doğru, dönme yeteneği ile ise ters orantılı ilişkiye sahip olduğu görülmüştür. Bir başka deyişle, gemi boyu arttığında, geminin rota muhafazasının arttığı, dönme yeteneğinin ise azaldığı gözlemlenmiştir.

Genişlik faktörü açısından bakıldığında gemi genişliği arttıkça rota muhafazasının azaldığı, buna karşılık dönme yeteneğinin ise arttığı görülmüştür. Bir başka deyişle, gemi boyu faktörünün tersine gemi genişliğinin rota muhafazası ile negatif, dönme yeteneği ile pozitif ilişkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Su çekimi faktörünün, rota muhafazası ile doğru, dönme yeteneği ile ise ters orantılı ilişkiye sahip olduğu görülmüştür. Analiz sonuçları su çekimi faktörü açısından incelendiğinde kuruyük gemileri, dökmeyük gemileri ve tankerlerde en yüksek frekans değerlerinin sırasıyla 2-4, 4-6 ve 6-8 aralığında gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Konteyner gemileri içinse tek bir aralıkta azami frekans oluşumu gözlenmemiştir. Bu durum kuruyük gemileri, dökmeyük gemileri ve tankerler için su çekimi faktörünün azami frekans değeri açısından birbirinin üst sınırından başladığını göstermiştir. Buradan hareketle su çekimi faktörü açısından her dört gemi tipinin farklı risk grupları oluşturduğunu söylemek mümkündür.

Gemi boyut oranları gemi boyu, gemi genişliği ve gemi su çekimi değişkenlerinin sentezi olarak manevra performansını etkilemektedir. Bu noktada, gemi boyunun gemi genişliğine oranı arttıkça rota muhafazasının arttığı, dönme yeteneğinin ise azaldığı gözlemlenmiştir. Gemi genişliğinin gemi su çekimine olan oranı arttığında ise, rota muhafazasının azaldığı, dönme yeteneğinin ise arttığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, L/B ve B/T oranlarının dört gemi tipi için farklı profile sahip olduğunu göstermiştir. L/B oranı tankerler için 5 – 6, kuruyük gemileri için 6 – 7, dökmeyük ve konteyner gemileri içinse 6 – 6.5 aralığında azami değerine ulaşmıştır. B/T oranı ise kuruyük gemileri için 1 – 2, dökmeyük gemileri için 2 – 3, konteyner gemileri içinse 3.5 – 4 aralığında tepe noktasına ulaşmıştır.

Dönme yarıçapı ile dönme kabiliyeti arasında ise ters orantı olduğu gözlemlenmiştir. Yani, bir geminin dönme yarıçapı ne kadar küçükse geminin dönme kabiliyeti o kadar yüksek olmaktadır. Elde edilen sonuçlar, dönme yarıçapı için frekans değerlerinin kuruyük gemileri için 500 – 600, dökmeyük gemileri için 1.000 – 1.200, tankerler ve konteyner gemileri içinse 500 – 1.000 aralığında azami değerlerine ulaştığını göstermiştir. Buradan hareketle İstanbul Boğazı'nda 10 yıllık periyotta gerçekleşen kaza frekansları incelendiğinde, dönme kabiliyeti açısından en kuvvetli gemilerin, kuruyük gemileri olduğunu ve bunu sırasıyla tankerler, konteyner gemileri ve dökmeyük gemilerinin takip ettiğini söylemek mümkündür.

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, 10 yıllık periyotta kazaların her dört gemi tipinde de büyük bir farkla tek pervaneli gemilerde yoğunlaştığını göstermektedir. Çift pervaneli gemiler ise oldukça düşük kaza frekansına sahiptir. Öyle ki, dökmeyük ve konteyner gemilerinde frekans değeri sadece tek pervaneli gemilerde oluşmuştur. Kuruyük gemileri ve tankerlerde ise çift pervaneli gemilerin frekans değeri mevcut olmasına karşın tek pervaneli gemilere göre oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, pervane sayısının gemi manevra yeteneğini arttıran etkisi düşünüldüğünde, çift pervaneli gemilerin olası bir kaza durumunda çok daha yüksek manevra kabiliyeti ile kazadan kaçınabileceği yargısını desteklemiştir. İstanbul Boğazı'ndan en emniyetli şekilde geçiş yapabilecek geminin 200 metre altında ve çift pervaneli olmasının kaza frekansı açısından etkili olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Frekans analizi sonucunda elde edilen bulgular, gemi yaşının frekans değeri üzerinde gemi tiplerine göre önemli ölçüde de-

ğiştiğini göstermiştir. Kuruyük gemilerinde en yüksek frekans değerinin 30 – 35 yaş aralığında olduğu gözlenirken, bu değer dökmeyük gemileri, konteyner gemileri ve tankerlerde 10 yaş ve altı gemilerde oluşmaktadır. Analiz sonuçları gemi yaşı ile birlikte kuruyük gemilerinin deadweight tonajının da 5.000 DWT altı kosterlerde tepe noktasına ulaştığını göstermiştir. Bir başka deyişle, 30 – 35 yaş aralığında ve 5.000 DWT'den az kapasiteye sahip olan kosterler, kaza frekansının azami değerlerine ulaştığı gemileri oluşturmaktadır. Oysa emniyetli ve güvenli bir taşımacılık için koster tipi gemilerin yaş ortalamasının 10-15 yıl olması gerekmektedir. İMEAK Deniz Ticaret Odası bilgilerine göre, çoğunlukla Akdeniz ve Karadeniz'de hizmet veren koster filosunda, sahibi Türk armatörler olan yerli veya yabancı gemi mevcudu 2019 yılı sonu itibariyle 770 olup, kapasite olarak 3.2 milyon DWT civarındadır. Türk koster filosunun yaş ortalaması ise 27'dir. Bu yaş farkı ilerleyen dönemde rekabet gücü açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu noktada elde edilen bulgular, Koster Yenileme Projesi'nin hayata geçirilmesinin kritik önem taşıdığını göstermektedir.

Çalışma kapsamında temin edilen kaza verileri, İstanbul Boğazı'nda 2006 – 2015 yılları arasında meydana gelen deniz kazası kayıtlarından oluşmaktadır. Analizler sırasında, verinin mekânsal olarak filtrelenmesi ve kaza nedenlerine göre sınıflandırılması aşamalarında, kaza nedeni bilgilerinin çoğunlukla kaza kayıtlarında bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, elde edilen sonuçların çözünürlüğünü düşürmekte ve daha sağlıklı yorum yapabilmeyi güçleştirmektedir. İstanbul Boğazı'nda deniz kazaları üzerine yapılacak olan gelecek çalışmalarda bu durumun önlenmesi için, kaza kayıtlarının daha ayrıntılı ve sistematik olarak tutulması önerilmektedir. Böylelikle, elde edilecek yüksek çözünürlüklü veriler gelecekte bu konu üzerinde çalışacak araştırmacılar için kümeleme, lojistik regresyon ve diskriminant analizini gerçekleştirebilecek girdileri sağlayacaktır.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Etik kurul izni: Araştırma niteliği bakımından etik izin gerektirilmemektedir.

Finansal destek: -

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

Akten N., Süygen Y. (1985). Denizcinin Kılavuzu Gemcilik, Navigasyon, Meteoroloji, 3. Baskı, Doğan Ofset

Altan, Y.C. (2017). Analysis and Modeling of Maritime Traffic and Ship Collision in the Strait of Istanbul Based on Automatic Vessel Tracking System, Ph.D Thesis, Graduate Program in Civil Engineering Boğaziçi University, 2017.

Arslan, O. (2014). İstanbul ve Çanakkale Boğazlarından Geçiş Yapan Gemi Sayısının Trend Analizi İle Değerlendirilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi

Aşkın F., Oğuzülgen S., Tenker S. (2020). İstanbul Boğazı ve Kanal İstanbul'un Gemi Geçişleri Açısından Değerlendirilmesi, Kanal İstanbul Çok Disiplinli Bilimsel Değerlendirme, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kültür A.Ş., (Eds: Orhon D., Sözen S., Görür N., İstanbul, 2020.)

Atasoy, C. (2008). İstanbul Boğazı'nda Yeel Trafik'in İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Başaraner, M., Yücel, M.A., Özmen, Ç. (2011a). İstanbul Boğazı'nda transit gemilerin kullandığı seyir rotalarının coğrafi bilgi sistemi yardımıyla incelenmesi ve iyileştirilmesi. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 104(1), 75-79. Sayı1.

Başaraner, M., Yücel, M.A., Özmen, Ç. (2011b). İstanbul Boğazı'nda Transit Gemilerin Kullandığı Rotaların Barimetrik Modele Dayalı Mekansal Analizler Yardımıyla İyileştirilmesi, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ekim 2011.

Bozkurt C. Pelit İ., Irmak E. (2018). Türkiye ve Dünyada Denizyolu Taşımacılığı, 3. Uluslararası Sosyal Beşeri ve Eğitim Bilimleri Kongresi, İstanbul, 17 – 18 Aralık 2018

Butt N., Johnson D., Pike K., Pryce-Roberts N., Vigar., N. (2012). 15 Years of Shipping Accidents: A review for WWF, Southampton Solent University
http://awsassets.panda.org/downloads/15_years_of_shipping_accidents_a_review_for_wwf.pdf
(Erişim Tarihi: 01.09.2020)

Candanoğlu, Z.Ö. (2013). İstanbul Boğazı'nda Uğraksız Gemi Geçiş Çizelgelemesi, Boğaziçi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi.

Charlier J., Meyer DE C., Paelinck H. (2015). Interoceanic canals and world seaborne trade: past, present and future. The Royal Academy for Overseas Sciences International Colloquium, Brussels, 7-9 June 2012, ISBN: 978-90-756-5257-4

Cultofsea, (2021): Maritime Knowledgebase, Ship Handling, Pivot Point,
<https://cultofsea.com/ship-handling/pivot-point/>
(Erişim: 02.03.2021)

Dean, S. (2018). Collaborative Statistics, OpenStax-CNX,
<http://cnx.org/content/col10522/1.40/> (Erişim: 02.03.2021)

Dekking F.M., Kraaikamp C., Lopuhaa H.P., Meester L.E. (2005). A Modern Introduction to Probability and Statistics, Understanding Why and How, Springer, Netherlands ISBN: 978-1-85233-896-1
https://doi.org/10.1007/1-84628-168-7_1

Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü, (2017). Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü (COLREGs), Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı Yayınları, ISBN: 978-975-499-670-5

DNV, (2013). Det Nortske Veritas, Report Escort Tug Effectiveness in the Bosphorus Strait, Chevron Products UK LTD, REPORT NO./DNV REG NO.: 2013-9178 / 1-6YRAF0, REV 1, 2013-04-25

EEA, (2020). Accidental oil spills from marine shipping. European Environmental Agency.
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/en15-accidental-oil-spills-from/en15-accidental-oil-spills-from>
(Erişim Tarihi: 31.03.2021)

Evants M.J., Rosenthal J.S., (2010). Probability and Statistics The Science of Uncertainty, Second Edition, Toronto
<http://www.utstat.toronto.edu/mikeevans/jeffrosenthal/book.pdf>

International Chamber of Shipping, (2020). Description of the Subject - International Chamber of Shipping (ICS).

<http://en.reingex.com/Chamber-Shipping.shtml#:~:text=The%20purpose%20of%20the%20International,transporting%20all%20types%20of%20cargo>

(Erişim Tarihi: 03.11.2020)

İstanbul Liman Başkanlığı Yerel Deniz Trafiği Rehberi (2011). İstanbul Liman Başkanlığı Yerel Deniz Trafiği Rehberi.

<https://denizcilik.uab.gov.tr/uploads/pages/diger/istanbul-liman-baskanligi-yerel-deniz-trafigi-rehberi-1-5e03631ada379.doc> (Erişim Tarihi: 26.04.2011).

İstikbal, C. (2020). Strait of Istanbul, major accidents and abolishment of left-hand side navigation. *Aquatic Research*, 3(1), 40-65.

<https://doi.org/10.3153/AR20005>

ITOPF, (2020). Oil Tanker Spill Statistics 2020, January 2021

https://www.itopf.org/fileadmin/data/Documents/Company_Lit/Oil_Spill_Stats_publication_2020.pdf

(Erişim: 01.12.2020)

Kafalı K. (1963). Gemilerin Hareket ve Manevraları, İTÜ,

Keçeci, T. (2010). Analysis of the effects of ship length factor to safe navigation in the strait of istanbul by using the ahp method. Master Thesis, Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Istanbul, 2010.

KEGM, (2020). Directorate General of Coastal Safety, "Türk Boğazları Gemi Geçiş İstatistikleri," Republic of Turkey Ministry of Transport and Infrastructure, Maritime Statistics, http://www.kiyiemniyeti.gov.tr/resmi_istatistikler

https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/gemi_gecis.aspx

(Erişim Tarihi: 20.04.2020)

Keçeci, (2011). A Study on Ship Accidents in the Anchorage Area of the Strait of Istanbul, 1st International Symposium on Naval Architecture and Maritime INT-NAM 2011, 24-25 October, Istanbul, Turkey

KEGM (2020). T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri Kullanıcı Rehberi,

<https://kiyiemniyeti.gov.tr/Data/1/Files/Document/Documents/kb/OM/TM/OR/TBGTH%20Kullan%C4%B1c%C4%B1%20Rehberi.pdf>

(Erişim: 31.03.2021)

Kodak, G., Acarer, T. (2021). İstanbul Boğazı'nda deniz trafik düzenlemelerinin kaza oranına etkisinin değerlendirilmesi, *Aquatic Research*, 4(2), 181-207.

<https://doi.org/10.3153/AR21015>

Küçükosmanoğlu, A. (2012). Maritime Accidents Forecast Model for Bosphorus, Ph.D Thesis.

MEGEP, (2016). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Denizcilik, Makine ve Dümen ile Manevra, Ankara.

http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Makine%20ve%20D%C3%BCmen%20ile%20Manevra.pdf (Erişim: 20.12.2020)

MSFD (2020). Gibraltar Marine Strategy Framework Directive, Updated Assessment and Good Environmental Status for British Gibraltar Territorial Waters Final Report, September 2020, HM Government of Gibraltar - Department of the Environment, Sustainability, Climate Change and Heritage.

Odabaşı, Y. (2011). İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Bölümü, 2010 – 2011 Güz Yarıyılı Ders Notları

<https://www.slideshare.net/sergiyo54/gmg-dersnotu>

(Erişim:30.03.2021)

Oğuzülgen, S. (2006). Istanbulmaks, Deniz Ticareti Dergisi, İMEAK DTO/ Mart 2006, İstanbul.

Oğuzülgen, S., Saygılı, M ,S., Kontaytekin, A,İ., Can,M. (2018). Türk Boğazları Seyir ve Çevre Emniyeti ve Yönetimi, s.11, İstanbul, ISBN: 978-605-81068-0-2

Özbaş, B. (2010). Risk Analysis Study of Maritime Traffic in the Strait of Istanbul, Ph.D Thesis, Graduate Program in Industrial Engineering, Boğaziçi University.

Özdemir, M. (2019). Türk Boğazları'nda meydana gelen gemi kazalarının konumsal analizi ve değerlendirilmesi, Karadeniz Üniversitesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi.

Özlem, Ş. (2011). İstanbul Boğazı Gemi Trafiğinin Simülasyonu, Boğaziçi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.

Özlem, Ş. (2018). Risk Analysis and Modeling of the Maritime Traffic in the Strait of Istanbul, Ph.D Thesis, Graduate Program in Industrial Engineering, Boğaziçi University.

Qu ve Meng, (2012). The economic importance of the straits of malacca and singapore: an extreme scenario analysis. *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, 48(1), 258–265.

<https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.08.005>

Rodrigue J.P., (2017). The Geography of Transport Systems, The spatial organization of transportation and mobility, Chapter 5 – Transportation Modes, Maritime Transportation, Main Maritime Shipping Routes, 2017.

https://transportgeography.org/?page_id=2067

(Erişim Tarihi: 02.02.2020)

Rodrigue J.P., (2017). Big data versus Small Data: Container ort Traffic and Maritime Connectivity, Ad Hoc Expert Meeting on Measuring Shipping Connectivity and Performance: The Need for Statistics and Data, Geneva, May 15 2017.

Rodrigue, J.P. (2017). Maritime Transport, Major maritime shipping routes and strategic passages, The International Encyclopedia of Geography, Richardson wbieg0155.tex V1 - 01/25/2016, Page 2.

<https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0155>

Sabuncu, T. (1985). Gemi Manevraları ve Kontrolü, İ.T.Ü Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul.

Ships' Routeing, (2010). Ships' Routeing 2010 Edition, International Maritime Organization, London 2010, ISBN: 978-92-801-4245-7

Sukas Ö.F., Kınacı Ö.K., Bal Ş., (2017). Gemilerin Manevra Performans Tahminleri İçin Genel Bir Değerlendirme-II, GMO-SHIPMAR / Number: 210 December 2017.

Taşan, M. (2019). Türk Boğazları'ndan Gemi Geçişleri ve Geçiş Sürelerinin Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Gemi Mühendisliği El Kitabı. (2011). TMMOB Gemi Mühendisleri Odası Yayınları, İstanbul.

Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Yönetmeliği, (2019). Yayımlandığı Resmî Gazetenin Tarihi: 15/08/2019 Sayısı: 30859,

<https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/21.5.1426.pdf>

(Erişim Tarihi: 03.11.2020)

Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri Kullanıcı Rehberi, (2020). Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü, İstanbul, S.15.

https://kiyiemniyeti.gov.tr/Data/1/Files/Document/Documents/9S/6R/yY/wu/TSVTS_User_Guide_21.05.20.pdf

(Erişim Tarihi: 02.03.2020)

Türk Boğazları Seyir Rehberi, (2015). Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, 34805 Çubuklu / İstanbul, 7. Baskı, Kasım 2015, ISBN: 978-975409-730-6

UNCTAD (2020). Handbook of Statistics 2020, United Nations, Geneva

https://unctad.org/system/files/official-document/tdstat45_en.pdf

(Erişim tarihi: 30.03.2021)



Elektronik seyir cihazlarının deniz kazalarına etkileri

Mehmet KAPTAN¹, Özkan UĞURLU²

Cite this article as:

Kaptan, M., Uğurlu, Ö. (2022). Elektronik seyir cihazlarının deniz kazalarına etkileri. *Aquatic Research*, 5(1), 89-98.

<https://doi.org/10.3153/AR22008>

¹ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
Turgut Kıran Denizcilik Fakültesi, De-
repazarı, Rize, Türkiye

² Ordu Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fa-
kültesi, Fatsa, Ordu, Türkiye

ORCID IDs of the author(s):

M.K. 0000-0003-3304-4061

Ö.U. 0000-0002-3788-1759

Submitted: 05.09.2021

Revision requested: 09.11.2021

Last revision received: 19.11.2021

Accepted: 23.11.2021

Published online: 31.12.2021

Correspondence:

Mehmet KAPTAN

E-mail: mehmet.kaptan@erdogan.edu.tr



Available online at

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

ÖZ

Son yıllarda denizcilikle ilgili kuruluşlar ve şirketler risk bazlı bir yaklaşıma geçmiştir. Riskleri belirlemek için, kazaların neden oluştuğunu ve nasıl geliştiğini kapsamlı bir şekilde anlamak gerekir. Kaza önleme tedbirlerinin başarıyla uygulanabilmesi için etkili önlemlerin belirlenmesi gerekmektedir. Geçmişte yapılan bilimsel çalışmaların sonuçlarına göre; seyir esnasında meydana gelen kazaların kaza nedenlerinin %80'inin insan faktörlü risklerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Günümüzde insan kaynaklı risklerin azaltılmasında seyir teknolojilerinin kullanılması en etkili yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, elektronik seyir cihazlarının kullanımı kazaları tamamen ortadan kaldırmamıştır. Bu çalışmada İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS) yöntemi uygulanarak elektronik seyir cihazlarına dayalı risklerin neden olduğu çatışma ve karaya oturma kaza raporları incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, kazaların görünür (aktif) nedenlerinin yarısından fazlasının elektronik seyir ekipmanları işletim hatası faktörlü olduğu tespit edilmiştir. Kaza faktörlerinin oluşumunu önleyici tavsiyelerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kaza araştırması, Elektronik Seyir Cihazları, HFACS

ABSTRACT

The effects of electronic navigation devices on marine accident occurrences

In recent years, maritime-related organizations and companies have moved to a risk-based approach. To determine the risks, it is necessary to understand comprehensively why accidents occur and how it develops. The most effective measures need to be identified to implement the accident prevention measures successfully. According to the results of scientific studies conducted in the past, 80% of human factors risks were effective in marine accidents. Nowadays, maritime technologies are the most effective method for reducing the risks of human factors. However, the use of electronic navigation devices has not eliminated accidents. In this study, the accident reports for collision and grounding due to the electronic navigation devices' risk was evaluated using Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) method. As a result of the study, more than half of the visible (active) causes of accidents have been identified as operating failure factors in electronic navigation equipment. Recommendations to prevent the occurrence of accident factors have been made.

Keywords: Accident investigation, Electronic Navigation Devices, HFACS

Giriş

Uluslararası denizcilik örgütü (IMO) kurulduğu tarihten itibaren deniz kazalarını önlemek adına personel ve gemi standartlarının minimum gereklerini belirlemektedir. Bunun sonucu olarak günümüzde meydana gelen kazaların çok azı teknik aksaklıklar veya makine problemi yüzünden meydana gelmesine rağmen kaza sayılarında anlamlı azalmalar görülmemektedir (Emsa, 2018). Geçmişte gerçekleştirilen kaza araştırmalarında kazaya sebep olan etkenlerin yüksek oranda insan kaynaklı hatalar olduğu belirtilmiştir (Emsa, 2018; Yıldırım vd., 2017; Chauvin vd., 2013; Celik & Cebi, 2009) İnsan kaynaklı hatalar sadece bir faktörden değil birçok farklı alt nedenin birleşimi sonucu meydana gelmektedir. Faktörlerden biri önceden fark edilebilseydi ve önleyici tedbirler uygulansaydı bu kazaların meydana gelmesi önlenebilirdi (Rashid vd., 2010; Chen & Chou, 2012; Chen vd., 2013; Akhtar & Utne, 2014).

IMO insan hatalarını azaltabilmek adına bazı çalışmalar gerçekleştirmektedir. Bu çalışmalardan biri 2006 yılında duyurulan e- seyir kavramıdır. Bu kavram elektronik seyir yardımcıları tarafından bilgilerin sunumu, cihazlar arası aktarımı, birleştirilmesi ve analizi işlemlerine uyumlu hale getirerek gemi seyir emniyetini ve ilgili hizmetleri daha emniyetli hale getirmesini sağlayan çalışmalara verilen isimdir (IMO, 2006). Çalışmanın sonucunda IMO tarafından tasarlanan insan-makine etkileşimi geliştirilerek daha kullanışlı ve deniz emniyetini arttıran standart köprüüstü seyir sisteminin oluşturulması amaçlanmaktadır. Çalışmanın başarıya ulaşması elektronik seyir cihazları ile alakalı insan faktörlü işletim hatalarının tespit edilmesine bağlıdır.

Bu çalışmayla amaçlanan geçmişte meydana gelen kazaların raporlarının kaza araştırma yöntemlerinden sistematik teknikler altında değerlendirilen HFACS modeli ile inceleyerek kazalara neden olan aktif ve gizli hataların tespiti ve köprüüstü seyir ekipmanlarının kazalar üzerindeki potansiyel etkilerinin belirlenmesidir. Çalışmanın sonunda belirlenen kaza faktörlerinin oluşumunu engelleyici tavsiyelerde bulunulmuştur.

Seyir kazalarına katkı yapan faktörlerin tespiti amacıyla geçmişte yapılan çalışmalarda elektronik seyir cihazı işletim hatalarıyla ilgili olarak çeşitli görüşler ortaya çıkmıştır. Sistem karmaşıklığı ve otomasyonu (Grabowski & Sanborn, 2003), eğitim ve aşinalık eksikliği (Uğurlu vd., 2015), insan merkezli sistem tasarımı (Sotiralis vd., 2016), potansiyel tasarım temelli hatalar (Hahn & Lüdtke, 2013), vardiya zabitanın zihinsel durumu (Akhtar & Utne, 2014), cihaz işletim hatalarına sebep olan etkenler için farklı perspektiflerdir.

Literatürde kaza raporu üzerinden köprüüstü elektronik cihaz işletim hatalarına odaklanan çalışma sayısı oldukça azdır. Graziano ve arkadaşları (2016) yapmış oldukları çalışmalarda bilişsel hataların geriye dönük ve öngüsel analizi (TRACER) metodunu kullanmışlardır. Çalışmanın veri setini 3 farklı kaza araştırma kurumunun yayınlamış olduğu 32 karaya oturma ve 32 çatışma kaza raporundan oluşturmuşlardır. Kaza raporlarını TRACER tekniğine göre kodlamış ve analizlerinin sonucunda toplam 289 adet görev hatası tespit etmişlerdir. Hataların %96,5 köprüüstü görev hataları, %3,4 makine kontrol odası görev hatalarından oluşmaktadır. Köprüüstü görev hatalarının ayrımı sonucunda en çok rastlanan %28,7 kılavuzlu, uydusal ve radar seyirlerinde cihaz kullanımını ve %17,2 seyir esnasında nezaret eksikliğinden kaynaklandığını belirlemişlerdir. Görev hatalarının oluşmasında yanlış kararlarla bağlantılı planlama eksikliği, organizasyonel eksiklikler, yorgunluk, uygun olmayan eğitim ve aşinalığın etkili alt faktörler olduğunu belirtmişlerdir (Graziano vd., 2016).

Parayis ve arkadaşları (2010) yapmış oldukları çalışmalarında 5 farklı kaza araştırma kuruluşunun yayınlamış olduğu 100 kaza raporunu incelemişlerdir. İnceledikleri kazaların %41 karaya oturma ve %39'u çatma/çatışma kazalarında elektronik seyir cihazı işletim hatası, cihaz arızası sebebiyle meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Çatma/çatışma kazalarında Radar, dümen sistemi karaya oturma kazalarında dümen sistemi ve küresel seyrüsefer uydu sistemi alıcısı (GNSS) cihazının etkili cihazlar olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmanın devamında farklı ehliyetlere sahip 50 güverte sınıfı vardiya zabiti ve kaptanla yaptıkları yüz yüze görüşmelerde elektronik seyir cihazları ile ilgili aldıkları eğitim memnuniyetlerini, cihazların işlevselliklerini ve etkinliklerini vardiya zabitanın vardiyadaki görevlerine göre değerlendirmeleri istenmiştir. Çalışmanın sonuçlarında ankete katılan vardiya zabitanın %35'nin aldığı eğitimden memnun olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca geminin mevki ve rota takibinde (%48) elektronik harita görüntüleme ve bilgi sistemi (ECDIS) cihazına, çatışma tehlikesi tespitinde (%74) Radar cihazına güvendikleri sonucuna varmışlardır (Parasyris vd., 2010).

Diğer bir elektronik seyir ekipmanı kaynaklı kazaların incelendiği çalışmada 2000-2017 yılları arasında meydana gelen 290 çatma/çatışma ve karaya oturma kazası Kaptan ve arkadaşları (2021) tarafından incelenmiştir. Onlar kaza raporlarından tespit edilen uygunsuzluklar ve arasındaki ilişkileri oluşturdukları Bayes ağıyla nitel ve nicel olarak değerlendirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda köprüüstü seyir cihazlarının

işletiminde yapılan hataların kazaya direk olarak sebep olmadığı ama karar hatasına zemin hazırlayan önemli unsurlardan biri olduğunu belirtmişler ve kazaların önlenmesine ilişkin önerilerde bulunmuşlardır (Kaptan vd., 2021a).

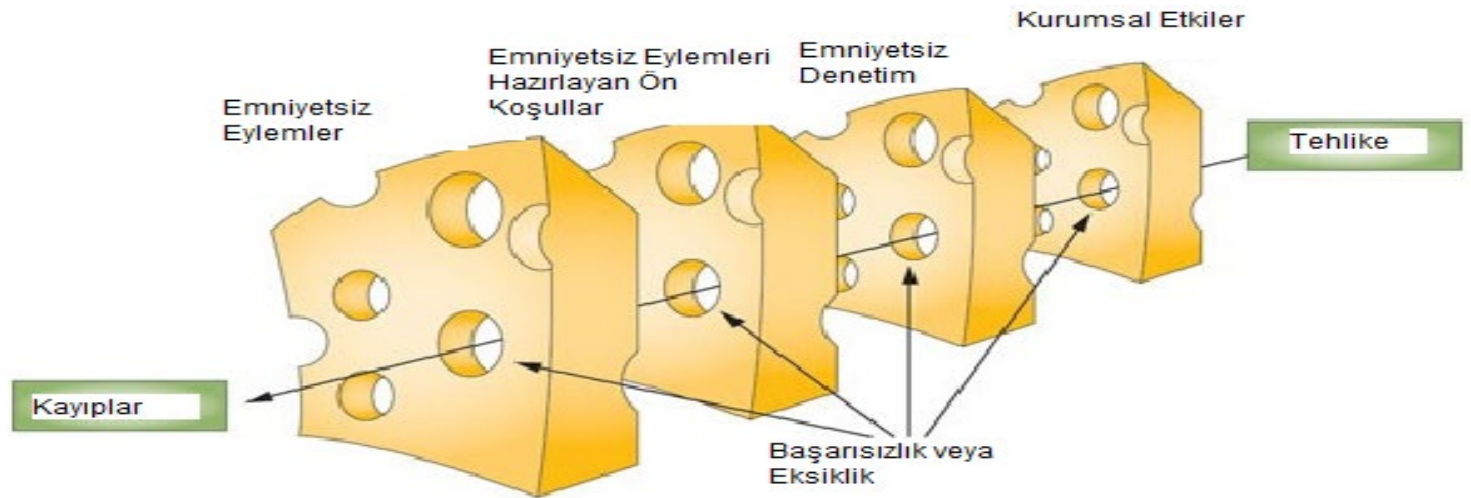
Materyal ve Metot

İnsan faktörleri analiz ve sınıflandırma sistemi, Shappell ve Wiegmann tarafından Reason'ın İsviçre peyniri modeli temelinde kaza analizinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. HFACS insan hatalarını tanımlamak için kanıtlanmış bir yöntemdir ve hiyerarşik bir yapıda kaza oluşumlarının araştırılmasına izin verir (Shappell & Wiegmann, 2000; Weigmann & Shappell, 1997).

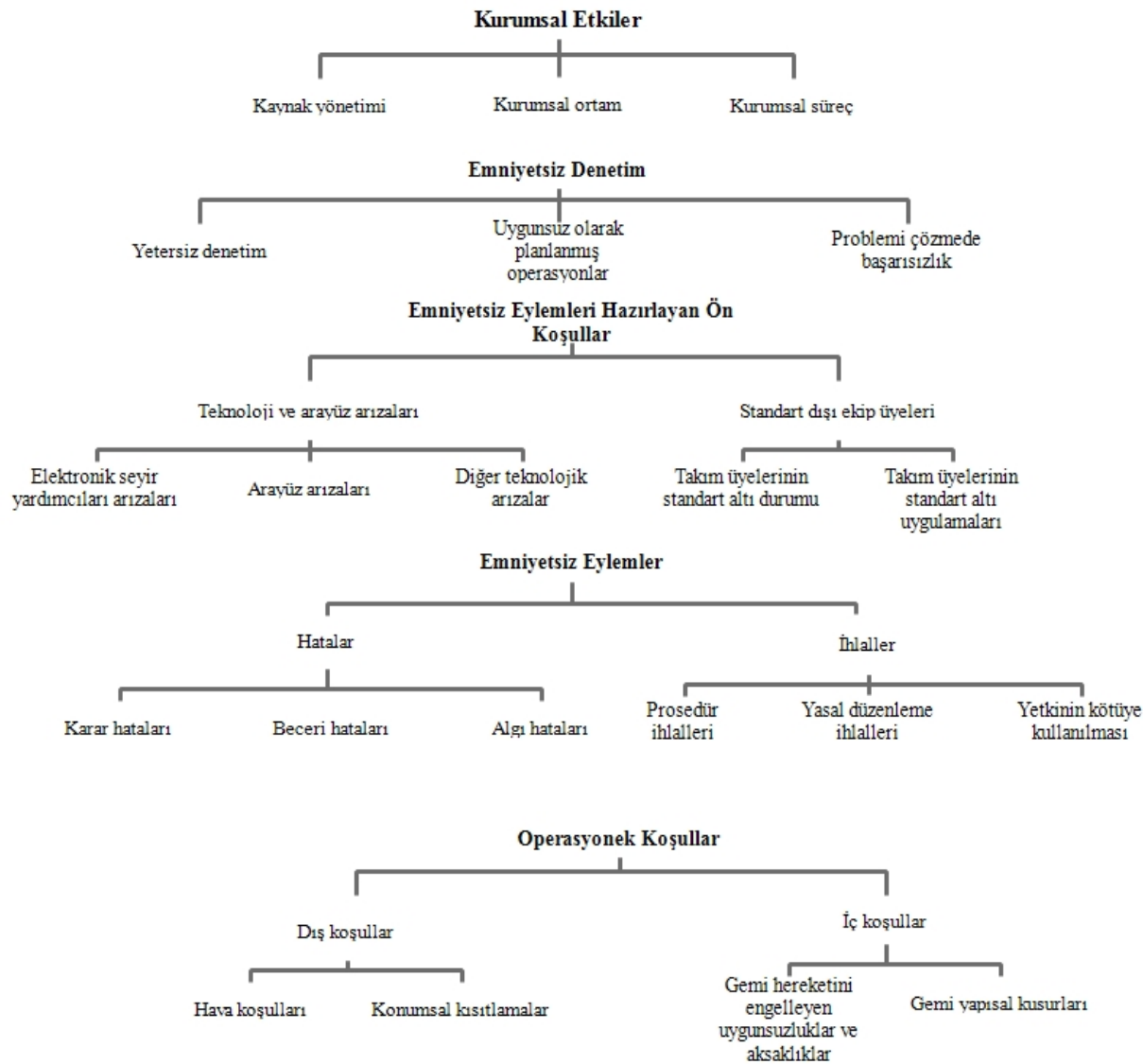
HFACS'ın ana çerçevesinde kazaya neden olan olaylar dört farklı seviyeye ayrılır ve bu seviyeler iki ana başlık altında pasif ve aktif hatalar şeklinde gruplandırılır. İlk üç seviye (emniyetsiz eylemleri hazırlayan ön koşullar, emniyetsiz denetim ve kurumsal etkiler) gizli hataları temsil eder. Son seviye olan (emniyetsiz eylemler) aktif hataları tanımlar (Şekil 1). Bu modele göre aktif başarısızlıkların ardında gizli hatalar vardır (Reason, 1990).

Diğer taraftan geçmiş orijinal HFACS yapısına uygulama alanlarına, kaza türlerine göre ana yapıda revizyonlar yapılmıştır. Sadece deniz kazalarının incelenmesinde HFACS'ın beş farklı revizyonlu yapısı karşımıza çıkmaktadır (Kaptan vd., 2021b). Bunlardan biri olan Uğurlu ve arkadaşlarının yolcu gemilerinin karışmış olduğu karaya oturma ve çatma/çatışma kazalarına sebep olan kaza faktörlerini tespit ettikleri çalışmalarında ana HFACS yapısında revizyon yapmışlardır. Yapmış oldukları revizyonda HFACS yapısını 5 seviyede tanımlamışlardır (Uğurlu vd., 2018). İlk üç seviyesi gizli hatalar kurumsal etkiler, emniyetsiz denetim ve emniyetsiz eylemleri hazırlayan ön koşullardır. Son iki seviyesi aktif hatalar, emniyetsiz eylemler ve operasyonel koşullardır (Şekil 2). Kazaların meydana gelmesinin operasyonel koşulların mevcudiyetine bağlı olduğunu ispatlamışlardır. Bu kapsamda gerçekleştirilen kaza analizleri revizyonlu HFACS yapısına göre gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmayla; 2008-2018 yılları arasında en az bir tane elektronik seyir cihazı kaza etken faktörünün etkili olduğu çatma/çatışma ve karaya oturma kazaları incelenmiştir. Çalışma kapsamında, 9 farklı kaza araştırma kuruluşunun yayınlamış olduğu detaylı kaza raporları arasından toplam 153 adet kaza raporunun HFACS analizi yapılmıştır (Tablo 1).



Şekil 1. Reason'un İsviçre peyniri modeli



Şekil 2. İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS-PV)

Tablo 1. Kaza veri tabanları inceleme durumu

Table 1. Accident databases review status

Veri Tabanı	Karaya Oturma	Çatma/Çatışma	Toplam
MAIB	11	15	26
ATSB	15	13	28
JTSB	2	14	16
TSB	12	6	18
NTSB	2	7	9
EMSA	9	18	27
MARDEP	1	13	14
BMA	5	2	7
KAİK	2	6	8
Toplam	59	94	153

Analizi edilen her bir kaza raporunda meydana gelen kazaların aktif nedenleri ve gizli kusurları belirlenmiştir. Belirlenen kusurlar HFACS yapısı altında sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılan aktif nedenleri ve gizli kusurlar için frekans analizi yapılmıştır. Elde edilen sayısal veriler göz önünde bulundurularak, elektronik seyir cihazları etkenli çatma/çatışma ve karaya oturma kazalarına neden olan etken faktörler ve öncelikli ağırlıkları ortaya konmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Karaya oturma ve çatma/çatışma kazalarının kaza oluşum yapıları gereği farklı olarak analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen kaza faktörlerinin HFACS modeli kapsamında seviyelerine göre yüzdeler dağılımları Tablo 2 'de gösterilmiştir.

Table 2. Elektronik seyir cihazı faktörlü çatma-çatışma ve karaya oturma kazaları HFACS kategorilerinin yüzdesel dağılımları
Table 2. Percentage distribution of HFACS categories of collision-collision and grounding accidents with electronic navigational device factor

HFACS Kategorileri	Çatma/Çatışma Kazası	Karaya Oturma Kazası
	%	%
1-Kurumsal Etkiler	14	22
a- Kaynak Yönetimi	9	11
b- Kurumsal Ortam	0	0
c- Kurumsal Süreç	5	10
2-Emniyetsiz Denetim	9	11
a- Yetersiz Denetim	4	6
b- Uygunsuz Olarak Planlanmış Operasyonlar	5	4
c- Problemi Çözmede Başarısızlık	0	1
3-Emniyetsiz Eylemi Hazırlayan ön Koşullar	30	27
a-Standart Dışı Ekip Üyeleri	28	23
b-Teknoloji ve Arayüz Arızaları	2	4
4-Emniyetsiz Eylemler	34	27
a-Beceri Hataları	6	6
b-Karar Hataları	7	5
c-Algı Hataları	7	7
d-İhlaller	13	10
5- Operasyonel Koşullar	13	13
a- Dış Koşullar	13	13
b-İç Koşullar	0	0

Kaza faktörleri HFACS kategorilerine göre incelendiğinde öne çıkan alt kategoriler ve yüzdeleri şu şekildedir;

Kurumsal etkiler seviyesi HFACS modelinde organizasyonel faktörleri kapsayan birinci seviyedir. Bu seviyede çatma/çatışma kazalarında kaynak yönetimi alt başlığında değerlendirilen gemiye eğitim ve aşinalık (% 4) , personel donatımı (%3) ön plana çıkmaktadır. İnsan kaynakları yönetimindeki uygunsuzluklar tüm gemi operasyonlarını etkileyen önemli aktivitedir. Bu aktivitenin önemi birçok kaza araştırmacısı tarafından vurgulanmıştır (Akyuz, 2017; Mazaheri vd., 2015; Uğurlu vd., 2013). Karaya oturma kazalarında ise; kurumsal süreç alt başlığında değerlendirilen prosedür kaynaklı eksiklikler (%6) en çok karşılaşılan kaza faktörü olarak tespit edilmiştir. Prosedürel eksiklikler hem bireysel hem de işletenin emniyet performansını etkileyen önemli kök uygunsuzluktur.

Denizcilikte bunun önüne geçilmesi amacıyla emniyetli yönetim sistemi (SMS) uygulaması benimsenmiştir. Fakat bazı durumlarda yetersiz kaldığı görülmektedir (Chauvin vd., 2013).

Emniyetsiz denetim, yönetim eksiklikleri ve sonuçlarını, personel kaynakları yönetimini, operasyon planlamasını, bilinen problemleri çözmeyi ve benzeri durumları inceleyen HFACS seviyesidir (Patterson & Shappell, 2010). Bu seviyede öne çıkan kaza faktörleri çatma/çatışma kazalarında uygunsuz planlanmış operasyonlar (%5), karaya oturma kazalarında (%6) yetersiz denetim bu kategoride en fazla kaza faktörüne sahip alt kategorilerdir. Her iki kaza faktörü geçmişte yapılan çalışmalarda önemle vurgulanmıştır (Sotiralis vd.,2016; Hulme vd., 2019; Altinpinar & Başar, 2021)

Emniyetsiz eylemleri hazırlayan ön koşullar seviyesi, kazalarda vardiya zabitanın standart altı koşulları ve standart altı uygulamalarının tespit edildiği kategoridir. Bu kategori emniyetsiz eylemlerin ortaya çıkmasında rol oynayan son aşamadır. Her iki kaza türünde de takım üyelerinin standart altı uygulamaları en etkili alt başlık olarak tespit edilmiştir. Çatma/Çatışma kazalarında (%7) iletişim yoksunluğu karaya oturma kazalarında (%7) uygunsuz yönetim faaliyetleri ön plana çıkan kaza etmenleridir. Çatma/çatışma kazalarında ön plana çıkan iletişim eksikliği durumsal farkındalığın giderilmesi ve yabancı dil kaynaklı zorlukların aşılmasına bağlıdır (Kaptan vd., 2021a). Diğer taraftan karaya oturma kazalarında ön plana çıkan yönetsel faaliyetler otorite ve yönetsel uygunsuzlukları içermektedir. Günümüz teknolojisinde gemilerin emniyetli seyri ekip çalışmasına bağlıdır. Bu kapsamda ekip amiri olan gemi kaptanları kilit rol oynamaktadır (Akhtar & Utne, 2014; Chauvin vd., 2013).

Emniyetsiz eylemler kazaların görünür nedenlerini kapsayan seviyedir. Kaza araştırmacılarının çoğunluğunun odak noktasıdır. Bu seviyede tespit edilen en önemli kaza faktörlerinin dağılımı çatma/çatışma kazalarında ihlaller alt kategorisinde yer alan yasal düzenleme ihlalleri denizde çatışmayı önleme tüzüğü (COLREG) %9, karaya oturma kazalarında %6 beceri hatalarıdır. COLREG kuralları çatışmayı önlemede vardiya

zabitanın uygun hareket tarzını belirlemesi için oluşturulmuş uluslararası kurallardır. Vardiya zabitanı tarafından eksiksiz ve doğru olarak eksiksiz uygulanması gerekir. Fakat günümüzde uygulama eksiklikleri sıklıkla rastlanmaktadır (Perera & Guedes Soares, 2015; Martins & Maturana, 2013). Beceri hatası kaynaklı uygunsuzluklar vardiya zabitanın köprüüstü donanımlarına hakimiyeti eksikliği kaynaklı kaza faktörlerini içermektedir. Geçmişte yapılan çalışmalarda ifade edildiği üzere eğitim sisteminin geliştirilmesi veya otonom köprüüstü sistemlerinin devreye alınması bu tür uygunsuzlukların önüne geçilmesindeki çözüm yoludur (Kaptan vd., 2021a).

Elektronik Seyir Ekipmanları İşletim Hatalarının Cihaz ve Hata Türüne Göre Dağılımı

Köprüüstü elektronik seyir ekipmanları insan faktörlü işletim hataları diğer kaza faktörleri gibi HFACS hiyerarşik yapısında sınıflandırılmıştır. Çalışmada tespit edilen emniyetsiz eylemler seviyesinde kaza faktörlerinin karaya oturma kazalarında %55'i çatma/çatışma kazalarında %57'i seyir cihazlarının işletim hatası ile alakalı olduğu tespit edilmiştir. Seyir işletim hataları emniyetsiz eylemler seviyesinde ihlaller, algı ve beceri hataları içerisinde değerlendirilmiştir. Verilerin büyüklüğü nedeniyle kaza faktörlerinin bazıları Tablo 3 de gösterilmiştir.

Tablo 3. Kazalardan elde edilen elektronik seyir cihazları görev hataları örnekleri

Table 3. Examples of electronic navigational equipment mission errors from accidents

Faktörler	Görev Hatasını Hfacs sınıfı	İlgili Cihaz	Kaza Türü
Cihaz güncellemesi	Prosedür ihlali	ECDIS	Karaya Oturma
Çalıştırılmayan Cihaz	Prosedür ihlali	BNWAS	Karaya Oturma
Çalıştırılmayan cihaz	Prosedür İhlali	Derinlik Ölçer	Karaya Oturma
Alarm sesinin kısılması	Süistemaller	ECDIS	Karaya Oturma
Alarm sesinin kısılması	Süistemaller	Radar	Çatma/Çatışma
Gemi pozisyonu takibi	Algı hatası	GNSS	Karaya Oturma
Trafik takibi	Algı hatası	Radar	Çatma/Çatışma
İşitsel gözcülük	Algı hatası	VHF	Çatma/Çatışma
Sistemsal sorunu sezinleyememe	Algı hatası	Cayro	Çatma/Çatışma
Hedef gemi varlığı	Algı hatası	AIS	Çatma/Çatışma
Paralel index özelliğinin kullanılmaması	Beceri hatası	Radar	Çatma/Çatışma
Dümen modu ayarları	Beceri hatası	Dümen kontrol sistemi	Karaya Oturma
İstasyon seçimi	Beceri hatası	Navtex	Çatma/Çatışma
Kumanda paneli kullanımı	Beceri hatası	Makine kontrol sistemi	Çatma/Çatışma
Rotadan düşme özelliği kullanılmamış	Beceri Hatası	ECDIS	Çatma/Çatışma
Guard zone alarmı kullanılmamış	Beceri Hatası	Radar	Çatma/Çatışma

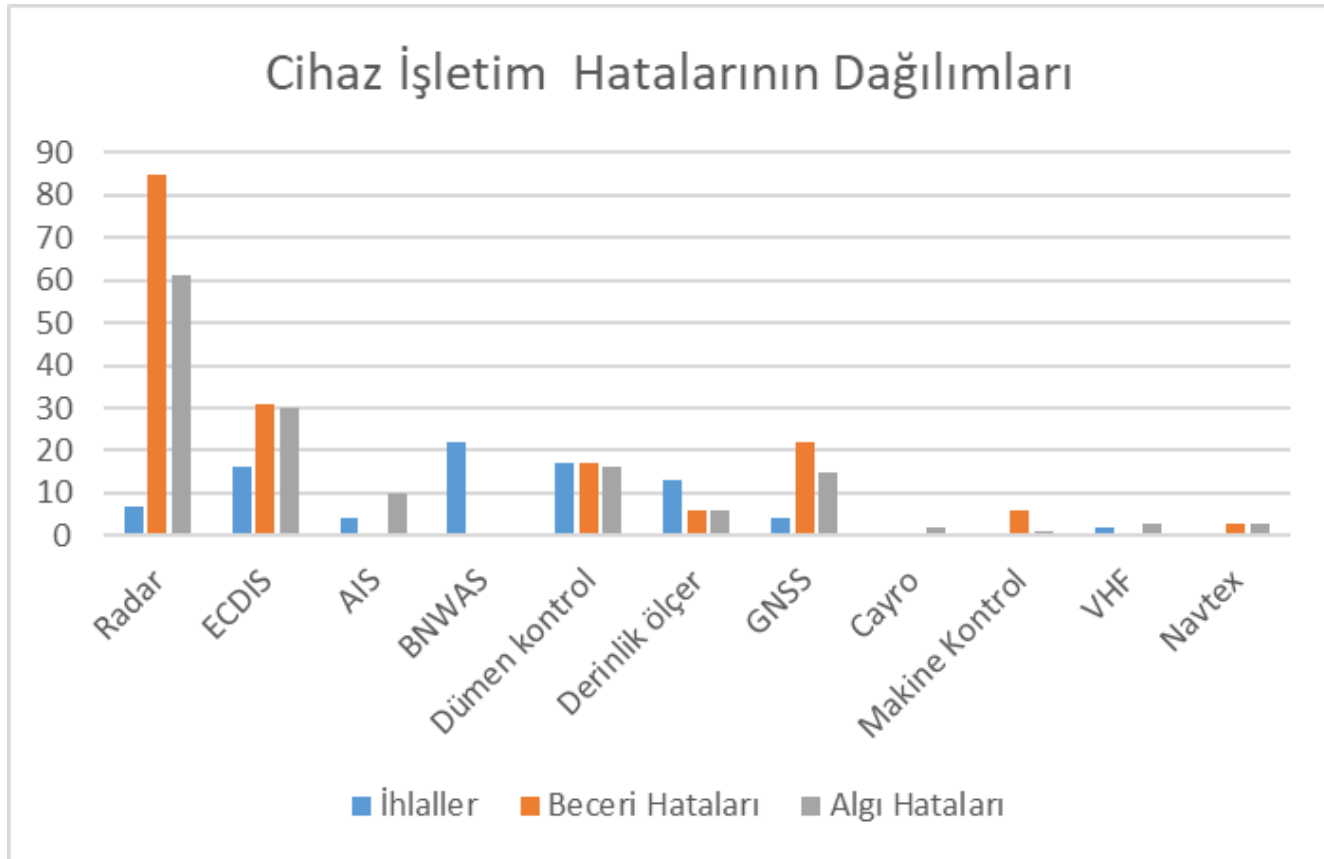
Karaya oturma kazalarında ihlaller kategorisinde değerlendirilen kaza faktörlerinin %48'i seyir ekipmanları ile alakalı prosedür ihlalleri ve suistimaller kaynaklı olduğu görülmüştür. Köprüüstü seyir vardiyası alarm sistemi (BNWAS) ve derinlik ölçer cihazının prosedürlere aykırı olarak aktif kullanılmaması en çok karşılaşılan ihlal türüdür. Çatma/çatışma kazalarında ihlaller kategorisinde değerlendirilen kaza faktörlerinin %11'i seyir ekipmanları ile alakalı faktörlerdir. Radar ve ECDIS cihazının alarmlarının kısılması en çok karşılaşılan ihlal türüdür.

Karaya oturma kazalarında algı hataları kategorisinde değerlendirilen kaza faktörlerinin %66'si seyir ekipmanları ile ilgili hatalardan kaynaklanmaktadır. ECDIS cihazı 2012 yılından itibaren gemilerde zorunlu elektronik seyir ekipmanı olmaya başlamıştır. Bundan dolayı çalışmada incelenen tüm gemilerde cihaz bulunmamaktadır. ECDIS cihazı bulunan gemilerde ECDIS, bulunmayan gemilerde GNSS cihazı ve haritada mevkii takibinin düzenli olarak takip edilmemesi öne çıkan kaza faktörü olarak tespit edilmiştir. Çatma/çatışma ka-

zalarında algı hatası kategorisinde değerlendirilen kaza faktörlerinin %68'i seyir ekipmanları ile alakalı faktörlerdir. Radar cihazının sağlamış olduğu gemilere ait verilerin plotlanmaması veya düzenli takibinin gerçekleştirilmemesi sonucunda kaza riskinin algılanamaması en çok karşılaşılan kaza faktörleridir.

Karaya oturma ve Çatma/çatışma kazalarında beceri hataları altında sınıflandırılan kaza faktörlerinin tamamı elektronik seyir cihazları ile alakalı faktörlerden oluşmaktadır. Tespit edilen beceri hataları içerisinde karaya oturma kazalarında ECDIS ve GNSS, çatma/çatışma kazalarında Radar cihazının özelliklerinin etkin kullanılmaması veya doğru ayarlanmaması sonucu oluşan faktörler ön plana çıkmaktadır.

Köprüüstü elektronik seyir cihazları ile alakalı kaza faktörlerinin oluşumunda ön plana çıkan cihazlar %38 Radar, %19 ECDIS, %12 dümen kontrol sistemi ve %10 GNSS olarak tespit edilmiştir. Bu faktörlerin emniyetsiz eylemler seviyesinde dağılımı %42 beceri hatası, %37 algı hatası ve %21 ihlaller alt kategorisinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Köprüüstü elektronik seyir cihazlarının İşletim hatalarının dağılımı

Figure 3. Distribution of operational errors of bridge electronic navigation devices

Sonuç

Kazaların görünür nedenlerini içeren HFACS emniyetsiz ey-lemeler seviyesindeki kaza faktörlerinin yarısından fazlası köprüüstü seyir yardımcılarının işletim hatası ile alakalı fak-törler olduğu tespit edilmiştir. IMO' nun yayınlamış olduğu sirkülerlerinde (IMO, 2013; IMO, 2014) elektronik seyir sis-temlerinin etkin kullanımının denizde can güvenliği uluslara-rası sözleşmesine (SOLAS) tabi gemilerin seyir kazalarına karışma oranlarında %52,7 azaltacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda çalışmada aktif kaza nedenlerinin dağılımına ba-kıldığında öngörüye destekler niteliktedir.

Çalışmada ön plana çıkan elektronik seyir cihazı işletim ha-talarının önlenmesine yönelik tavsiyeleri şu şekilde sıralaya-biliriz.

- Elektronik seyir cihazı işletim hatalarının yarısına yakını beceri hataları kaynaklı olması vardiya zabitlerinde cihaz eğitimi ve aşinalığının eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Bu durumun önüne geçilebilmesi için belli aralıklarla var-diya zabitlerine hizmet içi eğitim verilmesinin IMO nez-dinde zorunlu hale getirilmesi uygun olacaktır.
- IMO tarafından elektronik seyir cihazı üreticilerinden ist-enilen cihaz performans standartının yanında arayüz (ek-ran görüntüsünün) standart haline getirilmelidir. Böyle-likle vardiya zabitinin geçmiş gemilerde farklı cihazlar üzerinde edindiği tecrübelerinin devamlılığı sağlanmış olacaktır.
- BNWAS ve derinlik ölçer cihazlarının prosedürlere aykırı olarak çalışır hale getirilmemesinin önüne geçilmesi en-tegre köprüüstü sistemi/ entegre seyir sistemine sahip ge-milerde sistemsel denetimle sağlanmalıdır. Eyer gemi bu sisteme sahip değilse ise sıkı liman devleti kontrolü (PSC) denetimi ile denetlenmelidir.
- Çalışmada tespit edilen cihazlarla alakalı algı hataları, ci-haz takibi eksikliğinden dolayı kaza riskinin veya cihaz arızasının algılanamaması kaynaklı hatalardır. Bunun önüne geçilmesini cihazların takip kabiliyetlerinin artırıl-ması ve ekran takibini zorunlu hale getirecek ara yazılım-ların eklenmesi ile sağlanabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada elde edilen bulgular sadece kaza raporlarına da-yanmaktadır. Bu durum elektronik seyir cihazlarının seyir emniyetine etkisi tek veriye dayalı olarak değerlendirilme-sine neden olmuştur. İleride yapılacak çalışmalarda araştı-rmacıların dijital verilerle gerçek verileri bir arada sunan artırı-lmış gerçeklik (AR) yazılımları üzerine çalışmalarına yo-ğunlaşmaları vardiya zabitlerinin cihazları kullanımında işle-tim hatalarını azaltacağını ve durumsal farkındalıklarını artı-racağı düşünülmektedir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadı-ğını beyan eder.

Etik kurul izni: Araştırma niteliği bakımından etik izin gerektir-memektedir.

Finansal destek: -

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

Akhtar, M. J., Utne, I.B. (2014). Human fatigue's effect on the risk of maritime groundings - A Bayesian Network mo-deling approach. *Safety Science*, 62, 427-440.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.10.002>

Akyuz, E. (2017). A marine accident analysing model to eva-luate potential operational causes in cargo ships. *Safety Sci-ence*, 92, 17-25.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.09.010>

Altınpınar, İ., Başar, E. (2021). Investigation of the effect of vessel type on seafarers' safety culture. *International Jo-urnal of Occupational Safety and Ergonomics*,
<https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1916209>

Celik, M., Cebi, S. (2009). Analytical HFACS for investiga-tion of human errors in shipping accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 41(1), 66-75.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.09.004>

Chauvin, C., Lardjane, S., Morel, G., Clostermann, J.P., Langard, B. (2013). Human and organisational factors in maritime accidents: Analysis of collisions at sea using the HFACS. *Accident Analysis and Prevention*, 59, 26-37.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.05.006>

Chen, S.T., Chou, Y.H. (2012). Examining human factors for marine casualties using HFACS- Maritime accidents (HFACS-MA). 94-96.
<https://doi.org/10.1109/ITST.2012.6425205>

Chen, S.T., Wall, A., Davies, P., Yang, Z., Wang, J., Chou, Y.H. (2013). A Human and Organisational Factors (HOFs) analysis method for marine casualties using HFACS-Mari-time Accidents (HFACS-MA). *Safety Science*, 60, 105-114.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.06.009>

Emsa (2018). Annual overview of marine casualties and incidents 2018. Retrieved from <http://emsa.europa.eu/csn-menu/items.html?cid=14&id=3406> (accessed 15.03.2019).

Grabowski, M., Sanborn, S.D. (2003). Human performance and embedded intelligent technology in safety-critical systems. *International Journal of Human Computer Studies*, 58(6), 637-670.
[https://doi.org/10.1016/S1071-5819\(03\)00036-3](https://doi.org/10.1016/S1071-5819(03)00036-3)

Graziano, A., Teixeira, A.P., Guedes Soares, C. (2016). Classification of human errors in grounding and collision accidents using the TRACER taxonomy. *Safety Science*, 86, 245-257.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.02.026>

Hahn, A., Lüdtke, A. (2013). Risk assessment of human machine interaction for control and enavigation systems of marine vessels. IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), 9(PART 1), 368-373.
<https://doi.org/10.3182/20130918-4-JP-3022.00004>

Hulme, A., Stanton, N.A., Walker, G.H., Waterson, P., Salmon, P.M. (2019). Accident analysis in practice: A review of Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) applications in the peer reviewed academic literature. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 63(1), 1849-1853.
<https://doi.org/10.1177/1071181319631086>

IMO (2006). MSC 85/26 Annex (20)- Strategy for the development and implementation of e-navigation. Retrieved from <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/enavigation/MSC%2085%20-%20annex%2020%20-%20Strategy%20for%20the%20development%20and%20implementation%20of%20e-nav.pdf> (accessed 19.05.2021).

IMO (2013). Report of the Sub-Committee on Safety of Navigation on its fifty-nine (NAV 59/6). Annex 3. Preliminary maritime service portfolios. Retrieved from https://legacy.iho.int/mtg_docs/com_wg/CPRNW/S100_NWG/2014/NAV%2059-6_eNav_ReportCG_Norway-1.pdf (accessed 19.05.2021).

IMO (2014). Report of the Sub-Committee on Navigation, Communication, Search and Rescue on its first session (NCSR 1/28) Annex 7. Draft e-navigation strategy imple-

mentation plan. Retrieved from http://emsa.europa.eu/e-learning/cybersec/AMC005/story_content/external_files/strategy-implementationplan.pdf (accessed 19.05.2021).

Kaptan, M., Sarialioğlu, S., Uğurlu, Ö., Wang, J. (2021b). The evolution of the HFACS method used in analysis of marine accidents : A review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 86(November), 86, 1-16.
<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103225>

Kaptan, M., Uğurlu, Ö., Wang, J. (2021a). The effect of nonconformities encountered in the use of technology on the occurrence of collision, contact and grounding accidents. *Reliability Engineering & System Safety*, 215(December 2020),107886.
<https://doi.org/10.1016/j.res.2021.107886>

Martins, M.R., Maturana, M. C. (2013). Application of Bayesian Belief networks to the human reliability analysis of an oil tanker operation focusing on collision accidents. *Reliability Engineering and System Safety*, 110, 89-109.
<https://doi.org/10.1016/j.res.2012.09.008>

Mazaheri, A., Montewka, J., Nisula, J., Kujala, P. (2015). Usability of accident and incident reports for evidence-based risk modeling - A case study on ship grounding reports. *Safety Science*, 76, 202-214.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.019>

Parasyris, G., Georgoulis, G.L., Nikitakos, N. (2010). Technological improvements on bridge systems as a key factor to marine accident prevention. Proceedings of 3rd International Symposium on Ship Operations, Management and Economics. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/277999839_The_technology_is_great_when_it_works_Maritime_Technology_and_Human_Integration_on_the_Ship's_Bridge (accessed 14.06.2021).

Patterson, J.M., Shappell, S.A. (2010). Operator error and system deficiencies: Analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS. *Accident Analysis and Prevention*, 42(4), 1379-1385.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.02.018>

Perera, L.P., Guedes Soares, C. (2015). Collision risk detection and quantification in ship navigation with integrated bridge systems. *Ocean Engineering*, 109, 344-354.
<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.08.016>

Rashid, H.S.J., Place, C.S., Braithwaite, G.R. (2010). Helicopter maintenance error analysis: Beyond the third order of

the HFACS-ME. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(6), 636–647.

<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2010.04.005>

Reason, J. (1990). Human error. Cambridge University Press. Cambridge: Cambridge University Press ISBN: 9780521314190

Shappell, S.A., Wiegmann, D.A. (2000). The Human Factors Analysis and Classification System–HFACS. Retrieved from <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/21482> (accessed 14.02.2019).

Sotiralis, P., Ventikos, N.P., Hamann, R., Golyshev, P., Teixeira, A.P. (2016). Incorporation of human factors into ship collision risk models focusing on human centred design aspects. *Reliability Engineering and System Safety*, 156, 210–227.

<https://doi.org/10.1016/j.ress.2016.08.007>

Uğurlu, O., Yıldız, S., Loughney, S., Wang, J. (2018). Modified human factor analysis and classification system for passenger vessel accidents (HFACS-PV). *Ocean Engineering*, 161, 46–61.

<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.04.086>

Uğurlu, Ö., Köse, E., Yıldırım, U., Yüksekıldız, E. (2015). Marine accident analysis for collision and grounding in oil tanker using FTA method. *Maritime Policy & Management*, 42(2), 163–185.

<https://doi.org/10.1080/03088839.2013.856524>

Uğurlu, Özkan, Köse, E., Yildirim, U., & Yüksekıldız, E. (2013). Marine accident analysis for collision and grounding in oil tanker using FTA method. *Maritime Policy & Management: The Flagship Journal of International Shipping and Port Research*, 42(2), 163–185.

<https://doi.org/10.1080/03088839.2013.856524>

Weigmann, D.A., Shappell, S.A. (1997). Human Factors Analysis of Postaccident Data: Applying Theoretical Taxonomies of Human Error. *The International Journal of Aviation Psychology*, 7(1), 67–81.

https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0701_4

Yıldırım, U., Başar, E., Uğurlu, Ö. (2017). Assessment of collisions and grounding accidents with human factors analysis and classification system (HFACS) and statistical methods. *Safety Science*, 119, 412–425.

<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.09.022>



Instructions to Authors

The editorial and publication processes of the journal are shaped in accordance with the guidelines of the Committee on Publication Ethics (COPE), the European Association of Science Editors (EASE), the International Council of Medical Journal Editors (ICMJE), and National Information Standards Organization (NISO). The journal conforms to the Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing (<https://doaj.org/bestpractice>).

Originality, high scientific quality, and citation potential are the most important criteria for a manuscript to be accepted for publication. Manuscripts submitted for evaluation should not have been previously presented or already published in an electronic or printed medium. The journal should be informed of manuscripts that have been submitted to another journal for evaluation and rejected for publication. The submission of previous reviewer reports will expedite the evaluation process. Manuscripts that have been presented in a meeting should be submitted with detailed information on the organization, including the name, date, and location of the organization.

Manuscripts submitted to “**Aquatic Research**” will go through a double-blind peer-review process. Each submission will be reviewed by at least two external, independent peer reviewers who are experts in their fields in order to ensure an unbiased evaluation process. The editorial board will invite an external and independent editor to manage the evaluation processes of manuscripts submitted by editors or by the editorial board members of the journal. The Editor in Chief is the final authority in the decision-making process for all submissions.

An approval of research protocols by the Ethics Committee in accordance with international agreements (World Medical Association Declaration of Helsinki “Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects,” amended in October 2013, www.wma.net) is required for experimental, clinical, and drug studies. If required, ethics committee reports or an equivalent official document will be requested from the authors.

For manuscripts concerning experimental research on humans, a statement should be included that shows the written informed consent of patients and volunteers was obtained following a detailed explanation of the procedures that they may undergo. Information on patient consent, the name of the ethics committee, and the ethics committee approval number should also be stated in the Materials and Methods section of the manuscript. It is the authors’ responsibility to carefully protect the patients’ anonymity. For photographs that may reveal the identity of the patients, signed releases of the patient or of their legal representative should be enclosed.

“**Aquatic Research**” journal requires experimental research studies on vertebrates or any regulated invertebrates to comply with relevant institutional, national and/or international guidelines. The journal supports the principles of Basel Declaration

(<https://www.basel-declaration.org/>) and the guidelines published by International Council for Laboratory Animal Science (ICLAS) (<http://iclas.org/>). Authors are advised to clearly state their compliance with relevant guidelines.

“**Aquatic Research**” journal advises authors to comply with IUCN Policy Statement on Research Involving Species at Risk of Extinction and the Convention on the Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora for research involving plants.

All submissions are screened by a similarity detection software.

In the event of alleged or suspected research misconduct, e.g., plagiarism, citation manipulation, and data falsification/ fabrication, the Editorial Board will follow and act in accordance with COPE guidelines.

Each individual listed as an author should fulfil the authorship criteria recommended by the ICMJE. The ICMJE recommends that authorship be based on the following 4 criteria:

1. Substantial contributions to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data for the work; AND
2. Drafting the work or revising it critically for important intellectual content; AND
3. Final approval of the version to be published; AND
4. Agreement to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

In addition to being accountable for the parts of the work he/she has done, an author should be able to identify which co-authors are responsible for specific other parts of the work. In addition, authors should have confidence in the integrity of the contributions of their co-authors.

All those designated as authors should meet all four criteria for authorship, and all who meet the four criteria should be identified as authors. Those who do not meet all four criteria should be acknowledged in the title page of the manuscript.

“**Aquatic Research**” journal requires corresponding authors to submit a signed and scanned version of the authorship contribution form (available for download at

<https://dergipark.org.tr/en/download/journal-file/19583>)

during the initial submission process in order to act appropriately on authorship rights and to prevent ghost or honorary authorship. If the editorial board suspects a case of “gift authorship,” the submission will be rejected without further review. As part of the submission of the manuscript, the corresponding author should also



send a short statement declaring that he/she accepts to undertake all the responsibility for authorship during the submission and review stages of the manuscript.

“Aquatic Research” journal requires and encourages the authors and the individuals involved in the evaluation process of submitted manuscripts to disclose any existing or potential conflicts of interests, including financial, consultant, and institutional, that might lead to potential bias or a conflict of interest. Any financial grants or other support received for a submitted study from individuals or institutions should be disclosed to the Editorial Board. To disclose a potential conflict of interest, the ICMJE Potential Conflict of Interest Disclosure Form should be filled in and submitted by all contributing authors. Cases of a potential conflict of interest of the editors, authors, or reviewers are resolved by the journal’s Editorial Board within the scope of COPE and ICMJE guidelines.

The Editorial Board of the journal handles all appeal and complaint cases within the scope of COPE guidelines. In such cases, authors should get in direct contact with the editorial office regarding their appeals and complaints. When needed, an ombudsperson may be assigned to resolve cases that cannot be resolved internally. The Editor in Chief is the final authority in the decision-making process for all appeals and complaints.

“Aquatic Research” journal requires each submission to be accompanied by a Copyright Transfer Form (available for download at <https://dergipark.org.tr/en/download/journal-file/19583>).

When using previously published content, including figures, tables, or any other material in both print and electronic formats, authors must obtain permission from the copyright holder. Legal, financial and criminal liabilities in this regard belong to the author(s).

Statements or opinions expressed in the manuscripts published in “Aquatic Research” journal reflect the views of the author(s) and not the opinions of the editors, the editorial board, or the publisher; the editors, the editorial board, and the publisher disclaim any responsibility or liability for such materials. The final responsibility in regard to the published content rests with the authors.

MANUSCRIPT PREPARATION

The manuscripts should be prepared in accordance with ICMJE-Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals (updated in December 2017 - <http://www.icmje.org/icmje-recommendations.pdf>). Authors are required to prepare manuscripts in accordance with the CONSORT guidelines for randomized research studies, STROBE guidelines for observational studies, STARD guidelines for studies on diagnostic accuracy, PRISMA guidelines for systematic reviews and meta-analysis, ARRIVE guidelines for experimental animal studies, TREND guidelines for non-randomized studies, and COREQ guidelines for qualitative studies.

Manuscripts can only be submitted through the journal’s online manuscript submission and evaluation system, available at <http://dergipark.gov.tr/journal/2277/submission/start>

Manuscripts submitted to the journal will first go through a technical evaluation process where the editorial office staff will ensure that the manuscript has been prepared and submitted in accordance with the journal’s guidelines. Submissions that do not conform to the journal’s guidelines will be returned to the submitting author with technical correction requests.

Authors are required to submit the following forms during the initial submission.

- Copyright Transfer Form,
- Author Contributions Form (one form for copyright and contributions available in <https://dergipark.org.tr/en/download/journal-file/19583>)
- ICMJE Potential Conflict of Interest Disclosure Form (should be filled in by all contributing authors) Download this form from <http://www.icmje.org/conflicts-of-interest/> fill and save. Send this to the journal with your other files.

Preparation of the Manuscript

Manuscripts prepared in Microsoft Word must be converted into a single file before submission. Please start with the title page and insert your graphics (schemes, figures, etc.), tables in the main text.

Title (should be clear, descriptive and not too long)

Full Name(s) and Surname (s) of author(s)

ORCID ID for all author (s) (<http://orcid.org/>)

Address (es) of affiliations and e-mail (s)

Complete correspondence address and e-mail

Abstract

Key words (indexing terms), normally 3-6 items

Introduction

Material and Methods

Results and Discussion

Conclusion

Compliance with Ethical Standard

Conflict of interests: When you (or your employer or sponsor) have a financial, commercial, legal or professional relationship with other organizations or people working with them, a conflict of interest may arise that may affect your research. A full description is required when you submit your article to a journal.



Ethics committee approval: Ethical committee approval is routinely requested from every research article based on experiments on living organisms and humans. Sometimes, studies from different countries may not have the approval of the ethics committee, and the authors may argue that they do not need the approval of their work. In such situations, we consult COPE's "Guidance for Editors: Research, Audit and Service Evaluations" document and evaluate the study at the editorial board and decide whether or not it needs approval.

Funding: If there is any, the institutions that support the research and the agreements with them should be given here.

Acknowledgment: Acknowledgments allow you to thank people and institutions who assist in conducting the research.

Disclosure: Explanations about your scientific / article work that you consider ethically important.

References

Tables (all tables give in the main text)

Figures (all figures/photos give in the main text)

Manuscript Types

Original Articles: This is the most important type of article since it provides new information based on original research. **The main text should contain "Introduction", "Materials and Methods", "Results and Discussion" and "Conclusion" sections.**

Statistical analysis to support conclusions is usually necessary. Statistical analyses must be conducted in accordance with international statistical reporting standards. Information on statistical analyses should be provided with a separate subheading under the Materials and Methods section and the statistical software that was used during the process must be specified.

Units should be prepared in accordance with the International System of Units (SI).

Review Articles: Reviews prepared by authors who have extensive knowledge on a particular field and whose scientific background has been translated into a high volume of publications with a high citation potential are welcomed. These authors may even be invited by the journal. Reviews should describe, discuss, and evaluate the current level of knowledge of a topic in researches and should guide future studies. The main text should start with Introduction and end with Conclusion sections. Authors may choose to use any subheading in between those sections.

Short Communication: This type of manuscript discusses important parts, overlooked aspects, or lacking parts of a previously published article. Articles on subjects within the scope of the journal that might attract the readers' attention, particularly educative cases, may also be submitted in the form of a "Short Communication" Readers can also present their comments on the published manuscripts in the form of a "Short

Communication". **The main text should contain Introduction, "Materials and Methods", "Results and Discussion" and "Conclusion" sections.**

Table 1. Limitations for each manuscript type

Type of manuscript	Page	Abstract word limit	Reference limit
Original Article	≤25	180	40
Review Article	no limits	180	60
Short Communication	≤5	150	20

Tables

Tables should be included in the main document, presented after the reference list, and they should be numbered consecutively in the order they are referred to within the main text. A descriptive title must be placed above the tables. Abbreviations used in the tables should be defined below the tables by footnotes (even if they are defined within the main text). Tables should be created using the "insert table" command of the word processing software and they should be arranged clearly to provide easy reading. Data presented in the tables should not be a repetition of the data presented within the main text but should be supporting the main text.

Figures and Figure Legends

Figures, graphics, and photographs should be submitted in main document WORD files (in JPEG or PNG format) through the submission system. Any information within the images that may indicate an individual or institution should be blinded. The minimum resolution of each submitted figure should be 300 DPI. To prevent delays in the evaluation process, all submitted figures should be clear in resolution and large (minimum dimensions: 100 × 100 mm). Figure legends should be listed at the end of the main document.

All acronyms and abbreviations used in the manuscript should be defined at first use, both in the abstract and in the main text. The abbreviation should be provided in parentheses following the definition.

When a drug, product, hardware, or software program is mentioned within the main text, product information, including the name of the product, the producer of the product, and city and the country of the company (including the state if in USA), should be provided in parentheses in the following format: "Discovery St PET/CT scanner (General Electric, Milwaukee, WI, USA)"

All references, tables, and figures should be referred to within the main text, and they should be numbered consecutively in the order they are referred to within the main text.

Limitations, drawbacks, and the shortcomings of original articles should be mentioned in the Discussion section before the conclusion paragraph.



References

Reference System is APA 6th Edition

In-text Citation with APA

The APA style calls for three kinds of information to be included in in-text citations. The **author's last name** and the work's **date of publication** must always appear, and these items must match exactly the corresponding entry in the references list. The third kind of information, the page number, appears only in a citation to a direct quotation.

....(Crockatt, 1995).

Direct quote from the text

"The potentially contradictory nature of Moscow's priorities surfaced first in its policies towards East Germany and Yugoslavia," (Crockatt, 1995, p. 1).

Major Citations for a Reference List in Table 2.

Note: All second and third lines in the APA Bibliography should be indented.

REVISIONS

When submitting a revised version of a paper, the author must submit a detailed "Response to the reviewers" that states point by point how each issue raised by the reviewers has been covered and where it can be found (each reviewer's comment, followed by the author's reply and line numbers where the changes have been made) as well as an annotated copy of the main document. Revised manuscripts must be submitted within 15 days from the date of the decision letter. If the revised version of the manuscript is not submitted within the allocated time, the revision option may be cancelled. If the submitting author(s) believe that additional time is required, they should request this extension before the initial 15-day period is over.

Accepted manuscripts are copy-edited for grammar, punctuation, and format. Once the publication process of a manuscript is completed, it is published online on the journal's webpage as an ahead-of-print publication before it is included in its scheduled issue. A PDF proof of the accepted manuscript is sent to the corresponding author and their publication approval is requested within 2 days of their receipt of the proof.

Table 2. Major Citations for a Reference List

Material Type	Reference List/Bibliography
A book in print	Baxter, C. (1997). <i>Race equality in health care and education</i> . Philadelphia: Ballière Tindall, p. 110-115, ISBN 4546465465
A book chapter, print version	Haybron, D.M. (2008). Philosophy and the science of subjective well-being. In M. Eid & R. J. Larsen (Eds.), <i>The science of subjective well-being</i> (p. 17-43). New York, NY: Guilford Press. ISBN 4546469999
An eBook	Millbower, L. (2003). <i>Show biz training: Fun and effective business training techniques from the worlds of stage, screen, and song</i> . p. 92-90. Retrieved from http://www.amacombooks.org/ (accessed 10.10.15)
An article in a print journal	Carter, S., Dunbar-Odom, D. (2009). The converging literacies center: An integrated model for writing programs. <i>Kairos: A Journal of Rhetoric, Technology, and Pedagogy</i> , 14(1), 38-48.
Preview article in a journal with DOI	Gaudio, J.L., Snowdon, C.T. (2008). Spatial cues more salient than color cues in cotton-top tamarins (<i>Saguinus oedipus</i>) reversal learning. <i>Journal of Comparative Psychology</i> , https://doi.org/10.1037/0735-7036.122.4.441
Websites - professional or personal sites	The World Famous Hot Dog Site. (1999, July 7). Retrieved January 5, 2008, from http://www.xroads.com/~tcs/hotdog/hotdog.html (accessed 10.10.2015)
Websites - online government publications	U.S. Department of Justice. (2006, September 10). Trends in violent victimization by age, 1973-2005. Retrieved from http://www.ojp.usdoj.gov/bjs/glance/vage.htm (accessed 10.10.2015)
Photograph (from book, magazine or webpage)	Close, C. (2002). <i>Ronald</i> . [photograph]. Museum of Modern Art, New York, NY. Retrieved from http://www.moma.org/collection/object.php?object_id=108890 (accessed 10.10.2015)
Artwork - from library database	Clark, L. (c.a. 1960's). <i>Man with Baby</i> . [photograph]. George Eastman House, Rochester, NY. Retrieved from ARTstor
Artwork - from website	Close, C. (2002). <i>Ronald</i> . [photograph]. Museum of Modern Art, New York. Retrieved from http://www.moma.org/collection/browse_results.php?object_id=108890 (accessed 10.10.2015)