



T.C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRK BOĞAZLARINDA SEYİR EMNİYETİNİ TEHDİT
EDEN UNSURLARIN SEKTÖREL BAZDA İNCELENMESİ**

FUAT ATALAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORDU 2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdığı yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

FUAT ATALAR

ÖZET

TÜRK BOĞAZLARINDA SEYİR EMNİYETİNİ TEHDİT EDEN UNSURLARIN SEKTÖREL BAZDA İNCELENMESİ

FUAT ATALAR

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 76 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Özkan UĞURLU)

Bu çalışmada, risk analizi kapsamında kullanılmak üzere Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (FAHP) ve Orantılı Risk Değerlendirme Tekniği (PRAT) yöntemlerini birleştiren hibrit bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu hibrit yaklaşım ile uzman görüşleri ve istatistiksel veriler birleştirilerek gerçekçi analiz sonuçları elde edilmiştir. Bu yaklaşım, araştırmacılara tek bir yöntemi kullanmanın dezavantajlarını ve sınırlamalarını aşma fırsatı sunar. Örnek olay uygulama alanı olarak Türk Boğazlar Sistemi (TSS) seçilmiştir. Bu çalışmada sunulan hibrit yaklaşım ile TSS'de kazaların oluşmasında rol oynayan risk faktörleri sektörel bazda analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçları, önerilen hibrit yöntemin tutarlı ve doğru bir risk değerlendirme aracı olarak kullanılabileceğini kanıtlamıştır. Çalışma, boğazdan geçen gemilerin karşılaşılabileceği sektörel riskleri tanımlayarak güvenli boğaz geçişlerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Türk boğazlar sistemi; İstanbul boğazı; Bulanık AHP; PRAT; Deniz kazaları; Risk analizi

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE FACTORS THREATENING THE SAFETY OF NAVIGATION IN THE TURKISH STRAITS

Fuat ATALAR

**ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES**

MARITIME TRANSPORTATION ENGINEERING

MASTER THESIS, 76 PAGES

(SUPERVISOR: Prof. Dr. Özkan UĞURLU)

In this study, a hybrid approach that combines the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) and Proportional Risk Assessment Technique (PRAT) methods, was developed for use within the scope of risk analysis. With this hybrid approach, realistic analysis results were obtained by combining expert opinions and statistical data. This approach provides researchers with an opportunity to overcome the disadvantages and limitations of using a single method. The Turkish Straits System (TSS) was chosen as a case study application area. With the hybrid approach presented in this study, the risk factors that play a role in the occurrence of accidents in TSS have been analyzed on a sector-specific basis. The results of the study proved that the proposed hybrid method could be used as a consistent and accurate risk assessment tool. The study can contribute to safe strait passages by defining sector-specific risks that ships passing through the strait may encounter.

Keywords: Turkish straits system; Istanbul strait; Fuzzy AHP; PRAT; Marine accident; Risk analysis.

TEŐEKKÖR

Tez konumun belirlenmesi, alıőmanın yűrűtűlmesi ve yazımı esnasında baőta danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Őzkan UĐURLU' ya, bu stresli yolculukta sűrekli destek veren aileme űzellikle de tez yazım aőamasında katkılarını esirgemeyen eőim Nur ATALAR ve Sayın Fatih TONOĐLU'na teőekkűrű bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER	VI
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	3
2.1 Türk Boğazlar Sistemi.....	7
2.1.1 İstanbul Boğazı.....	7
2.1.1.1 Sektör Türkeli.....	11
2.1.1.2 Sektör Kandilli.....	12
2.1.1.3 Sektör Kadıköy.....	13
2.1.1.4 Sektör Marmara.....	14
2.1.2 Çanakkale Boğazı.....	15
2.1.2.1 Sektör Gelibolu.....	18
2.1.2.2 Sektör Nara.....	19
2.1.2.3 Sektör Kumkale.....	20
2.1.3 Türk Boğazlarında Rüzgâr ve Akıntı Rejimleri.....	21
2.1.4 Türk Boğazları Tüzüğü ve Yönetmeliği.....	23
2.1.5 Türk Boğazlarında Trafik Ayrım Düzeninin Uygulamaya Girmesi.....	24
2.1.6 Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri Sistemi (TBGTH).....	25
2.2 Literatür Özeti.....	29
3. MATERYAL ve YÖNTEM	36
3.1 Uygun Analiz Yönteminin Belirlenmesi.....	36
3.1.1 Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (FAHP).....	37
3.1.2 FAHP ve PRAT (CFP) Kombinasyonu.....	42
3.2. Kriterlerin Belirlenmesi ve Hiyerarşik Yapının Kurulması.....	42
3.3 Bulanık AHP Yönteminin Uygulanması.....	43
3.4 Geçmiş Kaza Verilerinin PRAT ile Analizi.....	43
3.5 Kombine FAHP-PRAT (CFP) Değerlerinin Hesaplanması.....	44
3.6 Önerilen Metodun Uygulanması.....	44
3.6.1 Kriterler ve Alt Kriterler.....	45
3.6.1.1 İnsan Kaynaklı Faktörler (İK).....	46
3.6.1.2 Dış Çevre Kaynaklı Faktörler (DF).....	47
3.6.1.3 İç Çevre Kaynaklı Faktörler (İF).....	49
3.6.2 Bulanık AHP'nin Uygulanması.....	50
3.6.3 Kombine FAHP ve PRAT (CFP) Uygulanması.....	56
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	61
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	69
6. KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	77

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri Alanı (KEGM, 2021).....	7
Şekil 2.2 İstanbul Boğazı Sektörleri (KEGM, 2021).....	8
Şekil 2.3 İstanbul Boğazı Kılavuzlu Geçişlerin Toplam Geçişlere Oranı (KEGM,2021)	11
Şekil 2.4 Sektör Türkeli	12
Şekil 2.5 Sektör Kandilli.....	13
Şekil 2.6 Sektör Kadıköy	14
Şekil 2.7 Sektör Marmara	15
Şekil 2.8 Çanakkale Boğazı Kılavuzlu Geçişlerin Toplam Geçişlere Oranı(KEGM, 2021)	16
Şekil 2.9 Çanakkale Boğazı Sektörleri (KEGM, 2021).....	17
Şekil 2.10 Sektör Gelibolu (Boğaz İçerisinde Kalan Kısım).....	18
Şekil 2.11 Sektör Gelibolu (Boğaz Dışında Kalan Kısım)	19
Şekil 2.12 Sektör Nara	19
Şekil 2.13 Sektör Kumkale (Boğaz İçerisinde Kalan Kısım)	20
Şekil 2.14 Sektör Kumkale (Boğaz Dışında Kalan Kısım)	20
Şekil 2.15 İstanbul Boğazı Gemi Dönüş Yerleri (KEGM, 2021).....	22
Şekil 2.16 İstanbul GTH Alanı Bileşenleri.....	27
Şekil 2.17 Çanakkale GTH Alanı Bileşenleri	27
Şekil 2.18 Çalışma Alanı(Aydoğdu ve ark. 2012).....	30
Şekil 2.19 Çalışmasında Önerilen LTSS(Aydoğdu ve ark. 2012).....	31
Şekil 2.20 Çalışma Alanı(Aydoğdu, 2014).....	32
Şekil 2.21 İstanbul Boğazı'nda Sol Trafik Düzeni	35
Şekil 3.1 Üçgen Üyelik Fonksiyonuna Bir Örnek	39
Şekil 3.2 M_1 ve M_2 arasındaki kesişme (Chang, 1996).	41
Şekil 3.3 Çalışmanın Hiyerarşik Yapısı.....	43
Şekil 4.1: İstanbul Boğazı Kombine FAHP-PRAT Sonuçları.....	64
Şekil 4.2 Çanakkale Boğazı Kombine FAHP-PRAT Sonuçları	66

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 İstanbul Boğazı 10 Yıllık Gemi Geçiş İstatistikleri (KEGM, 2021)	10
Çizelge 2.2 2020 Yılı İstanbul Boğazı Gemi Geçiş İstatistikleri (KEGM, 2021)	10
Çizelge 2.3 Çanakkale Boğazı 10 Yıllık Gemi Geçiş İstatistikleri (KEGM, 2021) ..	16
Çizelge 2.4 2020 Yılı Çanakkale Boğazı Gemi Geçiş İstatistikleri (KEGM, 2021) .	17
Çizelge 3.1 Bulanık Sayılar	38
Çizelge 3.2 Kriterler ve Alt Kriterlerin Belirlendiği Referans Çalışmalar	45
Çizelge 3.3 Her Alt Kriterin Belirlenmesinde Referans Alınan Çalışmalar	45
Çizelge 3.4 Uzmanların Özellikleri	46
Çizelge 3.5 Hiyerarşik Yapı Elemanları ve Kısaltmaları.....	50
Çizelge 3.6 Uzman 1'e Göre Kriterlerin Bulanık Karşılaştırma Matrisi	51
Çizelge 3.7 Uzman 1'e Göre Alt Kriterlerin Kriterlere Bağlı Bulanık Karşılaştırma Matrisi	52
Çizelge 3.8 Uzman 1'e Göre Alternatiflerin Alt Kriterlere Bağlı Bulanık Karşılaştırma Matrisi.....	52
Çizelge 3.9 Uzman Ağırlık Puanları	53
Çizelge 3.10 Uzmanların Ağırlıklandırılması.....	53
Çizelge 3.11 Uzman Ağırlıkları ve Her Uzman İçin Elemanların Normalize Ağırlıkları.....	54
Çizelge 3.12 Uzman Ağırlıkları ve Her Uzman İçin Alternatiflerin Normalize Ağırlıkları.....	54
Çizelge 3.13 Uzmanların Toplam Ağırlıkları	55
Çizelge 3.14 Alternatiflerin Toplam Ağırlıkları	55
Çizelge 3.15 Nihai Toplam Ağırlıklar	56
Çizelge 3.16 Normalize FAHP (%A)	56
Çizelge 3.17 Sektör Kadıköy'deki Kaza İstatistikleri.....	57
Çizelge 3.18 Olasılık Faktörünün (P) Derecelendirilmesi	57
Çizelge 3.19 Frekans Faktörünün (F) Derecelendirilmesi	58
Çizelge 3.20 Sektör Kadıköy'deki Kazaların Ciddiyet İstatistikleri	58
Çizelge 3.21 Ciddiyet Türlerinin Puanları	58
Çizelge 3.22 Ciddiyet Faktörünün (S) Derecelendirilmesi.....	58
Çizelge 3.23 Her Alt Kriter İçin Sektör Kadıköy'deki Risk Değerinin Hesaplanması	59
Çizelge 3.24 PRAT(R) Her Sektör İçin Alt Kriterlerin Risk Değerleri.....	59
Çizelge 3.25 PRAT(%R) Her Sektör İçin Alt Kriterlerin Normalize Risk Değerleri	60
Çizelge 4.1 Sektör Kadıköy'de Her Alt Kriter İçin Kombine FAHP-PRAT (CFP) Değerinin Hesaplanması	61
Çizelge 4.2 Kombine FAHP-PRAT (CFP) Sonuçları.....	62

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

&	: Ve
A	: Akıntı
AG	: Aykırı Geçiş
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci
ASD	: Admiralty Sailing Directions
C	: Kriterler
CFP	: Kombine FAHP-PRAT
COLREG	: Uluslararası Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü
DF	: Dış Çevre Kaynaklı Faktörler
DGPS	: Ayrımsal Küresel Konumlama Sistemi
DHG	: Düşük Hızlı Gemiler
DKY	: Dar Kanal Yapısı
EH	: Emniyetli Olmayan Hız
ENC	: Elektronik Seyir Haritası
ES	: Çevresel Stres
FAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
FH	: Kötü Hava Şartları
GB	: Gemi Büyüklüğü
Gİ	: Geçiş İhlali
GK	: Gece/Karanlık
GTH	: Gemi Trafik Hizmetleri
GYS	: Gemi Yürütücü Sistem Arızası
HM	: Hatalı Manevra
IALA	: Uluslararası Seyir Yardımcıları ve Fenerler Otoriteleri Birliği
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü
İF	: İç Çevre Kaynaklı Faktörler
İK	: İnsan Kaynaklı Faktörler
İKE	: İletişim ve Koordinasyon Eksikliği
KAİK	: Kaza Araştırma ve İnceleme Kurulu
KD	: Keskin Dönüş
KEGM	: Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü
LTSS	: Yerel Trafik Ayırım Planı
MOU	: Mutabakat Muhtırası
MTFTS	: Deniz Trafiği Hızlı Zaman Simülasyonu
PRAT	: Orantılı Risk Değerlendirme Tekniği
R&R	: Türk Boğazları Bölgesi Deniz Trafik Kuralları ve Düzenlemeleri
RDF	: Radyo Yön Bulucu
RF	: Referans
S	: Sıklık
SC	: Alt Kriterler
Sİ	: Seperasyon İhlali
SP1	: Seyir Planı-1
SP2	: Seyir Planı-2
SWOT	: Güçlü Yönler-Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler
TAD	: Trafik Ayırım Düzeni

TBGTH	:	Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri
TÜBRAP	:	Türk Boğazları Rapor Sistemi
TY	:	Trafik Yoğunluğu
UAB	:	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
Ve ark.	:	Ve arkadaşları
VHF	:	Çok Yüksek Frekans
VTS	:	Gemi Trafik Hizmetleri Bürosu

1. GİRİŞ

Dar kanal yolları; denizler ve okyanusları birbirine bağlayan deniz taşıtlarının geçmek zorunda oldukları zorlu geçit yollarıdır. Bu kanal yolları uluslararası ticari ve siyasal ilişkilerde, askeri stratejide yüzyıllar boyunca büyük rol oynamıştır. İki kara parçası arasında kalan ve iki denizi birleştiren dar deniz yollarına boğaz denir. Boğazlar deniz ulaşımında özellikle iki bakımdan büyük öneme sahiptir. Bunlardan ilki stratejik ve askeri açıdan, ikincisi ise ekonomik ve ticari getirisiidir. Boğazların ulusal ya da uluslararası stratejik önemi onların niteliği ile yakından ilişkilidir. İki nokta arasındaki mesafeyi kısaltmaları ya da bölgede alternatifi olmayan kullanılabilir tek deniz yolu olmaları onları stratejik açıdan ön plana çıkarmaktadır (Uğurlu ve ark., 2016).

Dünyada stratejik öneme sahip dar geçit yollarının sayısı yaklaşık 200 kadardır. Bunların genişliği 24 deniz milinin altında olanlarının sayısı ise 109 ile sınırlıdır. Ancak bu dar geçit yollarından bazıları zorunlu ticari geçiş yolu olmaları ya da iki liman arasındaki mesafeyi hissedilir derecede azaltmaları nedeni ile ön plana çıkmaktadır. Dünya ticareti açısından büyük öneme sahip dar geçit yollarından bazıları; İngiliz Kanalı, Singapur Boğazı, Malakka Boğazı, Süveyş Kanalı, Hürmüz Boğazı, Cebeli Tarık Boğazı, Panama Kanalı ve Türk Boğazları olarak sıralamak mümkündür.

Türk Boğazları da Karadeniz'i Akdeniz ve okyanuslara bağlayan tek suyoludur. Seyir açısından dar ve kısıtlı suyolları barındırması, hâkim kötü hava ve deniz koşulları, güçlü akıntılar, yoğun yerel trafik ve transit trafik sebebiyle Türk Boğazlarında seyir tehlikelidir. Denizcilik sektöründe teknolojik gelişmeler ve Hazar petrolünün uluslararası pazara girmesiyle, Türk Boğazlarında tehlikeli yüklerin çeşit ve bolluğunda önemli artışlar olmuştur. Türk Boğazları denizciler için dünyadaki en kalabalık, zor ve potansiyel olarak tehlikeli suyollarından biridir. Türk Boğazlarında seyir emniyeti Türkiye Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü'nün sorumluluğundadır (Ucan ve Nas, 2016). İstanbul ve Çanakkale Boğazı, tüm Karadeniz ülkelerinin hinterlandını Tuna, Volga ve Don nehirleri yoluyla genişletmesi ve ticareti artırması nedeniyle büyük önem taşımaktadır. İstanbul Boğazı Türkiye'nin en büyük şehrini ikiye böler. İstanbul Boğazı, Malakka Boğazı'ndan sonra dünyanın en yoğun ikinci

trafik hacmine sahiptir. Boğaz'daki deniz trafiği hacmi Süveyş Kanalı'ndakinin üç katı, Panama Kanalı'ndakinin dört katı ve Kiel Kanalı'ndakinin iki katıdır (Kum ve ark., 2006). İstanbul Boğazı “S” şeklinde bir yapıya ve nehir benzeri özelliklere sahiptir (Aydoğdu, 2014). İstanbul Boğazı, yaklaşık 31 km uzunluğunda oluportalama genişliği 1.5 km ve en dar noktası 660 metredir. Yoğun sisler, yüksek akıntılar ve rüzgârlar, sık görülen olumsuz meteorolojik koşullar, Boğaz'da seyri zorlaştırır. İstanbul Boğazı'nda seyri tehlikeli hale getiren doğal olmayan faktörler de vardır. Bunlardan biri şehir içi yolcu tekneleri, hızlı feribotlar, balıkçı tekneleri, gezinti tekneleri vb. gibi yoğun yerel trafiktir (Ulusçu ve ark., 2009). Çanakkale Boğazı kuzeyde Gelibolu yarımadası ile çevrili dar, dolambaçlı bir geçittir. Nara dönüşü boğazın hem en dar yeri hem de rota değişiminin 90° yi bulduğu en keskin dönüş yeridir. İstanbul Boğazı'nda olduğu gibi olumsuz hava koşulları ve hızlı yüzey akıntıları Çanakkale Boğazı'nda da seyir emniyetini olumsuz yönde etkiler.

İstanbul ve Çanakkale Boğazları'nda seyir emniyeti, teknolojiadaki gelişmelerin ve yürürlüğe giren ulusal-uluslararası emniyet yönetmeliklerinin uygulamaya konulmasına rağmen hala ciddi bir tehdit olarak varlığını sürdürmektedir (Çelik ve Çebi, 2009). İstanbul ve Çanakkale Boğazları sadece ticaret için değil, askeri ve siyasi gücün projeksiyonu için de hayati bir geçit görevi görürken, aşırı darlığı, dolambaçlı hatları ve yoğun nüfuslu kıyıları bu suyollarında seyrioldukça tehlikeli hale getirir (Ulusçu ve ark., 2009). Araştırmalar, önlemlere rağmen dar geçit yollarında kazaların hala kaçınılmaz olduğunu göstermektedir. Yayımlanan araştırmalarda deniz kazalarının %70-80'inin insan hatasından kaynaklandığı belirtilmektedir (Yıldırım ve ark., 2015; Erol ve Başar, 2015; Uğurlu ve ark., 2015; Erol ve ark., 2018). Bu çalışma Türk Boğazlarının (İstanbul Boğazı, Çanakkale Boğazı ve Marmara Denizi) 7 Sektörü (Türkeli, Kandilli, Kadıköy, Marmara, Gelibolu, Nara, Kumkale) için sektörel risklerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmanın çıktıları hem dar kanallardan geçiş yapacak gemi kaptanlarına, hem de denizciliğin tüm taraflarınasektörelbazdatehlikelere karşı tedbirler almak için tavsiyeler sunmaktadır.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1 Türk Boğazlar Sistemi

İstanbul Boğazı ya da antik çağdaki adıyla Bosporus'a dair en önemli mitolojik efsane, Bosporus adının kaynağıyla ilgilidir. Bu efsaneye göre Baş Tanrı olan Zeus, Argos kenti kralı Inakhos'un güzeller güzeli kızı Io'ya âşık olur ve Io ile buluşmak için, Olympos dağındaki sarayından aşağı iner. Ancak, Zeus'un karısı Hera oldukça kıskançtır. Bu ilişkiyi fark eder ve o da kıskançlık ateşiyle Olympos'tan inerek Zeus'un peşine düşer. Zeus, Hera'nın kendisini aramak üzere peşinden geldiğini anlar ve Io'yu ondan gizlemek için bir ineğe dönüştürür. Ancak, inek öyle güzeldir ki, Hera bu güzellikten şüphelenir. Bunun üzerine Zeus'tan ineği ister. Zeus, daha fazla şüphe çekmemek için ineği Hera'ya vermeyi kabul eder. Hera, Argus'u ineğin başına çoban olarak görevlendirir. Argus'un gözleri kafasının üzerinde çelenk gibi dizilmiştir. Böylece ineği arkasındayken bile görebilir. Bunun yanında Argus'un en önemli özelliği hiç uyumamasıdır. Güneş battıktan sonra Argus gözlerinden bazılarını kapatıpuyurken diğer gözleri uyanık kalır. Gündüzleri ineği çayırda otlatan çoban, geceleri ise tamamen kapalı bir ahıra koyarak başında nöbet tutar. Ancak Zeus, zavallı Io'nun çektiklerine dayanamaz. Bunun üzerine oğlu ve habercisi olan Hermes'i çağırır. Ona ineğe dönüştürdüğü Io'yu kurtarmasını emreder.

Hermes, Argus'un elinden Io'yu kurtarmak için bir plan yapar. Güneş ışığının bile giremediği, loş ve karanlık bir sarayda oturan uyku tanrısı Hypnos'dan, yüz gözlü Argus'u uyutmak için yardım ister. Sarayında sessizlik içinde oturan Hypnos'un yatağının üzerinde haşhaş çiçekleri bulunmaktadır. Haberci Hermes, hızla ve sessizce saraya girer ve Hypnos'unhaşhaş çiçeklerden ister. Hypnos, devleri bile uyutmaya yeteceğini söyleyerek, bir avuç çiçek verir. Hermes, sevinçle saraydan çıkar ve hızla yola koyulur. Argus'un yakınlarına geldiğinde çoban kılığına girerek koyunlarını otlatmaya başlar. Argus'a iyice yaklaştığında kavalına doldurduğu haşhaş çiçeklerini ona doğru üflemeğe başlar. Sonunda, Argus, kaval sesi ve kokunun da etkisiyle uykuya dalar.

Io korkunç bekçisi Argus'dan kurtulur. Ancak, Hera yine peşini bırakmaz. Bu kez de ineğe büyük bir sinek musallat eder. Sinek Io'yu sürekli ısırır. Canı yanan hayvan da can havliyle sağa sola kaçışıp durur. Io, ilk olarak Yunanistan'ın batı kısmında bulunan denize doğru koşar. Bu denize verilen Ion Denizi isminin kaynağı

budur. Daha sonra Trakya'ya geçer. "Bosporus" üzerinden Asya'ya atlar. "Sığır geçidi" anlamındaki "Bosporus" adını buradan alır. Io'ya ne olduğunu sorarsanız, Anadolu yaylalarında durmadan koşarak Mısır'a varır. Zeus, Io'yu Nil Nehri kıyılarında yakalar. Burada ona musallat olan sineği yok eder ve Io'yu yeniden eski haline dönüştürür. Argus ise bekçilik görevini layıkıyla yapamadığı için Hera'nın gazabına uğrar. Hera, Argus'un yüz gözünü birden oyar ve onlarla tavus kuşunun kuyruğuna süs yapar.

Çanakkale Boğazı için ise iki farklı mitolojik hikâye bulunmaktadır. Bunlardan biri Helle'nin hikâyesidir. Rüzgâr tanrısı Aiolos'un oğlu ve Yunanistan'da Boiotia'nın Orkhomenos Kentinin kralı olan Athamas, bulut tanrıçası Nephele ile evlenir. Bu evlilikten Phriksos adında bir erkek ve Helle adında bir kız çocukları olur. Bir süre sonra kral Athamas, Thebai kralı Kadmos'un kızı İno'ya sevdalanır ve onu da sarayına kadını olarak getirir. Athamas ile İno'nun evliliklerinden Learchos ve Melikertes adında iki oğulları dünyaya gelir. Nephele ise iki çocuğunun özellikle oğlunun geleceğinden endişe duymaktadır. Çünkü İno çok hırslı ve düzenbaz bir kadındır. Gelecekte kendi oğlunun kral olabilmesi için her şeyi yapabilme potansiyeline sahiptir.

Çok geçmeden İno, Nephele'nin endişelerini boşa çıkarmaz ve akıl almaz bir oyun kurar. Çiftçilere verilecek olan tohumlukları dağıtmadan önce gizlice kavurtturur. Bunu fark etmeyen çiftçiler tohumları eker ancak ürün alamazlar. Nitekim ardından kıtlık başlar. Kral, bu sıkıntılı duruma karşın ne yapılması gerektiği konusunda kâhinlere danışır. Ancak, düzenbaz İno kâhinleri çoktan satın almıştır bile. Kâhin, krala oğlu Phriksos ile kızı Helle'nin kurban edilmesi gerektiğini söyler. Bu haberi duyan halk da açlık korkusuyla krala baskı yapmaya başlamıştır. Kral bu durumu çaresiz kabul etmek zorunda kalır. Phriksos ve Helle kurban edilmek üzere bir sunağın önüne getirilirler. Çocuklar tam kurban edilecekleri sırada baş tanrı Zeus tarafından haberci Hermes aracılığıyla bir koç gönderilir. Nephele de çocuklarının ikisini de bir buluta sararak gözlerden saklar ve altın postlu insan gibi konuşan bu koça bindirerek Karadeniz'e doğru yollar. Böylece çocuklar kurban edilmekten kurtulurlar. Ancak, Çanakkale Boğazı'ndan geçerlerken büyük bir fırtına kopar. Nephele'nin kızı Helle, fırtınanın şiddetine dayanamaz ve altın postlu koçtan dengesini kaybederek denize düşer. Helle boğazın sularında boğulur ve Çanakkale Boğazı, Helle'nin Denizi anlamındaki Hellenpontos adıyla anılmaya başlar.

İkinci hikâye ise Hero ile Leandros öyküsüdür. Bir zamanlar Çanakkale Boğazı'nın Anadolu yakasında, Nara kıyılarında Abydos olarak anılan çok eski bir kent bulunmaktaymış. Abydos'un karşı yakasında, Trakya kıyılarında ise Miletoslular tarafından kurulan Sestos adında başka bir kent daha varmış. Bu iki kent Boğaz'ın en dar yerinde karşılıklı yer almaktaymış. Sestoslular her yıl Aphrodite'nin ölen sevgilisi Adonis adına şenlikler düzenlemiş. Abydos kralının oğlu Leandros, katıldığı bu şenliklerden birinde, Aphrodite'nin, Sestoslu güzel rahibesi Hero'yu görmüş ve âşık olmuş. Hero da Leandros'a âşık olmuş, ancak rahibe olduğu için evlenemezlermiş. Bu durum, iki sevgilinin görüşmesini engelleyememiş. Leandros her gece, sevgilisi Hero'yu görmek için boğazın bembeyaz köpükleri üzerine binerek karşı kıyıya geçermiş. Hero da her gece elinde meşalesiyle bir kuleye çıkarak, denizde yüzmekte olan sevgilisine yol gösterirmiş. Hero bazen Leandros'un başına bir şey gelmesinden korkuyor ancak gelme diyemiyormuş. Bir gece denizde şiddetli bir fırtına patlamış ve Hero'nun meşalesini söndürmüştü. Yolun yarısındaiken ışığı kaybolan Leandros ne tarafa yüzeceğini bilememiş ve sonunda köpüren dalgalara yenik düşerek boğulmuş. Leandros'un cesedi sabahleyin Sestos kıyılarına vurmuş. Sevgilisinin ölüsünü gören Hero da dayanamamış ve kendisini kuleden atarak canına kıymış. Bu iki hikâye de Çanakkale Boğazı'nın çağlar boyunca değişmeyen tarihsel değerini en güzel biçimde yansıtır; çünkü bu bölge doğu ile batı ilişkilerinde her zaman önemli olmuştur.

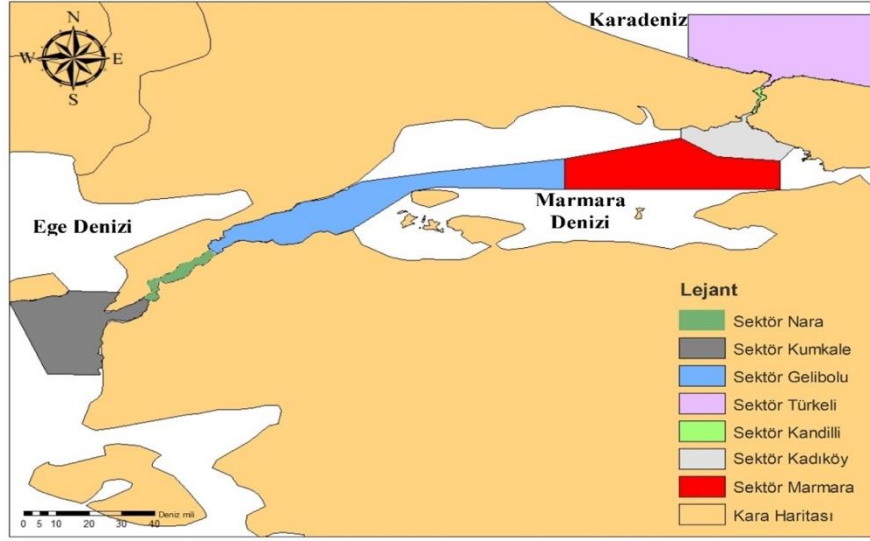
Asya ve Avrupa kıtalarını birbirinden ayıran Türk Boğazları, Karadeniz ile çevresindeki denizleri birbirine bağlar. Türk Boğazları 164 deniz mili uzunluğundadır ve bir gaydayı andırır (Kaptan ve ark., 2020). Üç bölümden oluşan Türk Boğazlar Sistemi, İstanbul Boğazı, Marmara Denizi ve Çanakkale Boğazı'nı içermektedir.

Türk Boğazları sadece jeopolitik ve stratejik öneme sahip olmakla kalmayıp, uluslararası taşımacılık açısından gerek Karadeniz ülkeleri gerekse tüm dünya için hızla artan bir öneme sahiptir. Keskin dönüşleri (İstanbul Boğazı'nda 12, bazıları 80°'ye kadar, altısı Çanakkale Boğazı'nda, bazı yerlerde 80°'ye ulaşan) ve darlığı (bazı yerlerde bir deniz milinden daha az) ile geçiş ve seyir güvenliği için bu su yolu kayda değer tehlikeler barındırmaktadır. Bu fiziksel kısıtlamalar aynı zamanda insan ve deniz çevresi de dâhil olmak üzere çevre için tehlikeler yaratmaktadır. Marmara Denizi, her iki boğaz için de yakınsama noktası olarak hizmet vermektedir. Marmara Denizi'nin Türkiye'nin bir iç denizi olduğu Montrö Konferansı'nda açıkça ifade edilmiştir. Türk

Boğazları uluslararası deniz trafiğinin zararsız geçiş yapan gemilerine açık olan Türk kara sularıdır. Senelik İstanbul Boğazı'ndan 55,000, Çanakkale Boğazından 50,000 geçiş ile toplamda ortalama 100,000'i geçen bir gemi geçişi olmaktadır (Cömert, 2013).

Wang (2006), deniz taşımacılığındaki kazaların genellikle çatma/çatışma, patlama, yangın, su alma, karaya oturma, makine arızası vb. şeklinde olduğunu belirtmiştir. Türk boğazları karmaşık seyir koşullarına hâkim bir denizalanı olması sebebiyle kaza oluşum riski yüksektir (Başar, 2010). Karadeniz'de su seviyesinin Marmara ve Ege Denizi'ne göre yüksek olması, tuzluluk farkı ve hâkim hava koşulları sebebiyle boğazlarda zaman zaman 8 deniz miline ulaşan akıntılar manevra kabiliyetini etkilemektedir (Akten, 2002). Ayrıca, geçen gemi sayısı ve tonajların gittikçe artması sonucu oluşan yoğunluk, yıkıcı hava koşulları, 25 metreden daha sığ alanların mevcut olması, parlak arka plan kıyı ışıkları, gece karanlığı nedeniyle görüşün azalması, manevra ve seyir sırasındaki insan hataları boğazlarda kazalara neden olan başlıca etmenler olarak ortaya çıkmaktadır (Akten, 2004; Arslan ve Turan, 2009; Uğurlu ve ark., 2016; Aydoğdu ve ark., 2012; Uğurlu ve ark., 2016). Gemilerin geçiş emniyeti sağlanıp kaza riskini en aza indirmek maksadıyla deniz trafiğinin yoğun ve tehlikeli olduğu bölgelerde trafik, sanal yollarla ayrılarak seperasyon hatları oluşturulmuş vekargaşanın azaltılarak düzenli geçişlerin sağlanması amaçlanmıştır (Poyraz ve Paksoy, 1998).

Türk Boğazlarında seyir emniyetini sağlamak ve gemi trafik akışını daha efektif hale getirmek amacıyla 1994 yılında Trafik Ayırım Düzeni (TAD) uygulaması yürürlüğe koyulmuştur. TAD, IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü) tarafından kabul gören bir uygulama olup, Uluslararası Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü (COLREG) 10 kuralına göre boğazlarda deniz trafiğini düzenler. TAD üzerindeboğazlardan geçen gemilerin çatışmasını önlemek için iki ayrı hat düzeni oluşturulmuştur. Büyük tonajlı bir gemi veya tanker tipi gemiler geçerken gerekli görülmesi durumunda çiftyönlü trafik durdurulabilir. Boğazlardan geçen gemi sayılarındaki artış ve sık yaşanan kazalar 2003 yılında Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri (TBGTH) servisinin kurulmasını kaçınılmaz kılmıştır. Şekil 2.1de TBGTH'nin hizmet sınırları verilmiştir. Amacı ise günümüzde var olan teknolojiyi en etkin şekilde sistemselsel olarak kullanıp seyir, can, mal ve çevre emniyetine katkı sağlamaktır.



Şekil 0.1 Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri Alanı (KEGM, 2021)

2.1.1 İstanbul Boğazı

İstanbul Boğazı kuzeyde Anadolu Feneri-Türkeli Feneri hattı ile güneyde Ahırkapı Feneri-İnciburnu Feneri arasındaki alanı kapsamaktadır. Ortalama derinliği 35 metre olan İstanbul Boğazı'nın uzunluğu yaklaşık 16.6 deniz milidir. Türkeli, Kandilli ve Kadıköy olmak üzere 3 sektörden oluşmaktadır.

İstanbul Boğazı'nda seyir güvenliğini tehdit eden en kritik risk faktörlerinden biri değişken akıntı rejimidir. İstanbul Boğazı'nda su seviyesi, yoğunluk farkı, tuzluluk ve rüzgârın sebep olduğu üç farklı akıntı rejimi bulunmaktadır. Birincisi, Karadeniz ile Marmara Denizi arasındaki su seviyesi farkından kaynaklanan güney yüzey akıntısıdır. Bu yüzey akıntısı ile Karadeniz'in suları Marmara Denizi'ne taşınır. Yüzey akıntısı kuzeyden 0.5-1 knot hızla gelirken, İstanbul Boğazı'nın ortasına doğru hızı artmaktadır. En hızlı akıntılar 4-5 knot ile Beylerbeyi, 3-4 knot ile Akıntıburnu, Kandilli ve Sarayburnu'dur. Bu burunların güneyindeki koylarda akıntının etkisiyle girdaplar oluşmaktadır. Karadeniz'in su seviyesine her sularıyla beslenip yükseldiğinde ve kuzey rüzgârları arttığında yüzey akıntısının hızı 7-8 knot'a kadar çıkabilmektedir. Bu haliyle İstanbul Boğazı adeta azgın bir nehre dönüşmektedir. Ayrıca iki deniz arasındaki tuzluluk ve yoğunluk farkından dolayı İstanbul Boğazı'nda bir alt akıntı da meydana gelmektedir. Karadeniz'in suları daha az tuzlu ve daha düşük yoğunluğa sahiptir. Bu nedenle, daha az yoğunluğa sahip Karadeniz suları güney yönlü Marmara Denizi'ne doğru akar, Marmara'nın daha yoğun olan suları Karadeniz'e doğru akar.

İstanbul boğazındaki alt akıntı bu sebepten oluşmaktadır. Alt akıntının hızı 0.5 ile 2 deniz mili arasındadır. İstanbul Boğazı'nın derinliğinin azaldığı bölgelerde özellikle derin draftlı gemiler bu akıntıdan etkilenmektedir (Taşlıgil, 2004). Üst akıntının hızlandığı dönemlerde deniz tabanındaki höyüklere takılarak alt akıntı durma noktasına gelebilir. Sürekli ve kuvvetli rüzgârların olduğu hava koşullarında, üst akış duracak kadar yavaşlayabilir. Lodos (güneybatı rüzgârı) dönemlerinde yılda bir veya iki kez, alt akıntı şiddetlenir ve üst akıntıyı bastırır. Bu durumda İstanbul Boğazı'nda güneyden kuzeye doğru akan bir üst akıntı görülür. Tuzluluk dengesinde bile değişikliğe neden olabilen bu akıma “Orkoz” adı verilir (Topakoğlu, 2004). İstanbul Boğazı'ndaki mevcut hareketler, bölgenin dinamiklerine yeterince aşina olmayankaptanlar için ciddi bir tehdit oluşturabilir.

1994 yılında Türk Boğazları Bölgesi Deniz Trafik Kuralları ve Düzenlemelerini (R&R) kabul edilmiştir. Daha sonra, 2003 yılında, Gemi Trafik Kontrol ve İzleme Sistemi aracılığıyla yalnızca boğazı değil, aynı zamanda Marmara Denizi ve Karadeniz'in 20 milini de kapsayan Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri Bürosu (GTH) kurulmuştur (Ulusçu ve ark., 2009). Bu bağlamda İstanbul Boğazı Sektör Türkeli, Sektör Kandilli, Sektör Marmara ve Sektör Kadıköy (Şekil 2.2) olmak üzere dört sektörel alana bölünmüştür (KEGM, 2021).



Şekil 0.2 İstanbul Boğazı Sektörleri (KEGM, 2021)

Yoğun bir deniz trafiğine sahip olması ve seyri olumsuz etkileyebilecek birçok sayıda etkeni barındırmasının yanında İstanbul ve Çanakkale gibi dünyanın önemli kültürel miraslarına sahip olan ve milyonlarca insanın yaşadığı şehirlerin içinden geçen Türk Boğazları dünyada kılavuzluk hizmetlerinin ilk uygulandığı yerlerden birisi olarak kabul edilir. Bugüne kadar gelen tarihi öneminin yanında Türk Boğazları, son yıllarda Karadeniz petrolünün dünyaya yayıldığı bir enerji koridoru görevini de üstlenmiştir. Yıllık 80 binin üzerinde gemi hareketine sahne olan Türk Boğazları çevresinde yaşayan yoğun insan nüfusu, bölgenin tarihi ve doğal zenginlikleri ile birlikte boğazların bölge deniz ticaretinin can damarı oluşu dikkate alındığında bu bölgeden geçişlerin emniyetle sağlanması için verilen kılavuzluk hizmetlerinin son derece önemli olduğu görülmektedir.

Karadeniz'den Marmara Denizine ve oradan da Ege Denizine genel olarak mevcut olan ve Kuzeyli rüzgârlarla artan yüzey akıntısı, boğazların coğrafi şekliyle kaynaklanan ve özellikle İstanbul Boğazında Güneyli rüzgârlarla ortaya çıkan Orkoz akıntısı, ters dip akıntılar, anaförler, sert rüzgârlar, sis ve yağış nedeniyle oluşan kısıtlı görüş şartlarının yanı sıra 80 dereceye varan keskin rota değişimleri ve sıklıklar Türk Boğazlarında seyir emniyeti ile ilgili başlıca doğal zorluklar olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, İstanbul Boğazı içerisinde yer alan yerel trafik gemilerin boğaz geçişini zorlaştıran önemli bir etkidir. Bu zor su yolunu kullanan gemilerin sayılarının yanı sıra, boyutları da her geçen gün artarak artık neredeyse sınır değerlere ulaşmıştır. İstanbul Boğaz'ından her yıl ortalama 40 bin adet gemi geçiş yapmaktadır. Son 10 yılda İstanbul Boğazı'ndan geçen gemi sayısına ait bilgiler Çizelge 2.1 de verilmiştir. İstanbul Boğazı'nda bu geçişlerden kaynaklanan riskleri asgariye indirmek için verilen kılavuzluk hizmetleri hem geçiş yapan gemiler, hem de bu bölgede yaşayanlar için hayati bir önem taşımakta olup 2020 yılına ait aylık bazda geçiş yapan gemilerin pilot alma ve tonaj durumlarına göre ilgili istatistik Çizelge 2.2 de verilmiştir.

Çizelge 0.1 İstanbul Boğazı 10 Yıllık Gemi Geçiş İstatistikleri (KEGM, 2021)

Yıllar	Gemi Adedi	Toplam Gros Ton	Kılavuz Alan	Sp1 Veren	Uğraksız Gemi	Boy 200 M'den Büyük	500 GT'den Küçük	Toplam Tankerler			Yedekli Geçiş
								TTA	LPG/LNG	TCH	
2010	50,871	505,615,881	26,035	50,020	28,668	3,623	1,377	6,464	1,099	1,711	115
2011	49,798	523,543,509	26,011	49,179	27,938	3,800	1,046	6,216	1,227	1,660	93
2012	48,329	550,526,579	24,812	47,638	27,345	3,866	1,064	5,913	1,336	1,779	98
2013	46,532	551,771,780	24,023	45,616	26,577	3,801	1,192	5,685	1,741	1,580	87
2014	45,529	582,468,334	24,508	44,928	26,212	4,295	928	5,587	1,540	1,618	90
2015	43,544	565,216,784	23,349	43,039	25,243	3,930	879	5,825	1,232	1,576	71
2016	42,553	565,282,287	22,356	42,132	26,050	3,873	522	6,033	989	1,681	73
2017	42,978	599,324,748	24,059	42,700	26,111	4,005	436	6,212	742	1,878	88
2018	41,103	613,088,166	23,565	40,844	25,884	4,106	508	6,014	623	1,950	116
2019	41,112	638,892,062	26,632	40,870	26,138	4,400	333	5,934	561	2,462	89
2020	38,404	619,758,776	24,754	38,175	24,623	4,952	374	5,252	530	2,653	67

Çizelge 0.2 2020 Yılı İstanbul Boğazı Gemi Geçiş İstatistikleri (KEGM, 2021)

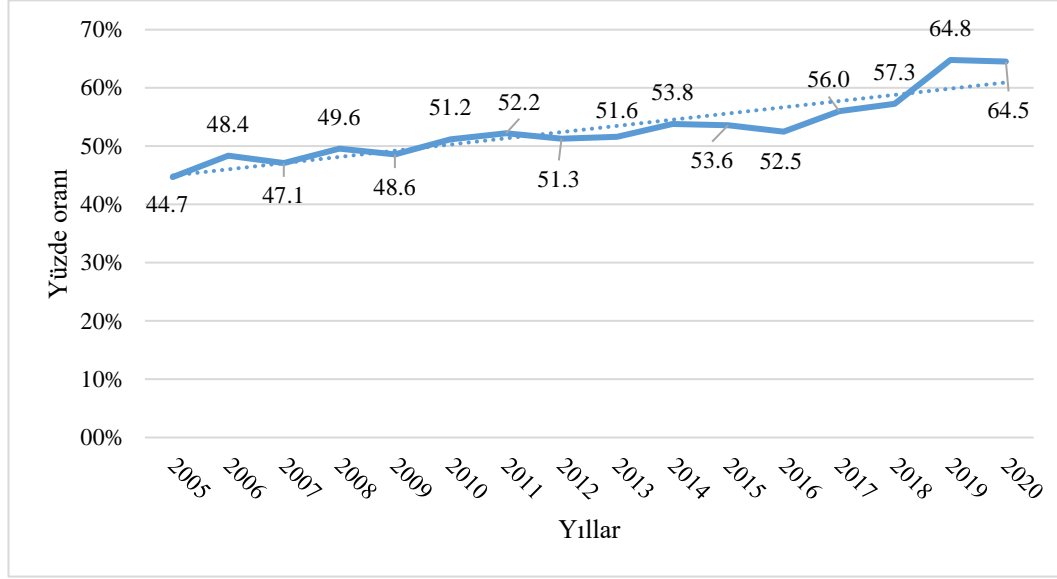
Aylar	Gemi Adedi	Toplam Gros Ton	Kılavuz Alan	Sp1 Veren	Uğraksız Gemi	Boy 200 M'den Büyük	500 GT'den Küçük	Toplam Tankerler			Yedekli Geçiş
								TTA	LPG/LNG	TCH	
Ocak	3,438	54,457,208	2,336	3,412	2,146	409	24	530	42	244	1
Şubat	3,125	51,573,297	2,071	3,110	1,995	376	24	439	37	242	4
Mart	3,171	54,428,594	2,041	3,156	2,107	461	37	498	43	212	7
Nisan	3,480	55,429,405	2,158	3,462	2,306	443	28	482	41	245	6
Mayıs	3,224	50,285,634	1,971	3,212	2,127	392	18	459	57	236	8
Haziran	2,786	42,305,884	1,722	2,764	1,759	339	37	378	44	237	5
Temmuz	3,049	49,957,064	1,946	3,027	1,918	378	30	424	56	219	2
Ağustos	3,141	51,621,940	2,031	3,128	2,032	417	29	391	41	185	9
Eylül	3,150	50,366,442	2,018	3,133	2,005	405	32	402	33	176	9
Ekim	3,340	54,865,494	2,159	3,316	2,167	478	41	428	48	205	9
Kasım	3,255	51,838,707	2,126	3,234	2,079	425	29	397	44	236	2
Aralık	3,245	52,629,107	2,175	3,221	1,982	429	45	424	44	216	5
Toplam	38,404	619,758,776	24,754	38,175	24,623	4,952	374	5,252	530	2,653	67

Türk Boğazlarında verilen kılavuzluk hizmetleri aşağıdaki şekildedir;

- Türk Boğaz'larından uğraklı veya uğraksız geçiş yapan gemilere verilen kılavuzluk hizmetini,
- Belirtilen sorumluluk sahalarındaki demir yerlerine demirleme ve demirden kalkma hizmetini, iskeleler, rıhtımlar ve şamandıralara bağlama ve ayrılma manevralarını,
- Özel durumlarda; ilgili otoritelerin müsaadeleri ile mevcut yetki alanı dışında verilecek her türlü kılavuzluk hizmetini kapsar (KEGM, 2021).

2020 yılı itibarıyla toplam 61 boğaz ve 8 liman kılavuz kaptanı ile üç vardiya halinde İstanbul Boğazından geçen toplam 24754 gemiye kılavuzluk hizmeti sunulmuş olup bu sayı toplam geçiş yapan gemi rakamının (Şekil 2.3) %64.5'ine tekabül etmekte

olup son 5 yılın ortalamasına göre %3.2'lik artış kaydedilmiştir. Yıllar itibariyle kılavuzluk hizmeti verilme oranları aşağıdaki grafikte sunulmaktadır.



Şekil 0.3 İstanbul Boğazı Kılavuzlu Geçişlerin Toplam Geçişlere Oranı (KEGM,2021)

2.1.1.1 Sektör Türkeli

Türk Boğazlar Sistemi'nin kuzey girişi olan Sektör Türkeli'nin sınırları Karadeniz'den başlamakta ve Anadolu Kavağı-Dikilikaya Feneri hattına kadar uzanmaktadır (KEGM, 2021). Sektör 24 saat faal olan ve VHF kanal 11'den idare edilen GTH tarafından izlenmektedir (Türk Boğazları Seyir Rehberi, 2015). Yaklaşık uzunluğu 3.55 deniz milidir. İçinde seyre engel olmayan iki batık vardır. Sektörde Poyraz, Büyük Liman, Acar ve Dikilikayabankları bulunmaktadır (Cömert, 2013). Ayırma hattının en dar yeri, 453 m genişliği ile Dikilikaya hattı üzerindedir. Ayırma hattındaki en sığ yer ise 17.1 m derinliği ile Kazandibi Burnu önüdür. Karadeniz'in girişinde bulunmasından dolayı kuzey rüzgârlarının etkili olduğu bu bölgede mevcut rüzgâr kuvveti 1-1.5 knot'tur (Akten, 2004). Ağır hava ve deniz koşulları, özellikle kış aylarında, demirli gemiler için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

Sektör içerisindeki seyir emniyeti açısından tehlikeli olabilecek yerleri sıralayacak olursak (Şekil 2.4), Rumelikavağı açıklarında 180 m uzunluğunda, 120 m genişliğinde Dikilikaya Bankı üzerinde yer alan Dikilikaya Adası ve Anadolu yakasında yer alan Poyraz Bankı gösterilebilir (Taşlıgil, 2004).

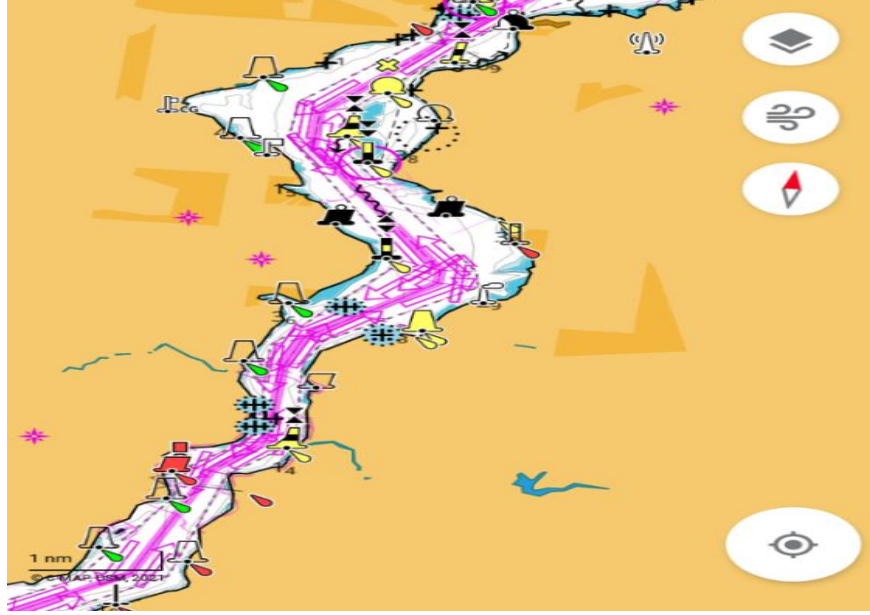


Şekil 0.4 Sektör Türkeli

2.1.1.2 Sektör Kandilli

Sektör, Türkeli'nin güney sınırı ile 15 Temmuz Şehitler Köprüsü arasındadır (KEGM, 2021). Yaklaşık uzunluğu 9.6 deniz milidir. Sektör 24 saat faal olan ve VHF kanal 12'den idare edilen GTH tarafından izlenmektedir (Türk Boğazları Seyir Rehberi, 2015). Türk Boğazlar Sistemi'nin en dar (700 metre) yeri olan Kandilli-Bebek hattı bu sektörde yer almaktadır (Akten, 2003; Birpınar ve ark., 2009). Özellikle İstanbul Boğazı'nın dar kanal yapısı ile güçlü ve karmaşık akıntıların oluşturduğu girdaplar bu bölgedeki en kritik risk faktörlerinden biridir (Cömert, 2013). Bölgedeki akımın hızı 7-8 knot'a kadar çıkabilmektedir. Kandilli Sektörü, dar yapısı, keskin dönüşlerin neden olduğu çok sayıda kör noktaları ve yoğun kıyı ışıklandırması nedeniyle görüşün sınırlı olduğu bir bölgedir (Akten, 2004). Sektör Kandilli'de yedi zorlu dönüş vardır. En keskin dönüşler ise, 83 derece ile Yeniköy ve 73 derece ile Büyükdere dönüşleridir. Sektör genelinde Umur Bankı ve Büyükdere Bankı dâhil 12 bank bulunmaktadır (Cömert, 2013). Seperasyonda en sığ yer 12.5 m derinliği ile Beykoz Tersanesi önüdür. Sektör Kandilli, İstanbul Boğazı'ndaki en fazla balıkçı limanına sahip deniz alanıdır (Öztürk ve ark., 2006).

Sektör içerisindeki seyir emniyeti açısından tehlikeli olabilecek yerleri sıralayacak olursak en başta Defterdar Burnu'nun 880 m kuzeyinde bulunan alan gelmektedir, bu alan üzerine Kuruçeşme Feneri yapılmıştır. Daha sonra, Kuruçeşme açıklığında ise Kuruçeşme bankları ve 400 m uzunluk ve 120 m genişliğe sahip Kuruçeşme Adası bulunmaktadır. Diğer bir ada, Bebek Koyu üzerinde yer alan Bebek Feneri'nin bulunduğu adadır (Şekil 2.5).



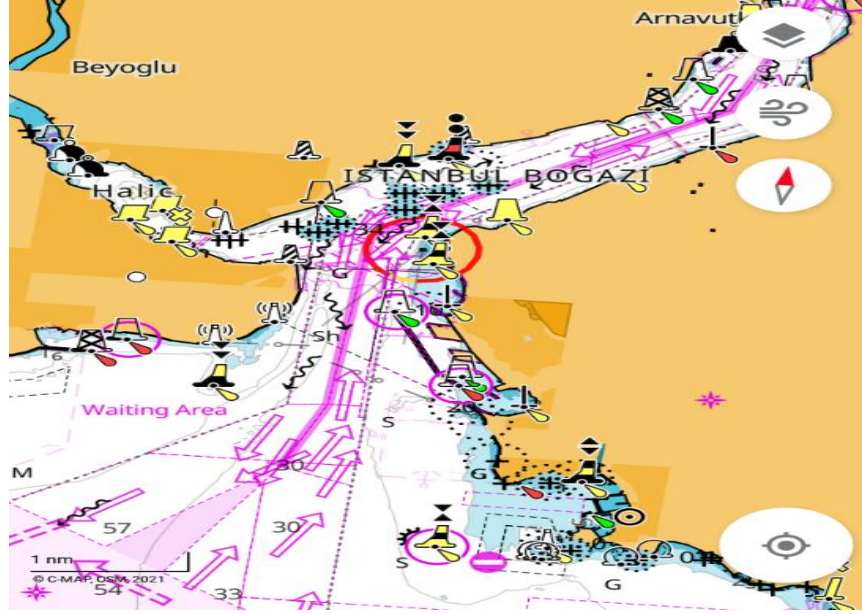
Şekil 0.5 Sektör Kandilli

2.1.1.3 Sektör Kadıköy

Sektörün kuzey sınırı “15 Temmuz Şehitler Köprüsü” üzerinde, güney sınırı ise Marmara Denizi'ndedir (KEGM, 2021). Sektör 24 saat faal olan ve VHF kanal 13'den idare edilen GTH tarafından izlenmektedir (Türk Boğazları Seyir Rehberi, 2015). Yaklaşık uzunluğu 3.45 deniz milidir. Sektörde üç gemi enkazı vardır. Ayırma hattının en dar yeri 575 m genişliğiyle 15 Temmuz Şehitler Köprüsü'dür. İstanbul Boğazı'nın güney girişinde yer alan Sektör Kadıköy, yerel trafiğin en yoğun olduğu bölgedir (Aydoğdu ve ark., 2012). Sektör içerisinde Ahırkapı, Sarayburnu, Kız Kulesi ve Ortaköy bankları bulunmaktadır (Cömert, 2013). Ayrımdaki en sığ yer 18 m derinliği ile Haydarpaşa mendireği çıkışıdır (Cömert, 2016). 51 derecelik dönüşüyle Kız Kulesi sektördeki en keskin dönüş noktasıdır (Şekil 2.5).

Sektör içerisindeki seyir emniyeti açısından tehlikeli olabilecek yerleri sıralayacak olursak bunlardan birincisi Boğazın güney girişinde yer alan Salacak

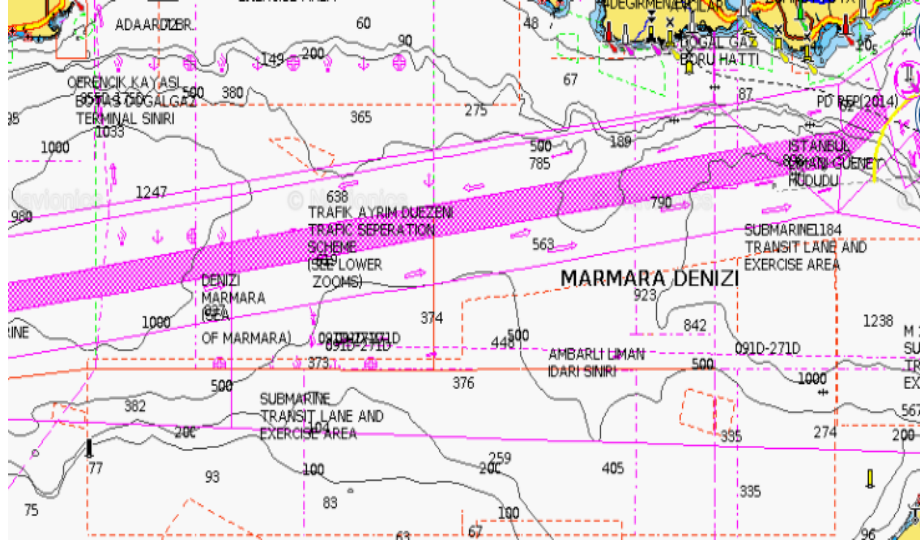
açıklarında bulunan Kızkulesi ve etrafındaki kayalıklar ve banklardır. Avrupa kıyısında ise Sarayburnu bankı sayılabilir. Sektör günde ortalama 2,500 adet yerel trafiğe de ev sahipliği yapmaktadır. Sektörler içerisinde bulunan asma köprülerin ayakları karada olduğundan ve ortalama yüksekliklerinin 64 metre olmasından dolayı deniz trafiğinde engel teşkil etmemektedirler (Taşlıgil, 2004) (Şekil 2.6).



Şekil 0.6 Sektör Kadıköy

2.1.1.4 Sektör Marmara

İstanbul GTH'nin kuzeyden güneye yönlü son sektörüdür. Sektör kuzeyde Kadıköy Sektörü, batıda Gelibolu Sektörü ve doğuda Dereboyu Burnu boylamı ile sınırlanmaktadır (KEGM, 2021). Yaklaşık uzunluğu 28.97 deniz milidir. Tüm sektörlerde olduğu gibi sektör GTH tarafından izlenmektedir. Gemiler için çağrı kanalı VHF kanal 14'dür. Bu sektör içerisinde çalışmakta olan yolcu gemileri ve feribotlar vardır. Sektör Marmara kapladığı alan büyük olmasına rağmen İstanbul GTH sektörleri içerisinde seyri en tehlikesiz deniz alanıdır. Trafik ayırım hattı boyunca keski dönüşler ve sığ sular yoktur. İstanbul Boğazı'ndan çıkıp Marmara Denizi'ne giriş yapan gemiler ve Çanakkale Boğazından çıkış yapıp İstanbul Boğazına seyir yapan gemiler Sektör Marmara seperasyon hattı boyunca seyir yaparlar (Özdemir, 2019).



Şekil 0.7 Sektör Marmara

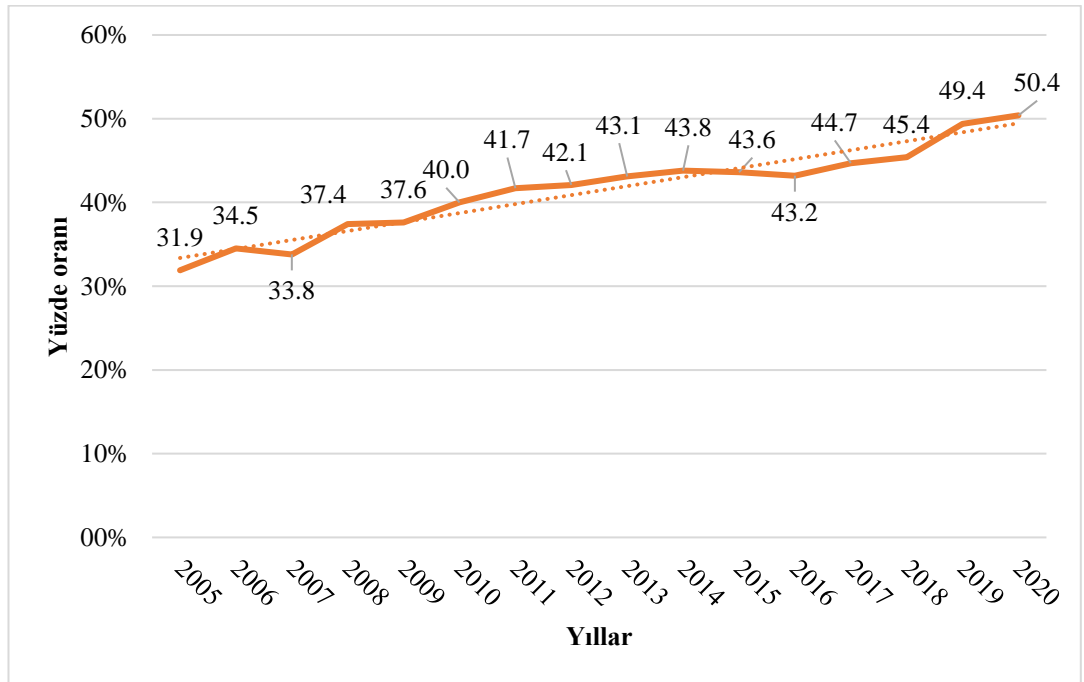
2.1.2 Çanakkale Boğazı

Çanakkale Boğazı, kuzeyde Zincirbozan Feneri boylamı ile güneyde Mehmetçik Burnu Feneri-Kumkale Feneri hattı arasındaki bölgedir. Ortalama derinliği 55-60 m olan Çanakkale Boğazı'nın toplam uzunluğu 37.8 deniz milidir. Çanakkale Boğazı iki adet keskin dönüşe sahip olup, İstanbul Boğazına göre daha uzun, düz ve geniş bir yapıya sahiptir. Boğazın en dar yeri 1,250 m ile Kilitbahir-Çanakkale arasındadır. Aynı zamanda burası 106 m ile boğazın en derin yeridir (Koday ve ark., 2017). Boğazın en geniş yeri ise 8,275 m ile İntepe Kıyıları ile Domuz Deresi arasında kalan alandır (İlgar, 2002).

Boğaz derinliği ortalama 50 m olup, tabanında deniz ulaşımını engelleyecek topuk ya da kayalık bulunmamaktadır (Taşlıgil, 2004). Çanakkale Boğazı'nda seyir açısından dikkat edilmesi gereken birçok yer vardır. Bunlar Zincirbozan Bankı, Lâpseki Sığılığı, Çardak Bankı, Abidos Bankı, Musa Bankı, Nara Burnu, Kumkale civarı ve Seddülbahir önleridir. Coğrafi konumu itibariyle stratejik bir öneme sahip olan Çanakkale Boğazı'nda denizyolu trafiği yoğundur. Montrö Sözleşmesi'nin imzalandığı 1936 yılında boğazdan 4,500 gemi geçiş oluyorken, 2020 yılına gelindiğinde bu sayının yaklaşık 10 kat artarak 42,036'ya ulaştığı görülmüştür (KEGM, 2021). Son 10 yılda Çanakkale Boğazından geçen gemi sayısına ait bilgiler Çizelge 2.3'de verilmiştir. Ayrıca, Çanakkale Boğazından 2020 yılına ait aylık bazda

geçiş yapan gemilerin pilot alma ve tonaj durumlarını gösteren Çizelge 2.4'de verilmiştir.

2020 yılı itibariyle toplam 74 boğaz kılavuz kaptanı ile üç vardiya halinde Çanakkale Boğazından geçen toplam 21,175 gemiye kılavuzluk hizmeti sunulmuş olup bu sayı toplam geçiş yapan gemi rakamının (Şekil 2.8) %50.4'üne karşılık gelmektedir. 2019 yılına göre kılavuzlu geçiş sayısında %2'lik artış kaydedilmiştir. Yıllar itibariyle Çanakkale Boğazında kılavuzluk hizmeti verilme oranları aşağıdaki grafikte sunulmuştur.



Şekil 0.8 Çanakkale Boğazı Kılavuzlu Geçişlerin Toplam Geçişlere Oranı (KEGM, 2021)

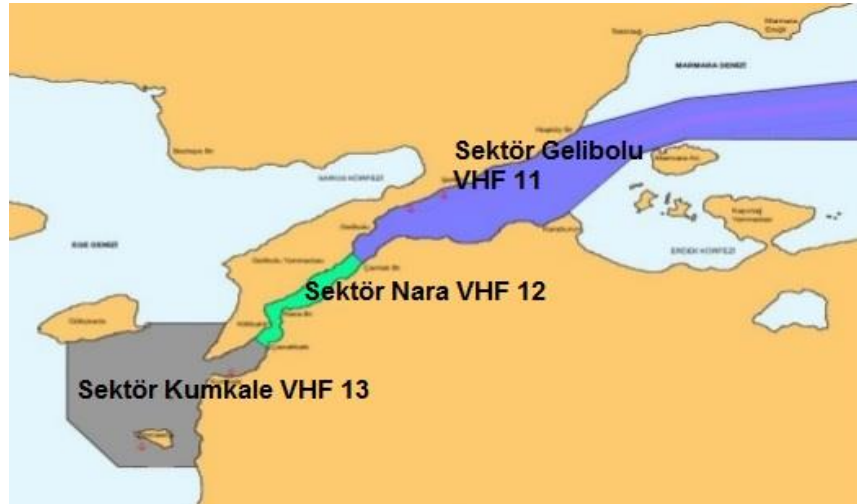
Çizelge 0.3 Çanakkale Boğazı 10 Yıllık Gemi Geçiş İstatistikleri (KEGM, 2021)

Yıllar	Gemi Adedi	Toplam Gros Ton	Kılavuz Alan	Sp1 Veren	Uğraksız Gemi	Boyu 200 M'den Büyük	500 GT'den Küçük	Toplam Tankerler			Yedekli Geçiş
								TTA	LPG/LNG	TCH	
2010	46,686	672,843,533	18,678	46,469	28,768	5,098	598	6,017	902	2,333	138
2011	45,379	705,412,518	18,920	45,196	27,983	5,494	572	5,661	974	2,183	159
2012	44,613	735,728,537	18,775	44,416	27,418	5,919	519	5,656	1,038	2,304	134
2013	43,889	745,567,671	18,924	43,579	26,534	5,824	448	5,822	1,380	2,097	123
2014	43,582	761,631,756	19,107	43,238	26,257	5,902	512	5,875	1,206	2,169	116
2015	43,230	777,989,382	18,843	42,755	25,220	5,842	581	6,009	1,036	2,479	122
2016	44,035	772,922,682	19,007	43,543	26,071	5,665	661	6,041	881	2,559	139
2017	44,615	823,460,636	19,925	43,888	26,087	6,197	755	6,145	734	2,599	149
2018	43,999	849,140,218	19,958	43,513	25,835	6,612	732	6,181	698	2,368	156
2019	43,759	872,312,222	21,616	43,321	26,184	7,010	714	6,178	669	2,996	138
2020	42,036	858,844,972	21,175	41,581	24,639	7,430	779	5,644	671	3,057	126

Çizelge 0.4 2020 Yılı Çanakkale Boğazı Gemi Geçiş İstatistikleri (KEGM, 2021)

Aylar	Gemi Adedi	Toplam Gros Ton	Kılavuz Alan	Sp1 Veren	Uğraksız Gemi	Boyu 200 M'den Büyük	500 GT'den Küçük	Toplam Tankerler			Yedekli Geçiş
								TTA	LPG/LNG	TCH	
Ocak	3,625	76,345,604	1,926	3,601	2,178	646	43	534	62	285	6
Şubat	3,391	71,203,183	1,769	3,362	1,986	591	46	462	64	266	7
Mart	3,585	75,496,857	1,794	3,559	2,135	689	53	512	55	275	10
Nisan	3,490	71,832,969	1,583	3,469	2,302	631	41	510	54	231	13
Mayıs	3,378	67,580,268	1,582	3,364	2,118	594	35	495	60	261	11
Haziran	3,202	62,219,055	1,570	3,146	1,756	548	95	434	46	264	16
Temmuz	3,466	69,855,165	1,802	3,413	1,913	588	75	441	70	257	10
Ağustos	3,387	70,076,265	1,697	3,345	2,016	590	75	414	51	238	11
Eylül	3,582	71,544,295	1,820	3,534	2,026	610	95	458	48	215	20
Ekim	3,836	76,339,711	1,959	3,775	2,177	677	90	483	54	257	6
Kasım	3,585	72,130,247	1,791	3,532	2,067	613	81	435	51	242	6
Aralık	3,509	74,221,353	1,882	3,481	1,965	653	50	466	56	266	10
Toplam	42,036	858,844,972	21,175	41,581	24,639	7,430	779	5,644	671	3,057	126

Çanakkale Boğazı 3 sektöre ayrılmış olup sırasıyla kuzeyden güneye doğru sektör Gelibolu, sektör Nara ve sektör Kumkale olarak adlandırılırlar (Şekil 2.9).



Şekil 0.9 Çanakkale Boğazı Sektörleri (KEGM, 2021)

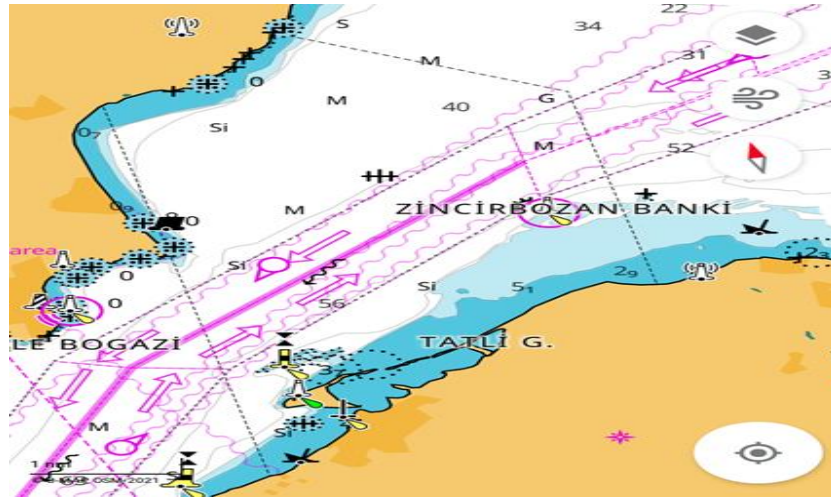
Çanakkale Boğazında en zorlu geçiş bölgesi Nara dönüşüdür. Nara, Çanakkale Boğazının en dar yeridir. Nara geçişi yapılırken, özellikle karşıdan da bir gemi geçişi varsa, geçiş esnasında ekstra dikkat edilmesi gerekir. Nara Burnu dönüşündeyaklaşık 90 derecelik bir yön değişikliği vardır ve Çanakkale Boğazının en keskin yön değişikliği yapılan yeridir. Genelde Nara ile Kilitbahir arasında 4 millik bir güney yönlü bir akıntı mevcuttur. Gelibolu ve Kumkale civarlarıngelindiğindeakıntının hızı 1.5-2 mile kadar düşer. İstanbul Boğazında olduğu gibi, Çanakkale Boğazında da yüzey ve dip akıntıları mevcuttur. Marmara'dan gelen sular yüzeyden giderken, Ege'den gelen sular ise dip akıntılarını oluştururlar. Çanakkale Boğazında akıntılar,

İstanbul Boğazına göre daha düzenlidir ve genelde güney yönlü akıntılara sahiptir(Özdemir, 2019).

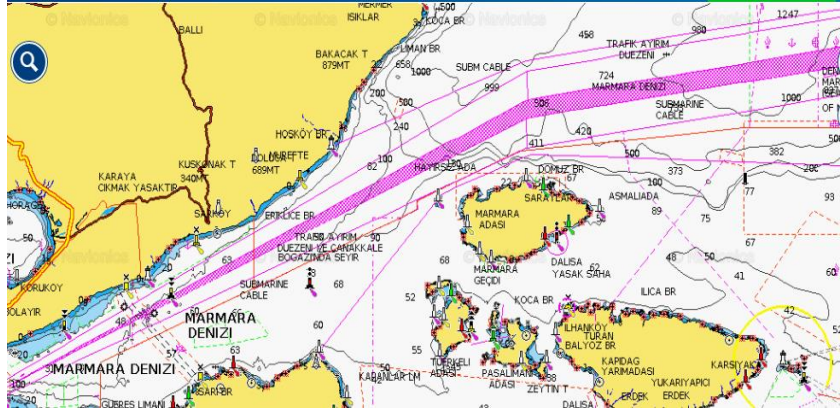
2.1.2.1 Sektör Gelibolu

Çanakkale GTH'a kuzeyden giriş yapan gemiler için ilk sektördür. Gemiler için VHFçağrı kanalı 11'dir. Çanakkale Boğazı'na giriş ve çıkış yapan gemilerin bulunduğu alan olduğu için gemi trafiği oldukça yoğundur. Çanakkale Boğazı'nın kuzey yönlü girişidir ve kuzey demirlemesahaları bu sektör içerisinde bulunur. Kuzey demir yerleri, Şevketiye ve Doğanarslan'da yer alır (Özdemir, 2019).

Sektörün kuzey sınırı Marmara Denizi'ndeyken (Şekil 2.10 ve Şekil 2.11), güney sınırı Kanarya Burnu hattındadır (KEGM, 2021).Sektörün uzunluğu yaklaşık 74 deniz milidir. Ayrımda en sığ yer 40 metre ile Kanarya Burnu önüdür. Yıl boyunca kuzeydoğu rüzgârlarının etkisinde olan bölgede Gelibolu Limanı çevresinde akıntılar ve girdaplar etkili olmaktadır (ASD, 2019).Çanakkale Boğazı'nın kuzey girişinden Nara Burnu'na kadar olan bölümde mevcut hız 0.5-1 knottır. Çanakkale Boğazı'ndan geçen gemilerin yanı sıra Sektör Gelibolu'da Gelibolu ile Lâpseki arasında karşılıklı vapur seferleri bulunmaktadır. Bu nedenle bu sektörde dikkatli bir seyir gereklidir (Cömert, 2013).



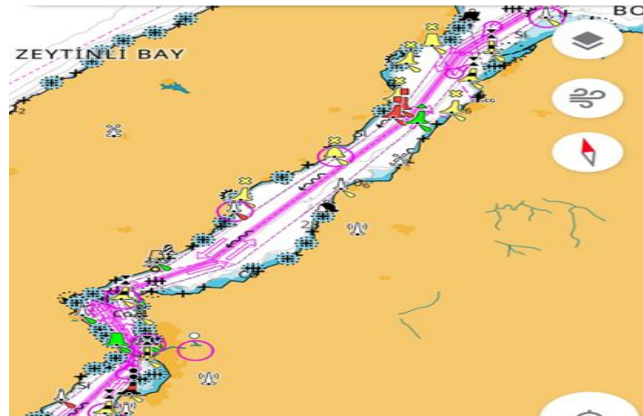
Şekil 0.10 Sektör Gelibolu (Boğaz İçerisinde Kalan Kısım)



Şekil 0.11 Sektör Gelibolu (Boğaz Dışında Kalan Kısım)

2.1.2.2 Sektör Nara

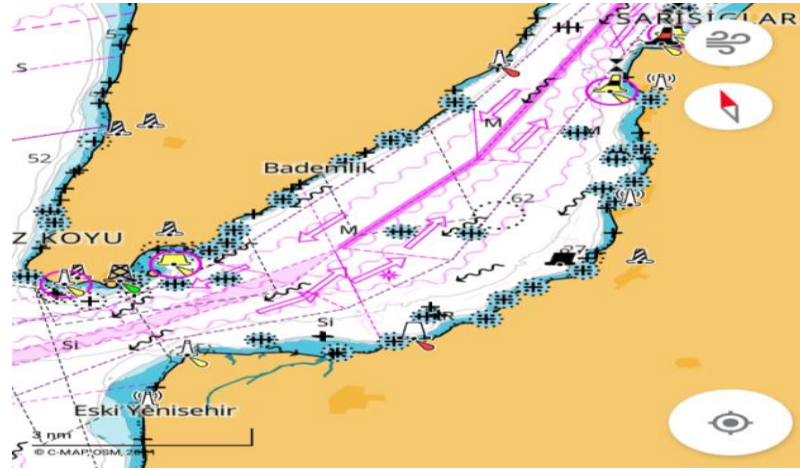
Gelibolu sektöründen sonra gelen sektördür. Gemiler için VHF çağrı kanalı kanal 12'dir. Boğazın en dar yeri olan Kilitbahir-Çanakkale arası ve en keskin yön değişikliği yapılan Nara Burnu bu sektörde yer alır (Özdemir, 2019). Sektörün güney sınırı Kanlıdere Burnu-Karanfil Burnu hattı, kuzey sınırı ise Sektör Gelibolu'nun güney sınırındır (KEGM, 2021). Yaklaşık uzunluğu 21.9 deniz milidir. Ayrımında en sığ yer Çoraklık Burnu önüdür (22.5 metre). Trafik ayırım hattının en dar yeri 798 m ile Kilitbahir-Çanakkale hattıdır. Dört dönüşü olan sektörde en keskin dönüş 76 derece ile Nara Burnu dönüşüdür. Çanakkale Limanı bölgesindeki Nara dönüşü ve değişken akıntılar bu alanlarda girdaplar oluşturmakta ve Nara Burnu'ndaki keskin dönüşü daha zorlu hale getirmektedir (Cömert, 2013). Çanakkale Boğazı'nda yerel trafiğin en yoğun olduğu bölge Sektör Nara'dır (Özdemir, 2019). Gelibolu-Lâpseki, Çanakkale-Gökçeada, Kilitbahir-Çanakkale ve Eceabat-Çanakkale yerel trafik hatları bulunmaktadır.



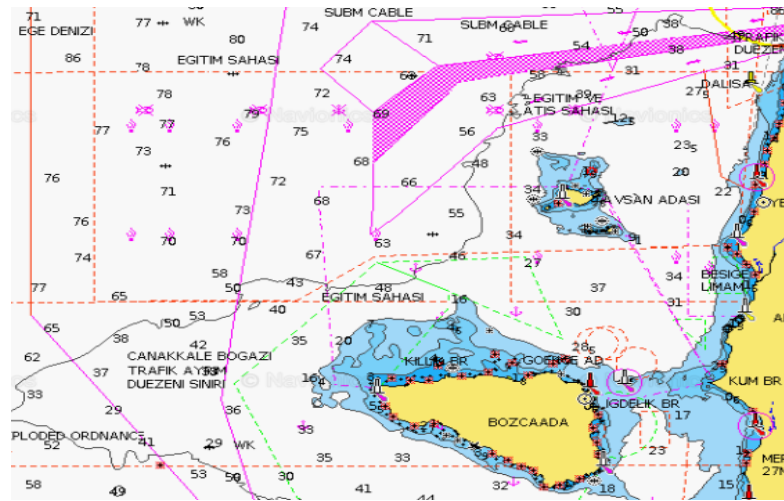
Şekil 0.12 Sektör Nara

2.1.2.3 Sektör Kumkale

Çanakkale GTH'min en güneyindeki sektördür. Gemiler için VHF çağrı kanalı kanal 13'dür. Çanakkale Boğazı'nın güney giriş ve çıkış bölgesidir. Sektörün güney sınırı Ege Denizi, kuzey sınırı ise Sektör Nara'nın güney sınırı olan Kanlıdere Burnu-Karanfil Burnu hattıdır (Şekil 2.13 ve Şekil 2.14) (KEGM, 2021). Boğazın bu bölümünün uzunluğu yaklaşık 9.1 deniz milidir. Ayırma hattının en dar yeri boğazın güney girişidir (2000 m). Ayırındaki en sığ yer Karanlık Koyu (22.5 m) civarındadır. Sektör içerisinde Kumkale Burnu'ndan Kepez Koyu'na kadar uzanan geniş bir girdap sistemi bulunmaktadır. Kilitbahir'den güneye doğru 4 knot hızla akan akıntı, özellikle boğazın kuzey kıyılarında daha kuvvetlidir. Mevcut kuvvetten kaçmak için Kanlıdere Burnu yakınlarında seyreden gemiler, Kepez Bankı'nda mahsur kalma riskiyle karşı karşıyadır (ASD, 2019).



Şekil 0.13 Sektör Kumkale (Boğaz İçerisinde Kalan Kısım)



Şekil 0.14 Sektör Kumkale (Boğaz Dışında Kalan Kısım)

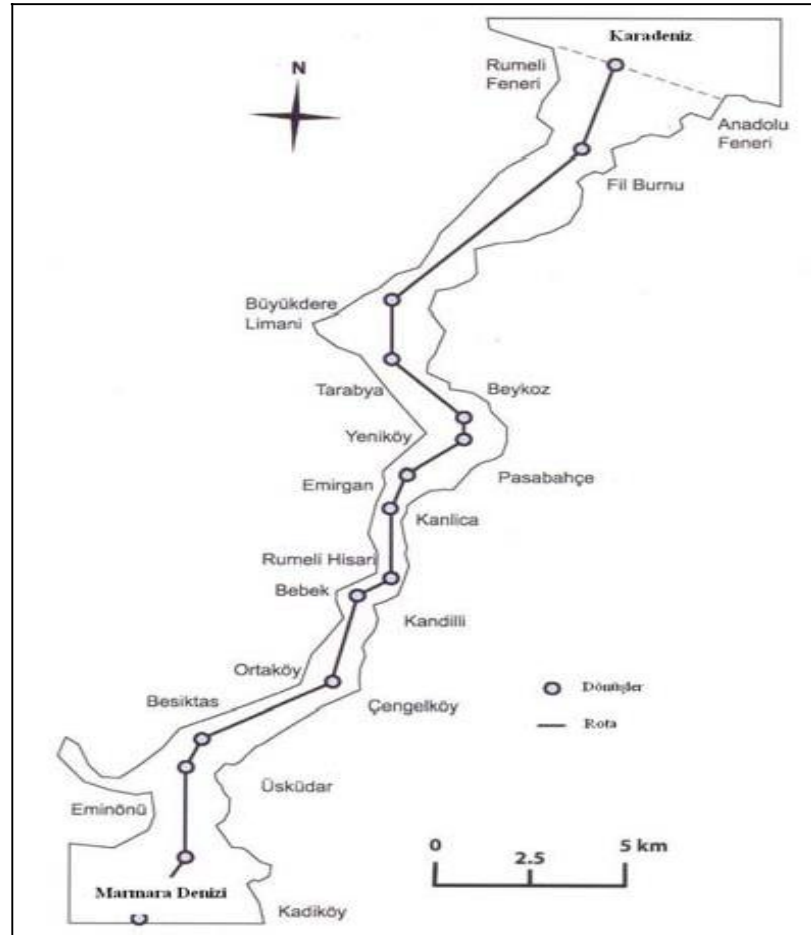
2.1.3 Türk Boğazlarında Rüzgâr ve Akıntı Rejimleri

Türk Boğazlarının dar, uzun ve dolambaçlısu yapısı deniz trafiğini olumsuz yönde etkiler. Çanakkale Boğazı'ndan geçecek olan bir gemi boğaz içerisinde az 11 kez, İstanbul Boğazı'ndan geçecek olan gemi ise, 12 kez rota değişikliği yapmak zorunda kalır. İstanbul Boğazı'nda daralan alanlar ve yüksek akıntı hızıboğaz içerisinde seyreden bir geminin manevra yeteneği olumsuz olarak etkiler. İstanbul Boğazında yüzey akıntıları çoğu zaman gidiş istikametiners yönlerde olabilmekte vebazı zamanlar hızının artmasıyla birlikte akıntı seyire zarar verebilecek boyutlara ulaşabilmektedir. Çanakkale Boğazının coğrafi ve oşinografi yapıları İstanbul Boğazı kadar olmasa da seyir güvenliğini tehdit edebilecek boyutlara ulaşabilmektedir.

Tuzluluk miktarları değerlendirildiğindeKaradeniz'etatlı su girdilerininçok olması nedeniyle tuzluluk seviyesinin binde 18 olduğu görülmektedir. Buharlaşmanın daha çok olması ve sisteme eklenen su miktarının az olmasından dolayı Marmara'da tuzluluk oranı ise binde 20 ila 36 arasında değişim göstermektedir. Tuzluluk, yoğunluk ve kütle değerlerindeki farklılıklardan dolayı Boğaz'da kuzeyden güneye doğru sürekli bir su akışıolmaktadır. Karadeniz sularının özelliğini taşıyan bu su akıntısı üst akıntı yani diğer bir ifade ile yüzey akıntısıdır. Dipte ise tam tersi yönde, yani güneyden kuzeye doğru Marmara suları özelliğini taşıyan daha düşük debili bir dip akıntısı vardır. Bu akıntıya “kanal” adı verilmektedir. Kanalın suları kışın ılık, yazın ise çok soğuktur. Yılda birkaç defa lodoslu dönemlerde güney-kuzey yönündeki akıntı şiddetlenerek kuzey-güney yönündeki akıntıya üstün gelmektedir. Bu durumlarda güneyden kuzeye doğru akan “Orkoz” adı verilen üst akıntı görülmektedir. İstanbul Boğazında çok sık gözlemlenen sabit anafor akıntıları da mevcuttur. Bunların içerisinde en tehlikeli olanı Rumelihisarını önlerinde görülen anaforlardır. Bu anaforlar ve akıntı etkisiyle güney yönünde boğazı geçecek olan gemilerin Rumeli hisarını geçerken dikkatli olmaları ve hız azaltmaları gerekebilir. Güneyden kuzey yönlü ilerlerken de Kandilli ve Arnavutköy'deki mevcut akıntılar gemileri zor durumlara sokabilmektedir. Buralardan geçerken hem kendi teknenizi hem de trafik ayrımını kullanan yakındaki gemilerin davranışlarını iyi takip etmeniz gerekir (Kodak ve Acarer, 2021). Boğazdaki hâkim olan hava hareketinin yönü, kuzeydoğu–güneybatı doğrultusundadır. Hava hareketi en büyük şiddete Boğaz ekseni boyunca erişmektedir. İstanbul Boğazı'nda boğazın kıvrımlı yapısı yüzünden gemiler Kandilli Burnu'nun da

45°, Yeniköy (Köybaşı) Burnu açıklarında yaklaşık 80° ve Umur Bankı'nda 70°den büyük açılı rota değişiklikleri yapmaları gerekir. Şekil 2.15 gemilerin dönüş yerlerini göstermektedir.

Çanakkale Boğazı, 3. Jeolojik zamanın sonunda meydana gelen çöküntü ile oluşmuştur. Çanakkale Boğazı'nın oluşumu hakkındaki en son kanı, boğazın eski bir akarsu vadisi olduğu ve bu vadinin yükselen deniz suları ile dolduğu şeklindedir. Boğaz görünüm olarak 150 metresi deniz yüzeyinin üzerinde, 100 metresi ise deniz yüzeyinin altında olmak üzere toplam 250 m derinliği bulunan geniş bir vadi şeklindedir (Özdemir, 2019).



Şekil 0.15 İstanbul Boğazı Gemi Dönüş Yerleri (KEGM, 2021)

Çanakkale Boğazında iki farklı akıntı sistemi vardır. Bunlar yüzey ve dip akıntılarıdır, Karadeniz ve Ege Denizi arasındaki seviye ve yoğunluk farklarından dolayı meydana gelmektedir. Yoğunluğu daha fazla olan Ege Denizi suları dipten akarak Marmara Denizi'ne, daha az yoğunluktaki Karadeniz suları ise yüzeyden Ege

Denizi'ne karışır. Marmara Denizi tarafında yüzey akıntısının kalınlığı 20 m civarında iken, Ege Denizi bu kalınlık 5 metreye kadardır. Bu faktör Çanakkale Boğazı'nda suyun sıcaklık dağılımını etkiler. İlkbahar mevsiminde yüzeydeki su sıcaklığı 16.8-17.6 °C, yaz mevsiminde 19.8-23 °C, sonbahar mevsiminde 16.4-17.7 °C ve kış mevsiminde ise 13.0-13.2 °C'dir. Bölgede tuzluluk oranı mevsimsel olarak farklılık gösterir. Tuzluluk oranının en fazla olduğu mevsim sonbahar iken, en az olduğu mevsim yaz mevsimidir (Özdemir, 2019).

2.1.4 Türk Boğazları Tüzüğü ve Yönetmeliği

1936 yılından günümüze kadar, Türk Boğazları'ndaki geçiş rejimi MontröBoğazlar Sözleşmesi ile düzenlenmektedir. Ancak, 2000'li yıllara gelindiğinde gemi boyu ve tonajlarındaki artışın yanı sıra, gemilerin taşıdıkları tehlikeli yüklerdeki çeşitlilik ve artış Montrö şartlarının zaman zaman yetersiz kalmasına yol açmıştır. Boğazlar yoluyla yapılan petrol ve tehlikeli yük taşımacılığında, dev tankerlerin ve gemilerin yaptığı kazalar boğazda ve Marmara Denizinde ciddi ekolojik felaketlere neden olmuştur. Ayrıca İstanbul Boğazında meydana gelen kazalar İstanbul halkını da tehdit etmeye başlamıştır. Türkiye bu gelişmeler üzerine 1994 yılında Boğazlar Tüzüğü'nün devreye girmesiyle gemi kazalarını asgari düzeye indirmek ve seyir emniyetini en üst seviyeye çıkarmayı amaçlamıştır. Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerden gelen tepkiler dikkate alınarak 1998'de yeni bir Boğazlar Tüzüğü devreye sokulmuştur. Bu uygulama sonrasında Türkiye'nin bu hususta ne denli isabetli karar almış olduğugörülmüş ve kaza sayısında azalma sağlanırken, çevre kirliliği de büyük ölçüde kontrol altına alınmıştır. Türkiye'nin bu başarısında takip etmiş olduğu uluslararası politika ve IMO kurallarına uygun olarak hareket etmesi çok etkili olmuştur.

Tüzük Türk Boğazları'nda seyir, can, mal ve çevre güvenliğini sağlamak amacıyla hazırlanmış olup, deniz trafik düzenlemesini sağlar ve Türk Boğazları'nda seyir yapacak olan tüm gemileri kapsar. Bu tüzüğe göre İstanbul ve Çanakkale Boğazlarına girecek olan tüm tehlikeli yük taşıyan gemiler ile 50 GT üstü gemiler SP1 (yazılı) ve SP2 (telsiz ile raporlama) raporunu vermek zorundadır. SP1 raporunda; gemi bilgileri, kılavuz talebi ve P&I (koruma ve tazmin) sigorta bilgileri yer alır. SP2 raporunda ise; gemi adı, hızı, geminin boğaza giriş yapacağı muhtemel saat, kılavuz

talep bilgisi ve acente bilgilerine yer verilir. Gemilerin kılavuz alma talebi ihtiyari olup yönetmelikte gemilerin kılavuz almaları şiddetle tavsiye edilmektedir. İstanbul ve Çanakkale Boğazında görüş uzaklığı 1 Milin altına düştüğünde trafiğe tek yönlü olarak izin verilmektedir. Görüş yarım milin altına düştüğünde ise boğaz çift yönlü olarak trafiğe kapatılmaktadır. Yerel deniz trafiğindeki gemilerin ise en kısa yoldan karşıya geçecek rotaları seçmeleri ve transit gemilerin geçişine çapraz vermeyecek şekilde seyir yapmaları gerekmektedir. İstanbul Boğazında 4 knot ve Çanakkale Boğazında 6 knot hızındaki akıntılarda her çeşit tanker gemilerinin geçişine izin verilmeyecektir. Gemilerin boğazdan geçiş hızları 10 knot olmalıdır. Çatışmayı önlemek için bu hız aşılabılır. Aynı yöne giden gemiler aralarında en az 8 gmina mesafe bırakmalıdır. Zorunlu olmadıkça gemilerin birbirlerini geçişine müsaade edilmez. Hava çekimi 58 m ve daha yüksek olan gemiler İstanbul Boğazı'ndan, hava çekimi 70 m ve daha yüksek olan gemiler Çanakkale Boğazı'ndan geçemeyecektir (Resmî Gazete, 2019).

2.1.5 Türk Boğazlarında Trafik Ayrım Düzeninin Uygulamaya Girmesi

1990 yılında, yeni bir tüzük çalışmasında bulunulması amacıyla Türk Boğazları'ndaki trafiği düzenlemeye yönelik olarak 30 kişilik bir heyet kurulmuştur. Bunun yanı sıra, 1991 yılında da, yeni tüzüğün önemli bir bölümünü teşkil eden "radar kontrollü trafik ayrım şemasının" hazırlanması için çalışmaya başlanmıştır. 1993 yılı sonlarında, yeni tüzükle ilgili çalışmalar tamamlanmış ve Boğaz trafiğini düzenleyecek trafik ayrım şemaları belirlenmiştir. Tüzük'le ilgili bütün çalışmalar tamamlandıktan sonra da IMO'nun onayına sunulmuştur. Rusya Federasyonu'nun iddia ettiği gibi "Bakü-Ceyhan Petrol Boru Hattı" projesinin gerçekleşmesini temin için değil, aksine Boğazlardaki trafik terörünü engellemek ve kontrol altına almak amacıyla yürürlüğe sokulan tüzüğün VIII. maddesi 1 Temmuz 1994'te, trafik ayrım şemaları ise IMO'nun kabul edeceği 25 Kasım 1994'ten itibaren yürürlüğe girmiştir (Başyurt, 1994; Yel, 2015).

Ülkemiz tarafından tesisedilen Trafik Ayrım Düzeni ve Raporlama Sistemi, 1995 yılında Uluslararası Denizcilik tarafından onaylanmıştır. IMO'nun onayı ile Türk Boğazlarında uygulanan trafik düzenlemesinin etkin ve başarılı olduğu, seyir güvenliğinin artmasına ve kazaların azalmasına katkıda bulunduğu kanıtlanmıştır. Kıyı GTH'i özellikle duyarlı deniz alanlarında gemilerin, trafik ayrım şemalarına

uygun olarak geçişini sağlamak amacıyla kurulmaktadır. Kıyı GTH'larında temel amaç, deniz trafiğinin etkin bir şekilde düzenlenmesinden ziyade gemilerin güvenliğinin sağlanması ve deniz çevresinin korunmasıdır. Bu nedenle IMO kıyı GTH'ların sadece bilgi verme hizmeti faaliyetini yürütebileceği vurgulanmaktadır (Topsoy, 2013).

2.1.6 Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri Sistemi (TBGTH)

Dünyadaki gemi sayısı ve buna bağlı olarak gemi trafiğindeki artış boğaz, kanal ve dar sularda trafik yoğunluğuna ve manevra zorluğuna neden olup, gemi kazalarının oluşmasına sebep olmaktadır (Uğurlu ve ark.2016). Kıyı devletleri, TAD'lar, rotalama ve raporlama sistemleriyle karasularında seyir yapan gemileri kontrol altına almaya çalışmışlardır. Fakat alan izleme fonksiyonunun yerine getirilememesi, gemilerin COLREG ve yerel düzenlemelere uyup uymadıklarının izlenememesi sorun olmuştur. Uymayan gemilerin ikaz edilememesi, gemilerin seyir konusunda ihtiyaç duydukları hidrografik, meteorolojik ve deniz trafiğiyle ilgili bilgilerin sağlanamaması, trafik yönetiminin ve organizasyonunun tek elde toplanamaması nedeniyle boğazlarda birçok aksaklık yaşanmış ve birçok deniz kazası meydana gelmiştir. Bu aksaklık ve kazalar yeni bir sisteme gereksinim olduğunu ortaya koymuştur (Asyalı, 2000). Bu gereksinimler neticesinde GTH ortaya çıkmıştır (Özdemir, 2019).Türk Boğazlarında bulunan gemi trafik hizmetleri katılımı zorunlu olan bir uygulamadır. Bu bölgelerde seyir yapan tüm gemiler aktif katılımcı ve pasif katılımcı olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Aktif katılımcı gemiler yerel deniz trafiği kapsamındaki gemiler hariç olmak üzere, TBGTH alanında bulunan tehlikeli yük taşıyan tüm gemiler ile tam boyu 20 m ve daha büyük gemilerolarak tanımlanırlar. Bu gemilerin IMO A.851(20) no'lu karara uygun olarak hazırlanmış TÜBRAP (Türk Boğazları Gemi Raporlama) sistemine uymaları gerekmektedir. Özet ile bütün aktif katılımcı gemilerin ilgili raporlamaları yapmaları gerekmektedir. Pasif katılımcı gemilerin ise raporlama yapmaları gerekmemekte ancak VHF bulunması dâhilinde ilgili VHF kanalını dinlemek ile sorumludur (KEGM, 2021).

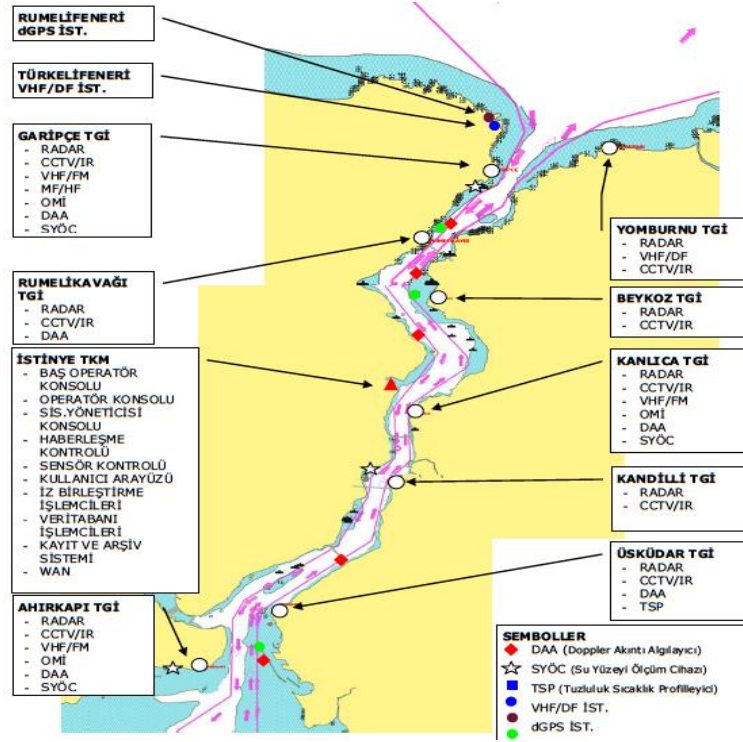
TBGTH'de operasyon iki ana merkezden yürütülmekte olup bunlardan biri merkez operasyon binası İstinye/İstanbul'da bulunan İstanbul Gemi Trafik Hizmetleri Operasyon Merkezi ve diğeri ise merkez operasyon binası Akbaş/Çanakkale'de

Çanakkale Gemi Trafik Hizmetleri Operasyon Merkezi'dir. Bu önemli görevi sürdürmekte olan tüm personel bu merkezlerde bulunmakta olup sisteme ait olan hiçbir bileşende görevli insan bulunmamaktadır.

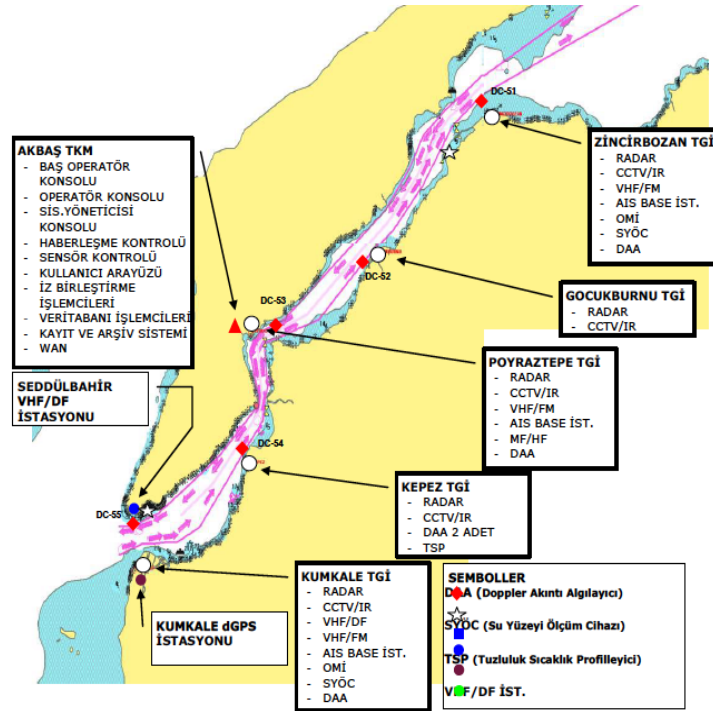
GTH'nin ana görevleri dar boğazlarda seyir yapan gemileri anlık takip etmek, gemi trafiğini düzenlemek, tavsiye ve uyarılarda bulunmaktır (Kum, 2008). GTH'nin amaçları (Özdemir, 2019):

- Seyir emniyetini arttırmak
- Deniz trafiğinin kontrol ve koordinasyonunu sağlamak
- Gemilere ve limanlara bilgilendirme hizmeti vermek
- Deniz kaza oluşum riskini azaltmak ve önleyebilmek
- Deniz çevresinin korunmasını sağlamak
- Deniz güvenliğinin arttırılmasına yardımcı olmaktır.

Merkezlere bilgi aktaran sensörlerin neredeyse tamamı İstanbul ve Çanakkale'de bulunan trafik gözetleme istasyonlarında konumlandırılmıştır. 8 adet trafik gözetleme istasyonu İstanbul'da, 5 adet trafik gözetleme istasyonu ise Çanakkale'de bulunmaktadır. Her istasyonda, bir adet yedek olmak üzere çift transceiver'lı x-bant mikrodalga radar, gece görüş kamerası ve üçlü kapalı devre TV kamera ünitesi bulunmaktadır. Sistemin ana bileşenleri, radarlar, kapalı devre TV kameraları, doppler akıntı sensörleri, yüzey suyu ölçüm sensörleri, tuzluluk ve sıcaklık profilleyicileri, otomatik meteoroloji istasyonları, dGPS referans istasyonları, VHF/DF yön bulucular, VHF/MF/HF/ Inmarsat-C haberleşme cihazları, AIS ana istasyonları ve kayıt/yeniden oynatma üniteleridir. Elektronik Seyir Haritaları (ENC) üzerindeki tüm radar görüntüleri, kullanılan kanallardaki VHF ve telefon haberleşmeleri ile tüm kapalı devre TV görüntüleri sürekli ve yedekli olarak kaydedilmekte olup herhangi bir deniz kazası veya olay olması durumunda ilgili kişilerin kullanımına sunulabilmektedir. İlgili trafik gözetleme istasyonlarının konumları ve sahip oldukları teçhizatları gösteren harita Şekil 2.16 ve Şekil 2. 17 'de verilmiştir (KEGM, 2021).



Şekil 0.16 İstanbul GTH Alanı Bileşenleri



Şekil 0.17 Çanakkale GTH Alanı Bileşenleri

TBGTH'nin ana görevlerinden biri kendi bölgesinde seyreden, demirleyen, demirden ayrılan, limana yanaşan ve limandan ayrılan gemilere bilgi, tavsiye, uyarı ve

talimat vermektir. Sistem sayesinde boğazın tümü, sistem operatörleri tarafından kontrol edilebilmekte ve her geminin nerede olduğu bilinmektedir. Farklı yönlerde ilerleyen iki geminin, istenmeyen karşılaşmalarının ve kritik yerlerde çatışma risklerinin önlenmesi için GTH tarafından bilgi verilmektedir (Akten, 2004). Bir gemi Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında seyrederken yavaşlamak zorunda kalırsa veya bir gemiye yetişmişse geçmek için GTH'a bilgi verecektir. GTH durumu değerlendirip gerekli bilgi ve tavsiyeyi verecektir. GTH'nin vermiş olduğu hizmetleri 3 grupta sınıflandırmak mümkün olup bunlar;

- Bilgi Hizmeti,
- Trafik Organizasyonu Hizmeti,
- Seyir Yardımı Hizmeti'dir.

2.2 Literatür Özeti

Kazaların çoğu tek bir nedenle değil birbiriyle etkileşen bir dizi faktörden kaynaklanmaktadır (Hu ve ark., 2019). Deniz kazalarına neden olan faktörlerin belirlenmesine yönelik çalışmalar, kazaları önlemeye yönelik atılacak adımların belirlenmesine katkı sağlayabilir. Mevcut literatür incelendiğinde, deniz kazaları ve nedenleri üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Türk Boğazları farklı açılardan incelenen bölgelerden biridir. Özellikle Boğazlarda meydana gelen kazaların sebepleri üzerine yapılan çalışmalar literatürde önemli bir yere sahiptir.

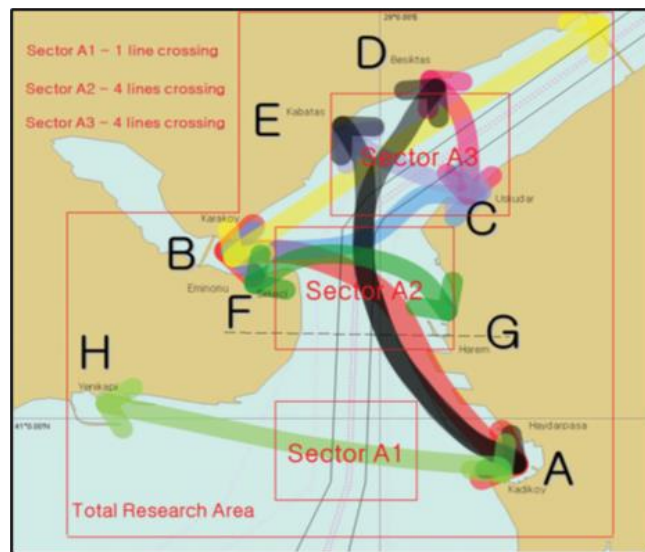
Akten (2002) yaptığı çalışmada İstanbul Boğazı'nda kaza oluşumunda etkili faktörleri incelemiştir. Çalışmasının sonucunda boğazın dar ve kıvrımlı yapısı, sahil aydınlatmaları nedeniyle düşen görüş, kötü hava ve değişken akıntıları kazaların temel sebepleri olarak ortaya koymuştur.

Akten (2004), 1953-2002 yılları arasında İstanbul Boğazı'nda meydana gelen 461 deniz kazasını analiz etmiştir. Çalışmada, kaza türleri, yerleri ve meydana gelmesinde etkili olan dış faktörler incelenmiştir. Çalışma sonucunda İstanbul Boğazı kazalarının %55'inin karaya oturma kazaları olduğu belirlenmiştir. Bu kazaların oluşmasında etkili olan etkenler akıntılar, keskin dönüşler ve karanlık olarak tespit edilmiştir. Umur Bank, Yeniköy, Bebek ve Kandilli bölgelerinin de karaya oturma kazaları açısından riskli olduğu ortaya konmuştur. Beşiktaş, Bebek, Kandilli, Kanlıca, Yeniköy, Beykoz ve Sarıyer çarpışma/temas kazaları açısından kritik bölgeler olarak nitelendirilmiştir. Çalışmada İstanbul Boğazı'nda meydana gelen kazaların başlıca nedenleri; yoğun trafik, gemilerin pilotsuz seyretmesi, kuvvetli ve değişken akıntılar, keskin dönüşler, ayırma ihlali ve gece (karanlık) operasyonlar olarak belirlenmiştir. Kılavuzluk hizmetlerinin bölgedeki deniz güvenliğini etkin bir şekilde artırdığı ve kazaları azalttığı vurgulanmıştır.

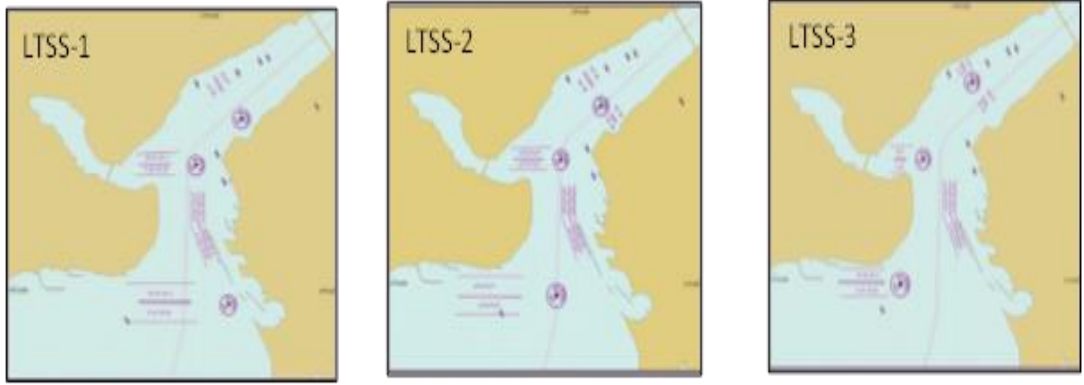
Arslan ve Turan (2009), İstanbul Boğazı'ndaki kazaları etkileyen faktörleri belirlemek için Güçlü Yönler-Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler (SWOT) analizi yöntemini kullanmışlardır. Faktörlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmada kaza riskini artıran faktörler, olumsuz faktörler, kaza riskini azaltan faktörler ise olumlu faktörlerdir. Olumsuz faktörler “zayıf yönler” ve “tehditler”, olumlu faktörler ise “güçlü yönler” ve “fırsatlar” olarak iki alt grupta

toplanmıştır. Çalışmanın sonuçları, olumsuz faktörlerin olumlu faktörlerden daha etkili olduğunu göstermektedir. Zayıflıkların tehditlerden daha etkili olduğu da not edilmiştir. Kaza oluşumunda insan faktörleri en kritik zayıflık iken, Orkoz, yerel trafik ve gece (karanlık) operasyonları baskın tehditler olarak tespit edilmiştir. GTH ve kılavuzluk hizmetleri kazaları azaltmada en güçlü yönler iken, yeni teknolojilerin kullanılması en önemli fırsat olarak belirlenmiştir. Çalışmada, İstanbul Boğazı'nda deniz güvenliğinin artırılması ve kazaların azaltılması için gemilerin teknolojik olarak gelişmeye ve kılavuzluk hizmeti almaya teşvik edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Aydoğdu ve arkadaşları (2012), İstanbul Boğazı'nın güney girişinde yoğun yerel trafikten kaynaklanan riskleri azaltmak için bir Yerel Trafik Ayrım Planı (LTSS) önermiştir. Çalışmada, bölgedeki koşulların kaptanlar için ne kadar karmaşık olduğunu gösteren risk düzeyini tanımlamak adına Çevresel Stres (ES) modeli kullanılmıştır. Çalışma alanı, mevcut yerel trafik akışının yoğunluğuna göre üç bölgeye ayrılmıştır (Şekil 2.18). Daha sonra LTSS'yi belirlemek için bölgedeki stres değerleri ölçülmüştür. Deniz Trafiği Hızlı Zaman Simülasyonu (MTFTS), kullanılarak mevcut yerel deniz trafiğini simüle edilmiştir. Hesaplanan stres değerleri ve uzman görüşleri doğrultusunda üç farklı LTSS oluşturulmuştur (Şekil 2.19). Son olarak, önerilen LTSS'ler MTFTS ile simüle edilmiş ve uygulanan her şema sayesinde yeni stres değerleri hesaplanmıştır. Çalışma, LTSS ile bölgedeki stresin azaltılabileceğini ve deniz güvenliğinin artırılabilceğini göstermiştir.

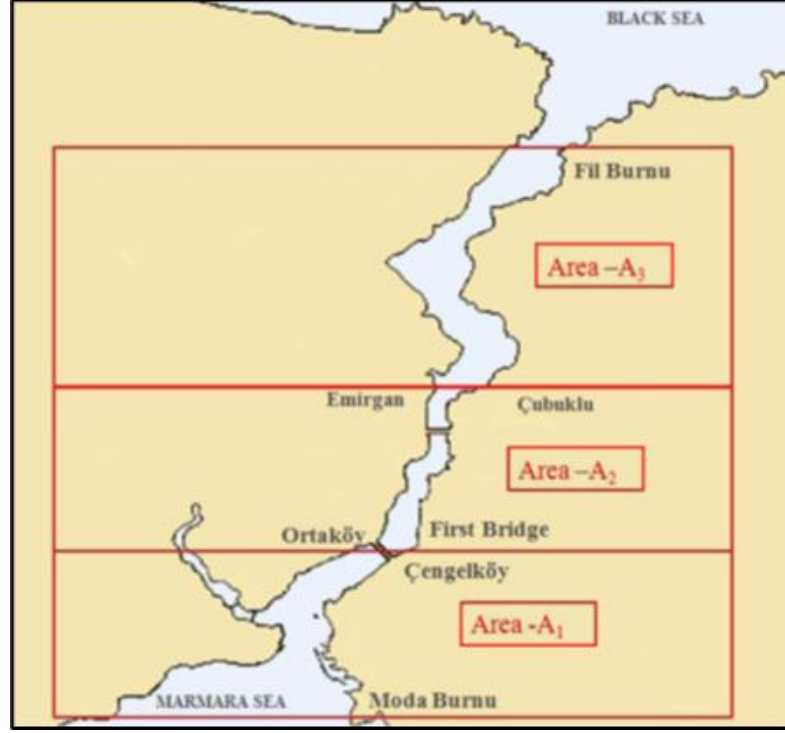


Şekil 2.18 Çalışma Alanı (Aydoğdu ve ark., 2012)



Şekil 2.19 Çalışmasında Önerilen LTSS (Aydoğdu ve ark., 2012)

Aydoğdu (2014), İstanbul Boğazı'ndaki uzmanların risk algılarını kaza istatistikleriyle karşılaştırmıştır. Çalışmada 2000-2011 yılları arasında İstanbul Boğazı'nda meydana gelen 232 deniz kazası analiz edilmiştir. Öncelikle literatürdeki çalışmalar ve uzman görüşleri ışığında İstanbul Boğazı üç bölgeye ayrılmıştır (Şekil 2.20). A1 Bölgesi Fil Burnu ile Emirgan arasındadır, A2 Bölgesi Emirgan ile Ortaköy arasındadır ve A3 Bölgesi Ortaköy ile Moda Burnu arasındadır. 3 bölgenin riskini değerlendirmeleri istenen uzmanlarla yüz yüze görüşmeler yapılmıştır. Gemi kaptanları, kılavuz kaptanlar ve GTH operatörlerinden oluşan uzman grubun risk algısını değerlendirmek için Genel Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Riskli alanlar uzman görüşlerine göre $A2 > A3 > A1$ ve kaza istatistiklerine göre $A1 > A2 > A3$ şeklinde sıralanmaktadır. Bu sonuçlar, yalnızca uzman görüşleri veya yalnızca istatistiksel verilerle yürütülen çalışmaların sonuçlarının, muhtemelen ramakkala durumlarının ve daha az ciddi sonuçları olan kazaların yeterince rapor edilmediğinden farklılık gösterebileceğini ortaya koymuştur. Uzmanlara göre en düşük riske sahip bölge A1 olurken, kaza istatistikleri en fazla kazanın bu bölgede meydana geldiğini göstermiştir. Uzmanlar, gemi kontrolündeki zorluğun yerel trafik yoğunluğundan daha önemli bir risk faktörü olduğunu belirtmiştir. Yerel trafiği hiçbir kurum düzenlemediği için A1 bölgesindeki kazaların yüksek olduğu vurgulanmıştır. Sonuç olarak, İstanbul Boğazı'nda seyir güvenliğini artırmak ve kazaları azaltmak için yerel trafiği kontrol eden bir otoritenin olması gerektiği belirtilmiştir.



Şekil 2.20 Çalışma Alanı (Aydoğdu, 2014)

Erol ve Başar (2015), 2001-2009 yılları arasında Türk arama kurtarma bölgesinde meydana gelen 1,247 kazayı incelemiştir. Kazaların %60 oranında insan hatasından kaynaklandığını ve bunlarında çoğunlukla seyir hatası ve hatalı manevra olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, insan hatasından kaynaklanan kazaların %71'inin İstanbul ve Çanakkale bölgelerinde meydana geldiği görülmüştür.

Uğurlu ve arkadaşları (2015), 2001-2010 yılları arasında yaşanan Çanakkale ve İstanbul Boğazları'nda toplam 850 adet deniz kazasını Denizcilik Müsteşarlığı'nın verilerine göre incelemiştir. Yapılan araştırmaya göre Türk Boğazları'nda meydana gelen deniz kazalarının en önemli faktörünün insan hatası olduğu görünmüş olup meydana gelen kazaların %28'i Çanakkale Boğaz'ında, %72'nin ise İstanbul Boğazında olduğu gözlemlenmiştir. Gerçekleşen kazalar genel olarak ekonomik ağırlıklı kayıplara neden olup nedenleri spesifik bazda kontrol edildiğinde manevra ve seyir ile ilgili oluşan hatalar kaynaklıdır. Tüm bu kaza incelemelerinin sonucuna bakıldığında İstanbul Boğazı özelinde tek yönlü gemi trafiğinin ilgili kazaları çok efektif olarak düşürmediği kanısına varılarak, her iki boğaz içinde özellikle ilgili alanda görev yapan gemi adamlarının zihinsel ve fiziksel olarak yeterli donanımına sahip olması gerekliliği vurgulanmıştır. Bu dar sularda görev yapan gemiadamlarının ilgili

alandan sorumlu gemi trafik hizmetleri merkezleri ile etkin haberleşme sağlamanın önemine yer verilmiş ve pilotaj hizmetinin yalnızca isteğe bağlı değil zorunlu hale gelmesi gerekliliği üzerine durulmuştur. Bu veriler ışığında bahsedilen durumlar dikkate alınmadığı takdirde hem ekonomik hem de insani açıdan büyük kayıplara yol açacağı görüşü ortaya çıkmıştır.

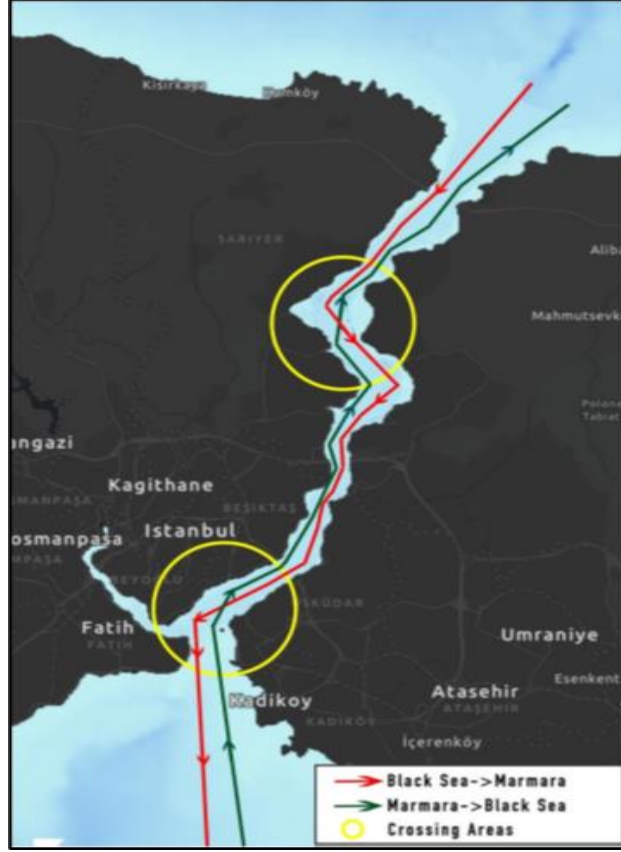
Emecen Kara (2016), 2004-2014 yılları arasında Karadeniz MOU kapsamındaki denetlemelere göre bayrak devletlerinin performansına dayalı bir risk değerlendirmesi yapmıştır. Risk faktörünün hesaplanmasında bayrak devletinin yer aldığı liste (Beyaz-Gri-Siyah), eksiklik oranı, kaza oranı ve boğazdan geçiş sıklığı dikkate alınmıştır. Buna göre İstanbul Boğazı'ndan geçen gemilerin %93'ünü kapsayan bayrak devletlerinin %25'i yüksek risk içermektedir. Bununla birlikte, 2004'ten 2014'e kadar olan süreçte geçiş yapan bayrak devletlerinin risk seviyesinde düşüş olduğu da gözlenmiştir. Buradan yola çıkarak, Karadeniz MOU kapsamındaki denetim mekanizmasının zamanla standart altı gemileri bölgeden uzaklaştıracağı ve böylece seyir emniyetinin artacağı görüşü ortaya konmuştur.

Erol ve ark. (2018), İstanbul Boğazı'ndaki gemi kazalarının nitel ve nicel analizi yapmak için yapay zekâ tabanlı nöro-bulanık sınıflandırıcılar ve genetik olarak optimize edilmiş bulanık sınıflandırıcıları kullanmıştır. 135 kaza örneğini 2 gruba ayıran araştırmacılar, ilk grubu (68 adet) eğitim için, ikinci grubu (67 adet) test için kullanmışlardır. Çalışmada gemi boyu, gros tonajı, dalga yüksekliği ve rüzgâr hızı değişken parametreler olarak alınmıştır. Bu değişkenlerin kaza sonuçları üzerindeki etki dereceleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, değişkenlerin kaza sonuçları üzerindeki etkileri sırasıyla dalga yüksekliği, rüzgâr hızı, gemi boyu ve gros tonajı olarak bulunmuştur. Ardından gros tonaj hariç tutularak testler yeniden yapılmıştır. Bu testlerin de benzer sonuçlar vermesi gros tonajın kaza sonucuna etki eden ayırt edici bir değişken olmadığını ortaya koymuştur. Çalışmada, artan gemi boyu ve kötü hava şartlarının Boğaz'daki kaza şiddetini arttırdığı gözlenmiştir. İstanbul Boğazı'nda sadece gemi boyuna bağlı uygulamaların yeterli olmadığı, bunun yerine gemi boyu ile birlikte hava koşullarını da hesaba katan uygulamaların seyir emniyetini artıracığı sonucuna varılmıştır.

Bayazıt ve ark. (2020), Çanakkale Boğazı'nda 2007-2018 yılları arasında meydana gelen 162 kazayı incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, en çok kuru yük gemilerinin kaza yaptığını ve en fazla kazanın Nara dönüşünde makine arızası nedeniyle meydana geldiği belirlenmiştir.

İstikbal (2020), İstanbul Boğazı'nda soldan trafik düzeninin uygulandığı 1934 ile 1982 yılları arasında çok ciddi üç kazayı analiz etmiştir. Yazar, kazaları kendi pilotaj tecrübesiyle açıkladığı çalışmasında soldan giden trafik örüntüleri ile kazalar arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırmasında her üç kazanın da ortak noktasının pruvaya varış durumu olduğu belirlenmiştir. Kafa kafaya bir durumda sol trafik düzenine göre yapılması gereken manevranın COLREG kurallarında tavsiye edilen manevra ile çeliştiğini vurgulanmıştır (Şekil 2.21). Kazaların temel sebebinin bu çelişkinin ustalarda yarattığı kafa karışıklığı olduğunu belirtilmiştir. Bir gemi kaptanı manevrayı yerel kurallara göre yaparken, diğerinin COLREG'e göre manevra yaptığını tespit edilmiştir. Sonuç olarak, kaza kaçınılmazdır. Öte yandan, sol trafik düzeni, boğazdaki mevcut rejimin gemilerin lehine kullanılmasına izin vermektedir. Çalışma sonucunda seyir açısından sağladığı avantaja rağmen kazaların oluşmasında soldan trafik düzeninin etkili olduğu bu nedenle uygulamadan kaldırılması gerektiği ifade edilmiştir.

Yıldız ve arkadaşları (2021), İstanbul Boğazı'nda olası bir deniz kazası sonrasında oluşabilecek petrol sızıntısının boyutu ve kirliliğin etkilerini Genel Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'nin yazılım programıyla modellemiştir. Uygulamada bulunan senaryolardan yola çıkarak deniz, kara ve hava ekosisteminin büyük kayıplara uğrayacağı belirtilmiştir. Örneğin, 5000tonluk ham petrolün dökülmesi durumunda ilk 72 saatte acil müdahale yapılmadığı takdirde 10-15 kilometre boyunca sahil şeridinin tamamen tahrip olacağı ayrıca bölgede bulunan deniz canlılarından kuş türlerine kadar zarar vereceği gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda risk değerlendirmeleri yapılarak kirlilik müdahale istasyonlarının ne şekilde konumlandırılması gerektiği, kirlilikten hangi alanların nasıl etkileneceği ve kirlilik oluşumundan sonra etki süreleri hakkında bilgiler verilmiş olup kıyı alanlarının sürekli izlenmesinin önemi ve uzaktan kumandalı araçlarla toksisite testleri gibi ölçümlerin yapılmasının gerekliliği vurgulanmıştır.



Şekil 2.21 İstanbul Boğazı'nda Sol Trafik Düzeni

Literatür çalışmaları birlikte değerlendirildiğinde, Türk Boğazları ile ilgili kaza analizi çalışmalarının, kazaların genel nedenlerini belirlemeyi amaçladığı anlaşılmaktadır. Ancak, Boğazlardaki sektörleri öne çıkaran ve sektör odaklı detaylı olarak analiz eden hiçbir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışma, Türk Boğazlarındaki kazaların nedenlerini sektörler bazında inceleyerek literatürdeki ilgili boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Literatürdeki istatistiki veriler ve uzman görüşleri kullanılarak yapılan kaza analiz çalışmaları incelendiğinde farklı sonuçlara ulaşılabileceği görülmektedir. Bunun temel nedenlerinden biri, niteliksel ve niceliksel olmak üzere iki yaklaşım gerektiren risk tahmininin tek bir yöntemle yapılmış olmasıdır. Tek bir yöntem kullanıldığında, istatistiksel veriler yeterli değilse veya eksikse sonuçlar hatalı olabilir. Benzer şekilde, tek yöntem kullanılarak uzman görüşüne dayalı çalışmalarda, uzman görüşlerinde herhangi bir belirsizlik olması sonucu olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, bu çalışmada istatistiksel verileri ve uzman görüşlerini tutarlı bir şekilde işlemek için Bulanık AHP ve PRAT yaklaşımları hibrit bir şekilde kullanılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, Türk Boğazlarında kaza oluşumunda rol oynayan faktörlerin sektörel bazda bir analizi yapılmıştır. Çalışma bölgesi Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri (GTH) alanını kapsamaktadır (Şekil 2.1). Çalışmada analizi yapılan kazalar, bu bölge içerisinde 500 GT üzerindeki teknelerin dâhil olduğu çatma, çatışma, karaya oturma ve batma kazaları ile sınırlıdır. Çalışma, Türk Boğazlarındaki riskleri lokal olarak tanımlayarak, bölgede gelecekte meydana gelebilecek kazaları azaltmaya yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

Kapsamlı ve geniş bir alan üzerinde yapılan çalışmalarda, tek bir yöntem gerçekçi bir tahmin modeli veya bir risk değerlendirme süreci sağlama konusunda yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle çalışmalarda veri setine ve amaca uygun olarak güçlü analiz yaklaşımlarının birlikte kullanılması gerekmektedir (Marhavilas, 2015; Sarılioğlu ve ark., 2020). Bu amaçla, bu tez çalışmasında, çok yönlü bir analiz yaklaşımı olan Bulanık AHP ile literatürde emniyet risklerinin değerlendirmesi için sıklıkla kullanılan PRAT yaklaşımı hibrit olarak kullanılmıştır (Marhavilas ve Koulouriotis, 2008; Koulinas, 2019b). Çalışmada kullanılan FAHP-PRAT hibrit yaklaşımı, risk yöneticisine gerçek kaza verilerini ve karar vericinin öznel yargılarını birleştirerek sonuçlar üretebilen bir araç sağlamaktadır (Koulinas, 2019a). Çalışma 5 adımdan oluşmaktadır ve çalışmanın adımları aşağıda sunulmuştur:

3.1 Uygun Analiz Yönteminin Belirlenmesi

Risk değerlendirmesine yönelik bir çalışmada, geçmişte meydana gelen kaza raporları en güvenilir verilerden biridir. Bunun yanında, bir bölgedeki risk faktörlerinin belirlenmesinde bölgeyi yakından tanıyan ve tecrübeli uzmanların görüşlerine de sıklıkla başvurulur. İkili karşılaştırmalara dayanan çok kriterli bir karar verme yöntemi olan Bulanık AHP (FAHP), uzman bilgisinden yararlanmak için literatürde sıkça kullanılan ve iyi bilinen yöntemlerden biridir. Çalışmada, kazaların oluşumunda rol oynayan faktörlerin sıralanması için Chang'ın (1996) Bulanık AHP yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem diğer Bulanık AHP yöntemlerine göre daha kolay uygulanabilmektedir, daha az zaman ve hesap gerektirmektedir (Bozbura ve ark., 2007; Wang ve ark., 2008; Çelik ve ark., 2009; Xu ve ark., 2013). PRAT yöntemi ise kaza verilerine dayalı olarak olasılık, şiddet ve frekans faktörlerini dikkate alarak risk

değerlendirmesi yapmayı mümkün kılan nicel bir tekniktir. PRAT yöntemi daha nesnel ve tutarlı sonuçlar elde edebilmek için diğer analiz yöntemleriyle kolayca birleştirilebilmektedir (Koulinas, 2019a). Bilimsel literatürde, risk seviyesini nicel olarak tanımlayabilmek için 3 faktörü hesaba katmak gerekmektedir: Şiddet (S), Olasılık (P) ve Frekans (F) (Høj & Kröger, 2002). PRAT, bu 3 faktörü orantılı bir formül ile birleştirerek nicel bir risk değerlendirmesi sunmaktadır (Marhavilas, 2015). Ayrıca bu tekniğin, uygulama kolaylığı ve geçmiş kaza verilerine dayandığından görece “güvenilir” sonuçlar üretmesi gibi önemli avantajları vardır (Koulinas, 2019b). Bu nedenle çalışmada, Türk Boğazlarındaki risk faktörlerinin daha doğru ve tutarlı olarak belirlenmesi için Bulanık AHP ile PRAT teknikleri birlikte kullanılmıştır. Hibrit yaklaşımla her sektör içerisindeki risk faktörleri için bir derecelendirme yapılmıştır.

3.1.1 Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (FAHP)

Analitik Hiyerarşik Süreci Saaty (1980), tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem hiyerarşik şemada kriter ve alt kriterlerin olduğu problemlerin çözümü için uygundur (Denizhan ve ark., 2017). AHP çok kriterli karar verme sorunlarında sıklıkla kullanılsa da en önemli dezavantajı, niteliklerin karşılaştırılmasında belirsiz kararları idare edemeyen 1’den 9’a kadar olan bir ölçek kullanmasıdır. Bilhassa, nitel faktörleri karşılaştırmak için kullanılan gerçek sayılar, karar vericiler için büyük zorluklar oluşturmaktadır (Deng, 1999; Karsak ve Tolga, 2001; Ding ve Liang, 2005; Kulak ve Kahraman, 2005, Kilincci ve Onal, 2011). Dolayısıyla bu yöntem belirsizlik durumunda karar vermeye tam uygun olmadığından, bulanık mantıkla AHP birleştirilerek Bulanık Analitik Hiyerarşik Süreci ortaya konmuştur (Göksu, 2008). Birçok yazar tarafından tavsiye edilen çeşitli Bulanık AHP yöntemleri bulunmaktadır. Yazarlar tarafından önerilen bu yöntemler, bulanık küme teorisi ve hiyerarşik yapı analizi kavramlarını kullanarak alternatif seçim ve gerekçelendirme problemlerine sistematik olarak yaklaşmaktadır. Karar vericiler genellikle yargılarını sabit değerler olarak ifade etmektense aralıklı yargılarda bulunmanın daha güvenilir olduğunu düşünmektedirler (Erensal ve ark., 2006). Bunun nedeni, gerçek dünyadaki karar problemlerinde karmaşıklık ve belirsizlik olmasıdır (Wang ve ark., 2008).

Literatürde yazarlar tarafından ortaya konmuş çok çeşitli bulanık AHP yöntemleri bulunmaktadır. Bulanık AHP ile ilgili ilk çalışmalar Van Laarhoven ve Pedrycz (1983), Buckley (1985), Boender, Grann, & Lootsma (1989), Chang (1996) ve Cheng (1996) tarafından ortaya konmuştur. Tüm bu Bulanık AHP versiyonları, belirsiz veya iyi tanımlanmamış durumlarla başa çıkmak için geliştirilmiştir. Chang'ın yaklaşımında ikili karşılaştırmalar üçgensel bulanık sayılar vasıtasıyla temsil edilmektedir. Bulanık rakamların kullanımı ile tahminlerden kaynaklı dezavantajlar giderilmeye çalışılmaktadır. Chang'ın yönteminde her bir ölçüt alınır ve her hedef için seviye analizi uygulanır. Dolayısıyla her ölçüt için m adet seviye analiz değeri bulunur. Bu değer şu şekilde gösterilir (Denizhan ve ark., 2017).

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, 2, \dots, n$$

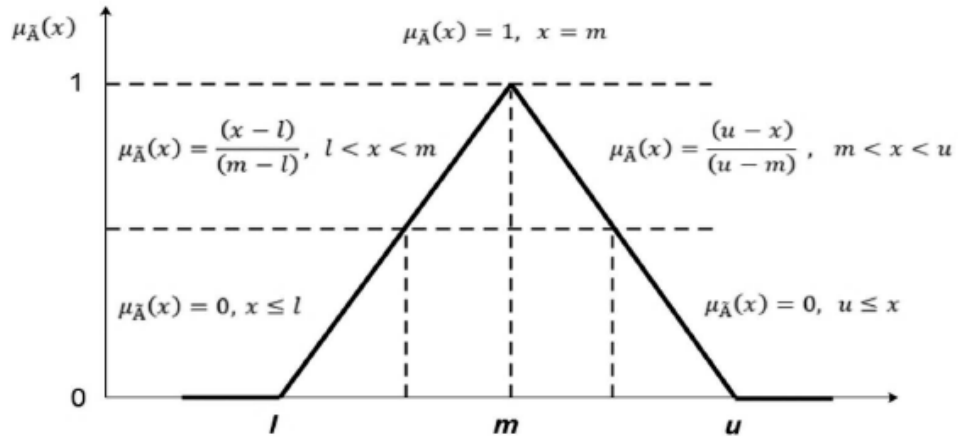
Yukarıdaki tüm $M_{g_i}^j (j = 1, 2, \dots, n)$ 'ler üçgensel bulanık sayılardır. Bu çalışmada kullanılan üçgensel bulanık sayılar ve sözel karşılıkları Çizelge 3.1'de görülmektedir.

Çizelge 3.1 Bulanık Sayılar

	<u>Üçgensel Bulanık Sayı</u>	<u>Üçgensel Bulanık Sayı Tersi</u>
Eşit Önemde	(1,1,1)	(1,1,1)
Zayıf Önemde	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
Orta Önemde	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)
Çok Önemli	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)
Kesinlikle Önemli	(7/2,4,9/2)	(2/9,1/4,2/7)

Bulanık bir sayı, üzerinde “~” işareti olan bir sembol ile ifade edilir. Bir üçgensel bulanık sayı olan \tilde{A} , basitçe (l, m, u) olarak gösterilir. Buradaki l, m ve u parametreleri, bulanık bir olayı tanımlayan olası en küçük değeri, en umut verici değeri ve olası en büyük değeri belirtir. Üyelik fonksiyonu ($\mu_{\tilde{A}}(x)$) aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < l \\ (x - l)/(m - l), & l \leq x < m \\ 1, & x = m \\ (u - x)/(u - m), & m < x \leq u \\ 0, & u < x \end{cases} \quad (4.1)$$



Şekil 3.1 Üçgen Üyelik Fonksiyonuna Bir Örnek

Chang'ın FAHP'sinin temellerinin dayanağı dört aşamada tanımlanmıştır (Chang, 1996). Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra, aşağıda gösterildiği gibi $n \times n$ boyutlu bir kare karşılaştırma matrisi oluşturulur:

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} (1, 1, 1) & \dots & (l_{1j}, m_{1j}, u_{1j}) & \dots & (l_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ \dots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ (l_{1j}, m_{1j}, u_{1j})^{-1} & \dots & (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) & \dots & (l_{in}, m_{in}, u_{in}) \\ \dots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ (l_{1n}, m_{1n}, u_{1n})^{-1} & \dots & (l_{in}, m_{in}, u_{in})^{-1} & \dots & (1, 1, 1) \end{bmatrix}$$

n : Değerlendirilecek kriter sayısı

(a_{ij}) : Kriter i'nin j kriterine kıyasla önemi

Karşılaştırma matrisinde $i=j$ ise, değer (1,1,1) olacaktır. Çünkü bu durumda ilgili faktör kendisiyle karşılaştırılır.

$$\text{Eğer } a_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \text{ ise } a_{ij}^{-1} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})^{-1}$$

$$\left(\frac{1}{u_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{l_{ij}}\right) \text{ için } i, j = 1, \dots, n \text{ ve } i \neq j$$

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ alternatiflerin öğelerini ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, hedef kümesi olarak seçim kriterlerini temsil etsin. Chang'ın (1996) genişletilmiş analiz yöntemine göre, her bir nesne alınır ve sırasıyla her bir hedef olan g_i için seviye analizi yapılır. Böylece, her bir nesne için m adet seviye analiz değerleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.2)$$

Chang'ın genişletilmiş analizinin adımları şu şekilde verilebilir:

Adım-1:

Nesneye göre bulanık sentetik genişletilmiş(S_i) değeri şu şekilde tanımlanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4.3)$$

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ Elde etmek için, belirli bir matris için m adet bulanık sentetik genişletilmiş analiz değerlerinin bulanık toplama işlemi gerçekleştirilir.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (4.4)$$

$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$ elde etmek için, $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) değerlerinin bulanık toplama işlemi aşağıdaki gibi gerçekleştirilir.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (4.5)$$

ve daha sonra denklemdaki vektörün tersi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4.6)$$

Adım-2:

$M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'nin olasılık derecesi şu şekilde tanımlanır:

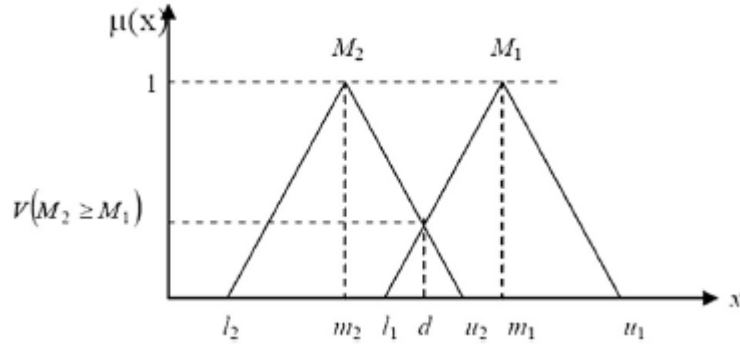
$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min \left(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y) \right) \right] \quad (4.7)$$

ve aşağıdaki gibi eşdeğer olarak ifade edilebilir.

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \text{ şeklinde tanımlanır.}$$

$$\mu_{\bar{A}}(d) = \begin{cases} 1 & , m_2 \geq m_1 \\ 0 & , l_1 \geq u_2 \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & , \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.8)$$

Burada d , μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişme noktasının ordinatıdır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 M_1 ve M_2 arasındaki kesişme (Chang, 1996).

M_1 ve M_2 değerlerini karşılaştırmak için $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerine ihtiyacımız vardır.

Adım-3:

Bir dışbükey bulanık sayının, belirli adet (k) dışbükey bulanık sayıdan büyük olma olasılığının derecesi şu şekilde tanımlanabilir.

$$V(M_i \geq M_1, M_2, \dots, M_k) \quad i, k = 1, 2, \dots, n; \quad i \neq k \quad (4.9)$$

(4.10) nolu denklem ile hesaplanan değerlerin karşılaştırmasındaki minimum değerler ($\min V(M_i \geq M_k)$), bulanık ağırlık vektörünün bulanıklığını kaldırılır.

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad i, k = 1, 2, \dots, n; \quad i \neq k \quad (4.10)$$

Bu durumda ağırlık vektörü aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_i)) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.11)$$

Burada, $d'(A_i)$, her bir karar elemanının bulanık ağırlıklarının karşılaştırmaları sonunda elde edilen minimum değerlerdir.

Adım-4:

Normalleştirme yoluyla, normalleştirilmiş ağırlık vektörleri;

$$d(A_i) = \frac{d'(A_i)}{\sum_{i=1}^n d'(A_i)} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.12)$$

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n)) \quad (4.13)$$

Buradaki W artık bulanık olmayan bir sayıdır ve bir özelliğin veya bir alternatifin diğerine göre öncelik ağırlıklarını verir.

3.1.2 FAHP ve PRAT (CFP) Kombinasyonu

PRAT, Fine & Kinney (1971) ve Hammer (1972) çalışmalarına dayanan bir risk değerlendirme yöntemidir. Bu yöntem riski hesaplamak için orantılı bir formül kullanır (Marhavilas, 2009; Marhavilas ve ark., 2011; Marhavilas ve Koulouriotis, 2008; 2012; Supciller & Abali, 2015). Her faktör için Risk Değeri (R) verilen formül ile hesaplanır.

$$R = P * F * S \quad (4.14)$$

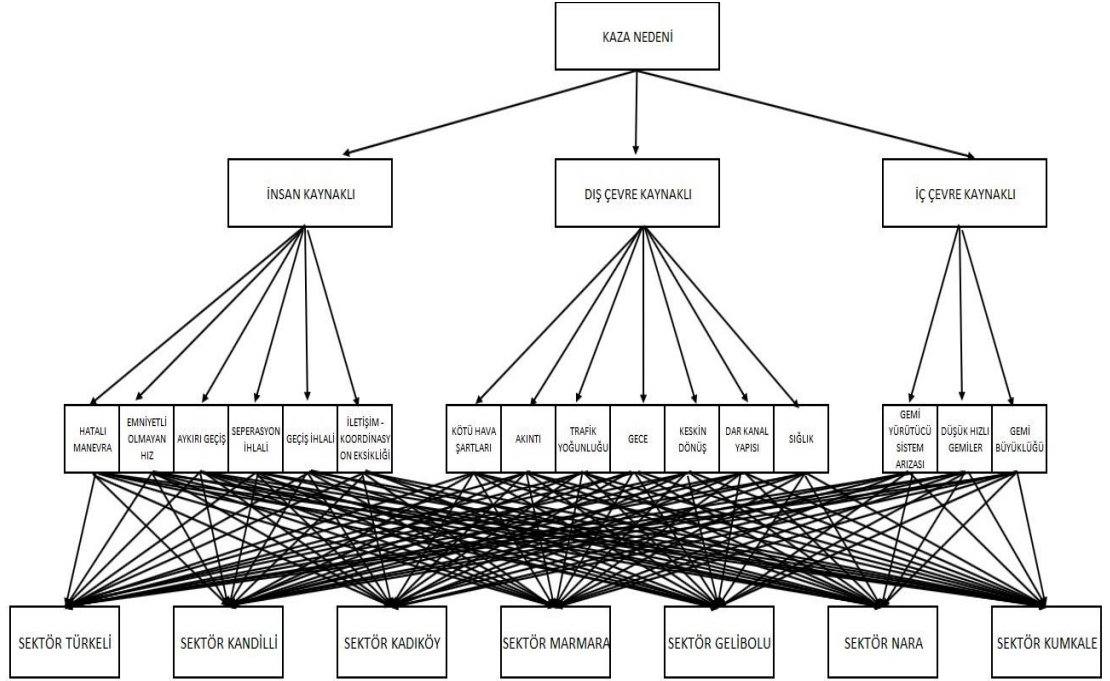
P : Olasılık faktörü,
F : Frekans faktörü,
S : Ciddiyet faktörü

Olasılık, zararın zamana bağlı olarak meydana gelme ihtimalini, Frekans; tehlikeye maruz kalma sıklığını, Şiddet ise, tehlikenin gerçekleşmesi halinde oluşabilecek zararı ifade etmektedir. Bu formül, tehlikeli durumlarda dikkat edilmesi gereken faktörlerin öncelik derecelerinin belirlenmesi için kullanılır (Marhavilas ve Koulouriotis, 2008). Kombine değer, CFP (Combined FAHP and PRAT), FAHP ile hesaplanan öncelik değerleri (%A) ve PRAT ile hesaplanan risk değerlerinden (%R) oluşur (Koulinas ve ark., 2019b). Bu çalışmada Koulinas ve ark. (2019a, 2019b) çalışmalarındaki gibi iki faktörün de eşit ağırlıkta olduğu varsayılmıştır. Bu nedenle, CFP değeri için %A ve %R değerlerinin ortalaması alınmıştır.

$$CFP = 0.5 \times (\%A) + 0.5 \times (\%R) \quad (4.15)$$

3.2. Kriterlerin Belirlenmesi ve Hiyerarşik Yapının Kurulması

Bu aşamada, ilk olarak, literatürdeki çalışmalar temel alınarak deniz kazalarının oluşumunda rol oynayan faktörler listelenmiştir. Ardından, çalışma bölgesi göz önüne alınarak, dar suyollarında kaza oluşumunda etkin rol oynayan değişken faktörleri belirlemek için uzman görüşleri toplanmıştır. Çalışmada kurulan hiyerarşik yapı Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Çalışmanın Hiyerarşik Yapısı

3.3 Bulanık AHP Yönteminin Uygulanması

Bu aşamada öncelikle, uzmanlar Türk Boğazlarında kazaların oluşumunda rol oynayan kriter ve alt kriterleri ikili karşılaştırma yaklaşımıyla önceliklendirmiştir. Çalışmadaki uzman grup Türk Boğazları hakkında yeterli tecrübe ve altyapıya sahip; 5 uzakyol gemi kaptanı, 7 GTHoperatörü ve 8 kılavuz kaptan olmak üzere 20 kişiden oluşmaktadır. Hesaplamalar sonucunda her uzman için kriterlerin ve alternatiflerin öncelikleri belirlenmiştir. İkili karşılaştırmalar öznel yargılara dayandığından, her uzmanın tecrübesi dâhilinde sonuca etki etmesinin olumlu katkısı olacağı düşünülmüştür. Bu nedenle her uzman için bir ağırlık belirlenmiştir. Uzman ağırlıklandırması için kullanılan bilgiler; mesleki pozisyon, hizmet süresi ve boğazlardan geçiş sayısıdır.

3.4 Geçmiş Kaza Verilerinin PRAT ile Analizi

Bu aşamada, Kaza Araştırma İnceleme Kurulu (KAİK) veri tabanında kayıtlı olan son 10yılıda Türk Boğazlar Sisteminde meydana gelen deniz kazaları veri olarak kullanılmıştır. Bu veri setinde bulunan toplam 525 deniz kazası kaydı, kaza ile ilgili “geminin adı, bandırası, tipi, tonajı, kazanın türü, konumu, tarihi, saati, kazanın boyutu, kazanın sonucu ve kazanın nedeni” hakkındaki bilgileri içermektedir. Bu veri seti incelenerek, Türk Boğazları GTH alanı dışındaki kazalar ve liman içinde

gerçekleşen kazalar çıkarılmıştır. Kalan 311 deniz kazası PRAT tekniği ile analiz edilmiştir.

3.5 Kombine FAHP-PRAT (CFP) Değerlerinin Hesaplanması

Bu aşamada, FAHP sonucu elde edilen öncelik değerleri ile PRAT analizi sonucu elde edilen risk değerleri birleştirilmiştir. CFP olarak ifade edilen yeni değer, risk yöneticisine tehlikeli durumlarda dikkat edilmesi gereken faktörlerin önceliklerini sunar. Bu çalışmadaki öncelikler her sektör için risklerin öncelik değerlerinin sıralanmasıdır.

3.6 Önerilen Metodun Uygulanması

3.6.1 Kriterler ve Alt Kriterler

Bu çalışmadaki kriterler ve alt kriterler, literatürdeki geçmiş çalışmalar referans alınarak uzman görüşleri eşliğinde belirlenmiştir. Çizelge 3.2, referans çalışmaların listesini göstermektedir. Her kriter ve alt kriterin hangi çalışmalar temel alınarak oluşturulduğu Çizelge 3.3’de sunulmuştur. Çalışmada görüşlerine başvuru uzman grup Türk Boğazları hakkında yeterli tecrübe ve alt yapıya sahiptir. Uzmanlar hakkındaki bilgiler Çizelge 3.4’de listelenmiştir. Çalışmada 3 ana kriter ve bunlara bağlı 16 alt kriter belirlenmiştir. Kriterlere ait tanımlayıcı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 3.2 Kriterler ve Alt Kriterlerin Belirlendiği Referans Çalışmalar

Referans No	Yazar(lar)-Yıl	Makale Adı	Dergi Adı	Çalışma Alanı
RF1	Squire, 2003	The Hazards of Navigating The Dover Strait (Pas-de-Calais) Traffic Separation Scheme	The Journal of Navigation	Dover Strait
RF2	Akten, 2004	Analysis of shipping casualties in the Bosphorus.	The Journal of Navigation	İstanbul Strait
RF3	Arslan ve Turan, 2009	Analytical investigation of marine casualties at the Strait of Istanbul with SWOT–AHP method	Maritime Policy & Management	İstanbul Strait
RF4	Goerlandt ve Kujala, 2011	Traffic simulation based ship collision probability modeling	Reliability Engineering & System Safety	Gulf of Finland
RF5	Qu ve ark., 2011	Ship collision risk assessment for the Singapore Strait	Accident Analysis & Prevention	Singapore Strait
RF6	Aydoğdu ve ark., 2012	A study on local traffic management to improve marine traffic safety in the Istanbul Strait	The Journal of Navigation	İstanbul Strait
RF7	Zhang ve ark., 2013	Incorporation of formal safety assessment and Bayesian network in navigational risk estimation of the Yangtze River	Reliability Engineering & System Safety	Yangtze River
RF8	Aydoğdu, 2014	A comparison of maritime risk perception and accident statistics in the Istanbul Straight	The Journal of Navigation	İstanbul Strait
RF9	Zaman ve ark., 2014	Fuzzy FMEA model for risk evaluation of ship collisions in the Malacca Strait: based on AIS data	Journal of Simulation	Malacca Strait
RF10	Uğurlu ve ark., 2016	The analysis of life safety and economic loss in marine accidents occurring in the Turkish Straits	Maritime Policy and Management	Turkish Strait
RF11	Erol ve ark., 2018	Analysis of ship accidents in the Istanbul Strait using neuro-fuzzy and genetically optimised fuzzy classifiers	The Journal of Navigation	İstanbul Strait
RF12	İstikbal, 2020	Strait of Istanbul, major accidents and abolishment of left-hand side navigation	Aquatic Research	İstanbul Strait

Çizelge 3.3 Her Alt Kriterin Belirlenmesinde Referans Alınan Çalışmalar

Kriterler	Referanslar	RF1	RF2	RF3	RF4	RF5	RF6	RF7	RF8	RF9	RF10	RF11	RF12
Hatalı Manevra		x									x		x
Emniyetli Olmayan Hız						x				x			
Aykırı Geçiş		x			x		x		x	x			
Seperasyon İhlali		x	x				x		x				x
Geçiş İhlali							x		x	x			
İletişim-Koordinasyon Eksikliği				x					x				x
Kötü Hava Şartları		x						x		x	x	x	
Akıntı			x	x					x				x
Trafik Yoğunluğu		x	x	x	x		x		x	x			
Gece/Karanlık			x	x									x
Keskin Dönüş			x	x					x				x
Dar Kanal Yapısı			x	x				x					x
Sığlık			x										
Gemi Yürütücü Sistem Arızası										x	x	x	
Düşük Hızlı Gemiler				x									
Gemi Büyüklüğü				x				x	x			x	x

Çizelge 3.4 Uzmanların Özellikleri

Uzman (U)	Mesleki Pozisyon	Hizmet Süresi	Boğazlardan Geçiş Sayısı
U1	Uzakyol Kaptan	16 Yıl	60 Geçiş
U2	Uzakyol Kaptan	10 Yıl	20 Geçiş
U3	Uzakyol Kaptan	19 Yıl	70 Geçiş
U4	Uzakyol Kaptan	19 Yıl	150 Geçiş
U5	Uzakyol Kaptan	30 Yıl	500 Geçiş
U6	GTH Operatörü	20 Yıl	20 Geçiş
U7	GTH Operatörü	10 Yıl	300 Geçiş
U8	GTH Operatörü	12 Yıl	23 Geçiş
U9	GTH Operatörü	16 Yıl	200 Geçiş
U10	GTH Operatörü	24 Yıl	60 Geçiş
U11	Kılavuz Kaptan	19 Yıl	1500 Geçiş
U12	Kılavuz Kaptan	8 Yıl	500 Geçiş
U13	Kılavuz Kaptan	17 Yıl	1500 Geçiş
U14	Kılavuz Kaptan	35 Yıl	4800 Geçiş
U15	Kılavuz Kaptan	30 Yıl	4500 Geçiş
U16	GTH Operatörü	14 Yıl	100 Geçiş
U17	GTH Operatörü	26 Yıl	50 Geçiş
U18	Kılavuz Kaptan	16 Yıl	1000 Geçiş
U19	Kılavuz Kaptan	21 Yıl	1500 Geçiş
U20	Kılavuz Kaptan	35 Yıl	5000 Geçiş

3.6.1.1 İnsan Kaynaklı Faktörler (İK)

Gemiyi kumanda eden takım üyelerinin (köprüüstü ve makine) veya gemi dışındaki seyirle ilgili hizmet personelinin bilgisizlik, dikkatsizlik, yeteneksizlik gibi sebeplerle yaptığı hataların tamamını kapsar (Macrae, 2009).

Hatalı Manevra (HM): Köprüüstü takım üyelerinin, içinde bulunulan durumda yapılması gereken manevrayı zamanında veya doğru yapamaması sonucunda oluşan emniyetsiz eylemdir (Kaptan ve ark., 2021). Keskin dönüşlerde akıntı, gemi boyu, hız ve manevra kabiliyeti düşünülerek dönüşe uygun zamanda başlanamaması (Cömert, 2013); bank etkisini ortadan kaldırmak ve gemiyi planlanan rotada tutmak için dümenin etkin ve verimli kullanılamaması (Cömert ve Sağ, 2008) örnek olarak verilebilir.

Emniyetli Olmayan Hız (EH): Geminin COLREG ve yerel kurallara uygun olarak içinde bulunulan durum ve koşullara uygun hızda seyir etmemesidir. Normal şartlarda Türk Boğazlarından geçişte seyir hızı saatte 10 mil olarak belirlenmiştir (KEGM, 2021). Türk Boğazlarının dar ve sığ yapısı nedeniyle dar su etkisi ve sığ su etkisi bulunmaktadır. Her iki etki de hız ile beraber artmaktadır (Cömert ve Sağ, 2016).

Aykırı Geçiş (AG): İki gemiden birinin sancak, diğerini iskelesini göstererek birbirine çapariz vererek yaklaşması durumudur (Kaptan ve ark., 2021). Türk Boğazlarında karşılıklı sefer yapan tüm yerel trafik dâhilindeki gemiler seperasyon

hattını en kısa yoldan geçer (Resmî Gazete, 2019,30859,24). Boğazlardaki lokal trafiği düzenleyen bir kurum olmadığı için bu geçişler feribot kaptanlarının inisiyatifindedir ve bu geçişler esnasında aykırı geçişler kazalara sebebiyet verebilmektedir (Aydoğdu ve ark., 2012). Ayrıca İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazında demir yerlerinde aykırı geçiş gemilerin sürekli karşı karşıya kaldığı ciddi bir tehditir.

Seperasyon İhlali (Sİ): Yerel trafik ayırım düzenine ve COLREG'e uygun olarak gemilerin takip etmesi gereken emniyetli seyir hattının dışında seyir etmesi durumudur. Boğazın dar ve kıvrımlı yapısı yüzünden büyük gemiler kendi şeridini çoğu zaman tam olarak takip edememektedir. Dar suyollarının bazı noktalarında coğrafik yapı gereği keskin dönüşlerde seperasyon ihlali yapılabilmektedir (Akten, 2003).

Geçiş İhlali (Gİ): Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Yönetmeliği'ne göre gemiler aralarında en az 0.8 deniz mili mesafe ile seyir yapacaklar ve zorunluluk olmadıkça geçiş yapmayacaklardır. İstanbul Boğazı'nda Vaniköy-Kanlıca arasında Çanakkale Boğazı'nda ise Nara ile Kilitbahir Burnu arasında geçiş yapılmayacaktır. Yapılacak geçişler ise tek rotadayken yapılmaya çalışılacaktır (Resmî Gazete, 2019,30859,24). Rota değişimlerinin söz konusu olduğu dönüş yerlerine yaklaşırken geçiş yapılmayacaktır. Geçiş ihlali bu kuralların ihlal edilmesi durumudur.

İletişim ve Koordinasyon Eksikliği (İKE): Gemi içi, gemiler arası veya gemi-kara arası iletişimin etkin ve verimli yapılmaması durumunu ifade etmektedir. Yapılan çalışmalar, iletişim kaynaklı hataların temelinde yanlış anlaşılma ve iletişime gerek duymama olduğunu ortaya koymuştur. Bunların altında ise durumun farkında olmama, ortamda var olan diğer kişilerin durumun farkında olduğunun varsayılması, İngilizce veya ortak dil yetersizliği, telsiz kullanmaktan çekinme, benim işim değil düşüncesi yatmaktadır (McCallum, 2000).

3.6.1.2 Dış Çevre Kaynaklı Faktörler (DF)

Geminin seyir yaptığı ortamdaki kaza oluşumuna etki eden gemi dışı faktörleri kapsamaktadır.

Kötü Hava Şartları (KH): Geminin seyir yaptığı bölgedeki olumsuz atmosferik ve meteorolojik koşulları ifade eder. İstanbul ve Çanakkale Boğazlarında Haziran'dan Eylül'e kadar kuzey ve kuzeydoğu yönünden, Ekim'den Mart'a kadar ise

güneydoğu ve batı arasında kalıcı rüzgârlar mevcuttur (Cömert ve Sağ, 2016). İstanbul Boğazı'nda rüzgârlar yılın yaklaşık %75'inde kuzeydoğudan eser. Kış aylarında sert rüzgârlar ayda 3-4 gün fırtınaya dönüşür. Kuvvetli rüzgârlar ve fırtınalar çoğunlukla kuzeyli olsa da kışın bazen güneyli de olabilirler (Akten, 2002). Marmara Denizi'nde ise rüzgâr kuzeydoğudan esmektedir (Cömert & Sağ, 2016).

Akıntı (A): Türk Boğazlarındaki kuvvetli ve değişken akıntı geminin kumandasını zorlaştırarak kazalara neden olabilir (Akten, 2004). Türk Boğazlarında akıntı ve rüzgar özellikle kış aylarında, lodos ve poyraz rüzgarlarının kuvvetli olduğu dönemlerde, gemi hareketini olumsuz etkileyebilmektedir (Akten, 2002, 2003). Rüzgârlarla kuvvetlenen yüzey akıntısı büyük gemilerin manevra kabiliyetlerini olumsuz etkileyebilmektedir (Birpınar ve ark., 2009). İstanbul Boğazında Kandilli ve Yeniköy dönüşündeki güçlü akıntı gemileri karaya doğru sürükleyerek karaya oturma riskini artırır (Yazıcı ve Otay, 2009). Çanakkale Boğazında ise Nara Burnu ve Kilitbahir dönüşlerinde güçlü akıntı karaya oturma riskini arttırabilmektedir.

Trafik Yoğunluğu (TY):Gemilerin transit geçişleri esnasında karşı karşıya kaldığı yerel trafik, transit trafik ve liman trafiği kaynaklı olumsuzlukları ifade etmektedir. Türk Boğazlarından son 10 yılda (2010-2019) yıllık ortalama 45.000 gemi transit geçiş yapmaktadır (KEGM,2021). Günümüzde 15 milyonun üzerinde nüfusa ev sahipliği yapan İstanbul'da ulaşımı sağlamak amacıyla her gün 3000'in üzerinde feribot seferi yapılmaktadır(Şehir Hatları, 2020). Çanakkale Boğazı'nda ise lokal ulaşımı sağlamak için günde yüzlerce feribot seferi yapılmaktadır. Bu durum her iki boğazda da yerel trafiğin yoğun olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Gece/Karanlık (GK): Gece hız, mesafe ve çevredeki değişikliklerin farkına varabilmek gündüzden daha zordur. Restoranlar, araçlar, ev ve şehir aydınlatmalarının neden olduğu ışık kirliliği seyir yardımcılarının görünürlüğünü kısıtlar (Akten, 2002). Gece seyreden gemiler, ışıkların görüşü kısıtlaması, arka aydınlatmaların kafa karışıklığına sebep olması, seyir fenerlerinin görünürlüğünün azalması ve ışısız seyir tehlikelerinin varlığı nedeniyle ekstra dikkat etmelidir (Akten, 2004).

Keskin Dönüş (KD): Dar suyollarında emniyetli su yolu kısıtlıdır. Akıntı, rüzgâr gibi olumsuz faktörlerin etkisiyle 30 dereceden fazla olan büyük dönüşlerde gemiyi istenilen rota ve mevkide tutmak zorlaşır. Özellikle de düşük hızlı ya da büyük

tonajlı gemilerde bu risk diğer gemilere nazaran daha fazladır. İstanbul Boğazı'nda çoğunun arkası görünmeyen 12 adet büyük dönüş bulunmaktadır (Akten, 2004). Bunlardan en keskin olanlar 80 derece ile Yeniköy, 70 derece ile Umur Yeri ve 45 derece ile Kandilli'dedir. Boğaz'ın en dar kesimi olan Ortaköy'den Emirgan'a kadar birkaç kritik rota değişikliği vardır (Akten, 2003). Benzer şekilde Çanakkale Boğazı'nda ise gemiler en az 10 rota değişikliği yapmak zorundadır. Bunlardan Nara Burnu dönüşü (70 derece) ve Kilitbahir dönüşü (50 derece) en keskin dönüş noktalarıdır (Kılıç ve Sanal, 2015).

Dar Kanal Yapısı (DKY): Hem İstanbul hem de Çanakkale Boğazı geçiş yapan gemilere göre dar ve sığ sular olarak adlandırılabilir (Cömert ve Sağ, 2016). Dar suyollarında bank etkisi ortaya çıkabilmektedir. Boğazlarda Nara Burnu, Kilitbahir, Kandilli Burnu, Akıntı Burnu ve Aşıyan Burnu gibi yakın geçilmesi gereken pek çok yer vardır. Bank etkisi bu bölgelerde gemi başını iterken (Bank püskürtmesi) kıç tarafını kıyıya doğru çekmeye (Bank emmesi) çalışır (Cömert ve Sağ, 2016). Bu durum gemi hareketini olumsuz etkilerken eğer köprüüstü takım üyeleri tarafından dikkate alınmazsa kazalara zemin hazırlamaktadır.

Sığlık (S): Squat etkisi, sığ sularda geminin suya daha fazla gömülmesine neden olur (Cömert & Sağ, 2016). Sığ su etkisi olarak da bilinen bu durum, gemi su çekiminin 2,5 katı ve daha az derinliklerde etkisini göstermeye başlar (Cömert, 2013). Sığ su etkisi gemi su çekiminin artmasıyla artar (Cömert ve Sağ, 2016). İstanbul Boğazında Umur Bankı, Yeniköy, Bebek ve Kandilli'de karaya oturma riskinin yüksek olduğu önceki çalışmalarda ortaya konmuştur (Akten, 2004). Çanakkale Boğazında ise Şehitler Abidesi-Kumkale, Gelibolu-Zincirbozan, Kilitbahir-Karanfil Feneri, Nara-Kilitbahir arasında karaya oturma riski yüksek olabilmektedir (Kılıç ve Sanal, 2015).

3.6.1.3 İç Çevre Kaynaklı Faktörler (İF)

Geminin tasarımı, dizaynı ve donanımı ile ilgili faktörlerin kaza oluşumundaki etkisini ifade eder.

Gemi Yürütücü Sistem Arızası (GYS): Geminin yürütücü sistemlerinde (dümen, jeneratörler, ana makine, yardımcı makineler vb.) meydana gelen arızaları kapsamaktadır (Uğurlu ve ark., 2018). Bu tür arızalar durumsal farkındalık

eksikliğinde ortaya çıktığında operatörlerin emniyetsiz eylemlerine (algı, beceri ve karar hatalarına) yol açabilmektedir. Teknik ve mekanik arızalar Türk Boğazlarında kazalara sebebiyet veren önemli nedensel faktörlerdendir (Akten, 2002; Uğurlu ve ark., 2020; Carien Droppers, 2007).

Düşük Hızlı Gemiler (DHG):Karaya göre hızı 4 knotun altında olan gemilerin Türk Boğazlarından römorkör yardımı olmaksızın geçişine müsaade edilmez (UAB, 2021). Gemiler düşük hızlı olduklarında akıntı ve rüzgârdan daha fazla etkilenecek özellikle keskin dönüşlerde ve trafiği yoğun bölgelerde seyir emniyetine tehdit oluşturmaktadır.

Gemi Büyüklüğü (GB): Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Yönetmeliği'ne göre tam boyu 200 m ve daha büyük olan gemiler büyük gemi olarak tanımlanmıştır (Resmî Gazete, 2019,30859,24). Artan gemi sayıları, boyutları ve tonajları özellikle Türk Boğazları gibi kısıtlı su yollarının sınırlarını zorlamaktadır (Cömert ve Sağ, 2016). Gemi boyunun büyümesi ile azalan manevra kabiliyeti, özellikle kısıtlı sularda artan bir risktir (Chapman ve Akten, 1998; Akten, 2004).

3.6.2 Bulanık AHP'nin Uygulanması

Adım 1: Bulanık karşılaştırma matrisini oluşturmak için farklı kriterlerin ikili karşılaştırması yapılır ve ardından her bir kriterin genel hedefe göre öncelik değerleri hesaplanır. Çizelge 3.5 hiyerarşik yapının elemanlarını ve kısaltmalarını verirken Çizelge 3.6, Uzman1 (U1) tarafından yapılan ana kriterlere ait ikili karşılaştırmaları göstermektedir. Uzman 1'in ana kriterler için yaptığı ikili karşılaştırmalara ait hesaplama örneği aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 3.5 Hiyerarşik Yapı Elemanları ve Kısaltmaları

İnsan Kaynaklı Faktörler	C1	Kötü Hava Şartları	SC2.1
Dış Çevre Kaynaklı Faktörler	C2	Akıntı	SC2.2
İç Çevre Kaynaklı Faktörler	C3	Trafik Yoğunluğu	SC2.3
Hatalı Manevra	SC1.1	Gece/Arkaplan Aydınlatmaları	SC2.4
Emniyetli Olmayan Hız	SC1.2	Keskin Dönüş	SC2.5
Aykırı Geçiş	SC1.3	Dar Kanal Yapısı	SC2.6
Seperasyon İhlali	SC1.4	Sığlık	SC2.7
Geçiş İhlali	SC1.5	Gemi Yürütücü Sistem Arızaları	SC3.1
İletişim ve Koordinasyon Eksikliği	SC1.6	Gemi Büyüklüğü	SC3.2
		Düşük Hızlı Gemiler	SC3.3

Çizelge 3.6 Uzman 1'e Göre Kriterlerin Bulanık Karşılaştırma Matrisi

	C1	C2	C3	Bulanık Öncelik Ağırlıkları	Normalize Ağırlıklar	
U1	C1	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(0.212, 0.250, 0.303)	0.000
	C2	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(0.212, 0.250, 0.303)	(0.212, 0.250, 0.303)	0.000
	C3		(1,1,1)	(0.353, 0.500, 0.682)	(0.353, 0.500, 0.682)	1.000

Adım 2: Her kriterin bulanık sentetik genişletilmiş değerini bulmak için Denklem (4.3) kullanılır.

$$S_{C1} = (2.40, 2.50, 2.67) \times (8.80, 10.00, 11.33)^{-1} = (0.212, 0.250, 0.303)$$

$$S_{C2} = (2.40, 2.50, 2.67) \times (8.80, 10.00, 11.33)^{-1} = (0.212, 0.250, 0.303)$$

$$S_{C3} = (4.00, 5.00, 6.00) \times (8.80, 10.00, 11.33)^{-1} = (0.353, 0.500, 0.682)$$

Adım 3: Denklem (4.8) kullanılarak olasılık derecesi değerleri hesaplanır.

$$V(S_{C1} \geq S_{C2}) = 1.00, V(S_{C2} \geq S_{C1}) = 1.00, V(S_{C1} \geq S_{C3}) = 0.00, V(S_{C3} \geq S_{C1}) = 1.00$$

Adım 4: Denklem (4.10) kullanılarak her kriter için minimum olasılık derecesi belirlenir.

$$d'(C1) = \min V(S_{C1} \geq S_{C2}, S_{C3}) = (1.00, 0.00) = 0.00$$

$$d'(C2) = \min V(S_{C2} \geq S_{C1}, S_{C3}) = (1.00, 0.00) = 0.00$$

$$d'(C3) = \min V(S_{C3} \geq S_{C1}, S_{C2}) = (1.00, 1.00) = 1.00$$

Adım 5: Denklem (4.11)'e göre kriterlerin ağırlık vektörü oluşturulur.

$$W' = (0.00, 0.00, 1.00)^T$$

Denklem (4.12) ile normalizasyon işlemi uygulanır ve normalize ağırlık vektörü bulunur.

$$W = (0.00, 0.00, 1.00)$$

Adım 6: Kriterlere göre tüm alt kriterlerin normalize ağırlık vektörlerini ve alt kriterlere göre alternatiflerin normalize ağırlık vektörlerini bulmak için Adım 1-5 tekrar edilir (Çizelge 3.7-3.8).

Çizelge 3.7 Uzman 1'e Göre Alt Kriterlerin Kriterlere Bağlı Bulanık Karşılaştırma Matrisi

C1							Yerel	Normalize	
SC1.1	SC1.2	SC1.3	SC1.4	SC1.5	SC1.6		Ağırlıklar	Ağırlıklar	
SC1.1	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.200	0.000	
SC1.2	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	0.000	0.000	
SC1.3		(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.200	0.000	
SC1.4			(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.200	0.000	
SC1.5				(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.200	0.000	
SC1.6					(1,1,1)	(1,1,1)	0.200	0.000	
C2							Yerel	Normalize	
SC2.1	SC2.2	SC2.3	SC2.4	SC2.5	SC2.6	SC2.7	Ağırlıklar	Ağırlıklar	
SC2.1	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	0.178	0.000
SC2.2	(1,1,1)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	0.265	0.000
SC2.3		(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	0.265	0.000
SC2.4			(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.000	0.000
SC2.5				(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	0.026	0.000
SC2.6					(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	0.265	0.000
SC2.7						(1,1,1)	(1,1,1)	0.000	0.000
C3							Yerel	Normalize	
SC3.1	SC3.2	SC3.3					Ağırlıklar	Ağırlıklar	
SC3.1	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)					0.582	0.582
SC3.2	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)						0.418	0.418
SC3.3		(1,1,1)						0.000	0.000

Çizelge 3.8 Uzman 1'e Göre Alternatiflerin Alt Kriterlere Bağlı Bulanık Karşılaştırma Matrisi

	Türkeli	Kandilli	Kadıköy	Marmara	Gelibolu	Nara	Kumkale	Normalize
SC1.1	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	0.000
Türkeli	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	0.000
Kandilli		(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	0.000
Kadıköy			(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	0.000
Marmara				(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	0.000
Gelibolu					(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	0.000
Nara						(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	0.000
Kumkale							(1,1,1)	0.000
SC1.2	(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	0.000
Türkeli	(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	0.000
Kandilli		(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	0.000
Kadıköy			(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	0.000
Marmara				(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	0.000
Gelibolu					(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	0.000
Nara						(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	0.000
Kumkale							(1,1,1)	0.000
SC1.3	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.000
Türkeli	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.000
Kandilli		(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.000
Kadıköy			(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.000
Marmara				(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	0.000
Gelibolu					(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.000
Nara						(1,1,1)	(1,1,1)	0.000
Kumkale							(1,1,1)	0.000
SC3.3	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	0.000
Türkeli	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	0.000
Kandilli		(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(7/2,4,9/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(7/2,4,9/2)	0.000
Kadıköy			(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	0.000
Marmara				(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/9,1/4,2/7)	(1,1,1)	0.000
Gelibolu					(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	0.000
Nara						(1,1,1)	(7/2,4,9/2)	0.000
Kumkale							(1,1,1)	0.000

Adım 7: Tüm uzmanlar için Adım 1-6 tekrarlanarak hesaplamalar yapılmıştır. Kılavuz kaptanlar, GTHoperatörleri ve uzakyol gemi kaptanlarından oluşan ve Türk Boğazlarını yakından tanıyan 20 uzman ile yapılan görüşmeler yüz yüze ve uzaktan erişim yoluyla tamamlanmıştır. Çalışmada uzmanların ağırlıklandırılması için kullanılan skala Çizelge 3.9’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.9 Uzman Ağırlık Puanları

	Sınıf	Puan
Mesleki Yeterlilik	Kılavuz Kaptan	3
	GTH Operatörü	2
	Uzakyol Gemi Kaptanı	1
Hizmet Süresi (Yıl)	15 ve Üzeri	3
	10 – 14	2
	0 – 9	1
Boğaz Geçiş Sayısı	100 ve Üzeri	3
	50 – 99	2
	0 – 49	1

Adım 8: Her uzmanın sonuç üzerindeki etki derecesini belirleyen uzman ağırlığı (W_E) hesaplanmıştır (Çizelge 3.10).

$$W_{E_i} = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

Burada n uzman sayısı; P uzmanın toplam skorunu ifade eder.

Çizelge 3.10 Uzmanların Ağırlıklandırılması

Uzman	Mesleki Pozisyon			Boğaz Geçiş Sayısı			Hizmet Süresi (Yıl)			Toplam Skor (P)	Ağırlık (W_E)
	Kılavuz Kaptan	GTH Operatörü	Uzakyol Gemi Kaptan	100+ Geçiş	50-99 Geçiş	0-49 Geçiş	15+ Yıl	10-14 Yıl	0-9 Yıl		
1			✓		✓		✓			6	0.041
2			✓			✓		✓		4	0.027
3			✓		✓		✓			6	0.041
4			✓	✓			✓			7	0.048
5			✓	✓			✓			7	0.048
6		✓				✓	✓			6	0.041
7		✓		✓				✓		7	0.048
8		✓				✓		✓		5	0.034
9		✓		✓			✓			8	0.055
10	✓					✓	✓			6	0.041
11	✓			✓			✓			9	0.062
12	✓			✓			✓		✓	7	0.048
13	✓			✓						9	0.062
14	✓			✓			✓			9	0.062
15	✓			✓			✓			9	0.062
16		✓		✓				✓		7	0.048
17		✓			✓		✓			7	0.048
18	✓			✓			✓			9	0.062
19	✓			✓			✓			9	0.062
20	✓			✓			✓			9	0.062

Adım 9: Her uzmanın değerlendirmesi sonucunda hesaplanan normalize ağırlık vektörleri ile uzman ağırlığı çarpılır. Böylece her uzmanın kendi ağırlığı derecesinde sonuca etki etmesi sağlanır (Çizelge 3.11 ve 3.12).

Çizelge 3.2 Uzman Ağırlıkları ve Her Uzman İçin Elemanların Normalize Ağırlıkları

	$W_E =$	U1	U2	U3	....	U19	U20
		0.041	0.027	0.041		0.062	0.062
C1		0.000	0.418	0.451	....	0.333	1.000
SC1.1		0.000	0.118	0.085	....	0.000	0.000
SC1.2		0.000	0.053	0.064	....	0.000	0.000
SC1.3		0.000	0.071	0.085	....	0.025	0.250
SC1.4		0.000	0.053	0.011	....	0.000	0.250
SC1.5		0.000	0.053	0.085	....	0.000	0.250
SC1.6		0.000	0.071	0.120	....	0.308	0.250
C2		0.000	0.000	0.226	....	0.333	0.000
SC2.1		0.000	0.000	0.032	....	0.080	0.000
SC2.2		0.000	0.000	0.032	....	0.039	0.000
SC2.3		0.000	0.000	0.032	....	0.053	0.000
SC2.4		0.000	0.000	0.032	....	0.053	0.000
SC2.5		0.000	0.000	0.032	....	0.053	0.000
SC2.6		0.000	0.000	0.032	....	0.039	0.000
SC2.7		0.000	0.000	0.032	....	0.015	0.000
C3		1.000	0.582	0.324	....	0.333	0.000
SC3.1		0.582	0.262	0.108	....	0.333	0.000
SC3.2		0.418	0.188	0.108	....	0.000	0.000
SC3.3		0.000	0.131	0.108	....	0.000	0.000

Çizelge 3.3 Uzman Ağırlıkları ve Her Uzman İçin Alternatiflerin Normalize Ağırlıkları

		$W_E =$	U1	U2	U3	....	U19	U20
			0.041	0.027	0.041	....	0.062	0.062
SC1.1	Türkeli		0.000	0.002	0.005	....	0.000	0.000
	Kandilli		0.000	0.040	0.026	....	0.000	0.000
	Kadıköy		0.000	0.025	0.014	....	0.000	0.000
	Marmara		0.000	0.002	0.005	....	0.000	0.000
	Gelibolu		0.000	0.012	0.005	....	0.000	0.000
	Nara		0.000	0.025	0.026	....	0.000	0.000
	Kumkale		0.000	0.012	0.005	....	0.000	0.000
SC1.2	Türkeli		0.000	0.004	0.009	....	0.000	0.000
	Kandilli		0.000	0.010	0.014	....	0.000	0.000
	Kadıköy		0.000	0.010	0.008	....	0.000	0.000
	Marmara		0.000	0.004	0.009	....	0.000	0.000
	Gelibolu		0.000	0.007	0.008	....	0.000	0.000
	Nara		0.000	0.010	0.009	....	0.000	0.000
	Kumkale		0.000	0.007	0.008	....	0.000	0.000
SC1.3	Türkeli		0.000	0.004	0.014	....	0.001	0.036
	Kandilli		0.000	0.020	0.020	....	0.008	0.048
	Kadıköy		0.000	0.012	0.008	....	0.008	0.048
	Marmara		0.000	0.007	0.008	....	0.001	0.010
	Gelibolu		0.000	0.007	0.014	....	0.005	0.048
	Nara		0.000	0.012	0.020	....	0.001	0.048
	Kumkale		0.000	0.007	0.002	....	0.001	0.010
SC3.3	Türkeli		0.000	0.007	0.012	....	0.000	0.000
	Kandilli		0.000	0.040	0.020	....	0.000	0.000
	Kadıköy		0.000	0.040	0.015	....	0.000	0.000
	Marmara		0.000	0.005	0.012	....	0.000	0.000
	Gelibolu		0.000	0.007	0.015	....	0.000	0.000
	Nara		0.000	0.024	0.020	....	0.000	0.000
	Kumkale		0.000	0.007	0.015	....	0.000	0.000

Adım 10: Tüm uzmanların sonuca katkısı toplanarak kriterler, alt kriterler ve alternatiflerin nihai ağırlıkları belirlenir (Çizelge 3.13 ve 3.14). Çizelge 3.15 nihai ağırlıkları göstermektedir.

Çizelge 3.13 Uzmanların Toplam Ağırlıkları

	U1	U2	U3	....	U19	U20	Toplam Ağırlıklar
C1	0.000	0.011	0.019	....	0.021	0.062	0.479
SC1.1	0.000	0.003	0.004	....	0.000	0.000	0.114
SC1.2	0.000	0.001	0.003	....	0.000	0.000	0.036
SC1.3	0.000	0.002	0.004	....	0.002	0.015	0.074
SC1.4	0.000	0.001	0.000	....	0.000	0.015	0.054
SC1.5	0.000	0.001	0.004	....	0.000	0.015	0.078
SC1.6	0.000	0.002	0.005	....	0.019	0.015	0.122
C2	0.000	0.000	0.009	....	0.021	0.000	0.203
SC2.1	0.000	0.000	0.001	....	0.005	0.000	0.035
SC2.2	0.000	0.000	0.001	....	0.002	0.000	0.046
SC2.3	0.000	0.000	0.001	....	0.003	0.000	0.034
SC2.4	0.000	0.000	0.001	....	0.003	0.000	0.016
SC2.5	0.000	0.000	0.001	....	0.003	0.000	0.031
SC2.6	0.000	0.000	0.001	....	0.002	0.000	0.028
SC2.7	0.000	0.000	0.001	....	0.001	0.000	0.014
C3	0.041	0.016	0.013	....	0.021	0.000	0.318
SC3.1	0.024	0.007	0.004	....	0.021	0.000	0.217
SC3.2	0.017	0.005	0.004	....	0.000	0.000	0.069
SC3.3	0.000	0.004	0.004	....	0.000	0.000	0.032

Çizelge 3.4 Alternatiflerin Toplam Ağırlıkları

		U1	U2	U3	....	U19	U20	Toplam Ağırlıklar
SC1.1	Türkeli	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.007
	Kandilli	0.000	0.001	0.001	....	0.000	0.000	0.033
	Kadıköy	0.000	0.001	0.001	....	0.000	0.000	0.028
	Marmara	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.004
	Gelibolu	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.008
	Nara	0.000	0.001	0.001	....	0.000	0.000	0.027
	Kumkale	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.007
SC1.2	Türkeli	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.002
	Kandilli	0.000	0.000	0.001	....	0.000	0.000	0.009
	Kadıköy	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.008
	Marmara	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.002
	Gelibolu	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.003
	Nara	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.009
	Kumkale	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.002
SC1.3	Türkeli	0.000	0.000	0.001	....	0.000	0.002	0.005
	Kandilli	0.000	0.001	0.001	....	0.000	0.003	0.022
	Kadıköy	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.003	0.019
	Marmara	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.001	0.005
	Gelibolu	0.000	0.000	0.001	....	0.000	0.003	0.009
	Nara	0.000	0.000	0.001	....	0.000	0.003	0.018
	Kumkale	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.001	0.004
SC3.3	Türkeli	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.002
	Kandilli	0.000	0.001	0.001	....	0.000	0.000	0.011
	Kadıköy	0.000	0.001	0.001	....	0.000	0.000	0.005
	Marmara	0.000	0.000	0.000	....	0.000	0.000	0.001
	Gelibolu	0.000	0.000	0.001	....	0.000	0.000	0.002
	Nara	0.000	0.001	0.001	....	0.000	0.000	0.010
	Kumkale	0.000	0.000	0.001	....	0.000	0.000	0.002

Çizelge 3.5 Nihai Toplam Ağırlıklar

		Türkeli	Kandilli	Kadıköy	Marmara	Gelibolu	Nara	Kumkale
C1	0.479							
SC1.1	0.114	0.007	0.033	0.028	0.004	0.008	0.027	0.007
SC1.2	0.036	0.002	0.009	0.008	0.002	0.003	0.009	0.002
SC1.3	0.074	0.005	0.019	0.016	0.005	0.009	0.016	0.004
SC1.4	0.054	0.005	0.014	0.012	0.004	0.006	0.010	0.004
SC1.5	0.078	0.007	0.015	0.016	0.005	0.012	0.018	0.005
SC1.6	0.122	0.016	0.023	0.024	0.009	0.014	0.020	0.015
C2	0.203							
SC2.1	0.035	0.005	0.008	0.005	0.003	0.003	0.007	0.004
SC2.2	0.046	0.001	0.020	0.006	0.000	0.001	0.016	0.001
SC2.3	0.034	0.005	0.006	0.008	0.002	0.005	0.006	0.002
SC2.4	0.016	0.001	0.004	0.005	0.001	0.001	0.002	0.001
SC2.5	0.031	0.001	0.014	0.003	0.001	0.001	0.011	0.001
SC2.6	0.028	0.001	0.013	0.004	0.001	0.001	0.008	0.001
SC2.7	0.014	0.001	0.003	0.003	0.000	0.002	0.003	0.001
C3	0.318							
SC3.1	0.217	0.018	0.056	0.048	0.010	0.018	0.049	0.018
SC3.2	0.069	0.007	0.019	0.015	0.001	0.006	0.017	0.004
SC3.3	0.032	0.002	0.011	0.005	0.001	0.002	0.010	0.002

Çizelge 3.6 Normalize FAHP (%A)

	Türkeli	Kandilli	Kadıköy	Marmara	Gelibolu	Nara	Kumkale
SC1.1	8.01	12.21	13.46	8.82	8.63	11.89	9.85
SC1.2	2.80	3.46	3.96	4.06	3.22	3.88	2.71
SC1.3	6.41	7.12	7.89	10.11	9.34	7.06	4.97
SC1.4	5.66	5.27	5.62	7.95	6.94	4.31	5.38
SC1.5	8.41	5.75	7.65	10.33	13.22	7.70	7.48
SC1.6	19.43	8.70	11.73	18.23	15.28	8.87	21.33
SC2.1	5.64	2.95	2.62	6.11	3.74	3.14	5.20
SC2.2	1.12	7.42	2.93	0.77	1.43	7.02	1.44
SC2.3	5.46	2.13	4.08	3.57	5.53	2.81	2.80
SC2.4	1.31	1.49	2.47	2.17	1.30	0.90	1.43
SC2.5	1.02	5.29	1.21	1.35	1.08	4.68	1.20
SC2.6	1.36	4.77	1.98	1.12	1.17	3.30	1.22
SC2.7	1.29	1.28	1.51	0.74	1.71	1.29	1.38
SC3.1	21.27	21.08	22.97	20.68	19.00	21.46	25.75
SC3.2	8.68	7.12	7.41	2.68	6.34	7.30	5.17
SC3.3	2.15	3.96	2.51	1.31	2.06	4.40	2.70
Toplam	100	100	100	100	100	100	100

3.6.3 Kombine FAHP ve PRAT (CFP) Uygulanması

Bu çalışmada, P, F ve S değerlerini belirlemek için gerçek kaza istatistiklerinden yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılan veri seti son 10 yılda Türk Boğazları GTH bölgesinde meydana gelen gemi kazalarıdır. Sektör Kadıköy için istatistikler Çizelge 5.16'da verilmiştir. P faktörü için, Çizelge 3.17'in son sütunundaki, kazanın gerçekleşmesi için gereken ortalama zaman dikkate alınmıştır.

Çizelge 3.17 Sektör Kadıköy’deki Kaza İstatistikleri

Olay	Toplam	Olay Başına Ortalama Zaman (Ay)
SC1.1 Hatalı Manevra	106	1.132
SC1.2 Emniyetli Olmayan Hız	55	2.182
SC1.3 Aykırı Geçiş	24	5.000
SC1.4 Seperasyon İhlali	18	6.667
SC1.5 Geçiş İhlali	16	7.500
SC1.6 İletişim ve Koordinasyon Eksikliği	94	1.277
SC2.1 Kötü Hava Şartları	74	1.622
SC2.2 Akıntı	9	13.333
SC2.3 Trafik Yoğunluğu	159	0.755
SC2.4 Gece/ArkaPlan Aydınlatmaları	112	1.071
SC2.5 Keskin Dönüş	5	24.000
SC2.6 Dar Kanal Yapısı	12	10.000
SC2.7 Sıgılık	10	12.000
SC3.1 Gemi Yürütücü Sistem Arızaları	9	13.333
SC3.2 Gemi Büyüklüğü	41	2.927
SC3.3 Düşük Hızlı Gemiler	32	3.750
Sektördeki Toplam Kaza Sayısı	187	

Ortalama zamana karşılık gelen P faktör değerleri Çizelge 3.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7 Olasılık Faktörünün (P) Derecelendirilmesi

Olasılık Faktörü (P)	İstenmeyen Olayın Tanımı	Olayın Gerçekleşme Sıklığı
5	Kaçılmaz	≤ 3 Ay Süreçte 1 Olay
4	Yüksek Olasılık	$3 < \leq 6$ Ay Süreçte 1 Olay
3	%50 Olasılık	$6 < \leq 12$ Ay Süreçte 1 Olay
2	Düşük Olasılık	$12 < \leq 24$ Ay Süreçte 1 Olay
1	İmkansız	> 24 Ay Süreçte 1 Olay

F faktörü, Çizelge 5.16’deki gerçekleşen kaza sayılarına göre belirlenmiştir. Kazaların gerçekleşme sayılarına karşılık gelen F faktör değerleri Çizelge 3.19’te verilmiştir.

Çizelge 3.8 Frekans Faktörünün (F) Derecelendirilmesi

Frekans Faktörü (F)	Olayın Gerçekleşme Sayısı
5	> 100 Defa Meydana Gelme
4	$50 < \leq 100$ Defa Meydana Gelme
3	$20 < \leq 50$ Defa Meydana Gelme
2	$5 < \leq 20$ Defa Meydana Gelme
1	≤ 5 Defa Meydana Gelme

S faktörünü belirlemek için, Çizelge 5.19'ün son sütunundaki ortalama ciddiye skorları dikkate alınmıştır. Ortalama ciddiye skorları aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Ortalama ciddiye skoru} = \frac{\text{toplam ciddiye skoru}}{\text{kaza sayısı}} \quad (17)$$

Toplam ciddiye skorlarının hesaplanmasında Çizelge 3.20 ve Çizelge 3.21'ten yararlanılmıştır.

Çizelge 3.20 Sektör Kadıköy'deki Kazaların Ciddiyet İstatistikleri

Olay	Toplam	Ciddiyet Türü			Ciddiyet Skoru			Toplam Ciddiyet Skoru	Ortalama Ciddiyet Skoru
		Çok Ciddi (Skor=3)	Ciddi (Skor=2)	Az Ciddi (Skor=1)	Çok Ciddi	Ciddi	Az Ciddi		
SC1.1 Hatalı Manevra	106	1	104	1	3	208	1	212	2.00
SC1.2 Emniyetli Olmayan Hız	55	1	54	0	3	108	0	111	2.02
SC1.3 Aykırı Geçiş	24	1	23	0	3	46	0	49	2.04
SC1.4 Seperasyon İhlali	18	0	18	0	0	36	0	36	2.00
SC1.5 Geçiş İhlali	16	0	16	0	0	32	0	32	2.00
SC1.6 İletişim ve Koordinasyon Eksikliği	94	1	93	0	3	186	0	189	2.01
SC2.1 Kötü Hava Şartları	74	4	70	0	12	140	0	152	2.05
SC2.2 Akıntı	9	0	9	0	0	18	0	18	2.00
SC2.3 Trafik Yoğunluğu	159	2	157	0	6	314	0	320	2.01
SC2.4 Gece/ArkaPlan Aydınlatmaları	112	0	111	1	0	222	1	223	1.99
SC2.5 Keskin Dönüş	5	0	5	0	0	10	0	10	2.00
SC2.6 Dar Kanal Yapısı	12	0	12	0	0	24	0	24	2.00
SC2.7 Sığlık	10	0	10	0	0	20	0	20	2.00
SC3.1 Gemi Yürütücü Sistem Arızaları	9	2	7	0	6	14	0	20	2.22
SC3.2 Gemi Büyüklüğü	41	0	41	0	0	82	0	82	2.00
SC3.3 Düşük Hızlı Gemiler	32	1	31	0	3	62	0	65	2.03

Çizelge 3.9 Ciddiyet Türlerinin Puanları

Ciddiyet Türü (ST)	Skor (SC)
Çok Ciddi	3
Ciddi	2
Az Ciddi	1

Ortalama ciddiye skorlarına karşılık gelen S faktör değerleri Çizelge 3.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.10 Ciddiyet Faktörünün (S) Derecelendirilmesi

Ciddiyet Faktörü (S)	Ortalama Ciddiyet Skoru
3	Ortalama Ciddiyet Skoru > 2
2	Ortalama Ciddiyet Skoru 1 <= 2
1	Ortalama Ciddiyet Skoru <= 1

Her faktör için risk değeri (R) hesaplandığında, risk değerlerinin toplamı ilgili sektördeki toplam risk olarak tanımlanır (Çizelge 3.23). Örneğin, Sektör Kadıköy'deki toplam risk değeri 554'tür (Çizelge 3.24). Her faktörün risk değerini toplam riske bölerek, her faktörün ilgili sektördeki normalize risk değerini (%R) belirlemiş oluruz (Çizelge 3.25). CFP değerlerinin hesaplanmasında Denklem (4.15) kullanılır.

Çizelge 3.23 Her Alt Kriter İçin Sektör Kadıköy'deki Risk Değerinin Hesaplanması

Olay	Olasılık Faktörü (P)	Frekans Faktörü (F)	Ciddiyet Faktörü (S)	Risk Değeri (R)	Normalize Risk Değeri (%R)
	<i>(Çizelge 5.16, 5.17) (Çizelge 5.16, 5.18) (Çizelge 5.19, 5.21)</i>			$(P \times F \times S)$	
SC1.1 Hatalı Manevra	5	5	2	50	9.03
SC1.2 Emniyetli Olmayan Hız	5	4	3	60	10.83
SC1.3 Aykırı Geçiş	4	3	3	36	6.50
SC1.4 Seperasyon İhlali	3	2	2	12	2.17
SC1.5 Geçiş İhlali	3	2	2	12	2.17
SC1.6 İletişim ve Koordinasyon Eksikliği	5	4	3	60	10.83
SC2.1 Kötü Hava Şartları	5	4	3	60	10.83
SC2.2 Akıntı	2	2	2	8	1.44
SC2.3 Trafik Yoğunluğu	5	5	3	75	13.54
SC2.4 Gece/Arka Plan Aydınlatmaları	5	5	3	75	13.54
SC2.5 Keskin Dönüş	2	1	2	4	0.72
SC2.6 Dar Kanal Yapısı	3	2	2	12	2.17
SC2.7 Sığlık	3	2	2	12	2.17
SC3.1 Gemi Yürütücü Sistem Arızaları	2	2	3	12	2.17
SC3.2 Gemi Büyüklüğü	5	3	2	30	5.42
SC3.3 Düşük Hızlı Gemiler	4	3	3	36	6.50
Toplam				554	100

Çizelge 3.24 PRAT (R) Her Sektör İçin Alt Kriterlerin Risk Değerleri

	Türkeli	Kandilli	Kadıköy	Marmara	Gelibolu	Nara	Kumkale	Türk Boğazlarındaki Toplam Risk Değeri
SC1.1	12	36	50	2	18	12	12	142
SC1.2	4	12	60	1	3	2	2	84
SC1.3	1	3	36	2	3	2	2	49
SC1.4	2	12	12	1	8	4	12	51
SC1.5	2	2	12	2	12	2	2	34
SC1.6	12	12	60	2	18	2	12	118
SC2.1	18	2	60	1	4	2	8	95
SC2.2	2	36	8	1	12	12	12	83
SC2.3	4	18	75	1	2	8	2	110
SC2.4	36	24	75	2	6	4	12	159
SC2.5	1	36	4	1	1	12	2	57
SC2.6	2	36	12	1	1	12	2	66
SC2.7	2	8	12	1	8	12	12	55
SC3.1	6	8	12	1	2	4	2	35
SC3.2	3	8	30	2	18	4	2	67
SC3.3	3	8	36	1	2	4	12	66
Toplam	110	261	554	22	118	98	108	1271
	(%8.65)	(%20.54)	(%43.59)	(%1.73)	(%9.28)	(%7.71)	(%8.50)	(%100)

Çizelge 3.25 PRAT (%R) Her Sektör İçin Alt Kriterlerin Normalize Risk Değerleri

	Türkeli	Kandilli	Kadıköy	Marmara	Gelibolu	Nara	Kumkale
SC1.1	10.91	13.79	9.03	9.09	15.25	12.24	11.11
SC1.2	3.64	4.60	10.83	4.55	2.54	2.04	1.85
SC1.3	0.91	1.15	6.50	9.09	2.54	2.04	1.85
SC1.4	1.82	4.60	2.17	4.55	6.78	4.08	11.11
SC1.5	1.82	0.77	2.17	9.09	10.17	2.04	1.85
SC1.6	10.91	4.60	10.83	9.09	15.25	2.04	11.11
SC2.1	16.36	0.77	10.83	4.55	3.39	2.04	7.41
SC2.2	1.82	13.79	1.44	4.55	10.17	12.24	11.11
SC2.3	3.64	6.90	13.54	4.55	1.69	8.16	1.85
SC2.4	32.73	9.20	13.54	9.09	5.08	4.08	11.11
SC2.5	0.91	13.79	0.72	4.55	0.85	12.24	1.85
SC2.6	1.82	13.79	2.17	4.55	0.85	12.24	1.85
SC2.7	1.82	3.07	2.17	4.55	6.78	12.24	11.11
SC3.1	5.45	3.07	2.17	4.55	1.69	4.08	1.85
SC3.2	2.73	3.07	5.42	9.09	15.25	4.08	1.85
SC3.3	2.73	3.07	6.50	4.55	1.69	4.08	11.11
Toplam	100	100	100	100	100	100	100

4. BULGULAR veTARTIŞMA

Bu çalışmada, Türk Boğazlarında kaza oluşumunda rol oynayan faktörlerin FAHP ve PRAT yöntemlerini kombine eden hibrit bir yaklaşımla sektörler bazında bir değerlendirmesi yapılmıştır. Bu hibrit yaklaşımla, hem sadece istatistiksel verilerin yarattığı mekaniklikten kurtulmuş hem de sadece uzman düşüncelerine dayanan öznel yargılardan kaynaklanabilecek yanılıgıları kırmış oluruz. Hibrit bir yöntemin risk değerlendirmesi için kullanılması potansiyel risklerin farklı yönlerden değerlendirilmesini sağlar. Böylece araştırmacılara, tek bir yöntemin getireceği dezavantajları ve kısıtlamaları aşma fırsatı tanır. Bu çalışmada kullanılan hibrit yöntem, uzman yargıları ile verilere dayalı istatistikleri kombine ederek daha tutarlı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır.

Çizelge 4.1, Sektör Kadıköy için CFP sonuçlarını göstermektedir. Tüm sektörler için bu aşamalar tekrar edilir. Çalışmanın nihai sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Bu çizelge, her sektör için kaza oluşumunda öncelikli risk faktörlerini tanımlar ve risk faktörlerinin belirli faktörler etkisiyle yüzdesel olarak analiz sonuçlarını ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.1 Sektör Kadıköy’de Her Alt Kriter İçin Kombine FAHP-PRAT (CFP) Değerinin Hesaplanması

Olayın Kaynağı	Olay	PRAT (%R)	FAHP (%A)	CFP (0.5*%R + 0.5*%A)	
İnsan	SC1.1	Hatalı Manevra	9.03	13.46	11.24
	SC1.2	Emniyetli Olmayan Hız	10.83	3.96	7.39
	SC1.3	Aykırı Geçiş	6.50	7.89	7.20
	SC1.4	Seperasyon İhlali	2.17	5.62	3.89
	SC1.5	Geçiş İhlali	2.17	7.65	4.91
	SC1.6	İletişim ve Koordinasyon Eksikliği	10.83	11.73	11.28
Dış Çevre	SC2.1	Kötü Hava Şartları	10.83	2.62	6.73
	SC2.2	Akıntı	1.44	2.93	2.19
	SC2.3	Trafik Yoğunluğu	13.54	4.08	8.81
	SC2.4	Gece/ArkaPlan Aydınlatmaları	13.54	2.47	8.00
	SC2.5	Keskin Dönüş	0.72	1.21	0.97
	SC2.6	Dar Kanal Yapısı	2.17	1.98	2.07
	SC2.7	Sığlık	2.17	1.51	1.84
İç Çevre	SC3.1	Gemi Yürütücü Sistem Arızaları	2.17	22.97	12.57
	SC3.2	Gemi Büyüklüğü	5.42	7.41	6.41
	SC3.3	Düşük Hızlı Gemiler	6.50	2.51	4.51

Çizelge 4.2 Kombine FAHP-PRAT (CFP) Sonuçları

		Türkeli	Kandıllı	Kadıköy	Marmara	Gelibolu	Nara	Kumkale
İnsan	SC1.1	9.46	13.00	11.24	8.95	11.94	12.07	10.48
	SC1.2	3.22	4.03	7.39	4.30	2.88	2.96	2.28
	SC1.3	3.66	4.13	7.20	9.60	5.94	4.55	3.41
	SC1.4	3.74	4.94	3.89	6.25	6.86	4.19	8.24
	SC1.5	5.11	3.26	4.91	9.71	11.69	4.87	4.66
	SC1.6	15.17	6.65	11.28	13.66	15.27	5.45	16.22
Dış Çevre	SC2.1	11.00	1.86	6.73	5.33	3.57	2.59	6.30
	SC2.2	1.47	10.61	2.19	2.66	5.80	9.63	6.28
	SC2.3	4.55	4.51	8.81	4.06	3.61	5.49	2.32
	SC2.4	17.02	5.34	8.00	5.63	3.19	2.49	6.27
	SC2.5	0.96	9.54	0.97	2.95	0.96	8.46	1.53
	SC2.6	1.59	9.28	2.07	2.83	1.01	7.77	1.54
	SC2.7	1.55	2.17	1.84	2.64	4.25	6.76	6.24
İç Çevre	SC3.1	13.36	12.07	12.57	12.61	10.35	12.77	13.80
	SC3.2	5.70	5.09	6.41	5.89	10.80	5.69	3.51
	SC3.3	2.44	3.51	4.51	2.93	1.88	4.24	6.91

Çalışma sonucunda Türk Boğazlarında toplam riskin en yüksek olduğu sektörler sırasıyla Sektör Kadıköy (%43.59), Sektör Kandıllı (%20.54), Sektör Gelibolu (%9.28), Sektör Türkeli (%8.65), Sektör Kumkale (%8.50) ve Sektör Nara (%7.71) olurken Sektör Marmara (%1.73) toplam riskin en düşük olduğu sektör olmuştur (Çizelge 3.24). Bunun yanında, İstanbul Boğazındaki toplam risk değeri (%72.78), Çanakkale Boğazındaki toplam risk değerinin (%25.49) neredeyse 3 katı olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar mevcut çalışmaların neden çoğunlukla İstanbul Boğazına odaklandıklarını açıklamaktadır.

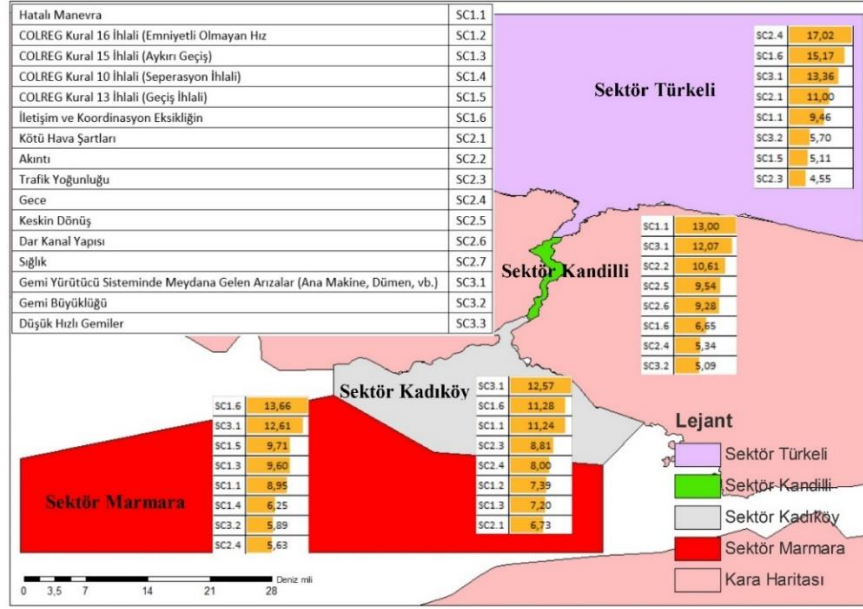
İstanbul Boğazındaki toplam risk içinde insan kaynaklı faktörler %40.76, dış çevre kaynaklı faktörler %37.35, iç çevre kaynaklı faktörler %21.89 oranında etkilidir. Çanakkale Boğazındaki toplam risk içinde insan kaynaklı faktörler %44.66, dış çevre kaynaklı faktörler %32.02, iç çevre kaynaklı faktörler %23.32 oranında etkilidir (Çizelge 5.26). İstanbul Boğazı için insan kaynaklı faktörler ile dış çevre kaynaklı faktörler arasında %3.41 fark bulunurken, Çanakkale Boğazında bu fark %12.64 olmaktadır. Buradan yola çıkarak, dış çevresel faktörlerden kaynaklanan risklerin İstanbul Boğazındaki etkisinin Çanakkale Boğazındaki etkisinden daha fazla olduğu sonucu çıkarılabilir. Bu sonuç İstikbal (2002) ve Erol ve ark. (2018) çalışmalarında belirtildiği gibi “İstanbul Boğazındaki kazaların temel nedenlerinden biri doğal koşullardır” ifadesini desteklemektedir. İç çevre kaynaklı faktörlerin ise her iki boğazda da benzer oranda etkili olduğu gözlenmiştir. İç çevre kaynaklı faktörler arasında gemi yürütücü sistem arızaları %55.74 (Çizelge 4.2) pay oranı ile başı

çekmektedir. Kısıtlı suyollarında böyle bir arızanın büyük risk teşkil edeceği açıktır. Bu sonuç, başta gemi yürütücü sistem arızaları olmak üzere iç çevresel faktörlerin konum fark etmeksizin her türlü kısıtlı suyolunda benzer risk değerine sahip olduğunu göstermektedir.

İstanbul ve Çanakkale Boğazları arasındaki dikkat çekici farklardan bir diğeri “gece/karanlık” faktörünün etkisidir. Gece/karanlık faktörü İstanbul Boğazındaki sektörlerde (Türkeli’nde 1. sırada, Kandilli’de 7. sırada, Kadıköy’de 5. sırada) yüksek önceliğe sahipken Çanakkale Boğazındaki sektörlerde (Gelibolu’da 12. sırada, Nara’da 16. sırada, Kumkale’de 8. sırada) düşük öncelikli faktörler arasında yer almaktadır (Çizelge 4.2). Bu sonuçlar, literatürde İstanbul Boğazına yönelik geçmiş çalışmaların (Arslan ve Turan, 2009) sonuçlarını destekler niteliktedir. Bunların yanında, çalışmada elde edilen sonuçlara göre Ilgar (2015), Bayazıt ve arkadaşlarının (2020) çalışmalarının aksine Çanakkale Boğazındaki toplam riskin en düşük olduğu bölgenin Sektör Nara olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi ise boğaz seyri yapan gemilerin ortalama olarak yarısının kılavuz kaptan alması, daha dikkatli seyir yapmalarıdır. Ayrıca Çanakkale Gemi Trafik Hizmetleri’nde Sektör Gelibolu ve Sektör Kumkale’de görev yapan operatörler gemilerden seyir plan raporlarını alarak bunları sisteme işlemekte, trafik organizasyon hizmeti vermekte ve anlık izleme yapmaktadır. Sektör Nara’da görev yapan operatörler ise yalnızca gemi takibi yapmalarından dolayı daha etkin bir izleme yaptıkları ve bununla riski boğaz içerisinde asgari düzeye düşürdüğü söylenebilir.

İstanbul Boğazındaki risklerin sektörler bazında sonuçlarına göre (CFP) Sektör Türkeli’ndeki toplam riskin %40.36’sı insan kaynaklı, %38.14’ü dış çevre kaynaklı, %21.50’si iç çevre kaynaklıdır (Çizelge 4.2). 16 faktör arasından Sektör Türkeli’nde en etkin risk faktörü “gece/karanlık (%17.02)” olmuştur. Ardından sırasıyla “iletişim ve koordinasyon eksikliği (%15.17), gemi yürütücü sistem arızaları (%13.36), kötü hava şartları (%11.00) ve hatalı manevra (%9.46)” en önemli risk faktörleri olarak sıralanmıştır (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1). Sektör Türkeli için gece/karanlık faktörünün ilk sırada yer almasında PRAT analizinde bu faktörün çok yüksek oranla (%32.73) ilk sırada yer alması etkili olmuştur (Çizelge 3.25). Oysaki uzman değerlendirmelerinden elde edilen FAHP sonuçlarına göre gece/karanlık faktörü en düşük risk oranına (%1.31) sahip faktörlerinden biri olarak bulunmuştur (Çizelge 3.16). Bu sonuç,

çalışmada kullanılan kombine yaklaşımın (CFP) tek bir yöntemle elde edilecek sonuçların sebep olacağı yanlışları minimize ederek araştırmacılara daha tutarlı ve dengeli sonuçlar verdiğini kanıtlar niteliktedir.



Şekil 4.1: İstanbul Boğazı Kombine FAHP-PRAT Sonuçları

Sektör Kandilli'deki toplam riskin %36.01'i insan kaynaklı, %43.32'si dış çevre kaynaklı, %20.68'i iç çevre kaynaklıdır (Çizelge 4.2). Sektör Kandilli'de ilk 5 risk faktörü "hatalı manevra (%13.00), gemi yürütücü sistem arızaları (%12.07), akıntı (%10.61), keskin dönüş (%9.54) ve dar kanal yapısı (%9.28)" şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 4.2 ve Şekil 3.2). Kandilli bölgesindeki güçlü akıntının bölgedeki en önemli risk faktörlerinden biri olarak belirlenmesi geçmiş çalışmaların (Akten, 2004; Arslan ve Turan, 2009) sonuçlarını desteklemektedir. Ancak Akten (2002; 2003; 2004) çalışmalarında, Sektör Kandilli içerisinde yer alan Umur Yeri ve Yeniköy gemilerin karaya oturma riski en yüksek bölgeler olarak tanımlanmasına rağmen bu çalışma sonuçlarında "sıglık (%2.17)" Sektör Kandilli'deki en düşük risk faktörlerinden biri olarak bulunmuştur. Umur Yeri'ndeki sıglık, değerlendirmeyi yapan uzmanlar tarafından iyi bilinmektedir. Bu nedenle, bölgeden geçiş yaparken daha dikkatli seyir yapıldığı varsayılabilir. Bu dikkat artışının sıglığın getireceği riski azalttığı düşünülebilir. (%1.28). Uzman yargılarının yanında, verilere dayalı PRAT analizi de "sıglık" faktörünün risk önceliğinin düşük olduğunu göstermiştir (%3.07). Kazaların konumsal analizinin yapıldığı daha önceki çalışmalarda (Akten, 2004; Ece, 2019)

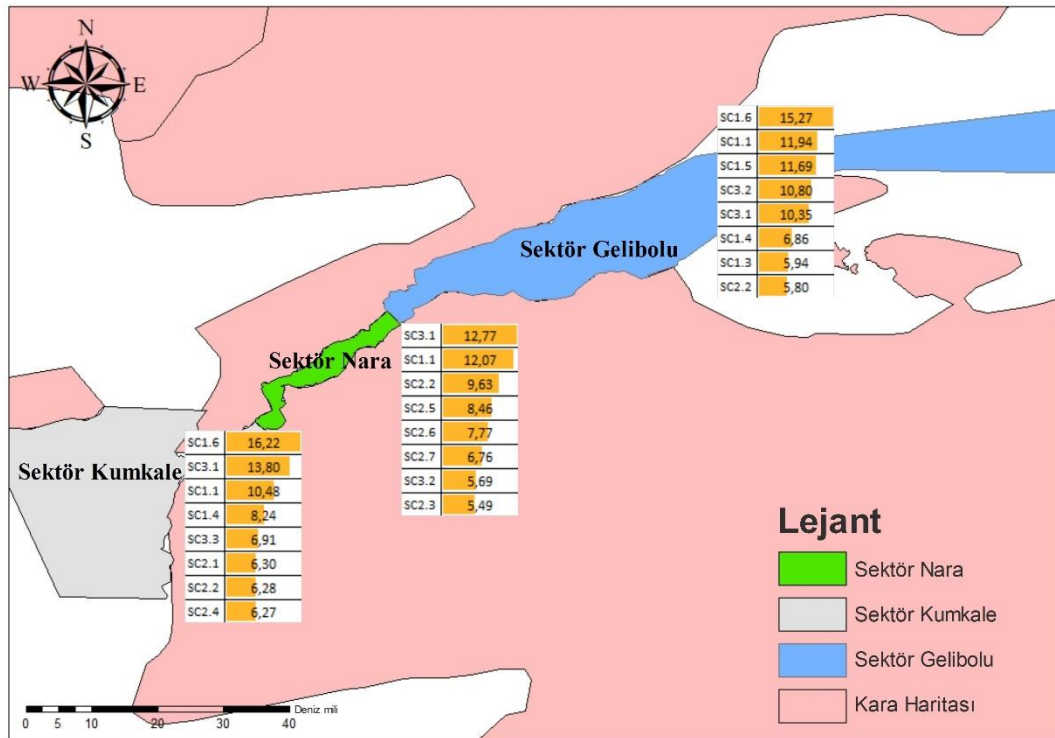
ortaya konan yoğun karaya oturmalarına rağmen PRAT analizinde elde edilen düşük oranın çalışmaların kapsamındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Umur Yeri'ndeki oturmaların çoğunlukla bu çalışma kapsamında olmayan küçük tekneleri içerdiği sonucuna varılabilir. Yeniköy'deki karaya oturma kazalarının temel nedeni ise sığıktan ziyade bölgedeki keskin dönüş ve güçlü akıntı olarak gösterilmektedir (Cömert, 2013).

Sektör Kadıköy'de toplam riskin %45.91'i insan kaynaklı, %30.60'ı dış çevre kaynaklı, %23.49'u iç çevre kaynaklıdır (Çizelge 4.2). Sektör Kadıköy'de ilk 5 risk faktörü sırasıyla “gemi yürütücü sistem arızaları (%12.57), iletişim ve koordinasyon eksikliği (%11.28), hatalı manevra (%11.24), trafik yoğunluğu (%8.81) ve gece/karanlık (%8,00)” olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2 ve Şekil 3.2). Özellikle, Aydoğdu İstanbul Boğazının güney girişindeki yoğun trafik üzerinde çalışmalar yapmış ve bu faktörün bölgede yüksek risk oluşturduğunu belirtmiştir (Aydoğdu ve ark., 2012; Aydoğdu, 2014). Bunun yanında pek çok çalışmada sahil aydınlatmaları ve demir yerindeki gemilerin ışıkları nedeniyle gece/karanlık faktörünün bölgedeki kazaların oluşumunda rol oynadığı ifade edilmiştir (Akten, 2004; Arslan ve Turan, 2009; Cömert, 2013; Özdemir, 2019).

Sektör Marmara'daki toplam riskin %52.48'i insan kaynaklı, %26.09'u dış çevre kaynaklı, %21.43'ü iç çevre kaynaklıdır (Çizelge 4.2). Toplam riskin en düşük olduğu bölge olan Sektör Marmara'nın içerisinde barındırdığı risk faktörlerinin öncelik sıralamasında ilk 5 risk faktörü “iletişim ve koordinasyon eksikliği (%13.66), gemi yürütücü sistem arızaları (%12.61), geçiş ihlali (%9.71), aykırı geçiş (%9.60) ve hatalı manevra (%8.95)” olmuştur (Çizelge 4.2 ve Şekil 3.2). Burada geçiş ihlali ve aykırı geçiş faktörlerinin sahip olduğu yüksek oranda, Altan (2014) çalışmasında belirttiği gibi Marmara Denizi'nde karşılıklı sefer yapan feribotların etkisi olduğu düşünülmektedir.

Çanakkale Boğazındaki risklerin sektörler bazındaki detaylarına göre Sektör Gelibolu'daki toplam riskin %54.59'u insan kaynaklı, %22.39'u dış çevre kaynaklı, %23.02'si iç çevre kaynaklıdır (Çizelge 5.26). Sektör Gelibolu, Türk Boğazları'nda “dış çevre kaynaklı” faktörlerin en az etkiye sahip olduğu sektör olarak dikkat çekmektedir. Sektör Gelibolu'da ilk 5 risk faktörü “iletişim ve koordinasyon eksikliği

(%15.27), hatalı manevra (%11.94), geçiş ihlali (%11.69), gemi büyüklüğü (%10.80) ve gemi yürütücü sistem arızaları (%10.35)” olarak sıralanmıştır (Çizelge 4.2 ve Şekil 3.2). Sektör Gelibolu’da gemi büyüklüğünün öncelikli risk faktörlerinden biri olmasında geçmiş kaza verilerinin etkisi yüksektir. PRAT analizinde “gemi büyüklüğü” faktörü, %15.25 oran ile “iletişim ve koordinasyon eksikliği” ve “hatalı manevra” ile birlikte ilk sırada yer almaktadır (Çizelge 3.25). Ayrıca, FAHP sonuçlarında da %6.34 oranla önemli bir risk faktörü olduğu görülmektedir (Çizelge 3.16). İstanbul Boğazı Çanakkale Boğazı’ndan daha dar olduğu halde “gemi büyüklüğü” faktörünün Gelibolu’da ön plana çıkması uygunsuz bir sonuç gibi görünebilir. Ancak İstanbul Boğazı’ndaki çevresel faktörlerin Çanakkale Boğazından daha etkin olması bu sonucu doğurmuştur. İstanbul Boğazının yapısından kaynaklı çevresel riskler daha baskın olduğundan “gemi büyüklüğü” faktörü geri planda kalmıştır. Çanakkale Boğazında ise, özellikle Sektör Gelibolu’da, dış çevresel faktörlerin neden olduğu riskin azalması “gemi büyüklüğü” faktörünü üst sıralara taşımıştır.



Şekil 4.2 Çanakkale Boğazı Kombine FAHP-PRAT Sonuçları

Sektör Nara'daki toplam riskin %34.10'u insan kaynaklı, %43.20'si dış çevre kaynaklı, %22.70'i iç çevre kaynaklıdır (Çizelge 4.2). Sektör Nara için ilk 5 risk faktörü Sektör Kandilli ile aynı olmakla beraber sıralamada “gemi yürütücü sistem arızaları (%12.77)” ilk sırada yer alırken “hatalı manevra (%12.07)” ikinci sırada yer almaktadır. Sonrasında sırasıyla “akıntı (%9.63), keskin dönüş (%8.46) ve dar kanal yapısı (%7.77)” faktörleri gelmektedir (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2). Sektör Nara ve Sektör Kandilli, içerisinde keskin dönüşler olan, Türk Boğazlarının en dar ve kıvrımlı bölgeleridir. Sahip oldukları ortak özellikler bu iki sektördeki risk faktörlerinin de benzer olmasına neden olmuştur. Benzer özellikler taşıyan iki ayrı bölgedeki risk faktörlerinin de benzer çıkması çalışmanın tutarlılığını destekleyen bir sonuçtur.

Sektör Kumkale'deki toplam riskin %45.30'u insan kaynaklı, %30.48'i dış çevre kaynaklı, %24.22'si iç çevre kaynaklıdır (Çizelge 4.2). Sektör Kumkale, “iç çevre kaynaklı” faktörlerin Türk Boğazları içinde en yüksek risk oranına ulaştığı bölge olarak dikkat çekmektedir. Sektör Kumkale'de ilk 5 risk faktörü “iletişim ve koordinasyon eksikliği (%16.22), gemi yürütücü sistem arızaları (%13.80), hatalı manevra (%10.48), seperasyon ihlali (%8.24) ve düşük hızlı gemiler (%6.91)” olarak sıralanmıştır (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2). Çalışmada yer alan 3 adet iç çevre kaynaklı faktörden ikisinin Sektör Kumkale'nin ilk 5 risk faktörü arasında yer alması dikkat çekici bir sonuçtur. Sektör Kumkale'de dikkat çeken sonuç, “düşük hızlı gemilerin” burada önemli bir risk faktörü olarak ortaya çıkmasıdır.

Sektör Kandilli ve Sektör Nara'da iletişim ve koordinasyon eksikliğinin ilk 5 risk faktörü arasında yer alamaması dikkat çeken bir sonuçtur. Bu sonuçta, bölgelerdeki akıntı, keskin dönüş ve dar kanal yapısı gibi coğrafi kısıtlamalardan (dış çevresel faktörler) kaynaklı baskıların en üst düzeye çıkmasının etkisi olduğu açıktır.

“Gemi yürütücü sistem arızaları” ve “hatalı manevra” tüm sektörler için ilk 5 risk faktörü arasında yer alırken “emniyetli olmayan hız” ve “sıgılık” faktörlerinin hiçbir sektörde ilk 5 risk faktörü arasında yer almaması çalışmanın ilginç sonuçları arasındadır. Gemi yürütücü sisteminde meydana gelen bir arıza gemiyi kumanda altında bulunmayan tekne durumuna sokacaktır. Kısıtlı sularda kumanda altında bulunmayan bir teknenin yüksek risk içermesi beklenen bir durumdur. Hatalı manevra

ise doğrudan kazayla sonuçlanma potansiyeli taşıdığından bu sonuçların normal olduğu düşünülmektedir.

Arslan ve Turan (2009) İstanbul Boğazında kaza riskinin azaltılması için gemilerin teknolojik olarak geliştirilmesinin önemli olduğunu sonucuna varmıştır. Emecen Kara (2016) çalışması, Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerin teknik olarak bakımsız ve yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Gemi yürütücü sistem arızalarının tüm sektörlerde yüksek bir risk oranına sahip olması bu çalışmaların sonuçlarını desteklemektedir. Bunun yanında Sektör Kandilli ve Sektör Nara dışındaki tüm sektörlerde insan kaynaklı faktörlerin kaza riskini iç çevre ve dış çevre kaynaklı faktörlerden daha fazla artırdığı sonucu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.2). Bu sonuç, literatürdeki geçmiş çalışmalarda (Arslan ve Turan, 2009; Uğurlu ve ark., 2015) sıkça ifade edilen “deniz kazalarının oluşumunda en büyük paya sahip olan faktör insan hatalarıdır” sonucunu bir kez daha doğrulamaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmada Türk Boğazları’ndaki mevcut risk faktörlerinin her sektörde öncelik sıralamasının değişiklik gösterdiği ortaya konmuştur. Bu sonuç, Türk Boğazlarından geçiş yapan bir geminin her sektörde farklı risklerle karşı karşıya kalacağı anlamına gelmektedir. Bunun yanında, bu çalışmada kullanılan hibrit yaklaşım ile tek bir yönteme dayalı analizlerde karşılaşılan çok yüksek ve çok düşük değerler dengelenmiştir. Aynı zamanda, insan algıları ile verilerin bir kombinasyonu yapılarak hayatın gerçekliğine en yakın sonuçlar sunulmaya çalışılmıştır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Türk Boğazları dünyanın en dar ve en kalabalık suyollarından biridir. Bu özelliği nedeniyle, geçiş yapan gemiler pek çok riskle karşı karşıya kalır. Kaza oluşumlarının sık yaşandığı Türk Boğazları'nda risklerin lokal olarak tespit edilmesi denizcilik sektörünün tüm paydaşları için büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bu çalışmada, Türk Boğazları'ndaki risk faktörlerinin sektörler bazında bir değerlendirmesi yapılmıştır. Kazaların oluşumunda rol oynayan faktörler FAHP ve PRAT yöntemlerini entegre eden hibrit bir yöntemle analiz edilmiştir. Çalışma ile Türk Boğazları'nda toplam riskin en yüksek olduğu bölgenin, geçmiş çalışmaların sonuçlarına paralel olarak, Sektör Kadıköy olduğu tespit edilmiştir.

Riskin en çok gözlemlendiği Sektör Kadıköy'de bu durumun oluşmasının sebepleri kontrol edildiğinde insan faktörü en ön sırada bulunmakta olup İstanbul Boğazı gemi giriş ve çıkışlarının bu sektörde gerçekleşiyor olması, yerel gemi trafiğinin büyük çoğunluğunun bu sektörde bulunması, giriş ya da çıkış yapan gemilerin ikmallerini bu sektörde gerçekleştirmesi ve yeterli olmayan demir sahaları olduğu söylenebilir. Bu durumların önüne geçebilmek adına demir sahaları sayısının yalnızca trafik hattının kuzeyinde olması yerine güneyde özellikle boğaz girişlerinden önce deniz derinliği ve diğer durumlar dikkate alınarak demir yeri alanlarını arttırmak amacıyla Heybeli ve Büyükkada'nın güney batısında demir yeri oluşturulması ya da trafik ayırım düzenleri güneye kaydırılarak var olan demir yeri alanları genişletilebilir. Demir yerleri giriş ve çıkış durumlarında emniyeti arttırmak amacıyla kılavuz kaptan zorunlu hale getirilebilir ayrıca gemilerin demirdeki yoğunluğunu düşürmek amacıyla ikmal ya da diğer işlemler için izin verilen bekleme süreleri(maksimum 168 saat) gözden geçirilebilir.

Riskin ikinci sırada en çok gözlemlendiği alan Sektör Kandilli olup bu alandaki riskleri minimize etmek amacıyla trafik organizasyon hizmeti verilirken gemilerin giriş saati aralıklarını daha fazla arttırarak gemi optimizasyonu sağlanabilir. Sektör kandilli boğazın büyük bir kısmını kapsadığından etkili ve beklenmedik rüzgâr, akıntı durumları bu sektörde oluşabilecek insan hatalarını arttırmakta olup özellikle keskin dönüş yerlerinde bulunan romörkor ve bu alanlarda konumlandırılmış istasyon sayıları arttırılabilir.

Sektörel bazda yapılan incelemelerde insan hatası en yüksek orana sahip olduğu için tüm sektörler özelinde yapılabilecek öneri ise simulasyon tabanlı Türk Boğazları gemi geçiş eğitimleri zorunlu hale getirilerek ilgili alandan geçiş yapacak gemi adamlarının farkındalığını arttırmak üzere kullanıma sunulabilir. Böylece ilk defa bu alandan geçiş yapacak olan gemi adamlarının dahi oluşabilecek risk faktörleriyle ilgili bilgi sahibi olması sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmanın en önemli sonucu, Türk Boğazları'ndaki risklerin her sektör için ayrı ayrı ortaya konulmuş olmasıdır. Çalışmada yer alan Çizelge 6.2 ve Şekil 5.1 her sektör için mevcut riskleri ve onların ağırlıklarını ortaya koyar. Bu çalışmanın sonuçları, Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerin seyir esnasında karşılaşılabilecekleri riskleri lokal olarak tanımlayarak, emniyetli geçişe yardımcı olabilir. Bunun yanında, Türk Boğazlarında seyir emniyetini artırmak için resmi makamlarca alınacak tedbirlerin belirlenmesinde yardımcı bir kaynak olabilir. Son olarak, bu çalışmada kullanılan uzman bilgisi ile geçmiş kaza verilerini kombine eden hibrit yöntemin tutarlı ve dengeli bir risk değerlendirme aracı olduğu görülmüştür. Bu hibrit yöntem gelecekte farklı endüstriler için de kullanılabilir ve tutarlılığı test edilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Admiralty Sailing Directions, 2019, NP24 Black Sea and Sea of Azov Pilot. London.
- Akten, N. (2002). The bosphorus: Factors contributing to marine casualties. *Turkish Journal of Marine Science*, 8, 179-195.
- Akten, N. (2003). The Strait of Istanbul (Bosphorus): The seaway separating the continents with its dense shipping traffic. *Turkish Journal of Marine Science*, 9(3), 241-265.
- Akten, N. (2004). Analysis of shipping casualties in the Bosphorus. *The Journal of Navigation*, 57(3), 345.
- Altan, T. (2014). Maritime Traffic Analysis of Marmara Sea. Doctoral Dissertation, Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Istanbul.
- Anonim, (2021). Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri Kullanıcı Rehberi. K1Y1 Emniyet Genel Müdürlüğü (KEGM), İstanbul.
- Arslan, O., & Turan, O. (2009). Analytical investigation of marine casualties at the Strait of Istanbul with SWOT–AHP method. *Maritime Policy & Management*, 36(2), 131-145.
- Aydogdu, YV. (2014). A comparison of maritime risk perception and accident statistics in the Istanbul Strait. *The Journal of Navigation*, 67(1), 129.
- Aydogdu, YV., Yurtoren, C., Park, JS., & Park, YS. (2012). A study on local traffic management to improve marine traffic safety in the Istanbul Strait. *The Journal of Navigation*, 65(1), 99.
- Başar, E. (2010). Weathering and oil spill simulations in the aftermath of tanker accidents at the junction points in the Marmara Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(2), 260-265.
- Bayazit, O., Toz, AC., & Buber, M., 2020. Spatial distribution analysis of ship accidents in the Çanakkale Strait. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin*. 62 (134), 9-17.
- Birpınar, ME., Talu, GF., & Gönençgil, B. (2009). Environmental effects of maritime traffic on the Istanbul Strait. *Environmental monitoring and assessment*, 152(1), 13-23.
- Boender, CGE., De Graan, JG., & Lootsma, FA. (1989). Multi-criteria decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy sets and Systems*, 29(2), 133-143.
- Bozbura, FT., Beskese, A., & Kahraman, C. (2007). Prioritization of human capital measurement indicators using fuzzy AHP. *Expert systems with applications*, 32(4), 1100-1112.
- Buckley, JJ. (1985). Ranking alternatives using fuzzy numbers. *Fuzzy sets and systems*, 15(1), 21-31.
- Celik, M., & Cebi, S. (2009). Analytical HFACS for investigating human errors in shipping accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 66-75.

- Celik, M., Er, ID., & Ozok, AF. (2009). Application of fuzzy extended AHP methodology on shipping registry selection: The case of Turkish maritime industry. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 190-198.
- Chang, DY. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.
- Chapman, SE., Akten, N. (1998). Marine casualties in the Turkish Straits. A way ahead. *Seaways*, 6-8.
- Cheng, CH. (1997). Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. *European journal of operational research*, 96(2), 343-350.
- Cömert, A. (2013). Developing A Navigational Model for The Turkish Straits. Ph.D. Thesis, Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Istanbul.
- Cömert, A. (2016). Objectives and Outcomes of Maritime Pilotage Services, the Role and the Importance of the Maritime Pilot on the Bridge, *Journal of ETA Maritime Science*, 4(1), 23-30.
- Cömert, A., & Sağ, OK.(2008). Analysing the vessels' manoeuvring difficulties in the Turkish Straits in order to develop a training program for maritime pilots.
- Deng, H. (1999). Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison. *International journal of approximate reasoning*, 21(3), 215-231.
- Denizhan, B., Yalçiner, AY., & Berber, Ş. (2017). Analitik hiyerarşi proses ve bulanık analitik hiyerarşi proses yöntemleri kullanılarak yeşil tedarikçi seçimi uygulaması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 63-78.
- Ding, JF., & Liang, GS. (2005). Using fuzzy MCDM to select partners of strategic alliances for liner shipping. *Information Sciences*, 173(1-3), 197-225.
- Emecen Kara, EG. (2016). Risk assessment in the Istanbul Strait using Black Sea MOU port state control inspections. *Sustainability*, 8(4), 390.
- Erensal, YC., Öncan, T., & Demircan, ML. (2006). Determining key capabilities in technology management using fuzzy analytic hierarchy process: A case study of Turkey. *Information Sciences*, 176(18), 2755-2770.
- Erol, S., & Başar, E. (2015). The analysis of ship accident occurred in Turkish search and rescue area by using decision tree. *Maritime Policy & Management*, 42(4), 377-388.
- Erol, S., Demir, M., Çetisli, B., & Eyüboğlu, E. (2018). Analysis of ship accidents in the Istanbul Strait using neuro-fuzzy and genetically optimised fuzzy classifiers. *The Journal of Navigation*, 71(2), 419.
- Fine, WT. (1971). Mathematical evaluations for controlling hazards. NAVAL ORDNANCE LAB WHITE OAK MD.
- Goerlandt, F., & Kujala, P. (2011). Traffic simulation-based ship collision probability modeling. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(1), 91-107.

- Göksu, A. (2008). Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Isparta.
- Hammer, W. (1972). Handbook of system and product safety. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Høj, NP., & Kröger, W. (2002). Risk analyses of transportation on road and railway from a European Perspective. *Safety science*, 1(40), 337-357.
- İlgar, R. (2002). Çanakkale Boğaz Ekosisteminde Ulaşım Faaliyetleri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 7, 8, 45-59.
- İlgar, R. (2015). Ship mobility and determination of accident risk map in the Dardanelles. *Turkey Geographic Magazine*, 65, 1-10.
- İstikbal, C. (2020). Strait of Istanbul, major accidents and abolishment of left-hand side navigation. *Aquatic Research*, 3(1), 40-65.
- Kaptan, M., Sivri, N., Blettler, MC., & Uğurlu, Ö. (2020). Potential threat of plastic waste during the navigation of ships through the Turkish straits. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(8), 1-7.
- Kaptan, M., Uğurlu, Ö., & Wang, J. (2021). The effect of nonconformities encountered in the use of technology on the occurrence of collision, contact and grounding accidents. *Reliability Engineering & System Safety*, 215, 107886.
- Karsak, EE., & Tolga, E. (2001). Fuzzy multi-criteria decision-making procedure for evaluating advanced manufacturing system investments. *International journal of production economics*, 69(1), 49-64.
- KEGM, Kıyı Emniyet Genel Müdürlüğü, 2021. Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri Kullanıcı Rehberi.
- Kılıç, A., & Sanal, HT. (2015). Çanakkale Boğazı'nda Karaya Oturmayla Sonuçlanan Gemi Kazaları. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 38-50.
- Kilinci, O., & Onal, SA. (2011). Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company. *Expert systems with Applications*, 38(8), 9656-9664.
- Kodak, G., Acarer, T. (2021). İstanbul Boğazı'nda deniz trafik düzenlemelerinin kaza oranına etkisinin değerlendirilmesi. *Aquatic Research*, 4(2), 181-207.
- Koday, Z., Koday, S., & Kaymaz, ÇK. (2017). Dünyadaki bazı önemli boğazlar ile kanalların coğrafi özellikleri ve jeopolitik önemleri. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(3), 879-940.
- Koulinas, GK., Demesouka, OE., Marhavalas, PK., Vavatsikos, AP., & Koulouriotis, DE. (2019b). Risk assessment using fuzzy TOPSIS and PRAT for sustainable engineering projects. *Sustainability*, 11(3), 615.
- Koulinas, GK., Marhavalas, PK., Demesouka, OE., Vavatsikos, AP., & Koulouriotis, DE. (2019a). Risk analysis and assessment in the worksites using the fuzzy-analytical hierarchy process and a quantitative technique—A case study for the Greek construction sector. *Safety science*, 112, 96-104.

- Kulak, O., & Kahraman, C. (2005). Multi-attribute comparison of advanced manufacturing systems using fuzzy vs. crisp axiomatic design approach. *International Journal of Production Economics*, 95(3), 415-424.
- Kum, S. (2008). Mental Workload of Vessel Traffic Services Operator. Ph.D. Thesis, Kobe University, Graduate school of Science and Technology, Maritime Science and Technology, Kobe/Japan.
- Kum, S., Fuchi, M., & Furusho, M. (2006). Analysing of maritime accidents by approaching method for minimizing human error. *Proceedings of IAMU AGA-7, "Globalization and MET"*, 2, 392-409.
- Macrae, C. (2009). Human factors at sea: common patterns of error in groundings and collisions. *Maritime Policy & Management*, 36(1), 21-38.
- Marhavilas, P. (2015). Risk assessment techniques in the worksites of occupational health–safety systems with emphasis on industries and constructions. Doctoral dissertation, Democritus University of Thrace, Polytechnic School, Department of Production Engineering and Management.
- Marhavilas, PK. (2009). Risk estimation in the Greek constructions' worksites by using a quantitative assessment technique and statistical information of occupational accidents. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 2(1), 51-55.
- Marhavilas, PK., & Koulouriotis, DE. (2008). A risk-estimation methodological framework using quantitative assessment techniques and real accidents' data: Application in an aluminum extrusion industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 21(6), 596-603.
- Marhavilas, PK., & Koulouriotis, DE. (2012). Developing a new alternative risk assessment framework in the work sites by including a stochastic and a deterministic process: A case study for the Greek Public Electric Power Provider. *Safety Science*, 50(3), 448-462.
- Marhavilas, PK., Koulouriotis, D., & Gemeni, V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000–2009. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(5), 477-523.
- McCallum, MC., Forsythe, AM., Raby, M., Rothblum, AM., & Slavich, A. (2000). Communications Problems in Marine Casualties. Coast Guard Research and Development Center, Groton Ct.
- Öztürk, AA., Karakulak, S., & Öztürk, B. (2006). Fishing In the Istanbul Strait (Bosphorus). *The Turkish Straits, maritime safety, legal and environmental aspects*, (25), 106.
- Poyraz, Ö., & Paksoy, A. (1998). Marine accidents in İstanbul Strait Risk Management. In *Symposium of the Environmental Problems of the Beykoz District*. (Ed. H. Öztürk). *Turkish Marine Research Foundation*, 3, 119-132.
- Qu, X., Meng, Q., & Suyi, L. (2011). Ship collision risk assessment for the Singapore Strait. *Accident Analysis & Prevention*, 43(6), 2030-2036.
- Resmî Gazete, 2019. Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Yönetmeliği, 30859.

- Saaty, TL. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hil.
- Sarialiođlu, S., Uğurlu, Ö., Aydın, M., Vardar, B., & Wang, J. (2020). A hybrid model for human-factor analysis of engine-room fires on ships: HFACS-PV&FFTA. *Ocean Engineering*, 217, 107992.
- Squire, D. (2003). The Hazards of Navigating the Dover Strait (Pas-de-Calais) Traffic Separation Scheme; The Dover Strait Traffic Separation Scheme; Commodore David Squire. *The journal of navigation*, 56(2), 195.
- Supciller, AA., & Abali, N. (2015). Occupational health and safety within the scope of risk analysis with fuzzy proportional risk assessment technique (fuzzy PRAT). *Quality and Reliability Engineering International*, 31(7), 1137-1150.
- Taşlıgil, N. (2004). The Geographical Importance of The Bosphorus Strait. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 10, 18.
- Topakoğlu, L. (2004). Environmental risk assessment of maritime oil transport in the Strait of Istanbul. Master Thesis, Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Istanbul.
- Ucan, E., & Nas, S. (2016). Analysing Istanbul Strait Maritime Pilot Capacity by Simulation Technique. *The Journal of Navigation*, 69, 815–827.
- Uğurlu, Ö., Erol, S., & Başar, E. (2016). The analysis of life safety and economic loss in marine accidents occurring in the Turkish Straits. *Maritime Policy & Management*, 43(3), 356-370.
- Uğurlu, Ö., Köse E., Yıldırım U. & Yüksek yıldız E. (2015). Marine accident analysis for collision and grounding in oil tanker with FTA method, *Maritime Policy and Management*, 42, 2, 163-185.
- Uğurlu, Ö., Yıldız, S., Loughney, S., & Wang, J. (2018). Modified human factor analysis and classification system for passenger vessel accidents (HFACS-PV). *Ocean Engineering*, 161, 47-61.
- Uğurlu, Ö., Yıldız, S., Loughney, S., Wang, J., Kuntchulia, S., & Sharabidze, I. (2020). Analyzing collision, grounding, and sinking accidents occurring in the Black Sea utilizing HFACS and Bayesian networks. *Risk analysis*.
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2021). Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Yönetmeliği Uygulama Yönergesi. Ankara.
- Ulusçu, ÖS., Özbaş, B., Altıok, T., & Or, İ. (2009). İstanbul boğazındaki gemi trafiğinin risk analizi. *Risk Analizi: Uluslararası Bir Dergi*, 29 (10), 1454-1472.
- Van Laarhoven, PJ., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1-3), 229-241.
- Wang, J. (2006). Maritime risk assessment and its current status. *Quality and Reliability Engineering International*, 22(1), 3-19.
- Wang, YM., Luo, Y., & Hua, Z. (2008). On the extent analysis method for fuzzy AHP and its applications. *European journal of operational research*, 186(2), 735-747.

- Xu, Z., & Liao, H. (2013). Intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process. *IEEE transactions on fuzzy systems*, 22(4), 749-761.
- Yazici, M. A., & Otay, E. N. (2009). A navigation safety support model for the Strait of Istanbul. *The Journal of Navigation*, 62(4), 609-630.
- Yıldırım, U., Uğurlu, Ö., & Başar, E. (2015). Karaya Oturma Kazalarında İnsan Hatası: Konteyner Gemileri için Örnek Çalışma, *Journal of ETA Maritime Science*, 3, 1, 1- 10.
- Yildiz, S., Sönmez, V. Z., Uğurlu, Ö., Sivri, N., Loughney, S., & Wang, J. (2021). Modelling of possible tanker accident oil spills in the Istanbul Strait in order to demonstrate the dispersion and toxic effects of oil pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(8), 1-19.
- Zaman, MB., Kobayashi, E., Wakabayashi, N., Khanfir, S., Pitana, T., & Maimun, A. (2014). Fuzzy FMEA model for risk evaluation of ship collisions in the Malacca Strait: based on AIS data. *Journal of Simulation*, 8(1), 91-104.
- Zhang, D., Yan, XP., Yang, ZL., Wall, A., & Wang, J. (2013). Incorporation of formal safety assessment and Bayesian network in navigational risk estimation of the Yangtze River. *Reliability Engineering & System Safety*, 118, 93-105.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Fuat ATALAR
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input type="checkbox"/> T.C.
Telefon	
E-Posta Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fakülte	Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi
Bölümü	Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	01.01.2010
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Anabilim Dalı
Programı	Program Adı
Mezuniyet Tarihi	
Doktora	
Yayınlar	