

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSİLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSTANBUL VE ÇANAKKALE BOĞAZI'NDAN GEÇİŞ YAPAN GEMİ SAYISININ  
TREND ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Okan ARSLAN**

**OCAK 2014  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSİLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSTANBUL VE ÇANAKKALE BOĞAZI'NDAN GEÇİŞ YAPAN GEMİ SAYISININ  
TREND ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Okan ARSLAN**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME YÜKSEK MÜHENDİSİ”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :03.01.2014**

**Tezin Savunma Tarihi :27.01.2014**

**Tez Danışmanı: Doç.Dr.Ersan BAŞAR**

**Trabzon 2014**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**Okan ARSLAN Tarafından Hazırlanan**

**İSTANBUL VE ÇANAKKALE BOĞAZI'NDAN GEÇİŞ YAPAN GEMİ SAYISININ**  
**TREND ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 07/01/2014 gün ve 1536 sayılı**  
**kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**olarak kabul edilmiştir**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof.Dr.Ercan KÖSE**

**Üye : Doç.Dr.Ersan BAŞAR**

**Üye : Yrd. Doç. Dr.Özkan UĞURLU**



**Prof.Dr.Sadettin KORKMAZ**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışma, Türk Boğaz'larında geçiş yapan gemi sayılarının gelecekteki durumunu belirlemek için trend analizi yapılmıştır. İstanbul ve Çanakkale Boğaz'larından yıllara ve aylara göre geçiş yapan gemi sayılarına ve tonajlarına göre trend analizini etkileyen faktörler, Mann-Kendall Testi, Spearman'ın Rho testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi ve Sen'in Trend Eğim metotlarıyla irdelenmiştir.

Bu çalışmada ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana her zaman destek olan, vakit ayıran, çalışmalarımda yardımını hiçbir zaman esirgemeyen, danışman hocam Doç.Dr. Ersan BAŞAR'a, çalışmamıza vermiş olduğu destek ve yardımlardan dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Okan ARSLAN  
Trabzon 2014

## **TEZ BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “İstanbul ve Çanakkale Boğazı’ndan Geçiş Yapan Gemi Sayısının Trend Analizi İle Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç.Dr.Ersan BAŞAR’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 03/01/2014

Okan ARSLAN

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
KISALTMALAR DİZİNİ .....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Türk Boğazlarının Yapısal Özellikleri .....	2
1.2.1. İstanbul Boğazının Coğrafi Yapısı .....	2
1.2.2. Çanakkale Boğazının Coğrafi Yapısı .....	7
1.3. Türk Boğazlarındaki Akıntı Sistemi.....	10
1.3.1. YüzeY (üst) Akıntısı.....	11
1.3.2. Dip (Alt) Akıntısı.....	11
1.3.3. Anafor (Ters) Akıntılar.....	12
1.3.4. Orkoz Akıntısı .....	13
1.4. Türk Boğazlarında Deniz Trafığı .....	16
1.4.1. Şehir İçi Ulaşım .....	16
1.4.2. Ulusal ve Uluslararası Ulaşım .....	20
1.5. Türk Boğazlarında Trend Analizini Etkileyen Faktörler.....	21
1.5.1. Türk Boğazlarında Seyir Emniyetini Etkileyen Faktörler .....	22
1.5.2. Türk Boğaz'larında Seyir Güvenliğini Olumsuz Yönde Etkileyen Doğal Koşullar.....	22
1.5.3. Türk Boğazların Coğrafi Yapısının Seyre Etkisi.....	22
1.5.4. Türk Boğazlarında Akıntının Seyre Etkisi .....	23
1.5.5. Meteorolojik Olayların Seyre Etkisi.....	23
1.5.6. Türk Boğazlarında Seyir Güvenliğini Olumsuz Yönde Etkileyen Diğer Koşullar .....	24

1.5.7.	Yerel Trafiğin Etkisi .....	24
1.5.8.	Seyir Yardımcılarının Etkisi .....	24
1.5.9.	Türk Boğaz'larında Seyir Yapan Gemilerin Teknik Yetersizlikleri .....	25
1.5.10.	Tehlikeli Yük Trafiğin Yapısı .....	25
1.5.11.	Ekonomik Krizlerin Türk Boğazındaki Trafiğe Etkisi .....	26
2.	MATERYAL VE YÖNTEM .....	27
2.1.	Mann-Kendall Testi .....	27
2.2.	Spearman'ın Rho Testi .....	28
2.3.	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi .....	29
2.4.	Sen'in Trend Eğim Metodu .....	31
2.5.	Korelasyon .....	32
2.6.	Bilgisayar Yazılımı .....	33
3.	BULGULAR .....	34
3.1.	Türk Boğazlarındaki Gemi Trafiği Verileri .....	34
3.2.	İstanbul Boğazı'na Ait Trend Analizi Uygulaması .....	40
3.2.1.	Mann-Kendall Yöntemi .....	40
3.2.2.	Spearman'ın Rho Testi .....	41
3.2.3.	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi .....	42
3.2.4.	Sen'in Trend Eğim Metodu .....	45
3.3.	Çanakkale Boğazı'na Ait Trend Analizi Uygulaması .....	47
3.3.1.	Mann-Kendall Yöntemi .....	48
3.3.2.	Spearman'ın Rho Testi .....	48
3.3.3.	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi .....	49
3.3.4.	Sen'in Trend Eğim Metodu .....	52
3.4.	İstanbul Boğazı'na Ait Aylık Trend Analizi Uygulaması .....	55
3.4.1.	Mann-Kendall Yöntemi .....	55
3.4.2.	Spearman'ın Rho Testi .....	56
3.4.3.	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi .....	57
3.4.4.	Sen'in Trend Eğim Metodu .....	59
3.5.	Çanakkale Boğazı'na Ait Aylara Göre Trend Analizi Uygulaması .....	61
3.5.1.	Mann-Kendall Yöntemi .....	61
3.5.2.	Spearman'ın Rho Testi .....	62
3.5.3.	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi .....	63

3.5.4.	Sen'in Trend Eğim Metodu .....	65
3.6.	İstanbul Boğazı'ndan Geçiş Yapan Toplam Gemi Tonajına Ait Trend Analizi Uygulaması .....	67
3.6.1.	Mann-Kendall Yöntemi .....	67
3.6.2.	Speraman'ın Rho Testi .....	68
3.6.3.	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi .....	68
3.6.4.	Sen'in Trend Eğim Metodu .....	70
3.7.	Çanakkale Boğazı'ndan Geçiş Yapan Toplam Gemi Tonajına Ait Trend Analizi Uygulaması .....	72
3.7.1.	Mann-Kendall Yöntemi .....	72
3.7.2.	Speraman'ın Rho Testi .....	73
3.7.3.	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi .....	73
3.7.4.	Sen'in Trend Eğim Metodu .....	75
4.	İRDELEME .....	77
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER .....	80
6.	KAYNAKÇA .....	82
7.	EKLER .....	87

## ÖZGEÇMİŞ



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

İSTANBUL VE ÇANAKKALE BOĞAZI'NDAN GEÇİŞ YAPAN GEMİ SAYISININ  
TREND ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Okan ARSLAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç.Dr.Ersan BAŞAR  
2014, 86 Sayfa 1 Ek Sayfa

Bu çalışmada, İstanbul ve Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin yıllara ve Gros Tonicatolarına göre trend analizleri incelenmiştir. Türk Boğaz'larındaki trend analizini birçok faktör etkilemektedir. Bu faktörler Boğazların coğrafi yapısı, Boğazlarda görülen akıntıları, hava koşulları ve doğal olaylardır. Bunların dışında ulusal ve uluslararası ekonomik dengeler ve yapılan ticari anlaşmalar da gemi geçişlerini etkilemektedir. Bu gibi faktörler gemi geçiş sayılarını ve tonajlarını değiştirmektedir. Bu çalışmam da bu faktörler detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca bu durum yöntemler ve testlerle birlikte kanıtlanmaya çalışılmıştır. Özellikle yıllık verilerde yapılan analizler sonucunda İstanbul ve Çanakkale Boğazlarında azalan yönde bir trend olduğu tespit edilmiştir. Karadeniz ile Ege Denizi bağlantısıyla Akdeniz arasında biyolojik ve oşinografik ilişkiyi sağlayan uluslararası deniz ticaret trafiğine açık Türk Boğazlarındaki mevcut ve tahmin edilen gemi trafik hacmi ve özellikle gün geçtikçe artan tehlikeli yük taşıyan gemi trafiği, can, mal ve çevre güvenliği açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Geçen gemi sayılarında azalma tespit edilmesine karşın gemi Gros Tonicatolarının arttığı belirlenmiştir. Bu durum neticesinde dezavantaj olarak Boğazlarda oluşabilecek deniz kazaları sonucunda çevreye verilecek zarar riskinin büyük oranda artacağı görülmektedir. Bunun için TBGTH önleyici önlemleri alarak risk durumu en aza indirileceğini öngörmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İstanbul Boğazı, Çanakkale Boğazı, Trend Analizi, TBGTH, Gros Tonicato

Master Thesis

SUMMARY

THE EVALUATION OF TREND ANALYSIS OF VESSELS THAT PASS THROUGH  
ISTANBUL AND CANAKKALE STRAITS

Okan ARSLAN

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Maritime Transportation and Management Engineering Graduate Program  
Supervisor: Assoc.Prof.Dr.Ersan BAŞAR  
2014, 86 Pages 1 Appendix Page

In this Study, the trend analysis of vessels that pass through Istanbul and Canakkale straits has been investigated according to years and their gross tonnage. Many factors affect the trend analysis of the Turkish Straits. These factors include the geographical structure of the Strait, the currents seen in the Strait, weather conditions and natural events. Apart from these, national and international economic changes and the trade agreements affect the passage of the ship. Such factors change the ships tonnage and the number of their passes . In my study , these factors have been examined in detail. Moreover, this situation has been tried to be proven with methods and tests. In the results, especially done with the annual data analysis it has been found out that there is a trend in the direction of decreasing in Istanbul and Canakkale Straits. The present and foreseen vessel traffic volume and continuously increasing number of the vessels carrying dangerous cargo create threats the safety of life, goods and environment in Turkish Straits which are providing the biological and oceanographic relation between the Black Sea and Mediterranean Sea with the linkage to Aegean Sea and which are used for international maritime navigation. Despite the detection of the decrease in the number of vessels passing , it is stated that the GRT of vessel has risen. As the result of this situation, It can be foreseen that The risk of the damage to marine environment will greatly increase because of the maritime accidents. For that, VTS's taking preventative measures which can minimize the risk is suggested.

**Anahtar Kelimeler:** İstanbul Strait, Canakkale Strait, Trend Analysis, VTS, Gross Tonnage

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	İstanbul Boğazı'nın uydu görüntüsü ..... 3
Şekil 1.2.	İstanbul Boğaz'ında Rüzgar yönleri ..... 6
Şekil 1.3.	Çanakkale Boğazı'nın uydu görüntüsü ..... 8
Şekil 1.4.	Çanakkale Boğazı'nda yıllık rüzgar frekans diyagramı ..... 10
Şekil 1.5.	İstanbul Boğazı'ndaki akıntılar ..... 14
Şekil 1.6.	İstanbul Boğazı'ndaki akıntılar ..... 15
Şekil 1.7.	Çanakkale Boğazı'ndaki akıntılar ..... 15
Şekil 1.8.	Türk Boğaz'larında Şehir içi ulaşım güzergâhları ..... 17
Şekil 1.9.	Boğazlardaki trafik yoğunluğu ..... 21
Şekil 2.1.	Trend olması durumunda $u(t) - u'(t)$ grafiği ..... 30
Şekil 2.2.	Trend olmaması durumunda $u(t) - u'(t)$ grafiği ..... 31
Şekil 2.3.	“Trend Analysis for Windows” programının genel görünüşü..... 33
Şekil 3.1.	1996-2011 yılları arasında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin grafik üzerinde dağılımı..... 35
Şekil 3.2.	1996-2011 yılları arasında Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin grafik üzerinde dağılımı..... 36
Şekil 3.3.	2011 yılında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarının aylara göre dağılımının grafiği ..... 37
Şekil 3.4.	2011 yılında Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarının aylara göre dağılımının grafiği..... 38
Şekil 3.5.	2006-2012 yılları arasında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin toplam GT grafik üzerinde dağılımı ..... 39
Şekil 3.6.	2006-2012 yılları arasında Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin toplam GT grafik üzerinde dağılımı ..... 40
Şekil 3.7.	1996-2011 yıllarında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin $ut - u'(t)$ grafiği..... 44
Şekil 3.8.	1996-2011 yıllarında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilere ait $Q_i$ değerlerinin grafik üzerinde dağılımı..... 47
Şekil 3.9.	1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait $u(t)-u'(t)$ grafiği..... 52
Şekil 3.10.	1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğazı'na ait $Q_i$ değerlerinin grafik üzerinde dağılımı ..... 54
Şekil 3.11.	2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğaz'ına ait $u(t)-u'(t)$ grafiği..... 58
Şekil 3.12.	2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğaz'ına ait $Q_i$ değerlerinin grafik üzerinde dağılımı ..... 60

Şekil 3.13.	2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğaz'ına ait $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği .....	64
Şekil 3.14.	2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğaz'ına ait $Q_i$ değerlerinin grafik üzerinde dağılımı .....	66
Şekil 3.15.	2006-2011 yıllarında İstanbul Boğaz'ına ait $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği.....	70
Şekil 3.16.	1996-2011 yıllarında İstanbul Boğazı'na ait $Q_i$ değerlerinin grafik üzerinde dağılımı .....	71
Şekil 3.17.	2006-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği.....	75
Şekil 3.18.	1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait $Q_i$ değerlerinin grafik üzerinde dağılımı .....	76

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1.	1995-2003 yılları arasında şehir hatları yolcu trafiği ..... 18
Tablo 1.2.	1998 – 2003 Yılları arasında İDO Boğaz hattında taşınana yolcu sayısı..... 19
Tablo 3.1.	1996-2011 yılları arasında İstanbul ve Çanakkale Boğazlarından geçen gemi sayısı ..... 34
Tablo 3.2.	2011 yılında İstanbul ve Çanakkale Boğazı'ndan geçen gemilerin aylara göre dağılımı ..... 37
Tablo 3.3.	2006-2012 yılları arasında İstanbul ve Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemi tonajları..... 39
Tablo 3.4.	1996-2011 yıllarında İstanbul Boğaz'ına ait Spearman'ın Rho Test İçin sıralı dizi değerleri ..... 42
Tablo 3.5.	1996-2011 yıllarında İstanbul Boğaz'ına ait $u(t)$ fonksiyonu hesabı ..... 43
Tablo 3.6.	1996-2011 yıllarında İstanbul Boğazı'na ait $u'(t)$ fonksiyonu hesabı ..... 44
Tablo 3.7.	1996-2011 yıllarında İstanbul Boğaz'ına ait Sen'in Trend Qi değerleri..... 45
Tablo 3.8.	1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait Spearman'ın Rho Test için sıralı dizi değerleri ..... 49
Tablo 3.9.	1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait $u(t)$ fonksiyonu hesabı ..... 50
Tablo 3.10.	1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait $u'(t)$ fonksiyonu hesabı ..... 51
Tablo 3.11.	1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait Sen'in Trend Qi değerleri.. 53
Tablo 3.12.	2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğaz'ına ait Spearman'ın Rho test için sıralı dizi değerleri ..... 56
Tablo 3.13.	2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğaz'ına ait $u(t)$ fonksiyonu hesabı ... 57
Tablo 3.14.	2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğaz'ına ait $u'(t)$ fonksiyonu hesabı .. 58
Tablo 3.15.	2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğaz'ına ait Sen'in Trend Qi değerleri ..... 59
Tablo 3.16.	2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğaz'ına ait Spearman'ın Rho test için sıralı dizi değerleri..... 62
Tablo 3.17.	2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğaz'ına ait $u(t)$ fonksiyonu hesabı ..... 63
Tablo 3.18.	2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğaz'ına ait $u'(t)$ fonksiyonu hesabı ..... 64
Tablo 3.19.	2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğaz'ına ait Sen'in Trend Qi değerleri ..... 65
Tablo 3.20.	2006-2011 yıllarında İstanbul Boğaz'ı toplam gemi tonajına ait Spearman'ın Rho test için sıralı dizi değerleri..... 68

Tablo 3.21.	2006-2011 yıllarında İstanbul Boğaz2ına ait $u(t)$ fonksiyonu hesabı .....	69
Tablo 3.22.	2006-2011 yıllarında İstanbul Boğazına ait $u'(t)$ fonksiyonu hesabı.....	69
Tablo 3.23.	2006-2011 yıllarında İstanbul Boğaz'ına ait Sen'in Trend Qi değerleri.....	71
Tablo 3.24.	2006-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ı toplam gemi tonajına ait Spearman'ın Rho test için sıralı dizi değerleri.....	73
Tablo 3.25.	2006-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait $u(t)$ fonksiyonu hesabı .....	74
Tablo 3.26.	2006-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait $u'(t)$ fonksiyonu hesabı .....	74
Tablo 3.27.	2006-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait Sen'in Trend Qi değerleri..	76

## KISALTMALAR DİZİNİ

BM	:Birleşmiş Milletler
DİDGM	:Deniz ve İçsular Düzenleme Genel Müdürlüğü
DTGM	:Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü
DWT	:Deadweight Tonnage
GMKA	:Güney Marmara Kalkınma Ajansı
GT	:Gros Tonilato
GTH	:Gemi Trafik Hizmetleri
İDO	:İstanbul Deniz Otobüsleri
IMO	:Uluslararası Denizcilik Organizasyonu International Maritime Organization
TBGTH	:Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri
UNCTAD	:United Nations Conference on Trade and Development
UNESCO	:Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)
VTS	:Gemi Trafik Hizmetleri Vessel Traffic System)

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

İstanbul, Çanakkale Boğazı ve Marmara Denizinden oluşan bölgeye Türk Boğazları sistemi adı verilir. Fiziki anlamda Avrupa ve Asya kıtalarını birbirinden ayırmakta, Karadeniz'i Akdeniz'e birleştirmekte ve uluslararası deniz trafiğine geçiş imkânı vererek dünya deniz ticaretinde için çok önemli bir rol oynamaktadır. 164 deniz mili (304 km) uzunluğundaki bu iç suyolu, ülkemizin olduğu kadar, Karadeniz'e kıyıdaş ülkelerin gerek ekonomisi, gerek askeri güvenliği açısından önem taşımaktadır. Boğazlar, Karadeniz ülkelerini dünya pazarlarına bağlayan ana ticaret güzergâhıdır. Boğazlar bölgesinin coğrafi konumu, özelde boğazların morfolojik, jeomorfolojik ve oşinografi özellikleri dikkate alındığında bir benzeri daha bulunmayan çok önemli bir suyoludur. Hatta Manş Denizi, Baltık Denizi ile Hazar Denizi'ni Akdeniz'e ve dolayısıyla dünya denizlerine bağlamaktadır. İstanbul ve Çanakkale Boğazlarının iki yakasında yer alan dünya mirası İstanbul megalopolü ve Çanakkale şehri yanı sıra, Marmara Denizi çevresinin ülkemiz ekonomisinin ağırlık merkezi olması ve ülkemiz nüfusunun % 30'unun bu bölgede yerleşik bulunması, Boğazlar Bölgesi'nin Türkiye Coğrafyasındaki önemini anlatmaya yeter göstergelerdir [1].

Gemi Trafik Hizmetlerinin sunulduğu coğrafi alan olarak Türk Boğazları; Türkiye Cumhuriyeti Devletinin Egemenliğinde 37 mil uzunluğunda Çanakkale Boğazı, 110 mil uzunluğunda Marmara Denizi ve 17 mil uzunluğunda İstanbul Boğazı'ndan oluşmaktadır. Karadeniz ile Ege Denizi arasındaki, toplam uzunluğu 164 deniz mili olan bu suyolunun alternatifi yoktur ve tüm ülkeler, özellikle Karadeniz Ülkelerinin ekonomileri için çok önemlidir [2].

Coğrafi yapısı, darlığı, kuvvetli akıntıları, keskin dönüşleri, değişken iklim şartları ve her gün yaklaşık 150 uğraksız gemi, yaklaşık 23 tehlikeli yük taşıyan gemi geçişi ve 2 milyon insanın taşındığı 2500 adet bölgesel deniz trafik hareketi ile İstanbul Boğazı, Dünyanın en önemli doğal dar suyoludur. Tüm bunların yanında en önemlisi de İstanbul'da yaşayan 10 milyonu aşkın insanın her an Deniz Trafikinden kaynaklanabilecek büyük tehlikelerle karşı karşıya olmalarıdır [1].



Boğazlardaki deniz trafiği yoğunluğunun çok yüksek olması, geçen gemilerin boylarında ve tonajlarındaki artış, tehlikeli yük taşıyan gemi geçişlerinde görülen artış, karmaşık ve zor trafik yapısı, deniz kazalarındaki artış, olumsuz hava, deniz, akıntı ve iklim şartları, çevre koşulları ve mahalli tehlikeler, ulusal ve uluslararası gelişmeler, bölgedeki diğer denizcilik faaliyetleri, Montrö sözleşmesi ve Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün kural ve tavsiye kararları ile benzer diğer sistemlerle işbirliği ihtiyacı Türk Boğazlarında Gemi Trafik Hizmetinin kurulmasını gerektiren faktörlerdir [2].

## 1.2. Türk Boğazlarının Yapısal Özellikleri

İstanbul ve Çanakkale Boğazları ile Marmara Denizinden oluşan Türk Boğazlar sisteminin, Karadeniz'i Akdeniz'e bağlayan tek su yolu olarak sahip olduğu stratejik önem tartışılmazdır. Türk Boğazları, ülkemizin olduğu kadar, Karadeniz'e kıyıdaş ülkelerin de gerek ekonomisi, gerek askeri güvenliği açısından hayati önem taşımaktadır. Boğazlar, Karadeniz ülkelerini dünya piyasalarına bağlayan ana ticaret güzergâhıdır [3].

Türk Boğazları taşıdığı stratejik önemin yanı sıra, dünyada başka örneği olmayan birçok özelliklere sahiptir.

İlk olarak, İstanbul Boğazı, 3000 yıllık tarihe ve 12 milyon aşkın nüfusa sahip bir metropol olan UNESCO tarafında “dünyanın kültür mirası” olarak ilan edilen İstanbul’un ortasından, şehrin en tarihi mekanlarının arasında kıvrılarak geçmektedir [3].

İkinci olarak, Türk Boğazları fiziki özellikleriyle seyir bakımından dünyadaki en zor su yollarından biridir. Boğazlardaki güçlü akıntılar, keskin dönüşler ve değişken hava koşulları seyirüferi son derece zorlaştırmaktadır. Kısaca , Türk Boğazlarının seyir açısından dünyanın en zor ve tehlikeli su yollarından biri olduğunu söylemek mümkündür [3].

### 1.2.1. İstanbul Boğazının Coğrafi Yapısı

İstanbul Boğazının yaklaşık 31 km'lik geçiş uzunluğunda kuzeyde  $41^{\circ}15'00''$  K ve güneyde  $40^{\circ}59'30''$  K enlemleri arasında, boylam olarak  $28^{\circ}57'35''$  B ve  $29^{\circ}11'00''$  B arasındadır. Vadi görünümlü bir su yolu olan İstanbul Boğazı'nın kıvrımlı yapısı deniz trafiğini olumsuz yönde etkilemektedir. İstanbul Boğazı kuzeyde Anadolu ve Türkeli Fenerlerini birleştiren hat ile güneyde Ahırkapı Fenerini Kadıköy İnciburnu Mendirek

Fenerine birleştiren hat arasında kalan denizalanıdır. Eni, Karadeniz girişinde 4,7 km Marmara girişinde 2,5 km kadar olup. En dar yeri ise Kandilli, Rumelihisarı, Bebek 700 m genişliğindedir. İstanbul Boğazı'nın uydu görüntüsü Şekil 1.1'de gösterilmiştir. İstanbul Boğazı genel olarak kuzey güney doğrultusunda uzanmaktadır. Boğazın orta kısımları girişlere nazaran daha kıvrımlı ve dar bir yapıya sahiptir. Boğazın orta kısımları girişlere nazaran daha kıvrımlı ve dar bir yapıya sahiptir. Boğazın temel fiziki karakteristiği bölgenin dar, dik ve derin olmasıdır. Derin su çekimi (draft) olan gemiler herhangi bir kısıtlama olmadan geçiş yapabilmektedirler. Ancak bazı vadiler ağızlarında kuvvetli akıntı sebebi ile gelişmemiş küçük deltalar veya birikinti konileri vardır [4].



Şekil 1.1. İstanbul Boğazı'nın uydu görüntüsü [5]

### 1.2.1.1. İstanbul Boğazının Jeomorfolojik Yapısı ve Topografyası

Boğazın temel fiziki karakteristiği, dünyanın en dar suyollarından biri olmasıdır. Orta hattından ölçüldüğünde ortalama uzunluğu 17 deniz milidir. Kıyılarıdaki uzunluk, Anadolu tarafında 19 deniz mili, Trakya tarafında ise daha kıvrımlı yapısından dolayı 30 deniz mili kadardır. En geniş yerleri kuzeyde, Anadolu Feneri ile Türkeli Feneri arasında 3600 metre, güneyde, Ahır kapı Feneri ile İnci Burnu Feneri arasında 3220 metredir.

Boğazın en dar yeri ise Anadoluhisarı ile Rumelihisarı arasında olup, 698 metredir. Buna göre genişlik, Boğazın her iki girişinde orta kısımlardan daha fazladır [6].

### **1.2.1.2.İstanbul Boğazı Derinlikleri**

İstanbul Boğazı'nın derinliği ana kanal boyunca 30 metre ile 110 metre arasında değişmektedir. En derin yer olan 110 metrelik derinlik, Kandilli açıklığındadır. Boğazda derinlikler genellikle, 30-60 metre arasında değişmektedir. Bunun yanında, 30 metrenin altında olan bazı mevkiiler de vardır [6].

### **1.2.1.3.İstanbul Boğazındaki Adalar**

İstanbul Boğazı'nın güney girişine yakın bölgede Salacak Mevkiininin 250 metre kadar açıklığında bir ada olan Kızkulesi vardır. Adanın etrafı kaya ve bankla çevrilidir, bank adanın doğusundaki sahile bir sığılık ile bağlantılıdır [6].

Kuzeye doğru ikinci ada Defterdar Burnu'nun 880 metre kuzeyinde bulunan Kuruçeşme Feneridir. Kuruçeşme Mevkiininin açıklığında ise Kuruçeşme Bankları ve bunların üzerinde Kuruçeşme Adası bulunur. Bankların üzerindeki su derinliği 10 metreden azdır, uzunluğu 400 metre, genişliği 120 metredir [6].

Diğer bir ada, Bebek Koyu'nun merkezinde bulunan ve üzerinde Bebek Feneri'nin bulunduğu adadır. Bebek Bankı'nın ortalama uzunluğu 450 metre, genişliği ise 120 metredir. Bankın üzerindeki su derinliği 10 metre ile 2.7 metre arasında değişir. Adanın kıyından olan mesafesi 165 metredir [6].

Rumeli kavağı açıklığında, yaklaşık 180 metre uzunluğu ve 120 metre genişliği olan Dikilikaya Bankları'nın üzerinde Dikilikaya adası bulunur [6].

### **1.2.1.4. İstanbul Boğazındaki Banklar**

Boğaz'da Kuruçeşme, Bebek ve Dikilikaya Banklarından başka, üzerlerinde ada veya adacık şeklinde yapıların bulunması sebebiyle "adalar" başlığı altında yer verilen ve özellikle büyük gemiler için tehlike oluşturan başka banklar da bulunmaktadır [6].

Sarayburnu Banklarının, üzerindeki su derinliği 1-10 metre arasında değişmektedir. Ortaköy Bankı, Ortaköy Burnu'nun 80 metre açıklığına kadar uzanır. Yeniköy Bankı, diğer adıyla Koybaşı Sığılı, İstinye Burnu ile Yeniköy Burnu boyunca uzanır. Yeniköy Burnu'ndan sonra kuzeybatıya doğru 350 metre kadar devam eder. Kıyıdan uzaklığı 100-250 metre arasında değişmektedir. Büyükliman Bankı, Karataş Burnu'ndan Garipçe Burnu'na doğru yay gibi kıvrılarak uzanır. Kıyıdan 250 metre mesafede bankın üstündeki su derinliği 3-5 metre arasında değişir.

Anadolu yakası kıyılarında güneyden kuzeye doğru ilk bank, Kızkulesi Bankı'dır. Daha yukarıda Göksu ya da Anadoluhisarı Bankı bulunur. Macar Bankı, Macar Burnu'nun kuzeydoğusuna doğru 400 metre mesafede, 270 metre uzunluk ve 120 metre genişlikte, üzerindeki su derinliği yaklaşık 3,7-1,5 metre olan bir banktır. Bunların yanısıra, Poyrazköy'ün 700 metre açıklığına kadar uzanan Poyraz Bankı, İncirköy'ün 480 metre açıklığına kadar uzanan İncirköy Bankı, Paşabahçe'nin 190 metre açıklığına kadar uzanan Paşabahçe Bankı, Baltalimanı deresinin yaklaşık 140 metre açıklığına kadar uzanan Baltalimanı Bankı ve Mezar Burnu'nun yaklaşık 120 metre açıklığına kadar uzanan Sarıyer Bankı bulunmaktadır [6].

### **1.2.1.5. İstanbul Boğazındaki İklim Özellikleri**

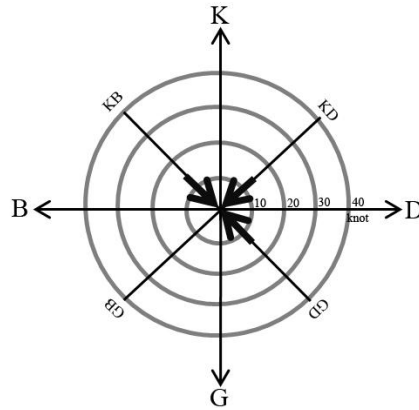
Hakim iklim tipi Akdeniz iklimidir. Yazları kurak ve tropikal hava kütlelerinin egemenliği dolayısıyla sıcaktır. Ancak, kuraklık Türkiye'nin güneyinde ve batısında olduğu kadar şiddetli değildir. Süresi o bölgelere nazaran daha kısadır. Kışlar ılıman ve soğuktur. Hatta poler hava kütlelerine bağlı olarak buzlu ve karlı günler görülebilir [7].

Sirkülasyon bakımından çok hareketli bir sahadır. Burada hakim hava hareketi, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusundadır. İstanbul Boğazı eksenini boyunca ve ona paralel olarak meydana gelmektedir. Sirkülasyon en büyük şiddete, Boğaz eksenini boyunca erişir. Ayrıca topografya, sirkülasyonu yön ve şiddet bakımından etkilemekte ve vadilere doğru bazı sapmalar meydana gelmektedir [7].

### 1.2.1.6. İstanbul Boğazı Yıllık Rüzgar Durumu

İstanbul Boğazı'nda fırtınalar daha çok Ocak ayında görülmektedir. Eylül başından itibaren fırtınaların sayısında da artış başlar. Fırtınaların Boğazdaki su hareketi, akıntılar ve seyre büyük etkisi vardır. Kuzey rüzgarları bölgenin hâkim rüzgarlarıdır ve bu rüzgarlar kuvvetli iken, akıntı da en kuvvetli durumdadır. Öte yandan, daha nadiren olsa da, güney rüzgarları ve özellikle lodos, zaman zaman etkili olmaktadır. Bu rüzgarlar, Marmara'nın sularını kuzeye doğru yığar ve su seviyesini İstanbul Boğazı'nın güney girişinde yarım metre kadar yükseltebilmektedir. Bu durumda Boğaz'ın akıntı rejimi de değişir; yüzeyde "orkoz" adı verilen ters akıntı oluşur. Bu akıntı zaman zaman kuzey akıntısı hızına ulaşır. Yani orkoz akıntısı 6-7 knots hıza kadar çıkabilmektedir. Bu kuzey akıntısı, gemilerin seyri açısından güney akıntısından daha tehlikelidir. Örneğin, 1999 yılı Şubat ayında 100 bin ton ham petrol yüklü Spetses adlı dev tanker, Karadeniz'den Marmara yönüne doğru geçerken, 90 derecelik bir dönüş yapması gereken Yeniköy noktasında bu dönüşü şiddetli lodos nedeniyle yapamamış, dönemeyince karşı sahile sürüklenmiş ve Çubuklu önlerinde zorlukla durabilmiştir. Çubuklu'daki akaryakıt depolarının hemen önünde meydana gelen bu olayda, çok büyük bir kazanın eşiğinden dönülmüştür [8].

İstanbul Boğazı'nda oluşan hakim rüzgarların yoğun olduğu kuzeydoğu (KD), kuzeybatı (KB) ve güneydoğu (GD) yönünden esen rüzgarlarda senaryolar çalıştırılmıştır. Bununla birlikte 2 ayrı rüzgâr hızı kullanılmıştır ki bunlarda 3 ve 15 knot olarak tesbit edilmiştir (Şekil 1.2). İstanbul Boğazı'nın doğu batı yakasındaki tepe yükseltilerin çok oluşu rüzgârların boğaza geliş yön ve şiddetlerini sıkça değiştirdiği bilinmektedir [9].



Şekil 1.2. İstanbul Boğazı'nda Rüzgar yönleri [9]

### 1.2.1.7. Sis ve Yağış

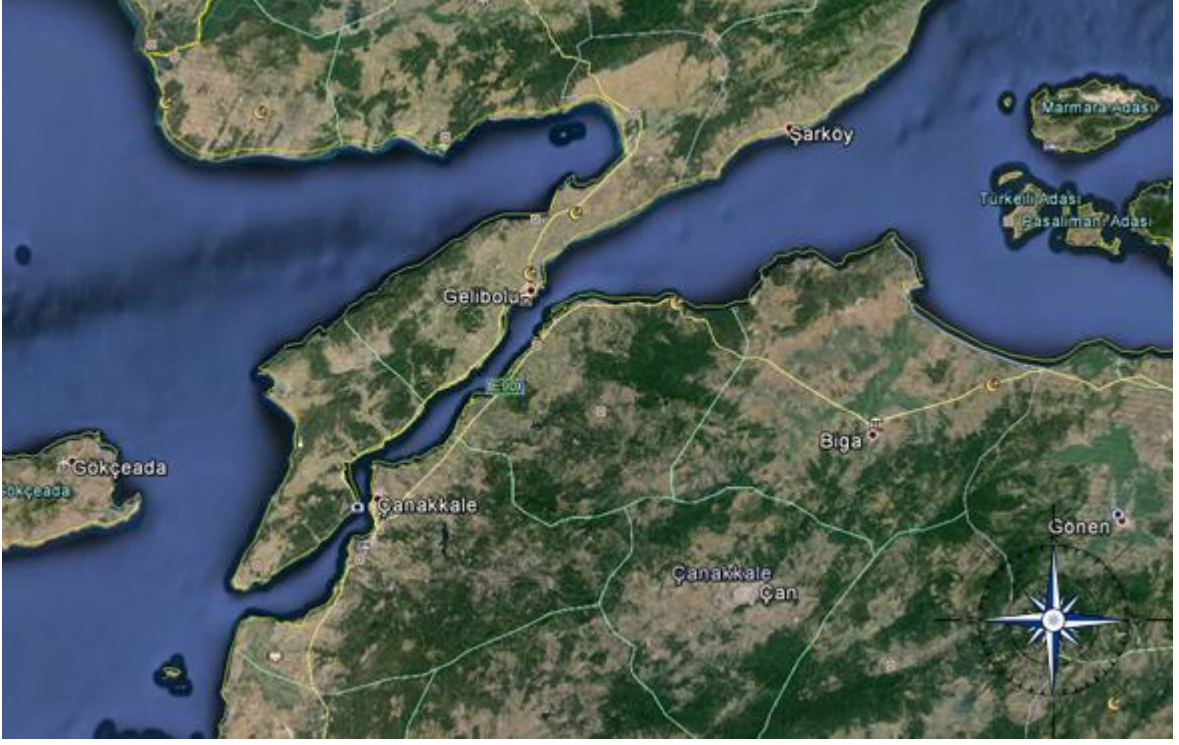
Yağışlar da Boğaz'da seyri etkileyebilmektedir. Örneğin, yoğun kar yağışında görüş azalacağından seyir güvenliği olumsuz etkilenmektedir. 1994 yılında uygulanmaya başlanan ve 1998 yılında revize edilen “Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Tüzüğü” uyarınca, Boğazda görüş uzaklığı 1 mil'in altına düştüğünde tek yönlü trafiğe izin verilmekte, yarım mil'in altına düştüğünde ise trafik her iki yönden de kapatılmaktadır. İstanbul Boğazı'nda sisli gün sayısı yılda ortalama 15'tir. Sisli gün sayısı en çok olan ay ortalama 2.6 gün ile Nisan ayıdır, bu ayı 2.5 gün ile Mart izlemektedir. Sis en çok kış ve ilkbahar aylarında görülür. Yaz aylarında ise seyrek olur. En iyi görüş, Kasım, Aralık ve Ocak aylarında akşam saatlerinde, diğer aylarda ise öğle saatlerinde olmaktadır [6].

Kandilli Rasathanesi denizden 114 metre yüksekte olduğu için bazen alçak seviyede oluşan sislerin kayıt dışı kalma ihtimali vardır [6].

### 1.2.2. Çanakkale Boğazının Coğrafi Yapısı

Çanakkale Boğazı'nın uzunluğu orta hattın ölçüldüğünde 30 mil kadardır. Kıyıları dik ve buna bağlı olarak derinlikleri de seyir için herhangi bir kısıtlama getirmeyecek kadar fazladır. Çanakkale Boğazı kuzey, güney ve orta kesim olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Kuzey ve güney bölgesi, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanır, genişliği 3,5 mili bulmaktadır. En fazla genişlik kuzey sınırında 3200 metre, güney sınırında ise 3600 metredir. Boğaz'ın en dar yeri Çanakkale ile Kilitbahir arasındadır ve 1200 metredir [10].

Çanakkale Boğazı genel şekli itibariyle KD-GB uzanımlı doğrusal bir kanal görünümündedir. Bu doğrusal kanal, Eceabat ile Çanakkale arasında kalan K-G yönlü bölüm ile kesilir ve boğaz bu alanda zig-zag'lı bir yapı kazanmıştır. Nara Geçişi olarak adlandırılan bu bölge boğazın en dar ve -113 m ile en derin bölgesidir (Şekil 1.3) [11].



Şekil 1.3. Çanakkale Boğazı'nın uydu görüntüsü [5].

### 1.2.2.1. Çanakkale Boğazı'nın Jeomorfolojik Yapısı ve Topografyası

Çanakkale Boğazı'nın uzunluğu; 30 deniz milidir. Kıyılarıdaki uzunluk, Anadolu tarafında 51 deniz mili, Trakya tarafında ise 42 deniz mili kadardır. Boğazın genişliği en dar yeri olan Çanakkale-Kilit Bahir arasında 1250 metre, en geniş yeri olan ise yaklaşık 7778 metredir. Çanakkale Boğazı, İstanbul Boğazı'ndan daha az girintili ve çıkıntılı fakat ondan 2 kat daha uzundur. Boğaz'ın orta kesimine girerken görülen keskin yön değişikliği ve daralma mevcut olup, Nara Burnu'nda denize doğru uzanan ve uzaktan zor seçilen alçak bir kıyı uzantısı ve akıntı hızının artması, özellikle sisli ve fırtınalı havalarda bu kesimde gemilerin hareketini güçleştirmektedir. Bu nedenler söz konusu bölgede kazalara yol açmaktadır. Bununla birlikte genelde Çanakkale Boğazı'nın denizaltı topografyası ulaşımına çok elverişlidir [12].

### 1.2.2.2. Çanakkale Boğazı Derinlikleri

Çanakkale Boğazı'nın Batı kıyıları baştanbaşa, sahilden en fazla 2 gominaya kadar uzanan kayalık ve sığıklarla bezenmiştir. Sığıkların bittiği yerde derinlik aniden 50-60

metreye çıkmaktadır. Tüm seyir kanalında derinlikler 50-80 metre arasında değişmektedir. Her iki kıyıdan yaklaşık 200 metre uzaklık boyunca 50 metre eş derinlik hattı devam eder. Kuzeyden girildiğinde 70 metrelik ortalama derinlik Nara'ya kadar 85 metreye çıkmaktadır. Boğaz'ın en derin noktası aynı zamanda en dar yeri olan Nara'nın önündeki orta hattın üzerindeki 104 metrelik derinliktir [10].

### **1.2.2.3. Çanakkale Boğazındaki Banklar**

Boğaz'ın doğu kıyısındaki koylarda batı yakasına nazaran daha fazla sığlıklar bulunmaktadır. Boğaz'ın tam kuzey girişinde Zincirbozan Bankı kıyıdan bir mil açıktadır. Kıyı ile arasındaki derinlik 4-6 metre arasındadır. Zincirbozan Bankının üç mil güneyinde ise Çardak Bankı bulunur. Çardak Bankı sahilden bir mil açığa kadar uzanmakta, üzerinde 1-7 metre arasında değişen derinlikte su bulunmaktadır. Güneye doğru inildikçe Saltık Burnu ile Nara Burnu arasında sahilden 0,6 mile kadar olan bölgede baştanbaşa 3-10 metre arasında derinlik vardır. Bu sığlıklar arasında Musa Bankı ile Abidos Bankı yer almaktadır. Nara Burnu önündeki sığlık tam batıya doğru 6 gomina denize doğru girmekte, üzerinde 10-12 metre derinlik vardır. Kuzeyden güneye doğru genişliği 2 gomina kadardır. Çanakkale ile Dalyan Burnu arasındaki Sarısığlar koyunda derinlik 2 metreden başlayıp 7-8 metrede bitmekte ve açığa doğru gidildikçe aniden 25-30 metreye inmektedir [10].

### **1.2.2.4. Çanakkale Boğazındaki İklim Özellikleri**

Kışları ortalama sıcaklık daha düşük olup en az sıcaklık  $-4,2$  °C ile Şubat ayı, en fazla sıcaklık  $+35,8$  °C ile Ağustos ayındadır. Yıllık sıcaklık ortalaması  $14,7$  °C, ortalama nem oranı ise %72.6'dır [13].

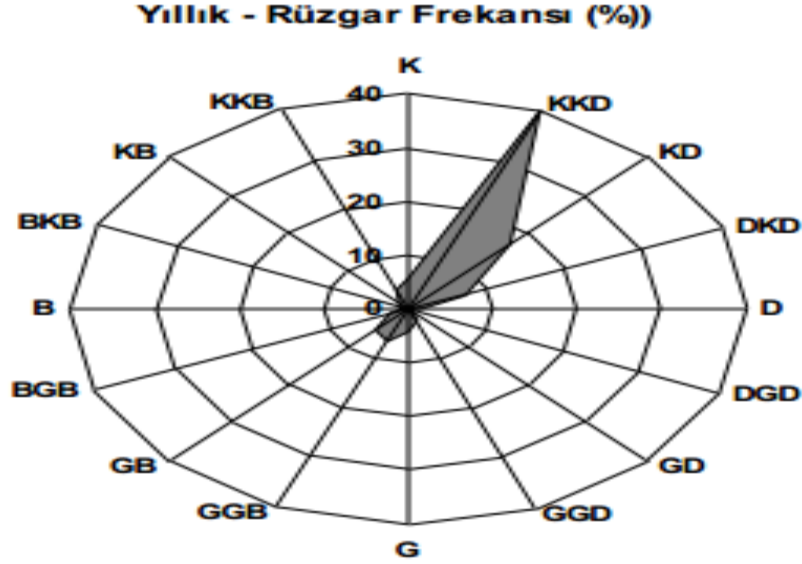
### **1.2.2.5. Çanakkale Boğazı Yıllık Rüzgar Durumu**

Egemen rüzgar kuzey rüzgarlarıdır. En çok, poyraz, yıldız, lodos, kible eser ve kışın esen rüzgarlar boğaz trafiğini olumsuz etkilemektedir [13].

Çanakkale'de egemen rüzgar yönü, Şekil 1.4'te de görüldüğü gibi, tüm aylarda ve yıllık olarak kuzey-kuzeydoğu (KKD, yıldız-poyraz arası) rüzgarlarıdır. KKD yönünden



esen rüzgarın esme sıklığı, yıl içinde yaklaşık olarak %35 ve % 50 arasında değişir. Yaz ayları dışında, orta enlem ve Akdeniz siklonlarının etkisiyle, esme sıklığı düşük olmakla birlikte Çanakkale Boğazında GB ve GGB yönlü rüzgârlar da esmektedir [14].



Şekil 1.4. Çanakkale Boğazı'nda yıllık rüzgar frekans diyagramı [15]

#### 1.2.2.6. Sis ve Yağış

Yıllık ortalama yağış miktarı  $662.8 \text{ m}^3$  (Gökçeada) ile  $854.9 \text{ m}^3$  (Ayvacık) arasında değişmektedir. Yaz aylarında yağış miktarı oldukça düşük olup yağışların en fazla görüldüğü aylar Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır. Özellikle Şubat Mart aylarında sis oldukça yoğun olup boğaz trafiğini engellemektedir [16].

### 1.3. Türk Boğazlarındaki Akıntı Sistemi

Karadeniz, Marmara Denizi ve Ege Denizlerinin tuzluluk oranlarının farklı olması, Boğazların coğrafi yapısının kıvrımlı ve rüzgârlardan Boğazlarda akıntılara sebep olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı boğazlarda 4 çeşit akıntı görülmektedir [17]. Bunlar;

- ❖ Yüzey (Üst) Akıntısı
- ❖ Dip (Alt) Akıntısı
- ❖ Anafor (Ters) Akıntılar

❖ Orkoz Akıntısı

### 1.3.1. Yüzey (üst) Akıntısı

Karadeniz, su seviyesi olarak Marmara'dan 40 cm daha yüksektir. Karadeniz'den Marmara'ya doğru olan yüzey akıntısının ana sebebi de bu yükseklik farklılığıdır. Daha yüksek seviyede olan Karadeniz'in suları, seviyesi daha alçak olan Marmara'ya doğru akmaktadır. Buna “boşalma akıntısı” da denilmektedir. Bu akıntı, Boğaz'ın orta kesimlerinde daha fazladır, özellikle Kandilli Burnundan Güney'e doğru gidildikçe artmaktadır [18].

Karadeniz, su seviyesi olarak Marmara'dan 40 cm, Marmara Denizinde su seviyesi olarak Ege Denizi'nden 20 cm daha yüksektir. Karadeniz'den Marmara'ya ve oradan da Ege Denizine doğru olan yüzey akıntısının ana sebebi de bu yükseklik farklılığıdır. Daha yüksek seviyede olan Karadeniz'in suları, seviyesi daha alçak olan Marmara ve oradan da Ege Denizine doğru akmaktadır. Karadeniz'in fazla suları Marmara'dan geçerek Çanakkale Boğazı'na girmekte ve yaklaşık 25-30 metre kalınlığındaki üst akıntıyı oluşturmaktadır. Üst akıntının kalınlığının bazı yerlerde azaldığı ve 10 metre 'ye kadar düştüğü görülmüştür. Ana akıntı Nara Burnu civarında sahip olduğu hızı arttırarak Eceabat'ın güneyine doğru ilerler. Gelibolu önlerine gelen akıntının hızı 2 mil/saat, Nara Burnu'nun güneyinde Boğaz'ın çok daralması ayrıca kuzey doğulu rüzgârlar nedeni ile buradaki akıntı 4 mil/saat'e hatta Kilitbahir önlerinde 5 mil/Saat'e ulaştığı görülmüştür. Ayrıca yüzey akıntısı özellikle Çanakkale-Kepez arasında da kuvvetlidir [19].

### 1.3.2. Dip (Alt) Akıntısı

Yüzey akıntısına ters yönde yani Marmara Denizi'nden Karadeniz'e doğru akan bu akıntının nedeni ise tuzluluk oranının farkındandır. Karadeniz'in tuzluluk oranı, sürekli tatlı su ile beslenmesi ve tuzlu suyun da kısmen yüzey akıntısı ile taşınması nedeniyle, düşüktür. Marmara Denizi, Karadeniz'den yaklaşık olarak iki kat daha tuzludur. Bu aynı zamanda Karadeniz sularının özgül ağırlığının Marmara sularından daha az olduğu anlamına gelmektedir. İki denizin suları arasındaki tuzluluk durumundan dolayı olan bu yoğunluk farkı, 15 metre derinlikten itibaren başlayan ve derinliğin elverdiği ölçüde 45 m'ye kadar etkili olabilen dip akıntısının da nedenidir [18].

Yüzey akıntısına ters yönde yani Ege Denizi'nden Marmara'ya doğru akan bu akıntının nedeni ise tuzluluk oranının farkındandır. Marmara ve Karadeniz'in tuzluluk oranı, sürekli tatlı su ile beslenmesi ve tuzlu suyun da kısmen yüzey akıntısı ile taşınması nedeniyle, düşüktür. Ege Denizi, Marmara'dan daha tuzludur. Bu aynı zamanda Marmara sularının özgül ağırlığının Ege sularından daha az olduğu anlamına gelmektedir [18].

Dip akıntılar, yüzey akıntılara oranla daha karmaşık bir şekilde boğazı dolaşmakta, Boğaz'ın derinliği 80 m olarak kabul edilirse, dip akıntılar bu derinliğin %81'ini kaplamaktadır. Dip akıntılar en fazla hıza Nara Burnunun kuzeyinde sahip olmaktadır. Bu hızda yaklaşık 0,6 mil/saat'tir. Boğazın girişinde, Seddülbahir ile Kumkale arasında dip akıntılarının hızı yaklaşık 0,2 ile 0,3 mil/saat arasında değişmektedir. Eceabat önlerine gelen bu akıntılar, kuzeye geçince bir kısmı da bir kanal boyunca ters akıntılar oluşturmaktadır. Dip akıntılar Nara Burnu'nda 0,5 mil/saat hıza ulaşmakta, Nara Burnu'nun kuzeyinde daha büyük değişikliğe uğramadan geldiği Gelibolu'da 0,4 mil/Saat'e kadar düşer ve boğazı 0,1 mil/saat hız ile terk etmektedir [19].

### 1.3.3. Anafor (Ters) Akıntılar

Boğaz'da bir de ana akıntıya karşı duran koyların veya burunların kıvrımlarına giren suların sahilin kıvrımlarını takip ederek ters yönde kıyıdan ilerlemesi ile anaforlar ve bu anaforların tekrar ana akıntıya karıştığı yerlerde halk diliyle 'aynalar' (girdaplar) oluşmaktadır. Anaforların şiddeti de ana akıntının günlük şiddet değişimine paralel olarak değişmektedir. Örneğin, Galata ile Defterdar Burnu arasındaki ters akıntı, öğleden sonra daha kuvvetli akarken, akşam geç vakitlerde hızı azalmaktadır. Ortaköy'ün güneybatı sahili yakınında ters akıntının hızı ortalama 0,5 mil 'in üzerindedir. Ters akıntı Defterdar Burnu ile Akıntı Burnu arasında zaman zaman sahile yakın yerlerde kuvvetlenmektedir. Akıntı Burnu'nun güneyinde doğuya dönerek ana akıntıya karışmaktadır [18].

Akıntının yönü, kuvveti ve benzeri şeyler hava şartlarındaki değişimler ve bilhassa rüzgâr ile doğrudan ilgilidir ve bunlara bağlı olarak büyük değişimlere uğrayabilmektedir. Kible ve lodos rüzgârlarında normal sekline nazaran, anafor akıntısının eni 1 gominadan biraz fazla olmak üzere daralmaktadır. Güney yönlü rüzgârlar çok kuvvetli olduğunda, Boğazdaki ana akıntı da tüm Boğazı kaplayarak kuzeye yönelmektedir. Üsküdar'ın kuzey koyundaki ters akıntı, dar bir şerit olarak kuzeydoğu yönünde akmaktadır. Bu akıntı lodos rüzgârlarında Boğaz'ın ortalarına kadar ilerler. Beylerbeyi'nin kuzeydoğusundaki koyda,

Anadoluhisarı'nda, Vaniköy'deki küçük koyda, Bebek Koyu'nda ve İstinye Koyu'nun dış kısmında kısa birer ters akıntı vardır. Büyükdere Koyunda, 0,5 mil hızında bir ters akıntı sahili takip ederek poyraz yönünde Mesar Burnu'na kadar çıkmaktadır. Bununla birlikte, Mesar Burnu'nun kuzeydoğu tarafında bir başka girdap oluşmakta ve Tellitabya Burnu'na kadar uzanmaktadır. Büyük Liman'da, Garipçe Burnu ile Rumeli Burnu arasındaki koylarda da kuzey yönlü küçük ters akıntılar vardır. İncir Limanı ve Beykoz Limanı'nın da içinde bulunduğu büyük koyda ve Selvi Burnu'nun güneydoğusuna doğru olan koyda, büyük bir anafor vardır. Bu büyük anafor, koyun geniş kısımlarında kıyıdan açığa doğru 4 gomina kadar uzanmaktadır. Akıntının hızı 0,5 milden fazla olup, İncir Limanı'ndan itibaren sahil boyunca sürmektedir. Güneyden çok sert rüzgâr eserek deniz seviyesini yükselttikten sonra aniden kesilip, yerini kuzeyden gelen sert rüzgâra bırakırsa, Beykoz ve İncir Limanı'nda çok kuvvetli anafor meydana getirmektedir. Fil Burnu'nun ayırdığı iki küçük anafor vardır. Birisi Keçilik Koyu'nda, diğeri Poyraz Burnu'nun güney tarafındaki koydadır. Ayrıca Umuryeri Limanı'nda güneye doğru bir anafor bulunmaktadır. Bunlara ilave olarak, Umurbanklarının doğusuna doğru, Çalılık Tepe'ye yakın ve Selvi Burnu'na doğru akan bir ters akıntı vardır [18].

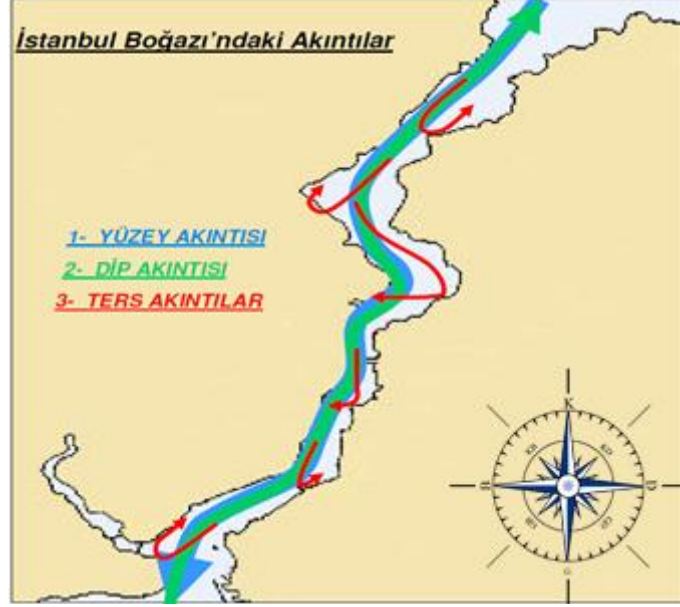
Boğazın doğu sahilinde bulunan Çanakkale merkez ile Kumkale arasında ve Nara burnu ile Lapseki arasında devamlı görülen ters akıntılar bulunmaktadır. Bu ters akıntılar nedeniyle bu bölgede girdaplar meydana gelmektedir. Bu oluşan girdaplardan, Gelibolu limanı dışında kalan bütün girdaplar ve ters akıntılar Çanakkale Boğaz'ının Gelibolu sahilinde bulunmaktadır. Kuzeydoğu rotasına ilerleyen bir gemi bazı koylarda oluşan girdaplardan faydalanabilmektedir [2].

#### **1.3.4. Orkoz Akıntısı**

Güneyli rüzgârlar, Marmara'nın sularını kuzeye doğru yığar ve su seviyesini İstanbul Boğazı'nın güney girişinde yarım metre kadar yükseltebilmektedir. Bu durumda Boğaz'ın akıntı rejimi de değişir; yüzeyde “orkoz” adı verilen ters akıntı oluşmaktadır. Bu akıntının da zaman zaman kuzey akıntısı hızına ulaştığı olmaktadır. Yani 6-7 knots hıza kadar orkoz akıntısı çıkabilmektedir [18].

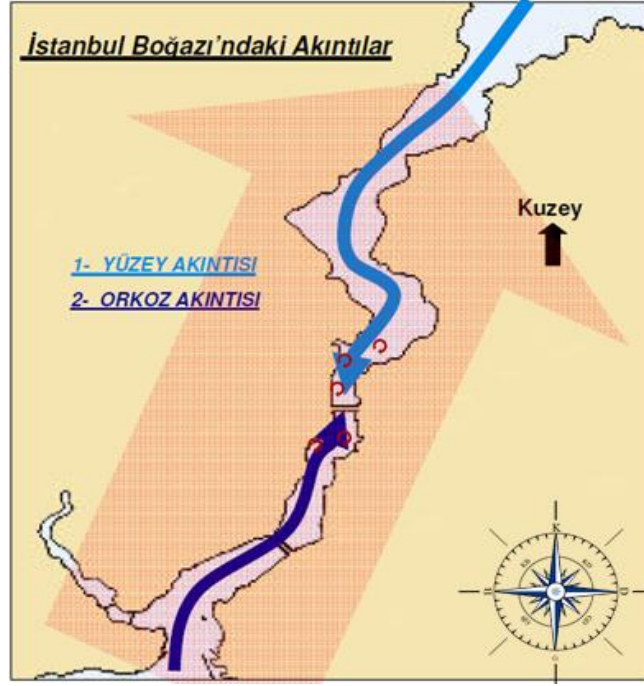
İstanbul Boğazındaki akıntılarını Şekil 1.5'de görüldüğü üzere Yüzey, Dip ve Ters akıntıları gösterilmektedir. Yüzey akıntısı mavi renkte gösterilmektedir ve Karadeniz'den Marmara Denizine doğru akıntı akmaktadır. Yeşil renkte belirtilen dip akıntısı, yüzey

akıntısının tam tersi yönünde olmaktadır. Bu iki akıntının oluşma nedeni Karadeniz'in deniz suyunun yoğunluğunun Marmara Denizindeki deniz suyunun yoğunundan küçük olmasıdır [20].



Şekil 1.5. İstanbul Boğazı'ndaki akıntılar [18]

Karadeniz'den Marmara Denizine doğru yüzey akıntısının ters yönünde Güney rüzgarları ve özellikle Lodos oluşturduğu Orkoz akıntısının yönleri Şekil 1.6'da gösterilmektedir.



Şekil 1.6. İstanbul Boğazı'ndaki akıntılar [18]

Çanakkale Boğazındaki akıntılarını Şekil 1.7'de Yüzey ve Dip akıntıları gösterilmektedir. Yüzey akıntısı turuncu renkte gösterilmektedir ve Ege Denizi'nden Marmara Denizine doğru akıntı akmaktadır. Mavi renkte belirtilen dip akıntısı, yüzey akıntısının tam tersi yönünde olmaktadır. Bu iki akıntının oluşma nedeni deniz suyunun yoğunluk farkından dolayı oluşmaktadır [21].



Şekil 1.7. Çanakkale Boğazı'ndaki akıntılar [22]

#### 1.4. Türk Boğazlarında Deniz Trafiği

Türk Boğaz'larında trafik hacmi günümüz itibariyle çok kritik ve tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. 1936 yılında İstanbul Boğazından günde yalnız 17 gemi geçmekte iken, 2011 yılında İstanbul Boğazından geçen gemi sayısı 49.798'dir. Bu rakam günde ortalama 140 gemiye tekabül etmektedir. Diğer bir ifadeyle, Montrö Sözleşmesinin imzalandığı 1936 yılından bu yana Türk Boğazlarından geçen gemi sayısı yaklaşık 8 kat artmıştır [23].

Buna ilaveten, İstanbul Boğazında ayrıca yoğun bir mahalli deniz trafiği bulunmaktadır. Bir günde İstanbul şehrinin iki yakası arasında karşılıklı sefer yapan şehir hatları gemileri, deniz otobüsleri ve botlarının sayısı 2.500'ü aşmaktadır. Ayrıca çok sayıda balıkçı teknesi ile özel deniz vasıtaları da bu su yolunu sürekli kullanmaktadırlar. Türk Boğazlarındaki deniz trafiği, Süveyş Kanalı'ndaki deniz trafiğinden üç kat daha fazladır [21].

Geçtiğimiz yıllar içerisinde sadece gemi trafiği artış kaydetmemiş, ayrıca teknolojik gelişmeler sonucu gemi boyutları büyümüş, taşıdıkları kargonun niteliği değişmiştir. Türk Boğaz'larından geçen gemilerin önemli bir kısmı zehirli, tehlikeli ve patlayıcı madde (ham petrol, amonyak, sıvılaştırılmış gaz, radyoaktif maddeler, tehlikeli atıklar gibi) taşımaktadır. Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren, Karadeniz'deki limanlara akan petrolün artışına paralel olarak, Türk Boğazlarından tehlikeli madde ve petrol taşıyan gemilerin sayısındaki artış katlanmıştır. Bu bağlamda, Boğazlarda tanker trafiği 1996-2009 döneminde % 218 artışla, 2009 yılında 9.299 tankere, geçen tehlikeli madde miktarı ise yaklaşık % 240 oranında artarak, 2009 yılında 144.6 milyon tona ulaşmıştır [23].

Kısacası, bugün Türk Boğazları yoluyla, en çok petrolün taşındığı boru hattından daha fazla tehlikeli madde taşınmaktadır. Taşınan tehlikeli madde miktarı her yıl artmaya devam etmektedir [21].

##### 1.4.1. Şehir İçi Ulaşım

İstanbul Boğazı'nın ulusal ve uluslararası taşımacılık yanında bir de yerel taşımacılıkta önemli bir rolü vardır. Büyük bir bölümü boğazın iki yakasında kurulmuş İstanbul'da yerel deniz ulaşımını şehir hatları vapurları, deniz otobüsleri, özel sektöre ait gemiler olmak üzere üç grupta toplamak mümkündür. Türkiye Denizcilik İşletmeleri Şehir Hatları 50 yolcu gemisi ve 24 araba vapuru ile Boğaz kıyısındaki iskelelerle yoğun bir







Hızlı feribot, deniz otobüsü, yolcu vapuru, arabalı vapuru, deniz taksi servis tipleri ile kent ulaşımına hizmet vermektedir. Turyol ve Dentur gibi özel işletmeler de küçük ve orta boy motorlu yolcu taşımacılığı yapmaktadır. İstanbul'da 2009 yılında denizyolu ile taşınan günlük yolcu sayısı yaklaşık 350.000 olup tüm yolculuklar içindeki payı ise %2,5'tur [26].

Türkiye Denizcilik İşletmesi'nin Şehir Hatları İşletmesine ait gemilerle yapılan deniz ulaşımında 1994 yılından itibaren yolcu ve araç sayısına bakıldığında 1996 ve 1997 yıllarındaki artış bir tarafa bırakılırsa giderek azalma görülmektedir [24].

Tablo 1.1. 1995-2003 yılları arasında şehir hatları yolcu trafiği [24]

Yıllar	Şehir Hatları Yolcu Trafiği
1995	74.168.501
1996	76.332.234
1997	79.489.781
1998	74.783.746
1999	66.662.892
2000	60.374.085
2001	57.606.131
2002	53.820.144
2003	52.334.970

1995 yılında 74.168.501 olan yolcu sayısı 1998'e kadar hemen hemen aynı kalmış, 1999'dan itibaren hızla azalarak önce 70 milyonun (66.662.892), 2001 yılında 60 milyonun altına (57.606.131) düşmüş, 2003 yılındaki miktar ise 52.334.970'dir. Bu durum şehir hatlarının sefer sayılarının azaltılması yanında daha başka faktörler ile de ilgilidir.

Şehir hatlarının sefer sayılarına bakıldığında sadece Beşiktaş Kadıköy hattındaki önemsiz bir artışın dışında diğerlerinde önemli miktarlara varan azalma söz konusudur. Örneğin Eminönü-Haydarpaşa Kadıköy hattında 1994 yılındaki 47.630 sefere karşılık 2003 yılında 42.126, Beşiktaş Üsküdar hattında 38.654'ten 27.557'ye, Üsküdar Kabataş'ta 15.393'ten 10.714'e ve diğer bölgeler adı altında toplanan Eminönü boğaz hattında 36.626'dan 24.718'e düşmüş, Eminönü Kadıköy hattında 32.845'ten 32.631 gibi hemen hemen aynı kalmıştır [24].

Sefer sayılarının azalması dışında yolcu sayısının giderek azalmasıdaki en önemli faktör kuruma ait gemilerin eski, büyük, hareket kabiliyetinin sınırlı ve yavaş olmasıdır.

Zamanımızda hele İstanbul gibi büyük bir kentte sürat çok önemli bir faktördür. Bu yüzden daha rahat ve hatta daha ucuz olmasına rağmen deniz yolu yerine karayolu tercih edilmektedir. Özelleştirme kapsamında bulunan kurumun yeni atılımlar yapması mümkün olmadığından yolcu sayısı hızla azalırken İstanbul trafiği içinden çıkılmaz bir hal almaktadır [24].

Başlangıçta yolcu sayısı önemli bir artış gösteren deniz otobüslerinin 2000 yılından itibaren azaldığı ve 2003 yılında 370.456'ya yükseldiği Tablo 1.2 de görülmektedir. Gerek hat ve sefer sayısının az, fiyatının diğer ulaşım araçlarına göre oldukça yüksek olması Türkiye'nin içinde bulunduğu ekonomik krizle ilişkili olarak yolcu sayısının fazla artmadığı görülmektedir. Şehir hatları vapurlarına göre küçük, hareket kabiliyeti çok yüksek, hızlı ve çağdaş bu ulaşım aracının İstanbul deniz trafiğinde daha önemli bir yer işgal edebilmesi için fiyatının daha aşağıya çekilmesi ve daha fazla hatlarda çalıştırılması gerekmektedir [24].

Tablo 1.2. 1998 – 2003 Yılları arasında İDO Boğaz hattında taşınana yolcu sayısı [24]

Yıllar	İDO Boğaz Hattında Taşınan Yolcu Sayısı
1998	274.867
1999	353.691
2000	348.108
2001	329.621
2002	328.034
2003	370.456

Üçüncü grup olan özel kooperatiflere gelince bunlar da küçük ve hareket kabiliyeti fazla gemiler olduklarından daha hızlı hareket edebilmekte giderek artan miktarda yolcu taşımaktadırlar. En fazla yolcuya sahip Kadıköy Haydarpaşa Karaköy Eminönü hattında çalışanlardır. Boğazda gezi düzenleyen diğer kuruluşlardan ne yazık ki net bir bilgi almak mümkün olmamaktadır. Ancak bunlardan en fazla araca sahip olanlardan birinin yolcu miktarı 10.362.282'dir [24].

Sonuç olarak 1996 yılında boğazda taşınan yolcu miktarının %85'i Türkiye Denizcilik İşletmelerine ait iken bu oran 2003 yılında %70'e düşmüştür. İstanbul gibi dünyanın önemli metropollerinden birinde deniz yolu ulaşım imkânları varken karayoluna

yönelip trafik ve çevre kirliliğini büyük boyutlara ulaştırmak şehircilik açısından büyük bir hatadır. Alınacak radikal kararlarla deniz yolu ulaşımı daha yaygın hale getirilmelidir [24].

#### **1.4.2. Ulusal ve Uluslararası Ulaşım**

İstanbul ve Çanakkale Boğazı ile Marmara Denizi'nden oluşan ve Türk Boğazları olarak tanımlanan bölge, yoğun bir ulusal ve uluslararası deniz trafiği olması nedeniyle can, mal ve çevre güvenliği bakımından büyük risklerle karşı karşıya bulunan bir bölgedir. Kendine has coğrafi, morfolojik ve oşinografik özellikleri nedeni ile çok riskli bir yapıya sahip olan İstanbul Boğazı, Çanakkale Boğazı ve Marmara Denizi'nden oluşan toplam uzunluk 305 kilometredir [27].

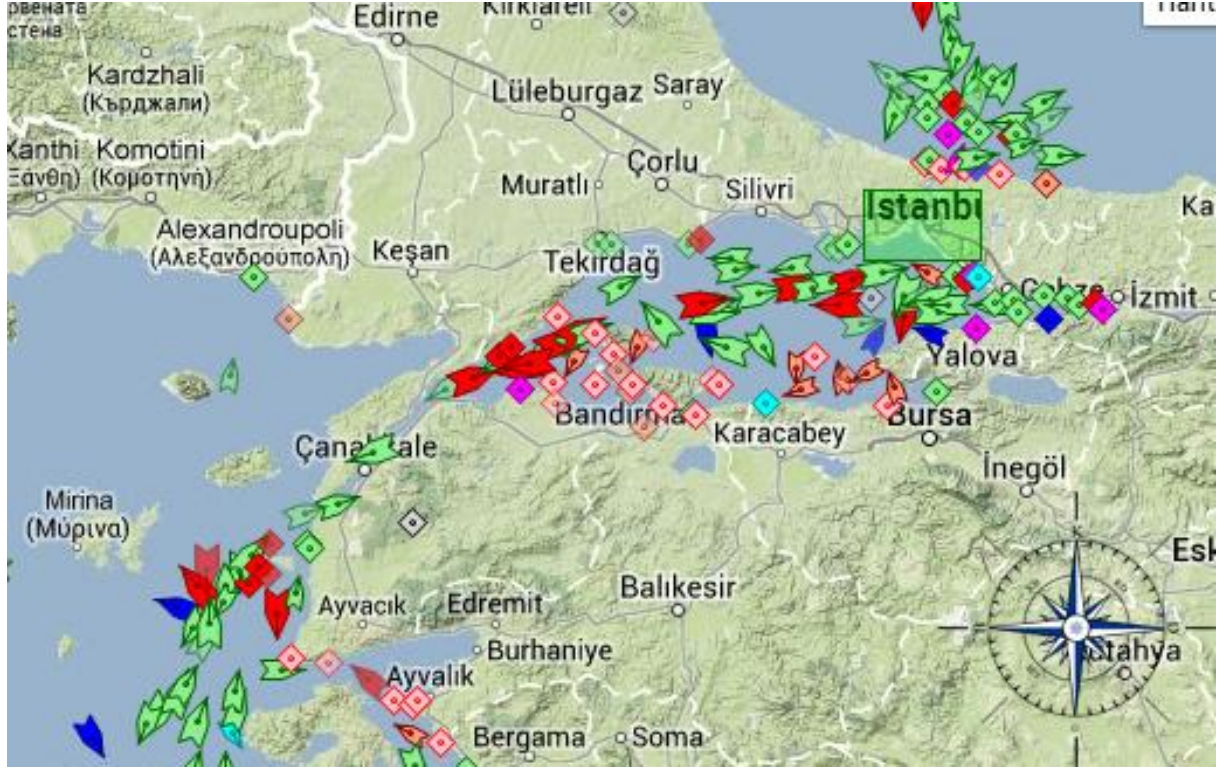
Türk Boğazlarında bilhassa kış aylarında hızı saatte 5-6 mile ulaşan akıntı, rüzgar, topuk ve adacıklar gibi zorunlu manevralar gerektiren ve emniyetli seyri engelleyen unsurlar bulunmaktadır. Türk Boğazlarındaki trafik yoğunluğu her geçen gün gittikçe artmaktadır. Özellikle İstanbul Boğazı'nda günde 2.500 civarında, yani yılda 700 binin üzerinde deniz aracı tarifeli ve tarifersiz lokal sefer yapmakta ve günde 2 milyona yakın insan iki yaka arasında taşınmaktadır. Hazar petrolünün uluslararası, pazara çıkarılması gibi nedenlerle son yıllarda Türk Boğazlarından geçen gemilerin boyutları, tonajları ve taşınan tehlikeli yüklerin çeşitlerinde ve miktarlarında önemli artışlar meydana gelmiştir [27].

Tarihin ilk çağlarından beri önemli bir su yolu olan Boğaz, dünya ticareti ve deniz ulaşımındaki gelişmelerle ilgili olarak özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren yoğun bir deniz trafiğine sahne olmaktadır. 1936'da yılda sadece 4.500 geminin geçtiği İstanbul Boğazında bu sayı 2006'de 56.606'ya ulaşmış ve 70 yıl içinde gemi trafiği çok büyük bir ölçüde artış göstermiştir. Üstelik bu sayı 1985'te 24.000 iken özellikle son 20 yılda yüzde yüz artışı trafik açısından düşündürücüdür. Giderek artan boğaz trafiğinin son 9 yılının verilerine bakıldığında önemli birtakım oynamaların meydana geldiği anlaşılmaktadır. 1996 – 2011 yıllarında İstanbul ve Çanakkale Boğazlarında geçiş yapan gemi sayısı Tablo 3.1 'de verilmektedir [28].

1995'te 46.954 olan gemi sayısının 1998'e kadar arttığı fakat daha sonra azalarak 49304'e kadar düştüğü görülmektedir. Bu azalmanın sebebi dünya ticaretinde 1998 yılında başlayan Navlun Krizidir. Bu krizin yavaş yavaş atlatılmasıyla 2000 yılında 48.079'a yükselen sayı 11 Eylül saldırılarından sonra yeniden düşerek 42.637'ye inmiştir. Ayrıca bu

durumda Türkiye ekonomik krizinin etkisi de vardır. 2002 yılında ise 47.283'e yükselerek 1995 değerlerini biraz aşmışsa da 2003 yılında 46.939 olarak gerçekleşmiştir [27].

İstanbul ve Çanakkale Boğazında geçiş yapan yük ve yolcu gemilerin online olarak izlenebilmektedir. Şekil 1.9'da gösterilmektedir.



Şekil 1.9. Boğazlardaki trafik yoğunluğu [29]

### 1.5. Türk Boğazlarında Trend Analizini Etkileyen Faktörler

İstanbul ve Çanakkale Boğazları konumu ve tarihi önemi itibarıyla ulusal ve uluslararası önem taşımaktadır. Türk Boğazlarından yıllara göre geçiş yapan gemi sayılarının değişkenlik göstermesinin sebebi siyasi, ekonomik ve Boğazlar rejimi hakkında alınan kararlar etkilemektedir. Bunun yanı sıra boğazların coğrafi yapısı ve doğa koşulları da geçiş yapan gemi trafiğini değişkenlik göstermesine sebep olmaktadır.

### **1.5.1. Türk Boğazlarında Seyir Emniyetini Etkileyen Faktörler**

Deniz ve boğazlarda seyir güvenliğini etkileyen çok çeşitli faktörler vardır. Bugüne kadar meydana gelmiş olan deniz kazaları incelendiğinde, kazaların büyük ölçüde aynı faktörlerden kaynaklandığı görülmektedir [30]. Bunlar;

- İnsan hataları: Gemiye kumanda eden kişilerin bilgisizlik, dikkatsizlik, yeteneksizlik gibi sebeplerle yaptığı hatalar olduğu gibi, gemi dışındaki seyirle ilgili hizmet personelinin hataları da olabilir.
- Doğal koşullar: Fırtına, sis, kuvvetli akıntı gibi etkenlerdir.
- Teknik arızalar: Makine arızası, seyir cihazları arızası veya dümen arızası gibi gemiden kaynaklanan arızalar olabileceği gibi, çevredeki seyir yardımcılarındaki arızalar da olabilir.

### **1.5.2. Türk Boğazlarında Seyir Güvenliğini Olumsuz Yönde Etkileyen Doğal Koşullar**

İstanbul Boğazı, kanal genişliği bakımından dünyanın en dar doğal suyollarından biridir. Ancak, asıl önemlisi, Boğazlarda, sonraki bölüm başlıklarında da belirtilecek olan olumsuz faktörlerden birkaçının bir arada olmasıdır. Bu olumsuzluklar Boğaz'ı, kendisinden daha dar olan kanal ve doğal suyollarından daha tehlikeli hale getirmektedir [31].

### **1.5.3. Türk Boğazların Coğrafi Yapısının Seyre Etkisi**

İstanbul Boğazı'nda kuzey güney doğrultusunda ya da tersi yönde seyir yapan bir gemi, en az 12 kez rota değiştirmek zorundadır. Bu dönüşlerden, özellikle, 45° nin üzerinde rota değişikliği gerektiren Kandilli Burnu ile Yeniköy Burnu, gemilerin dönüş sırasında arka taraflarını görmelerini engellemektedir. Ayrıca, özellikle boylu gemilerin baş ve kıçlarının akıntıdan aynı anda farklı yönde etkilenmeleri, bu gemilerin savrulmalarına yol açmaktadır. Özellikle Kandilli'de boylu gemiler için bir başka sorun da yanyana geçiş durumunda yeterli alan bulunmamasıdır. Boğaz'da derinlik güneyden kuzeye doğru gidildikçe artar. Boğaz kıyıları deniz dibinden itibaren bir duvarı andırırçasına yükselir, bu nedenle derinlik sahile doğru azalmasına rağmen çoğu yerde tam

kıyıda bile on metrenin üzerinde derinlik vardır. Bu nedenle, bir arızada gemiler yönlerini dolayısıyla rotalarını koruyamazlarsa, karaya oturabilirler [32].

#### **1.5.4. Türk Boğazlarında Akıntının Seyre Etkisi**

Türk Boğazlarında üst akıntılar, orkoz ve kuvvetli rüzgarın oluşturduğu akıntılar hariç, genel olarak kuzeyden güneye doğrudur.

Kuzeyden gelen gemi Marmara'ya çıkana kadar arkadan gelen akıntının etkisi altında kalır. Dönüş noktalarında ise kıvrımların keskinliğine bağlı olarak geminin başı ve kıçını aynı anda farklı kuvvet ve yöndeki akıntının etkisi altında kalacaktır. Akıntı ile geminin aynı yönde gitmesi nedeniyle geminin hızı artacağı için karaya oturma veya karşı şeride geçerek gelen bir gemi ile çatışma tehlikesi daha fazladır. Ayrıca kıçtan veya kıç omuzluktan gelen akıntının etkisi altında kalan gemiler burunları dönerken daha hızlı giderek ve daha fazla dümen açısı ile dönerek akıntıyı yenmeye çalışırlar. Bu manevra ile ister istemez trafiğin karşı şeridine savrulurlar [33].

Boğazlar 'da meydana gelen kazalar incelendiğinde çoğunlukla Karadeniz'den Marmara'ya gelen gemilerin kazaya uğradıkları görülür. Bu olaylarda akıntının etkisi oldukça fazladır. Güneye doğru inen gemilerin kuzeye çıkan gemilerden daha sıklıkla kaza yapmaları akıntının etkisini ortaya koymaktadır [33].

#### **1.5.5. Meteorolojik Olayların Seyre Etkisi**

Türk Boğazlarında meteorolojik olaylardaki değişimler seyir güvenliğini üç şekilde etkilemektedir [34];

- Yağış ve özellikle sis nedeniyle görüşün azalması.
- Rüzgar kuvvetinin artması ile rüzgarın doğrudan gemiler üzerindeki etkisi.
- Kuvvetli rüzgarın, akıntının yönünü ve hızını değiştirmesi.

Boğaz'da meydana gelmiş deniz kazalarının kayıtları incelendiğinde, birçok kazanın sis, kar veya yağmur nedeniyle görüş uzaklığının yarım mil ve altına düştüğü zamanlarda meydana geldiği görülmektedir [34].

### **1.5.6. Türk Boğazlarında Seyir Güvenliğini Olumsuz Yönde Etkileyen Diğer Koşullar**

Türk Boğazlarının coğrafi yapısının yanı sıra, asma köprüler ve enerji nakil hatları gibi bazı yapılar da Boğazlarda seyrüseferi etkilemektedirler. İstanbul Boğazı'nda, "Boğaz Köprüsü" ve "Fatih Sultan Mehmet Köprüsü" olmak üzere iki asma köprü bulunmaktadır [32].

Enerji nakil hatlarının bir tanesi Bebek-Kandilli arasında, diğeri Rumelikavağı Anadolu kavağı arasındadır. Bu hatlar vasıtasıyla Boğaz'ın iki yakası arasında yüksek gerilim iletimi yapılmaktadır. Enerji nakil hatları, gemilerin radarlarında, tam pruvada bir başka gemi varmış gibi "yalancı eko" oluşmasına neden olabilirler [32].

İki kıyı arasında yolcu taşımacılığı yapan yolcu motorları, Boğaz'dan emniyetle geçebilecek bilgi ve beceriye sahip olmamalarına karşın, kılavuzluğun ihtiyari olmasını fırsat bilip, gerek kendi istekleriyle, gerek şirketin baskısıyla kılavuz almadan geçen gemiler, eksik donanımlı, arızalı yada çok eski veya yolsuz oldukları halde Boğaz'dan geçiş yapan gemiler de İstanbul Boğazı'nda seyir güvenliğini olumsuz etkilemektedirler [32].

### **1.5.7. Yerel Trafik Etkisi**

Bölgesel deniz trafiği içerisinde seyir güvenliği bakımından en çok dikkate değer olanları, İstanbul'un iki yakası arasında günlük yolcu taşınması yapan feribotlar (şehir hatları gemileri, yolcu motorları) ile özellikle yaz aylarında sayıları artan amatör tekneler, yatlar ve kotralardır [35].

Türk Boğaz'larında ki yerel trafiğin yoğunluğu Boğazdan geçiş yapan gemilerin seyirlerinin olumsuz yönde etkilemektedir.

### **1.5.8. Seyir Yardımcılarının Etkisi**

Seyir yardımcı hizmeti zor seyir ve meteoroloji koşullarında, geçiş sırasında arıza veya bir eksiklik söz konusu durumlarda, gemi kaptanı tarafından talep edildiğinde veya TBGTH tarafından gerekli olduğu görüldüğünde verilecektir [36]. TBGTH gemilere

aşağıdaki bilgileri sağlayarak gemi kaptanının, gemisinin seyir emniyetiyle ilgili kararını oluşturmasına katkıda bulunabilir:

- TAD içinde gemilerin emniyetli seyir yapabilmelerini sağlamak için pozisyon bilgisinin aktarılması
- Çevresindeki diğer gemilerle ilgili bilgi verilmesi
- Oluşabilecek tehlikeli durumlarla ilgili uyarılar

Seyir Yardımı Hizmeti verilirken gemi kaptanı tarafından talep edildiğinde veya TBGTH operatörü tarafından gerekli görüldüğünde hizmeti sağlayan operatör tarafından rota ve sürat tavsiyesi verilebilir. Böyle bir durumda, rota ve sürat tavsiyesine uymak ya da uymamak konusundaki karar ile bu kararın sonucundaki tüm sorumluluk gemi kaptanına aittir [36].

### **1.5.9. Türk Boğaz'larında Seyir Yapan Gemilerin Teknik Yetersizlikleri**

Türk Boğazlarının karşı karşıya olduğu tehlikelerden biri de, eksik donanımlı yaşlı gemilerin geçişleridir. Türk Boğazlarında bugüne kadar meydana gelen kazaların bir kısmı makine, dümen veya diğer bir donanımda ortaya çıkan arızalar yüzünden olmuştur [37].

### **1.5.10. Tehlikeli Yük Trafiğinin Yapısı**

DTGM [38]'e göre İstanbul Boğazı'ndan 2012 yılında 9.027'si tanker olmak üzere 48.329 gemi geçiş yapmıştır. Çanakkale Boğazı'nı ise 2012 yılında 8.998'i tanker olmak üzere 44.613 gemi kullanmıştır.

İstanbul ve Çanakkale Boğaz'larından geçen 18.025 tanker, başta petrol olmak üzere 282.153.803 ton tehlikeli madde taşınmıştır. Uğraksız gemi trafiğinin yanı sıra şehir içi ulaşımda da önemli yer tutan İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan tankerler başta petrol olmak üzere 131.122. 919 ton tehlikeli madde taşırken, Çanakkale Boğazı'nda ise tankerin taşıdığı tehlikeli madde miktarı 151.030.884 ton olarak kayıtlara geçmiştir [38].

2012 yılında İstanbul Boğazı'nı kullanan gemilerin % 57'si uğraksız, % 43'ü uğraklı, Çanakkale Boğazı'nı kullanan gemilerin ise yaklaşık % 61'si uğraksız, % 39'u da uğraklı geçiş yaparken, boyu 200 metreden büyük gemilerin toplam geçişlere oranı ise % 10,6 olmuştur [38].



### 1.5.11. Ekonomik Krizlerin Türk Boğaz'ındaki Trafığe Etkisi

2008 yılında yaşanan ve tüm dünyayı etkileyen ekonomik krizin etkisiyle, dünya ticaretinin daralması, boğazlardan geçen gemi sayısını da azaltmıştır. 2007 yılında İstanbul ve Çanakkale Boğazı'ndan 106.519 gemi geçiş yaparken, bu sayı sırasıyla 2008 yılında 103.293'e, 2009 yılında 100.875'e, 2010 yılında 95.577'ye 211 yılında ise 95.177'ye düşmüştür. Hatta taşımacılık sektörü dünya ticareti ile çok yakından ilgili olduğundan, dünya ticaretinde yaşanan daralma taşımacılığı da etkilemiştir. 2009 yılına ait Bölge ticaret odaları ve limanla ilgili kuruluşların zaman zaman yayınladıkları raporlara göre oranlar aşağıda olmakla birlikte bu oran günümüze kadarda düştüğü belirtilmektedir.

İstanbul çevresindeki Limanlarda % 45-50 seviyelerine gerilemiştir. Çanakkale Çevresindeki Limanlarda ise bu oran % 34-40 seviyelerine düşmüştür.

İthalat ve ihracattaki düşüşler nedeniyle meydana gelen trafik düşüşleri sonucu birçok limandan personel çıkarmaları olmuştur.

Yaşanan ekonomik kriz nedeniyle 2009 yılında yapılması planlanan birçok liman yatırımı ya iptal edilmiş veya ileri tarihlere ertelenmiştir.

Ekonomik krizler limanlarımızda olumsuz etki yaparak özellikle yatırımların yapılmasını aksatmış ayrıca ithalat ve ihracattaki düşüşlerle birlikte boğazlardaki trafiğinde azalmasına sebep olmaktadır.

UNCTAD [39]'ye göre Çin'in (giyim ve ayakkabı gibi) geleneksel emek-yoğun bazı mamullerde ve yüksek teknoloji içeren sektörlerin montaj sürecinde etkili rekabet gücü devam edecektir. Raporun bulgularına göre, Çin'in ihracat rekabetinden en çok etkilenecek ülkeler, Doğu Asya'daki ikinci kuşak yeni sanayileşen ülkeler (YSÜ'ler) ile Meksika ve Türkiye gibi orta gelir düzeyindeki diğer "gelişen piyasa ekonomileri" olacağı bildirilmektedir.

Dünya ticaretinin yaklaşık %90'ının denizyolu ile gerçekleştiriliyor olması, uluslararası ticarete denizyolu taşımacılığının ne derece önemli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır [40].

Bugün dünya deniz ticaret filosu 1,23 milyar DWT'a, dünya deniz ticaret hacmi de 8,17 milyar tona ulaşmış olup, dünya deniz ticaretinden de yılda yaklaşık 400 milyar \$ gelir elde edildiği tahmin edilmektedir. Türkiye'nin bu büyüklükteki pastadan daha fazla pay alması kaçınılmaz hale gelmiştir [40].

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Boğazlardaki gemi trafiği zaman içinde rastgele değişen yapıda olduğundan sürekli bir azalma veya artma eğiliminin araştırılması özel yöntemler kullanmayı gerektirmektedir. Trend analizinde genellikle, Mann-Kendall, Spearman'ın Rho, Sen'in T, Lineer Regrasyon ve grafik yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan testler Mann-Kendall testi ve Spearman'ın Rho testleri kullanılmıştır. Anlamlı bir trend olduğu gözlemlendiğinde, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ile trend başlangıç yılı belirlenmiş ve Sen'in Trend Eğim metodu ile de trend eğimi tespit edilmeye çalışılmıştır. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığında 1996 -2011 yılları arasındaki gemi geçiş istatistikleri alınmıştır. Elde edilen veriler aşağıda veri istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmak suretiyle değerlendirilmiştir. İstatistiksel verilerin değerlendirilmesi aşamasında Delphi 7 yazılım programı kullanılmıştır.

### 2.1. Mann-Kendall Testi

Mann Kendall Trend testi [41,42] nonparametrik bir test olduğundan rastgele değişkenin dağılımından bağımsızdır. Bu test ile bir zaman serisinde trend olup olmadığı sıfır hipotezi; "H<sub>0</sub>: trend yok" ile kontrol edilmektedir [43]. Testin uygulanacağı zaman serisi x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>,.....x<sub>n</sub> de x<sub>i</sub>,x<sub>j</sub> çiftleri iki gruba ayrılmaktadır. i<j için x<sub>i</sub><x<sub>j</sub> olan çiftlerin sayısı P ve x<sub>i</sub>>x<sub>j</sub> olan çiftlerin sayısı M ile gösterilirse test istatistiği (S),

$$S = P - M \quad (2.1)$$

(2.1)'de görüldüğü gibi hesaplanmaktadır.

Kendall korelasyon katsayısı  $\tau$  ;

$$\tau = \frac{S}{[n(n-1)/2]} \quad (2.2)$$

$n \geq 10$  için varyans ( $\sigma$ ), denklem (2.2)' te görüldüğü gibi hesaplanmaktadır;

$$\sigma = \sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}} \quad (2.3)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & S < 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

Denkleminde tanımlanan  $Z$  test istatistiğinin dağılımı standart normal dağılımdır. Örnekte birbirine eşit olan gözlemler varsa ( $\sigma_s$ ), (2.3) bağıntısı ile hesaplanmaktadır [44].

$$\sigma = \sqrt{\frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_i t_i(t_i-1)(2t_i+5)]}{18}} \quad (2.5)$$

Burada  $t_i$  değeri eşit olan gözlemlerin sayısını göstermektedir. Örneğin 5 gözlem aynı değeri taşıyorsa  $t_i = 5$ , 3 gözlem aynı değerde ise  $t_2 = 3$  ve ayrıca değerleri aynı olan 2 gözlemleme iki grup bulunuyorsa  $t_3 = 2$ ,  $t_4 = 2$  alınacaktır.

Yukarıda anlatıldığı şekilde hesaplanan  $Z$ 'nin mutlak değeri seçilen  $\alpha$  anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın (EK 1)  $Z_{\alpha/2}$  değerinden küçükse sıfır hipotezi kabul edilmekte, incelenen zaman serisinde trend olmadığı, büyükse trend olduğu ve  $S$  değeri pozitif ise artan yönde, negatifse azalan yönde olduğu sonucuna varılmaktadır. Ayrıca verilerin belirli bir dağılıma uyması zorunluluğu aranmadığı için özellikle kullanışlıdır [44].

## 2.2. Spearman'ın Rho Testi

İki gözlem serisi arasında korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan bu test, lineer trend varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir testtir. Sıra istatistiği olan  $R_{xi}$  verilerin küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenmektedir. Gözlem serisi  $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$  vektörü olmak üzere; iki yönlü test ile tanımlanan  $H_0$  hipotezine göre  $x_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) değerleri eş olasılıklı dağılımlardır,  $H_1$  hipotezine göre ise  $x_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) değerleri zamanla artmakta veya

azalmaktadır. Spearman'ın Rho testi istatistiği ( $r_x$ ), (2.6) bağıntısı ile hesaplanmaktadır [45],

$$r_x = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n R(x_i - i)^2}{(n^3 - n)} \quad (2.6)$$

$n > 30$  için  $r_s$  dağılımı normale yaklaşacağından normal dağılım tabloları kullanılır [46]. Bunun için  $r_s$ 'nin test istatistiği ( $Z$ ), denklem (2.7) 'de görüldüğü gibi hesaplanır,

$$Z = r_x \sqrt{n - 1} \quad (2.7)$$

Eğer  $|Z|$  değeri,  $\alpha$  önem seviyesinde standart normal dağılım tablolarından tespit edilen  $Z_{\alpha/2}$  değerinden büyük ise,  $H_0$  hipotezi reddedilerek, belirli bir trendin olduğu sonucuna varılır. Standart normal dağılım tablosu EK 1 'de verilmiştir [46].

### 2.3. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

Parametrik olmayan bu test, uygulanan seride zamanla artma veya azalma olduğunu bulmak için kullanılmaktadır. Test, sonuçları grafiksel olarak ifade ederken trendin başlangıç noktasını da belirleyebilmektedir [47].

Zaman serisinde sol taraftan başlayarak veriler  $x_i$ , teker teker göz önünde bulundurulurken veri yerine kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin kendisinden büyük olduğu sayılmaktadır. Bu sayıya  $n_i$  dersek  $x_i$  veri değerleri bunlarla yer değiştirerek tam sayılı bir örnek fonksiyon elde edilmektedir [47].

Bu tam sayıların ardışık toplamlarını,  $t_i$  ile gösterirsek yöntemi sınamak için gerekli büyüklük olan ( $t$ ), (2.8) bağıntısı ile hesaplanmaktadır [47];

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (2.8)$$

Bunun ortalaması  $E t$  ;

$$E t = \frac{n(n-1)}{4} \quad (2.9)$$

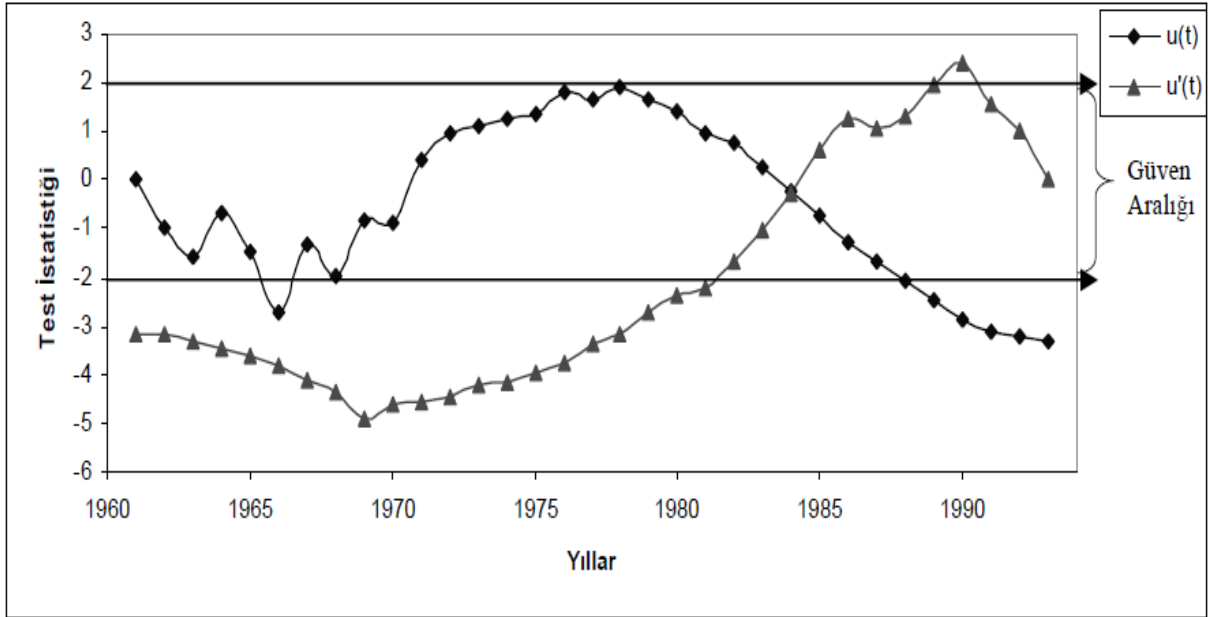
varyansı  $var t$  ;

$$var t = \frac{n n-1 (2n+5)}{72} \quad (2.10)$$

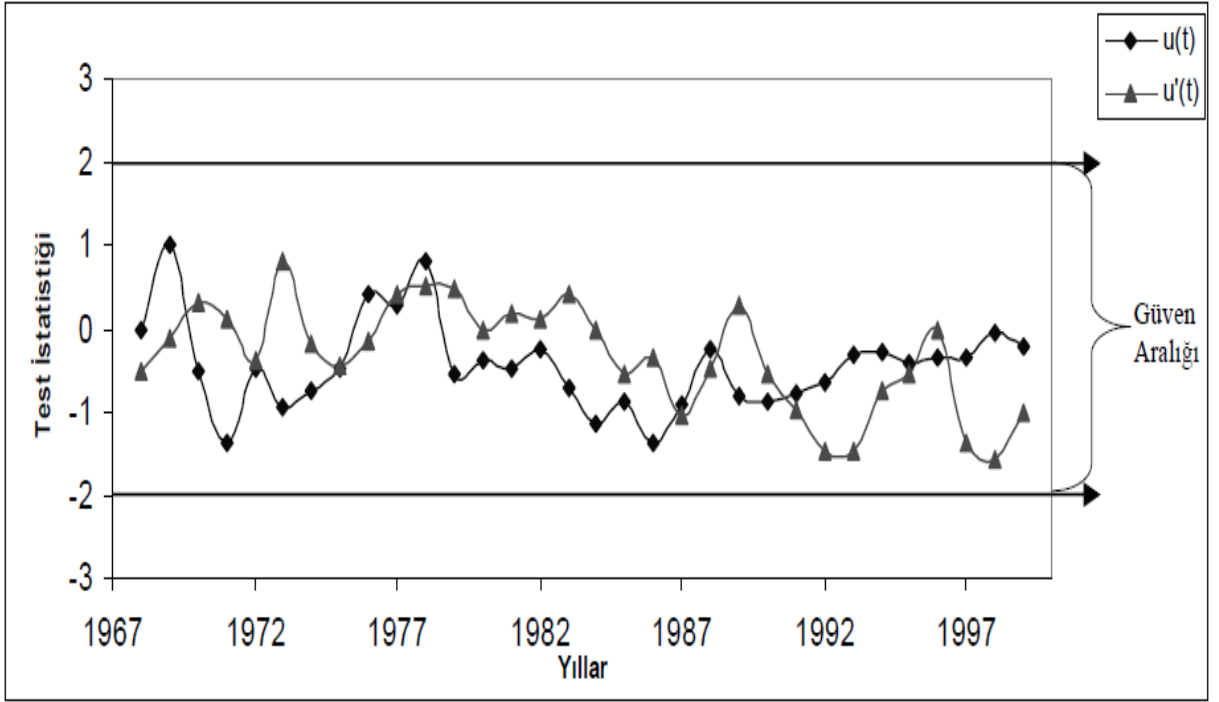
$u(t)$  fonksiyonu ise (2.11) denklemi ile belirlenir [47].

$$u t = \frac{(t-E t)}{var t} \quad (2.11)$$

Zamanla bir değişim yok varsayımı,  $u(t)$ 'nin sifıra yakın değerleri ile ifade edilirken  $u(t)$ 'nin büyük değerleri bir değişiminin olduğunu göstermektedir.  $u(t)$ 'nin  $\pm 1.96$ 'ya ulaşması trendin önemlilik seviyesinin %95'lere ulaştığını göstermektedir.  $u'(t)$  ise seri içinde geri yönde  $u(t)$ 'ye benzer şekilde hesaplanmaktadır. Grafikselle olarak  $u(t)$  ve  $u'(t)$ , değişimin başladığı yer ile kuvvetini göstermektedir.  $u(t)$  ile  $u'(t)$ 'nin grafikselle olarak kesiştikleri nokta trendin başladığı zamanı göstermektedir. Şen [49]'in yapmış olduğu Şekil 2.1 trend olması durumunda  $u(t) - u'(t)$  grafiğini ve Şekil 2.2 trend olmaması durumunda  $u(t) - u'(t)$  grafiğini örnek olarak verilmiştir.



Şekil 2.1. Trend olması durumunda  $u(t) - u'(t)$  grafiği [49]



Şekil 2.2. Trend olmaması durumunda  $u(t) - u'(t)$  grafiği [49]

#### 2.4. Sen'in Trend Eğim Metodu

Sen P.K. tarafından geliştirilen parametrik olmayan bir testtir [48]. Eğer lineer bir trend mevcut ise gerçek eğim (birim zamandaki değişim) için veri hatalarından veya ekstremum değerlerden etkilenmeyen, eksik değerlerin bulunduğu kayıtlara uygulanabilen parametrik olmayan bir metod kullanılabilir [44]. Burada önce  $j$  ve  $k$  zamanlarındaki veriler  $x_j$  ve  $x_k$  olmak üzere ( $j > k$  şartı ile)

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (2.12)$$

Adet olmak üzere parametresi;

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{(j-k)} \quad i = 1, \dots, \dots, N \quad (2.13)$$

Bağıntısı ile hesaplanır. Bu bağıntı yardımı ile tüm  $Q_i$  değerleri hesaplanır ve küçükten büyüğe doğru sıralanır. Bu  $N$  adet  $Q_i$  değerlerinin medyanı Sen'in eğim

estimatoru, yani söz konusu lineer trend eğim parametresini tahmin etmek için ilgili bir istatistiktir. (2.14) N sayısının tek olması durumunda;

$$Q_{medyan} = Q_{(N+1)/2} \quad (2.14)$$

Eşitliği, (2.15) çift olması durumunda ise,

$$Q_{medyan} = \frac{\frac{Q_N + Q_{N+2}}{2}}{2} \quad (2.15)$$

Eşitliği kullanılarak, ilgili gözlemlerin birim zamandaki değişimi bulunur.

## 2.5. Korelasyon

Bazı mühendislik problemlerinde iki rastgele değişken arasında istatistiksel bir ilişki bulunduğunu, yani bu iki değişkenin birbirlerine karşı gelen değerlerinin bağımsız olmadığını görülmektedir. İki değişken arasında bir ilişki bulunması bunlardan birinin diğerinden etkilenmesi veya her iki değişkenin başka değişkenlerden birlikte etkilenmelerinden kaynaklanabilmektedir. Birbirleri ile olan ilişkinin doğrusal olması halinde bu ilişki için en çok kullanılan ölçü birimi korelasyon katsayısıdır [43].

Normal dağılmış  $X$  ve  $Y$  değişkenleri için  $n$  elemanlı  $(x_i, y_i)$  çiftlerinden oluşan örnekten  $r$  korelasyon katsayısı;

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \frac{y_i - \bar{y}}{s_y} \quad (2.16)$$

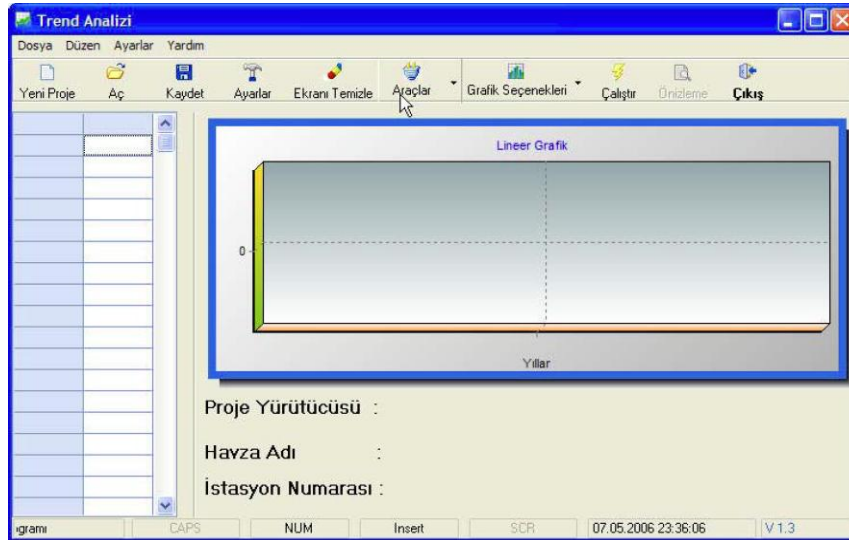
(2.16) şeklinde hesaplanmaktadır [43].  $r$ 'nin değeri -1 ile 1 arasında değişebilmektedir. Mutlak değerin 1 olması iki değişken arasında fonksiyonel bir ilişki bulunduğunu, 0 olması ise değişkenlerin bağımsız olduğunu göstermektedir.  $r$ 'nin mutlak değeri 0'dan 1'e doğru büyüdükçe ilişki kuvvetlenmektedir.  $r$ 'nin eksi işaretli olması değişkenlerden birinin artmasıyla diğerinin azaldığını göstermektedir. Hesaplanan  $r$  değerinin sıfırdan anlamlı derecede farklı olup olmadığını kontrol etmek için  $t$  test istatistiği denklem (2.17) ile hesaplanmakta,

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2.17)$$

Bu şekilde hesaplanan t'nin mutlak değeri seçilen  $\alpha$  anlamlılık düzeyine karşı gelen n-2 serbestlik düzeyindeki  $t_{\alpha/2}$  değerinden küçükse sıfır hipotezi kabul edilmekte ve incelenen seriler arasında korelasyon olmadığı, büyükse korelasyon olduğu sonucuna varılmaktadır.

## 2.6. Bilgisayar Yazılımı

Çalışmalarda kullanılmak amacıyla Delphi 7 [50] programlama dili ile trend bileşenin tespit etmek için bir yazılım geliştirilmiştir. Delphi yazılım dilinin özellikle seçilmesindeki ana etken, bu dilin grafik çalışmalarında daha hızlı ve esnek bir yapıya sahip olmasıdır. "Trend Analysis for Windows" adındaki bu yazılım Mann-Kendall testi, Spearman'in Rho testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ve Sen'in Trend Eğim metodunu verilere uygulayıp sonucu grafik ve metin olarak vermektedir. Yazılım arabirim olarak oldukça kullanışlı tasarlanmış ve geliştirilmiştir (Şekil 2.3). Yapılan çalışmada bu yazılım kullanılmıştır.



Şekil 2.3. "Trend Analysis for Windows" programının genel görünüşü [50]



### 3. BULGULAR

Türk Boğazları çok yoğun denizcilik aktivitesine sahip bir su yoludur. Bundan dolayı bu bölgenin daha iyi tanınması ve bilinmesi için bir çok çalışma yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, Türk Boğaz'larından geçiş yapan gemilerin sayılarına ve GT'larına göre istatistiksel veriler ele alınarak trend analizleri yapılmıştır.

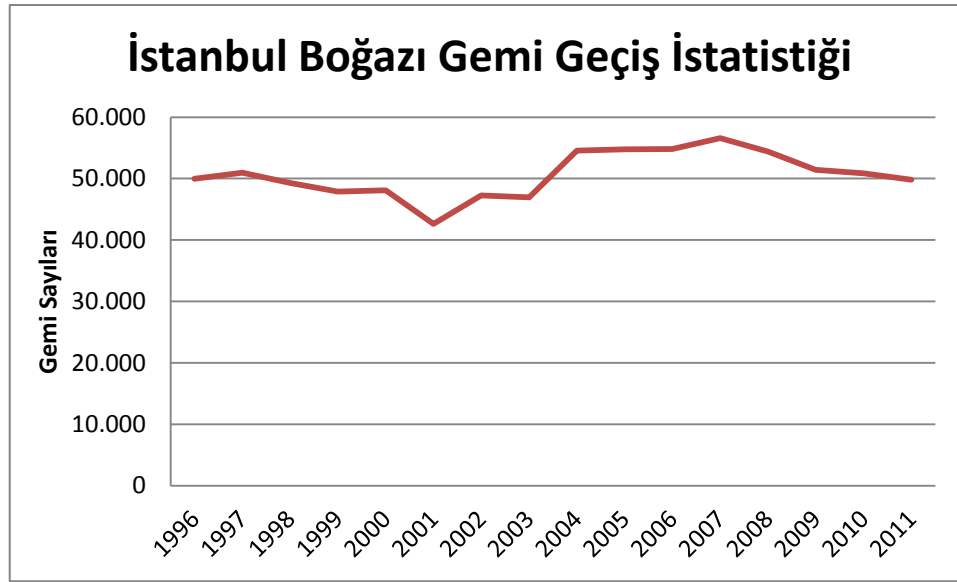
#### 3.1. Türk Boğazlarındaki Gemi Trafik Verileri

İstanbul ve Çanakkale Boğaz'larında 1996 ve 2011 yılları arasında geçiş yapan gemi sayılarının yıllara göre dağılımı ayrı ayrı olarak Tablo 3.1'de verilmektedir. Bu yıllar arasında Türk Boğaz'larında geçiş yapan gemi sayılarında inişler ve çıkışlar olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1. 1996-2011 yılları arasında İstanbul ve Çanakkale Boğaz'larından geçen gemi sayısı [22]

Yıllar	İstanbul Boğazı Gemi Geçiş İstatistiği	Çanakkale Boğazı Gemi Geçiş İstatistiği
1996	49.952	35.487
1997	50.942	36.543
1998	49.304	38.777
1999	47.906	40.582
2000	48.079	41.561
2001	42.637	39.249
2002	47.283	42.669
2003	46.939	42.648
2004	54.564	48.421
2005	54.794	23.788
2006	54.801	48.915
2007	56.606	49.914
2008	54.398	48.978
2009	51.422	49.452
2010	50.871	46.686
2011	49.798	45.379

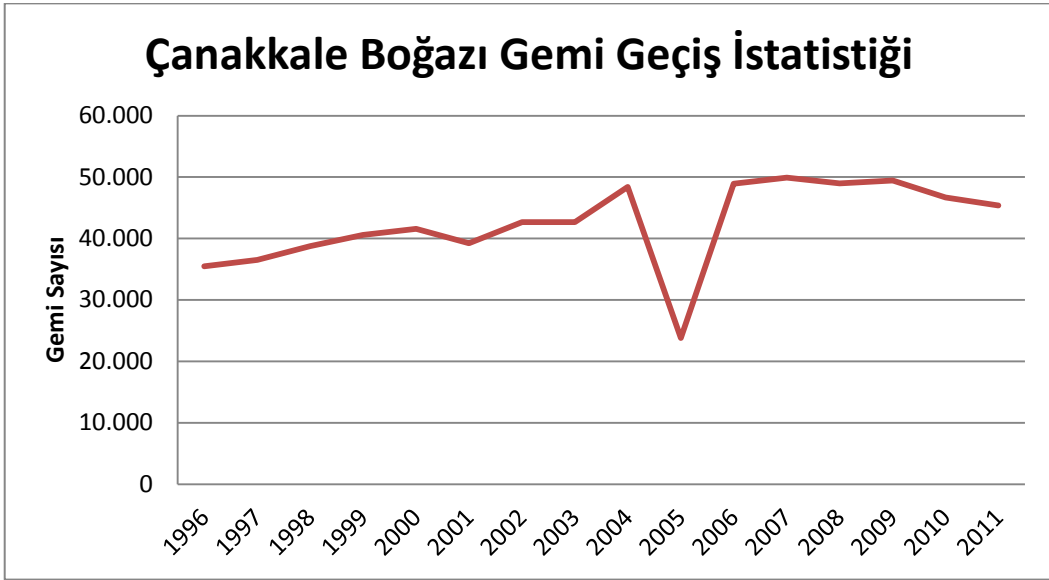
1996 yılında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayısı 49.952 iken bu sayı 1997 yılında 50.942'e yükseldikten sonra bir düşüşle 1998 yılında 49.304'e inmiştir. 2000 yılından sonra İstanbul Boğazı'ndan geçen gemi sayısı 2001 yılında düşüşle 42.637 seviyelerini görmüştür. 2002 yılında tekrardan artışa geçerek 1996 yılındaki geçiş yapan gemi sayısını hemen hemen yakalamıştır. 2003 yılında 46.939 olan bu sayı hızla yükselerek 2004 yılında 54.564 ulaşmıştır. 2004 ile 2006 yılları arasında geçiş yapan gemi sayısında pek değişkenlik göstermezken 2007 yılında en yüksek geçiş sayısı olan 56.606'ya yükselmiştir. 2007 yılından sonra düşüş seyrederek 2008 yılında 54.398, 2009 yılında 51.422 ve 2010 yılında 50.871'e gerilemiştir. 2011 yılında da 49.798'e kadar düşüş yaptığı görülmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. 1996-2011 yılları arasında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin grafik üzerinde dağılımı

Çanakkale Boğaz'ında yıllara göre geçiş yapan gemi sayılarının grafiği Şekil 3.2'de verilmektedir. 1996 yılında 35.487 gemi geçişi gerçekleşmiştir. 1997 yılında 36.543 olan gemi sayısı rutin bir artışla 1998 yılında 38.777 ve sonrasında 1999 yılında 40.582 olmuştur. 1996 ve 2000 yılları arasında geçiş yapan gemi sayılarında artış gözlenmiştir. 2000 yılında 41.561 ulaşmıştır. 1996 – 2000 yılları arasındaki artış görülürken 2001 yılından 39.249'a düşüşe dönmüştür. 2002 ve 2003 yılında bir birlerine yakın değerlerde olduğu görülmektedir. 2004 yılına oranla % 50'lik bir düşüşle 2005 yılında Çanakkale

Boğaz'ında geçen gemi sayısı 23.788 düşmüştür. 2006 yılında tekrardan 48.915 seviyelerine yükselmiştir. 2007 ve 2008 yıllarında aynı seviyelerde seyrederek 2009 yılında 49.686 olduğu görülmektedir. 2010 yılında 46.686'ya ve 2011 yılında 45.379 kadar geçiş sayısı gerilemiştir



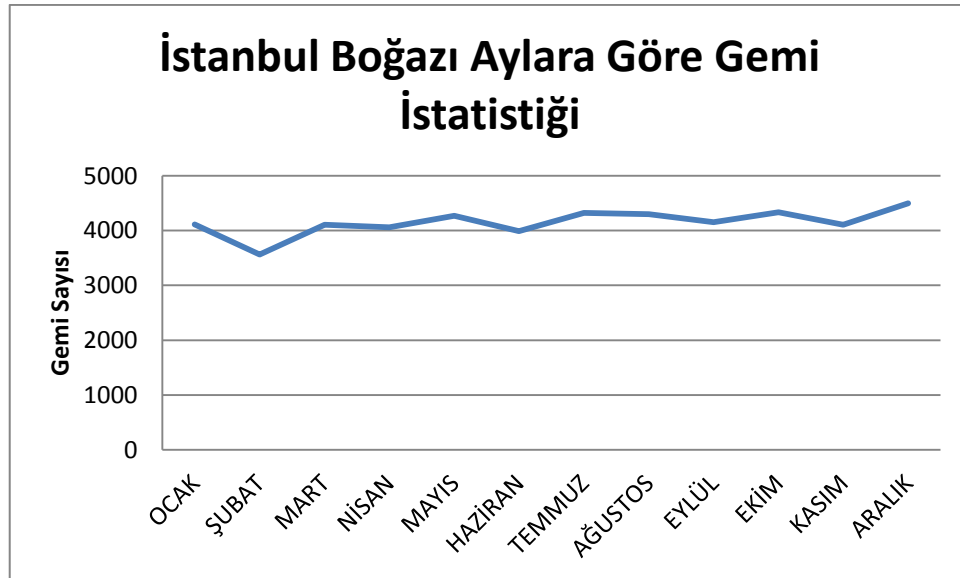
Şekil 3.2. 1996-2011 yılları arasında Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin grafik üzerinde dağılımı

2011 yılında İstanbul Boğazı'nda Ocak ayında 4.109 gemi geçiş yapmıştır. Şubat ayında bu sayı 3.565 düşmüştür. Mart ve Nisan aylarındaki sayı aynı kalarak Mayıs ayında 4.268'e yükselmiştir. Haziran ayında İstanbul Boğazından geçen gemi sayısı 3.988 düşmüştür. Temmuz ayında 4.321 olan bu sayı Ağustos ve Eylül aylarında gerileyecek 4.152 seviyesine düşmüştür. Ekim ayında 4.331 sayısına yükselse de Kasım ayında 4.108'e gerilemiştir. Aralık ayında hızlı bir artışla 4.499'a yükselmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. 2011 yılında İstanbul ve Çanakkale Boğazlarından geçen gemilerin aylara göre dağılımı [22]

Aylar	İstanbul Boğazı Gemi Geçiş İstatistiği	Çanakkale Boğazı Gemi Geçiş İstatistiği
Ocak	4.109	3.564
Şubat	3.565	3.172
Mart	4.104	3.601
Nisan	4.056	3.686
Mayıs	4.268	3.838
Haziran	3.988	3.601
Temmuz	4.321	4.086
Ağustos	4.297	4.089
Eylül	4.152	3.834
Ekim	4.331	4.099
Kasım	4.108	3.816
Aralık	4.499	3.993

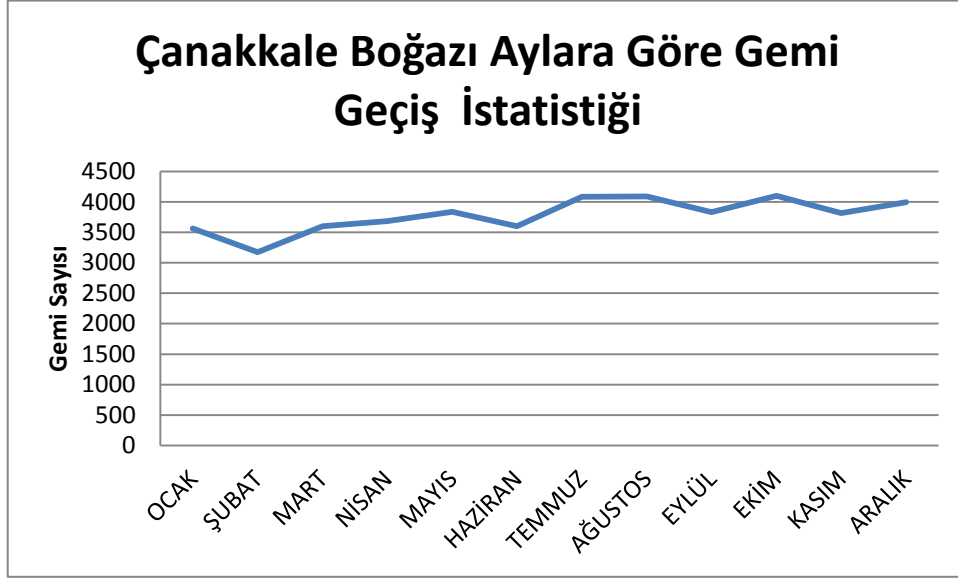
2011 yılında İstanbul Boğazı'ndan geçen gemilerin aylara göre gemi geçiş istatistiği Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. 2011 yılında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarının aylara göre dağılımının grafiği

2011 yılında Çanakkale Boğazı'nda Ocak ayında 3.564 gemi geçiş yapmıştır. Şubat ayında bu sayı 3.172 düşmüştür. Mart ve Nisan aylarındaki sayı aynı seviyelerde kalmıştır.

Mayıs ayında bu sayı 3.828 yükselse de Haziran ayında bu sayı 3.601 seviyesine düşmüştür. Temmuz ve Ağustos aylarında geçiş yapan gemi sayısı 4.080 civarındadır. Eylül ayında 3.834'e düşen bu sayı Ekim ayında tekrardan 4.000 seviyesinin üzerine çıkmıştır. Aralık ayında hızlı bir artışla 3.993'e düşmüştür. Şekil 3.4'de Çanakkale Boğazı'nın aylara göre dağılımı yer almaktadır.



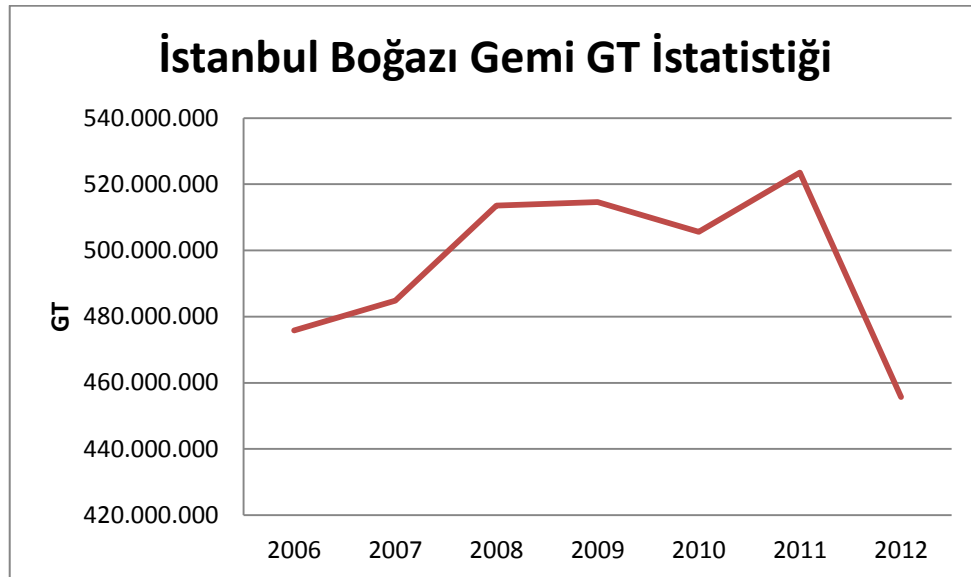
Şekil 3.4. 2011 yılında Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarının aylara göre dağılımının grafiği

Türk Boğaz'larında 2006 ile 2012 yılları arasında geçiş yapan gemilerin toplam Gros tonilatoları yıllara göre dağılımı Tablo 3.3'de verilmektedir.

Tablo 3.3. 2006-2012 yılları arasında İstanbul ve Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemi tonajları [22]

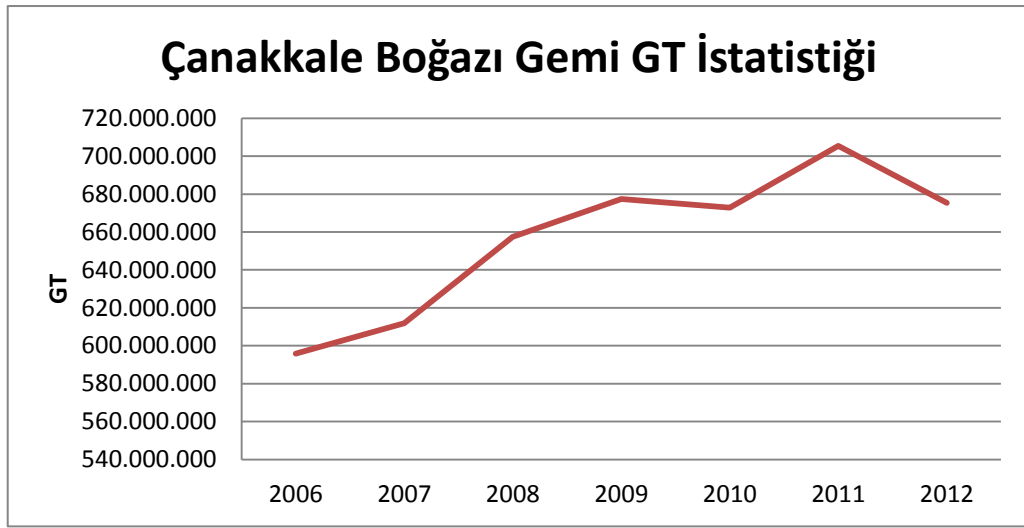
Yıllar	İstanbul Boğazı Gemi GT İstatistiği	Çanakkale Boğazı Gemi GT İstatistiği
2006	475.796.880	595.826.240
2007	484.867.696	611.885.819
2008	513.535.614	657.396.892
2009	514.656.446	677.412.661
2010	505.615.381	672.840.533
2011	523.543.509	705.412.518
2012	455.682.544	675.424.729

İstanbul Boğaz'ında 2006 yılında geçiş yapan gemilerin tonajlarının toplamı 475.496.880 GT. 2007 ile 2009 yılları arasında da artış sağlayarak 2009 yılında 514.656.446 GT ulaşmıştır. 2010 yılında ise 505.616.381 GT düşmüştür. 2011 yılında 523.543.509 GT olan tonaj 2012 yılında ise 455.682.544 GT'na düşmüştür. İstanbul Boğaz'ındaki 2006 – 2012 yılları arasında geçiş yapan gemilerin tonajlarının grafik üzerinde dağılımı Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. 2006-2012 yılları arasında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin toplam GT grafik üzerinde dağılımı

2006 yılında Çanakkale Boğaz'ında geçiş yapan gemi tonajlarının toplamı 595.826.240 GT dur. Geçen gemi gros tonilatoların toplamı her yıl artarak 2009 yılında 677.412.661 GT seviyesine çıkmıştır. 2010 yılında 672.840.533 GT gerilese de 2011 yılında 705.412.518 GT ulaşmıştır. 2011 yılında en yük sek tonaja ulaşsa da 2012 yılında toplam tonaj 675.424.729 GT'na düşmüştür. Çanakkale Boğaz'ındaki 2006 – 2012 yılları arasında geçiş yapan gemilerin tonajlarının grafik üzerinde dağılımı Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. 2006-2012 yılları arasında Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin toplam GT grafik üzerinde dağılımı

### 3.2. İstanbul Boğazı'na Ait Trend Analizi Uygulaması

İstanbul Boğazı'ndan 1996 ve 2011 yılları arasında geçiş yapan gemilerin istatistik Tablo 3.1'te verilmiştir. Mann-Kendall Yöntemi, Speraman'ın Rho Testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi ve Sen'in Trend Eğim metodudur uygulanmıştır. Bu yöntemlerinin uygulanması için Tablo 3.1'teki veriler kullanılmıştır.

#### 3.2.1. Mann-Kendall Yöntemi

1996 -2011 yılları arasında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarını  $x_i$  ve  $x_j$  değerlerinin  $i < j$  olarak irdelendiğinde P ve M değerlerini bulmuş oluruz. P ve M

değerlerinin toplamı ele alınan verilerin  $N = \frac{n(n-1)}{2}$  eşittir.  $n=16$  olduğundan  $N = P+M = 120$ 'dir.

$i < j$  için  $x_i < x_j$  olan çiftlerin sayısı  $P=54$   $x_i > x_j$  olan çiftlerin sayısı  $M=66$  olarak bulunur.

Test istatistiği  $S = P - M = -12$  bulunur.

Kendall Korelasyon Katsayısı  $\tau = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}}$  formülü uygulanarak  $\tau = 0,183$

Örnek sayısı için  $n > 10$  olduğundan

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}}}{18} \text{ ve } \sigma_s = 22,21 \text{ bulunur.}$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & S < 0 \end{cases} \text{ Olduğundan } Z = \frac{S+1}{\sigma_s} \text{ } Z = -0,49 \text{ bulunur.}$$

$Z$ 'in mutlak değeri için seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " $H_0 =$  Trend Yok" reddedilmekte  $S < 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.2.2. Speraman'ın Rho Testi

Ele alınana verilerini  $1$ 'den  $N$  kadar sıralanır ve bu değere  $i$  denir. İstanbul Boğazı için alınan verileri  $i$  değeri olarak ele alınır. Speraman'ın Rho Testine göre ise bu  $i$  değerleri en çok geçişin yapıldığı yıla  $1$  değeri verilmiştir ve  $R_{xi}$  değerlerini büyükten küçüğe doğru sıralayarak  $1,2,3 \dots N$ 'e kadar değerler verilmiştir. Tablo 3.4'te görülmektedir. Akım değerleri sıraya dizilerek  $R_{xi}$  dizisi elde edilir;



Tablo 3.4. 1996-2011 yıllarında İstanbul Boğazı'na ait Spearman'ın Rho Test için sıralı dizi değerleri

<b><i>i</i></b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b><i>R<sub>xi</sub></i></b>	9	7	11	13	12	16	14	15	4	3	2	1	5	6	7	10

$$r_s = 1 - 6 \frac{\sum_i (R_{xi} - i)^2}{n^3 - n} \text{ bağlantısı uygulanarak } r_s = -0,54 \text{ olarak bulunur.}$$

$Z = r_s \sqrt{n-1} = -1,626$  bulunur.  $Z$ 'nin mutlak değeri seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\alpha/2} = -1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi "H<sub>0</sub> = Trend Yok" reddedilmekte  $r_s < 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.2.3. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

Her bir verinin kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin büyük olduğu sayılarak  $n$  ve  $n$  değerlerin toplamı ile  $t$  değerleri bulunarak. Daha sonra ortalaması denklem, varyansı denklem ve son olarak da  $u(t)$  fonksiyonu eşitlik ile hesaplanır. 1996 - 2011 yıllarında İstanbul Boğazı'na ait  $n$ ,  $t$ ,  $\text{Var}(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u(t)$  değerinin hesaplanmış verileri Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. 1996-2011 yıllarında İstanbul Boğaz'ına ait  $u(t)$  fonksiyonu hesabı

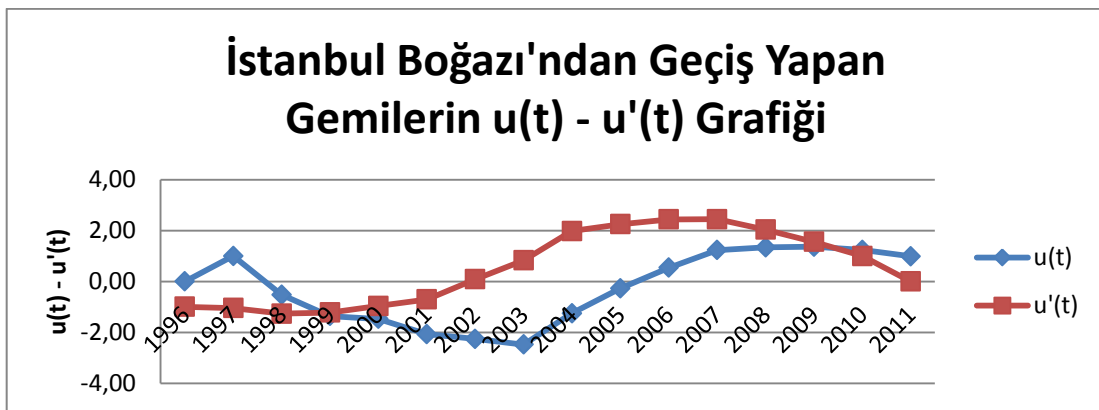
Sıra	Yıllar	İstanbul Boğazı Gemi Geçiş İstatistiği	n	t	Var(t)	E(t)	u(t)
1	1996	49.952	0	0	0	0	0,00
2	1997	50.942	1	1	0,25	0,5	1,00
3	1998	49.304	0	1	0,92	1,5	-0,52
4	1999	47.906	0	1	2,17	3	-1,36
5	2000	48.079	1	2	4,17	5	-1,47
6	2001	42.637	0	2	7,08	7,5	-2,07
7	2002	47.283	1	3	11,08	10,5	-2,25
8	2003	46.939	1	4	16,33	14	-2,47
9	2004	54.564	3	7	23	18	-2,29
10	2005	54.794	9	16	31,25	22,5	-1,16
11	2006	54.801	10	26	41,25	27,5	-0,23
12	2007	56.606	11	37	53,17	33	0,55
13	2008	54.398	8	45	67,17	39	0,73
14	2009	51.422	8	53	83,42	45,5	0,82
15	2010	50.871	7	60	102,08	52,5	0,74
16	2011	49.798	6	66	123,33	60	0,54

İstanbul Boğazı için alınan veriler 2011 yılından başlayarak 1996 yılına doğru veriler sıralanarak  $n$ ,  $t$ ,  $\text{var}(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u'(t)$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.6 oluşturulmuştur.

Tablo 3.6. 1996-2011 yıllarında İstanbul Boğazı'na ait  $u'(t)$  fonksiyonu hesabı

Sıra	Yıllar	İstanbul Boğazı Gemi Geçiş İstatistiği	n	t	Var(t)	E(t)	$u'(t)$
16	2011	49.798	0	0	0	0	0,00
15	2010	50.871	1	1	0,25	0,5	1,00
14	2009	51.422	2	3	0,92	1,5	1,56
13	2008	54.398	3	6	2,17	3	2,04
12	2007	56.606	4	10	4,17	5	2,45
11	2006	54.801	4	14	7,08	7,5	2,44
10	2005	54.794	4	18	11,08	10,5	2,25
9	2004	54.564	4	22	16,33	14	1,98
8	2003	46.939	0	22	23	18	0,83
7	2002	47.283	1	23	31,25	22,5	0,09
6	2001	42.637	0	23	41,25	27,5	-0,70
5	2000	48.079	3	26	53,17	33	-0,96
4	1999	47.906	3	29	67,17	39	-1,22
3	1998	49.304	5	34	83,42	45,5	-1,26
2	1997	50.942	8	42	102,08	52,5	-1,04
1	1996	49.952	7	49	123,33	60	-0,99

Elde edilen  $u(t)$  ve  $u'(t)$  test istatistikler grafiksel olarak gösterilmesi sonucunda verilerin 2000 ve 2010 yılında çakıştıkları görülür ve trend başlangıç yılları olarak alınır. Yıllara göre  $u(t) - u'(t)$  değerlerine ait grafik Şekil 3.7'de verilmiştir.

Şekil 3.7. 1996-2011 yıllarında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin  $u(t) - u'(t)$  grafiği

### 3.2.4. Sen'in Trend Eğim Metodu

1996 – 2011 yıllarında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarının Sen'in Trend Eğilimini hesaplamak için belirtilen tarihler içerisinde 16 tane veri ele alınmıştır. Bu veriler kullanılarak N değeri hesaplanmıştır.

$$n = 16 \quad N = \frac{n(n-1)}{2} \text{ olduğundan } N = 120$$

120 adet olmak üzere test verisi  $Q_i$  değerinin bulunması için (3.1) kullanılır;

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N) \quad (3.1)$$

Elde edilen bu veriler sıraya dizilir ve N çift sayı olduğu için (3.2) uygulanır;

$$Q_{Medyan} = \frac{\frac{Q_n - Q_{n+2}}{2}}{2} \quad (3.2)$$

N sayısı 120 olduğundan dolayı  $Q_{\frac{n}{2}} = 60$  ve  $Q_{\frac{n+2}{2}} = 61$  olarak bulunur. Bu değerleri Tablo 3.7'ye karşılık gelen  $Q_i$  değerleri yerine konularak  $Q_{Medyan}$  değeri elde edilir.

Tablo 3.7. 1996-2011 yıllarında İstanbul Boğazı'na ait Sen'in Trend  $Q_i$  değerleri

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_i$	-990	648	2.046	1.873	7.315	2.669	3.013	-4.612	-4.842	-4.849

N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$Q_i$	-6.654	-4.446	-1.470	-919	154	990	1.638	3.036	2.863	8.305

N	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$Q_i$	3.659	4.003	-3.622	-3.852	-3.859	-5.664	-3.456	-480	71	1.144

Tablo 3.7'nin devamı

<b>N</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>
<b>Q<sub>i</sub></b>	-648	-1.638	1.398	1.225	6.667	2.021	2.365	-5.260	-5.490	-5.497

<b>N</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>
<b>Q<sub>i</sub></b>	-7.302	-5.094	-2.118	-1.567	-494	-2.046	-3.036	-1.398	-173	5.269

<b>N</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>
<b>Q<sub>i</sub></b>	623	967	-6.658	-6.888	-6.895	-8.700	-6.492	-3.516	-2.965	-1.892

<b>N</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>
<b>Q<sub>i</sub></b>	-1.873	-2.863	-1.225	173	5.442	796	1.140	-6.485	-6.715	-6.722

<b>N</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>77</b>	<b>78</b>	<b>79</b>	<b>80</b>
<b>Q<sub>i</sub></b>	-8.527	-6.319	-3.343	-2.792	-1.719	-7.315	-8.305	-6.667	-5.269	-5.442

<b>N</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>85</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>90</b>
<b>Q<sub>i</sub></b>	-4646	-4302	-11927	-12157	-12164	-13969	-11761	-8785	-8234	-7161

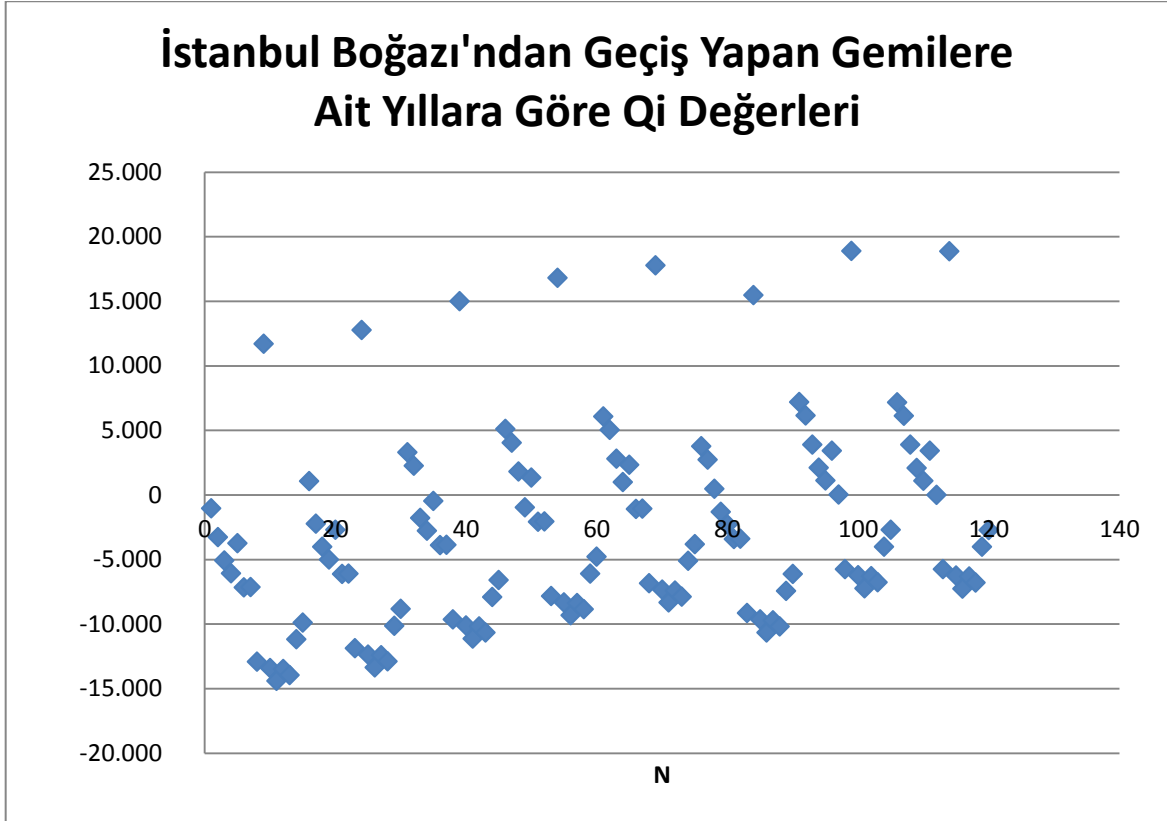
<b>N</b>	<b>91</b>	<b>92</b>	<b>93</b>	<b>94</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>100</b>
<b>Q<sub>i</sub></b>	-2.669	-3.659	-2.021	-623	-796	4.646	344	-7.281	-7.511	-7.518

<b>N</b>	<b>101</b>	<b>102</b>	<b>103</b>	<b>104</b>	<b>105</b>	<b>106</b>	<b>107</b>	<b>108</b>	<b>109</b>	<b>110</b>
<b>Q<sub>i</sub></b>	-9.323	-7.115	-4.139	-3.588	-2.515	-3.013	-4.003	-2.365	-967	-1.140

<b>N</b>	<b>111</b>	<b>112</b>	<b>113</b>	<b>114</b>	<b>115</b>	<b>116</b>	<b>117</b>	<b>118</b>	<b>119</b>	<b>120</b>
<b>Q<sub>i</sub></b>	4.302	-344	-7.625	-7.855	-7.862	-9.667	-7.459	-4.483	-3.932	-2.859

$$Q_{Medyan} = \frac{-1,892 + (-1,873)}{2} = -1,8825 \quad \text{Trend eğimi olarak tespit edilir.}$$

1996 – 2011 yılları arasında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarından elde edilen  $Q_i$  değerlerine göre grafik üzerinde trendin hangi yönde ilerlediği Şekil 3.8'de görülmektedir.



Şekil 3.8. 1996-2011 yıllarında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilere ait  $Q_i$  değerlerinin grafik üzerinde dağılımı

### 3.3. Çanakkale Boğazı'na Ait Trend Analizi Uygulaması

Çanakkale Boğazından 1996 ve 2011 yılları arasında geçiş yapan gemilerin istatistik Tablo 3.1'de yer almaktadır. Mann-Kendall Yöntemi, Speraman'ın Rho Testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi ve Sen'in Trend Eğim metotları uygulanmıştır. Bu yöntemlerinin uygulanması için Tablo 3.1'deki veriler kullanılmıştır.

### 3.3.1. Mann-Kendall Yöntemi

1996 – 2011 yılları arasında Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin için toplan 16 tane veri ele alınmıştır. Bu veriler yıllara göre sıralanarak ele alınan değerinin kendinden önceki verilere göre kıyaslandığından  $x_i < x_j$  ise P'yi,  $x_i > x_j$  ise M değeri bulunur.  $N=M+P$  'dir.

$i < j$  için  $x_i < x_j$  olan çiftlerin sayısı  $P= 27$   $x_i > x_j$  olan çiftlerin sayısı  $M=93$  olarak bulunur.

Test istatistiği  $S = P - M = -66$  bulunur.

Kendall Korelasyon Katsayısı  $\tau = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}}$  formülü uygulanarak  $\tau = -0,55$

Örnek sayısı için  $n > 10$  olduğundan

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}}}{18} \text{ ve } \sigma_s = 22,21 \text{ bulunur.}$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & S < 0 \end{cases} \quad S > 0 \text{ olduğundan } Z = \frac{S-1}{\sigma_s} \quad Z=-2,92 \text{ bulunur.}$$

Z'in mutlak değeri için seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " $H_0 =$  Trend Yok" reddedilmekte  $S < 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde artan yönde trend olduğu tespit edilmiştir.

### 3.3.2. Speraman'ın Rho Testi

Ele alınana verilerini 1'den n kadar sıralanır ve bu değere i denir. Çanakkale Boğazı için alınan verileri i değeri olarak ele alınır. Speraman'ın Rho Testine göre ise bu i değerleri en çok geçişin yapıldığı yıla 1 değeri verilmiştir ve  $R_{xi}$  değerlerini büyükten

küçüğe doğru sıralayarak 1,2,3...N'e kadar değerler verilmiştir. Tablo 3.8'te görülmektedir. Akım değerleri sıraya dizilerek  $R_{xi}$  dizisi elde edilir;

Tablo 3.8. 1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait Spearman'ın Rho Test için sıralı dizi değerleri

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$R_{xi}$	15	14	13	10	11	12	8	9	5	16	4	1	3	2	6	7

$$r_s = 1 - 6 \frac{\sum_i (R_{xi} - i)^2}{n^3 - n}$$

bağlantısı uygulanarak  $r_s = -0,73$  olarak bulunur.

$Z = r_s \sqrt{n-1} = -2,82$  Z'nin mutlak değeri seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\alpha/2} = 1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi "H<sub>0</sub> = Trend Yok" reddedilmekte  $r_s < 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde artan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.3.3. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

Her bir verinin kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin büyük olduğu sayılarak  $n$  bulunur. Daha sonra  $t$  değerleri, denklem, bunların ortalaması denklem, varyansı denklem ve son olarak  $u(t)$  fonksiyonu eşitlik ile hesaplanır. 1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğazı'na ait  $n$ ,  $t$ ,  $\text{Var}(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u(t)$  değerinin hesaplanmış verileri Tablo 3.9'te verilmiştir.



Tablo 3.9. 1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait  $u(t)$  fonksiyonu hesabı

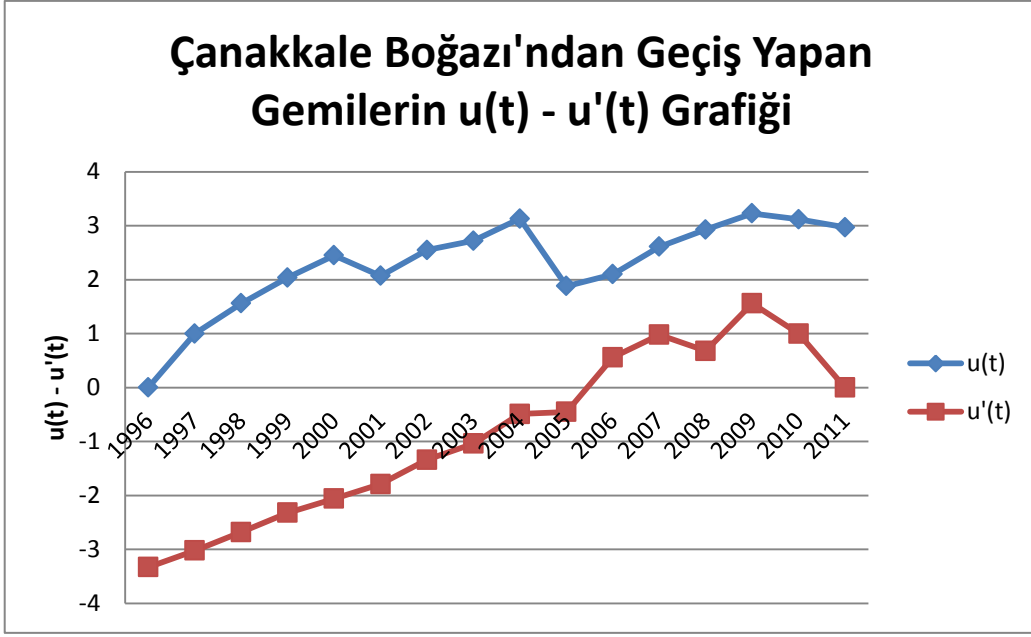
Sıra	Yıllar	Çanakkale Boğazı Gemi Geçiş İstatistiği	n	t	Var(t)	E(t)	u(t)
1	1996	35.487	0	0	0	0	0,00
2	1997	36.543	1	1	0,25	0,5	1,00
3	1998	38.777	2	3	0,92	1,5	1,56
4	1999	40.582	3	6	2,17	3	2,04
5	2000	41.561	4	10	4,17	5	2,45
6	2001	39.249	3	13	7,08	7,5	2,07
7	2002	42.669	6	19	11,08	10,5	2,55
8	2003	42.648	6	25	16,33	14	2,72
9	2004	48.421	8	33	23	18	3,13
10	2005	23.788	0	33	31,25	22,5	1,88
11	2006	48.915	10	41	41,25	27,5	2,10
12	2007	49.914	11	52	53,17	33	2,61
13	2008	48.978	11	63	67,17	39	2,93
14	2009	49.452	12	75	83,42	45,5	3,23
15	2010	46.686	9	84	102,08	52,5	3,12
16	2011	45.379	9	93	123,33	60	2,97

Çanakkale Boğazı için ele alınan veriler 2011 yılından başlayarak 1996 yılına doğru veriler sıralanarak  $n$ ,  $t$ ,  $var(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u'(t)$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.10 oluşturulmuştur.

Tablo 3.10. 1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait  $u'(t)$  fonksiyonu hesabı

Sıra	Yıllar	Çanakkale Boğazı Gemi Geçiş İstatistiği	n	t	Var(t)	E(t)	$u'(t)$
16	2011	45.379	0	0	0	0	0,00
15	2010	46.686	1	1	0,25	0,5	1,00
14	2009	49.452	2	3	0,92	1,5	1,56
13	2008	48.978	2	4	2,17	3	0,68
12	2007	49.914	3	7	4,17	5	0,98
11	2006	48.915	2	9	7,08	7,5	0,56
10	2005	23.788	0	9	11,08	10,5	-0,45
9	2004	48.421	3	12	16,33	14	-0,49
8	2003	42.648	1	13	23	18	-1,04
7	2002	42.669	2	15	31,25	22,5	-1,34
6	2001	39.249	1	16	41,25	27,5	-1,79
5	2000	41.561	2	18	53,17	33	-2,06
4	1999	40.582	2	20	67,17	39	-2,32
3	1998	38.777	1	21	83,42	45,5	-2,68
2	1997	36.543	1	22	102,08	52,5	-3,02
1	1996	35.487	1	23	123,33	60	-3,33

Elde edilen  $u(t)$  ve  $u'(t)$  test istatistikler grafiksel olarak gösterilmesi sonucunda verilerin birbiriyle çakışmadığı için başlangıç noktası bulunmamaktadır. Yıllara göre  $u(t) - u'(t)$  değerlerine ait grafik Şekil 3.9'de verilmiştir.



Şekil 3.9. 1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait  $u(t)-u'(t)$  grafiği

### 3.3.4. Sen'in Trend Eğim Metodu

1996 – 2011 yıllarında Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarının Sen'in Trend Eğilimini hesaplamak için belirtilen tarihler içerisinde 16 tane veri ele alınmıştır. Bu veriler kullanılarak  $N$  değeri hesaplanmıştır.

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \text{ olduğundan } N = 120$$

120 adet olmak üzere test verisi  $Q_i$  ;

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N)$$

Elde edilen bu veriler sıraya dizilir ve  $N$  çift sayı olduğu için

$$Q_{\text{Medyan}} = \frac{\frac{Q_n - Q_{n+2}}{2}}{2}$$

N sayısı 120 olduğundan dolayı  $Q_{\frac{n}{2}}=60$  ve  $Q_{\frac{n+2}{2}} = 61$  olarak bulunur. Bu değerleri Tablo 3.11’de karşılık gelen  $Q_i$  değerleri yerine konularak  $Q_{Medyan}$  değeri elde edilir.

Tablo 3.11. 1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz’ına ait Sen’in Trend  $Q_i$  değerleri

<b>N</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-1.056	-3.290	-5.095	-6.074	-3.762	-7.182	-7.161	-12.934	11.699	-13.428

<b>N</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-14.427	-13.491	-13.965	-11.199	-9.892	1.056	-2.234	-4.039	-5.018	-2.706

<b>N</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-6.126	-6.105	-11.878	12.755	-12.372	-13.371	-12.435	-12.909	-10.143	-8.836

<b>N</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>
<b><math>Q_i</math></b>	3.290	2.234	-1.805	-2.784	-472	-3.892	-3.871	-9.644	14.989	-10.138

<b>N</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-11.137	-10.201	-10.675	-7.909	-6.602	5.095	4.039	1.805	-979	1.333

<b>N</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-2.087	-2.066	-7.839	16.794	-8.333	-9.332	-8.396	-8.870	-6.104	-4.797

<b>N</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>
<b><math>Q_i</math></b>	6.074	5.018	2.784	979	2.312	-1.108	-1.087	-6.860	17.773	-7.354

<b>N</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>77</b>	<b>78</b>	<b>79</b>	<b>80</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-8.353	-7.417	-7.891	-5.125	-3.818	3.762	2.706	472	-1.333	-2.312

<b>N</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>85</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>90</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-3420	-3399	-9172	15461	-9666	-10665	-9729	-10203	-7437	-6130

Tablo 3.11'in devamı

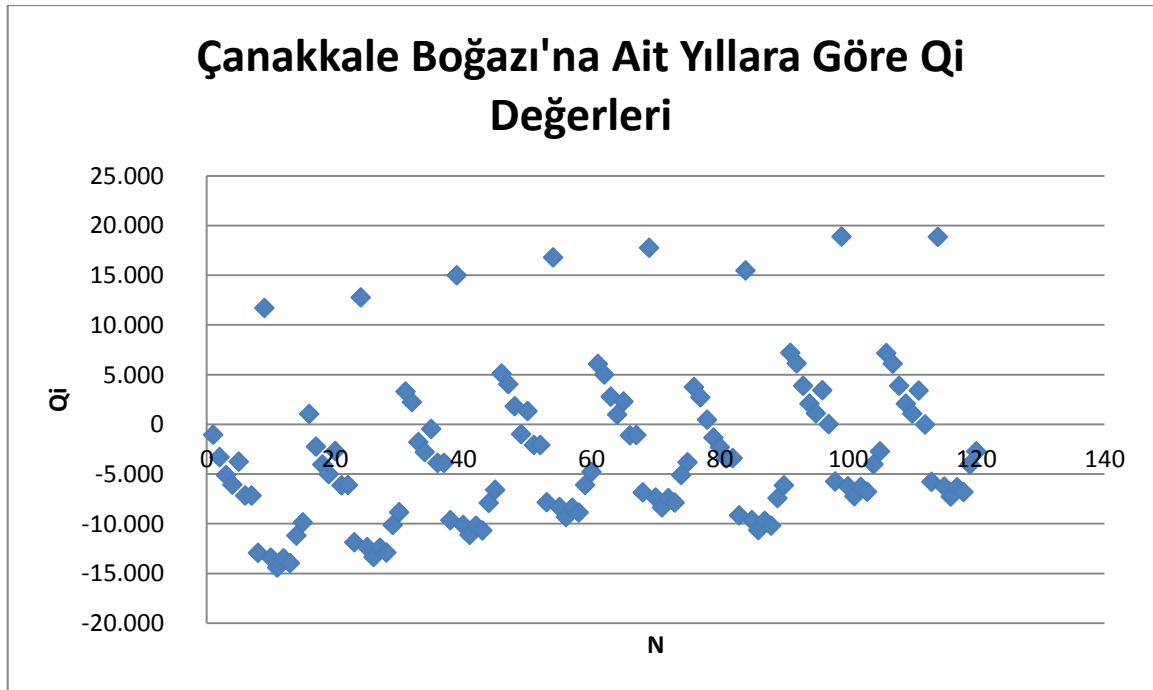
N	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
$Q_i$	7.182	6.126	3.892	2.087	1.108	3.420	21	-5.752	18.881	-6.246

N	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
$Q_i$	-7.245	-6.309	-6.783	-4.017	-2.710	7.161	6.105	3.871	2.066	1.087

N	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
$Q_i$	3.399	-21	-5.773	18.860	-6.267	-7.266	-6.330	-6.804	-4.038	-2.731

$$Q_{Medyan} = \frac{-4.797 + 6.074}{2} \text{ Trend eğilimi } 0,63 \text{ olarak tespit edilir.}$$

1996 – 2011 yılları arasında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarından elde edilen  $Q_i$  değerlerine göre grafik üzerinde trendin hangi yönde ilerlediği Şekil 3.10'da görülmektedir.



Şekil 3.10. 1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğazı'na ait  $Q_i$  değerlerinin grafik üzerinde dağılımı

### 3.4. İstanbul Boğazı'na Ait Aylık Trend Analizi Uygulaması

İstanbul Boğazından 2011 yılında aylara göre geçiş yapan gemilerin istatistik Tablo 3.2'te verilmiştir. Mann-Kendall Yöntemi, Speraman'ın Rho Testi, Mann-Kendall Meritebe Korelasyon Testi ve Sen'in Trend Eğim metotları uygulanmıştır. Bu yöntemlerinin uygulanması için Tablo 3.2'te veriler kullanılmıştır.

#### 3.4.1. Mann-Kendall Yöntemi

2011 yılında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin aylara göre veri ele alındığından dolayı  $n=12$ 'dir. Bu veriler aylara göre sıralanarak ele alınan değerinin kendinden önceki verilere göre kıyaslandığından  $x_i < x_j$  ise P'yi,  $x_i > x_j$  ise M değeri bulunur. P ve M değerlerinin toplamı ele alınan verilerin  $N = \frac{n(n-1)}{2}$  eşittir.  $n=12$  olduğundan  $N: P+M = 66$ 'dir.

$i < j$  için  $x_i < x_j$  olan çiftlerin sayısı  $P= 50$   $x_i > x_j$  olan çiftlerin sayısı  $M=16$  olarak bulunur.

Test istatistiği  $S = P - M = 34$  bulunur.

Kendall Korelasyon Katsayısı  $\tau = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}}$  formülü uygulanarak  $\tau = 0,51$

Örnek sayısı için  $n > 10$  olduğundan

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}}}{18} \text{ ve } \sigma_s = 14,58 \text{ bulunur.}$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & S < 0 \end{cases} \quad S > 0 \text{ olduğundan } Z = \frac{S-1}{\sigma_s} \quad Z=2,26 \text{ bulunur.}$$

$Z$ 'in mutlak değeri için seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " $H_0 = Trend Yok$ " reddedilmekte  $S > 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde artan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.4.2. Speraman'ın Rho Testi

Ele alınana verilerini 1'den n kadar sıralanır ve bu değere i denir. İstanbul Boğazı için alınan verileri i değeri olarak ele alınır. Speraman'ın Rho Testine göre ise bu i değerleri en çok geçişin yapıldığı yıla 1 değeri verilmiştir ve  $R_{xi}$  değerlerini büyükten küçüğe doğru sıralayarak 1,2,3...N'e kadar değerler verilmiştir. Tablo 3.12'de görülmektedir. Akım değerleri sıraya dizilerek  $R_{xi}$  dizisi elde edilir;

Akım değerleri sıraya dizilerek  $R_{xi}$  dizisi elde edilir;

Tablo 3.12. 2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğaz'ına ait Spearman'ın Rho test için sıralı dizi değerleri

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$R_{xi}$	6	1	4	3	8	2	10	9	7	11	5	12

$$r_s = 1 - 6 \frac{\sum_i^n (R_{xi} - i)^2}{n^3 - n}$$

bağlantısı uygulanarak  $r_s = 0,63$  olarak bulunur.

$$Z = r_s \sqrt{n - 1} = 2,08$$

bulunur.  $Z$ 'nin mutlak değeri seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\alpha/2} = 1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " $H_0 = Trend Yok$ " reddedilmekte  $S > 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde artan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.4.3. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

Her bir verinin kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin büyük olduğu sayılarak  $n$  bulunur. Daha sonra  $t$  değerleri, denklem, bunların ortalaması denklem, varyansı denklem ve son olarak  $u(t)$  fonksiyonu eşitlik ile hesaplanır. 2011 yılında aylara göre İstanbul Boğazı'na ait  $n$ ,  $t$ ,  $\text{Var}(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u(t)$  değerinin hesaplanmış verileri Tablo 3.13'te verilmiştir.

Tablo 3.13. 2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğazı'na ait  $u(t)$  fonksiyonu hesabı

Sıra	Aylar	İstanbul Boğazı Gemi Geçiş İstatisitiği	$n$	$t$	$\text{Var}(t)$	$E(t)$	$u(t)$
1	Ocak	4.109	0	0	0	0	0
2	Şubat	3.565	0	0	0,25	0,5	-1
3	Mart	4.104	1	1	0,92	1,5	-0,52
4	Nisan	4.056	1	2	2,17	3	-0,67
5	Mayıs	4.268	4	6	4,17	5	0,48
6	Haziran	3.988	1	7	7,08	7,5	-0,18
7	Temmuz	4.321	6	15	11,08	10,5	0,41
8	Ağustos	4.297	6	21	16,33	14	1,73
9	Eylül	4.152	5	26	23	18	1,66
10	Ekim	4.331	9	35	31,25	22,5	0,4
11	Kasım	4.108	4	39	41,25	27,5	1,79
12	Aralık	4.499	11	50	53,17	33	2,33

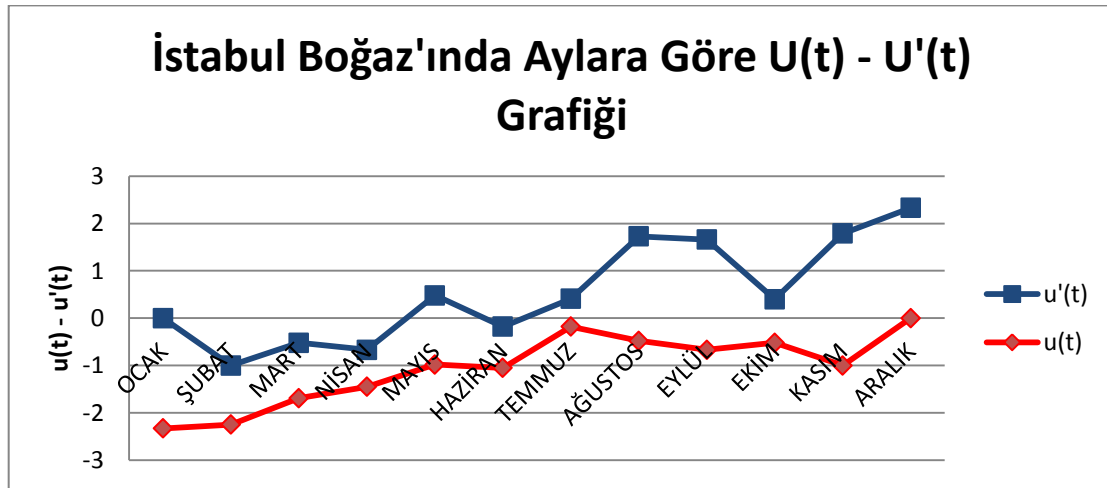
İstanbul Boğazı için ele alınan veriler 2011 yılında aylara ögre geçiş yapan gemi verilerine göre  $n$ ,  $t$ ,  $\text{var}(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u'(t)$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.14 oluşturulmuştur.



Tablo 3.14. 2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğaz'ına ait  $u'(t)$  fonksiyonu hesabı

Sıra	Aylar	İstanbul Boğazı Gemi Geçiş İstatistiği	n	t	Var(t)	E(t)	$u'(t)$
1	Aralık	4.499	0	0	0	0	0
2	Kasım	4.108	0	0	0,25	0,5	-1
3	Ekim	4.331	1	1	0,92	1,5	-0,52
4	Eylül	4.152	1	2	2,17	3	-0,67
5	Ağustos	4.297	2	4	4,17	5	-0,48
6	Temmuz	4.321	3	7	7,08	7,5	-0,18
7	Haziran	3.988	0	7	11,08	10,5	-1,05
8	Mayıs	4.268	3	10	16,33	14	-0,98
9	Nisan	4.056	1	11	23	18	-1,45
10	Mart	4.104	2	13	31,25	22,5	-1,69
11	Şubat	3.565	0	13	41,25	27,5	-2,25
12	Ocak	4.109	3	16	53,17	33	-2,33

Elde edilen  $u(t)$  ve  $u'(t)$  test istatistikler grafiksel olarak gösterilmesi sonucunda verilerin birbiriyle çakışmadığı için başlangıç noktası bulunmamaktadır. Aylara göre  $u(t) - u'(t)$  değerlerine ait grafik Şekil 3.11'de verilmiştir.

Şekil 3.11. 2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğaz'ına ait  $u(t)-u'(t)$  grafiği

### 3.4.4. Sen'in Trend Eğim Metodu

Aylara göre İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarının Sen'in Trend Eğilimini hesaplamak için belirtilen tarihler içerisinde 12 tane veri ele alınmıştır. Bu veriler kullanılarak N değeri hesaplanmıştır.

$$N = \frac{n \cdot n-1}{2} \text{ olduğundan } N = 66$$

120 adet olmak üzere test verisi  $Q_i$  ;

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N)$$

Elde edilen bu veriler sıraya dizilir ve N çift sayı olduğu için

$$Q_{Medyan} = \frac{\frac{Q_n - Q_{n+2}}{2}}{2}$$

N sayısı 66 olduğundan dolayı  $Q_{\frac{n}{2}} = 33$  ve  $Q_{\frac{n+2}{2}} = 34$  olarak bulunur. Bu değerleri Tablo 3.15'de karşılık gelen  $Q_i$  değerleri yerine konularak  $Q_{Medyan}$  değeri elde edilir.

Tablo 3.15. 2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğazı'na ait Sen'in Trend  $Q_i$  değerleri

<b>N</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b><math>Q_i</math></b>	544	5	53	-159	121	-212	-188	-43	1	-222

<b>N</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-390	-544	-539	-491	-703	-423	-756	-732	-587	-766

<b>N</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-543	-934	-5	539	48	-164	116	-217	-193	-48

Tablo 3.15'in devamı

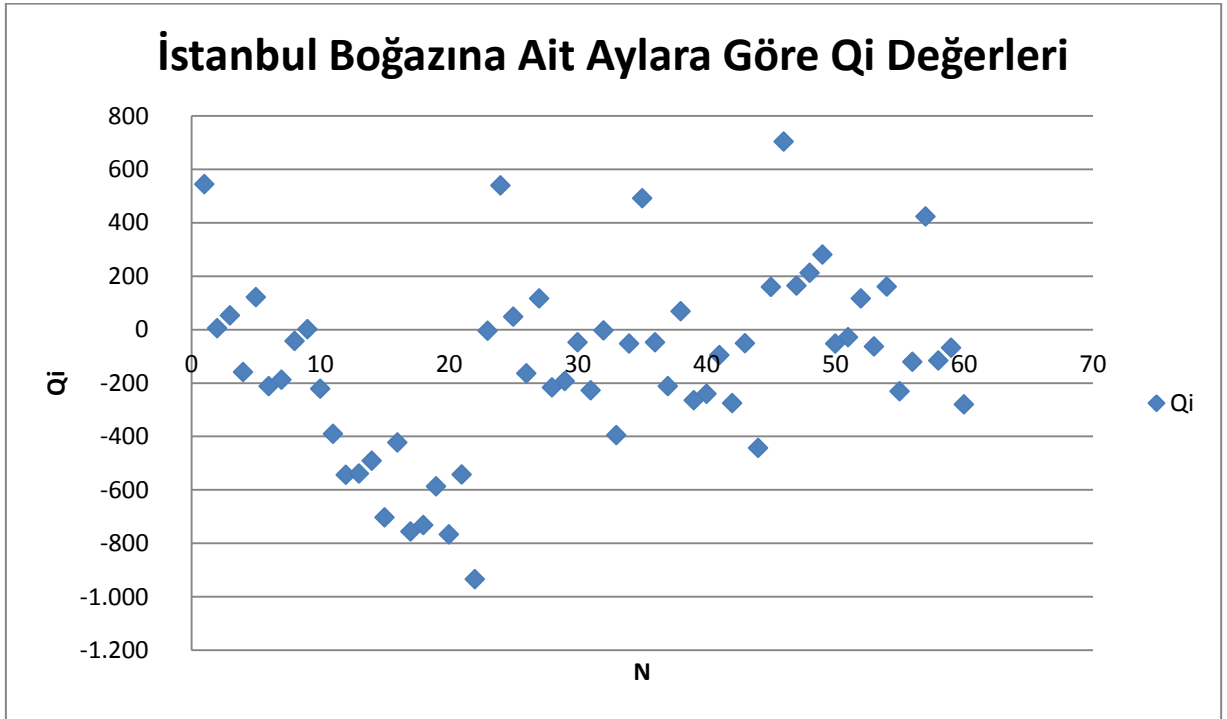
<b>N</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-227	-4	-395	-53	491	-48	-212	68	-265	-241

<b>N</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-96	-275	-52	-443	159	703	164	212	280	-53

<b>N</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-29	116	-63	160	-231	-121	423	-116	-68	-280

$$Q_{Medyan} = \frac{(-395) - (-53)}{2} = 85,5 \text{ Trend eğimi olarak tespit edilir.}$$

2011 yılında aylara göre İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarından elde edilen  $Q_i$  değerlerine göre grafik üzerinde trendin hangi yönde ilerlediği Şekil 3.12'de görülmektedir.



Şekil 3.12. 2011 yılının aylarına göre İstanbul Boğazı'na ait  $Q_i$  değerlerinin grafik üzerinde dağılımı

### 3.5. Çanakkale Boğazı'na Ait Aylara Göre Trend Analizi Uygulaması

Çanakkale Boğazı'ndan 2011 yılında aylara göre geçiş yapan gemilerin istatistik Tablo 3.2'de yer almaktadır. Bu yöntemler Mann-Kendall Yöntemi, Speraman'ın Rho Testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi ve Sen'in Trend Eğim Metodudur. Bu yöntemlerinin uygulanması için Tablo 3.2'de veriler kullanılmıştır.

#### 3.5.1. Mann-Kendall Yöntemi

2011 yılında Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin aylara göre veri ele alındığından dolayı  $n=12$ 'dir. Bu veriler aylara göre sıralanarak ele alınan değerinin kendinden önceki verilere göre kıyaslandığından  $x_i < x_j$  ise P'yi,  $x_i > x_j$  ise M değeri bulunur. P ve M değerlerinin toplamı ele alınan verilerin  $N = \frac{n(n-1)}{2}$  eşittir.  $n=12$  olduğundan  $N: P+M = 66$ 'dir.

$i < j$  için  $x_i < x_j$  olan çiftlerin sayısı  $P= 50$   $x_i > x_j$  olan çiftlerin sayısı  $M=16$  olarak bulunur.

Test istatistiği  $S = P - M = 34$  bulunur.

Kendall Korelasyon Katsayısı  $\tau = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}}$  formülü uygulanarak  $\tau = 0,51$

Örnek sayısı için  $n > 10$  olduğundan

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}}}{18} \text{ ve } \sigma_s = 14,58 \text{ bulunur.}$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & S < 0 \end{cases}$$

$S > 0$  olduğundan  $Z = \frac{S-1}{\sigma_s} = 2,26$  bulunur.

$Z$ 'in mutlak değeri için seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\alpha/2} = 1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " $H_0 =$  Trend Yok" reddedilmekte  $S > 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde artan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.5.2. Speraman'ın Rho Testi

Ele alınana verilerini 1'den n kadar sıralanır ve bu değere i denir. Çanakkale Boğazı için alınan verileri i değeri olarak ele alınır. Speraman'ın Rho Testine göre ise bu i değerleri en çok geçişin yapıldığı yıla 1 değeri verilmiştir ve  $R_{xi}$  değerlerini büyükten küçüğe doğru sıralayarak 1,2,3...N'e kadar değerler verilmiştir. Tablo 3.16'da görülmektedir. Akım değerleri sıraya dizilerek  $R_{xi}$  dizisi elde edilir;

Akım değerleri sıraya dizilerek  $R_{xi}$  dizisi elde edilir;

Tablo 3.16. 2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğaz'ına ait Spearman'ın Rho test için sıralı dizi değerleri

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$R_{xi}$	6	1	4	3	8	2	10	9	7	11	5	12

$$r_s = 1 - 6 \frac{\sum_i^n (R_{xi} - i)^2}{n^3 - n}$$

bağlantısı uygulanarak  $r_s = 0,63$  olarak bulunur.

$$Z = r_s \sqrt{n-1} = 2,08$$

bulunur.  $Z$ 'nin mutlak değeri seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\alpha/2} = 1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi

“ $H_0 = \text{Trend Yok}$ ” reddedilmekte  $S > 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde artan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.5.3. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

Her bir verinin kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin büyük olduğu sayılarak  $n$  bulunur. Daha sonra  $t$  değerleri, denklem, bunların ortalaması denklem, varyansı denklem ve son olarak  $u(t)$  fonksiyonu eşitlik ile hesaplanır. 2011 yılında aylara göre Çanakkale Boğazı'na ait  $n$ ,  $t$ ,  $\text{Var}(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u(t)$  değerinin hesaplanmış verileri Tablo 3.17’te verilmiştir

Tablo 3.17. 2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğazı'na ait  $u(t)$  fonksiyonu hesabı

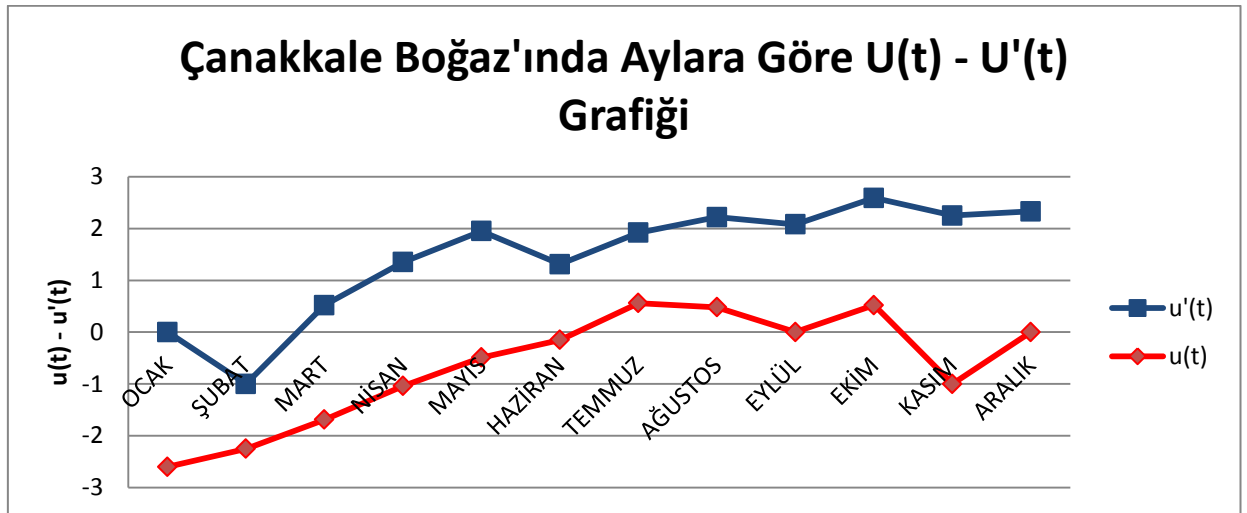
Sıra	Aylar	Çanakkale Boğazı Gemi Geçiş İstatistiği	$n$	$t$	$\text{Var}(t)$	$E(t)$	$u(t)$
1	Ocak	3.564	0	0	0	0	0
2	Şubat	3.172	0	0	0,25	0,5	-1
3	Mart	3.601	2	2	0,92	1,5	0,52
4	Nisan	3.686	3	5	2,17	3	1,35
5	Mayıs	3.838	4	9	4,17	5	1,95
6	Haziran	3.601	2	11	7,08	7,5	1,31
7	Temmuz	4.089	6	17	11,08	10,5	1,92
8	Ağustos	4.089	6	23	16,33	14	2,22
9	Eylül	3.834	5	28	23	18	2,08
10	Ekim	4.099	9	37	31,25	22,5	2,59
11	Kasım	3.816	5	42	41,25	27,5	2,25
12	Aralık	3.993	8	50	53,17	33	2,33

Çanakkale Boğazı için ele alınan veriler 2011 yılında aylara göre geçiş yapan gemi verilerine göre  $n$ ,  $t$ ,  $\text{var}(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u'(t)$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.18 oluşturulmuştur.

Tablo 3.18. 2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğazı'na ait  $u'(t)$  fonksiyonu hesabı

Sıra	Aylar	Çanakkale Boğazı Gemi Geçiş İstatistiği	n	t	Var(t)	E(t)	$u'(t)$
12	Aralık	3.993	0	0	0	0	0
11	Kasım	3.816	0	0	0,25	0,5	-1
10	Ekim	4.099	2	2	0,92	1,5	0,52
9	Eylül	3.834	1	3	2,17	3	0
8	Ağustos	4.089	3	6	4,17	5	0,48
7	Temmuz	4.089	3	9	7,08	7,5	0,56
6	Haziran	3.601	0	9	11,08	10,5	-0,15
5	Mayıs	3.838	3	12	16,33	14	-0,49
4	Nisan	3.686	1	13	23	18	-1,04
3	Mart	3.601	0	13	31,25	22,5	-1,69
2	Şubat	3.172	0	13	41,25	27,5	-2,25
1	Ocak	3.564	1	14	53,17	33	-2,6

Elde edilen  $u(t)$  ve  $u'(t)$  test istatistikler grafiksel olarak gösterilmesi sonucunda verilerin birbiriyle çakışmadığı için başlangıç noktası bulunmamaktadır. Aylara göre  $u(t) - u'(t)$  değerlerine ait grafik Şekil 3.13'de verilmiştir.

Şekil 3.13. 2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğaz'ına ait  $u(t)-u'(t)$  grafiği

### 3.5.4. Sen'in Trend Eğim Metodu

Aylara göre Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarının Sen'in Trend Eğilimini hesaplamak için belirtilen tarihler içerisinde 12 tane veri ele alınmıştır. Bu veriler kullanılarak N değeri hesaplanmıştır.

$$N = \frac{n \cdot n-1}{2} \text{ olduğundan } N = 66$$

120 adet olmak üzere test verisi  $Q_i$  ;

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N)$$

Elde edilen bu veriler sıraya dizilir ve N çift sayı olduğu için

$$Q_{Medyan} = \frac{\frac{Q_n - Q_{n+2}}{2}}{2}$$

N sayısı 66 olduğundan dolayı  $Q_{\frac{n}{2}}=33$  ve  $Q_{\frac{n+2}{2}} = 34$  olarak bulunur. Bu değerleri Tablo 3.19'de karşılık gelen  $Q_i$  değerleri yerine konularak  $Q_{Medyan}$  değeri elde edilir.

Tablo 3.19. 2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğazı'na ait Sen'in Trend  $Q_i$  değerleri

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_i$	392	-37	-122	-274	-37	-525	-525	-270	-252	-535

N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$Q_i$	-429	-392	-429	-514	-666	-429	-917	-917	-662	-927

N	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$Q_i$	-644	-821	37	429	-85	-237	0	-488	-488	-233



Tablo 3.19'un devamı

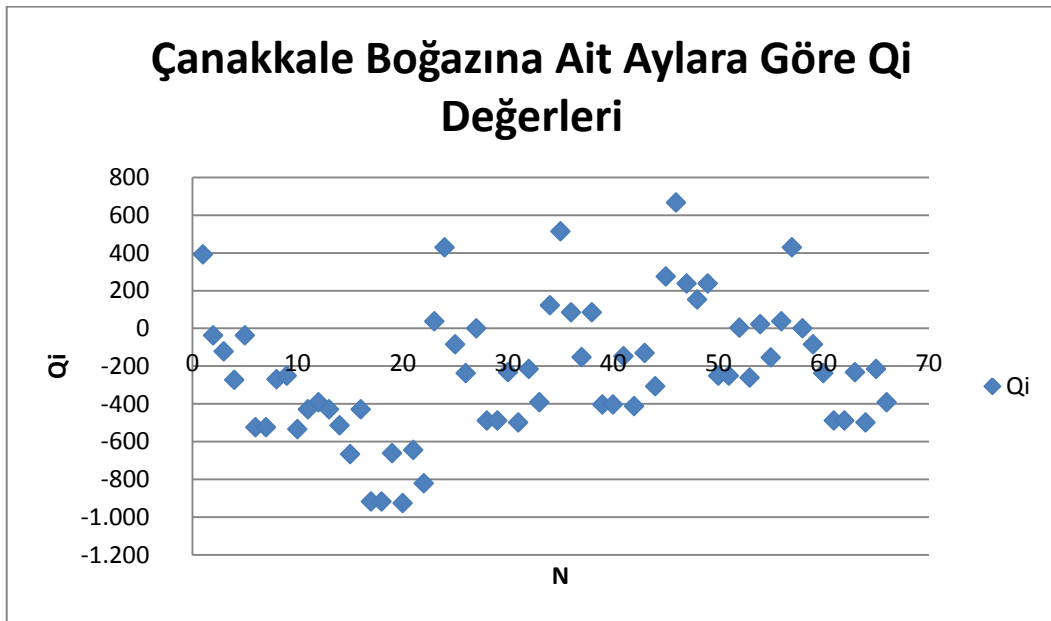
<b>N</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-498	-215	-392	122	514	85	-152	85	-403	-403

<b>N</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-148	-413	-130	-307	274	666	237	152	237	-251

<b>N</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>
<b><math>Q_i</math></b>	-251	4	-261	22	-155	37	429	0	-85	-237

$$Q_{Medyan} = \frac{(-392) - (122)}{2} = -257 \text{ Trend eğimi olarak tespit edilir.}$$

2011 yılında aylara göre Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarından elde edilen  $Q_i$  değerlerine göre grafik üzerinde trendin hangi yönde ilerlediği Şekil 3.14'de görülmektedir.



Şekil 3.14. 2011 yılının aylarına göre Çanakkale Boğazı'na ait  $Q_i$  değerlerinin grafik üzerinde dağılımı

### 3.5.5. İstanbul Boğazı'ndan Geçiş Yapan Toplam Gemi Tonajına Ait Trend Analizi Uygulaması

İstanbul Boğazı'ndan 2006 – 2012 yılları arasında geçiş yapan gemilerin toplam tonajlarının istatistik Tablo 3.3'de verilmiştir. Mann-Kendall Yöntemi, Speraman'ın Rho Testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi ve Sen'in Trend Eğim metodu uygulanmıştır. Bu yöntemlerinin uygulanması için Tablo 3.3'de veriler kullanılmıştır.

### 3.5.6. Mann-Kendall Yöntemi

2006-2012 yılları arasında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarını  $x_i$  ve  $x_j$  değerlerinin  $i < j$  olarak irdelendiğinde P ve M değerlerini bulmuş oluruz. P ve M değerlerinin toplamı ele alınan verilerin  $N = \frac{n(n-1)}{2}$  eşittir.  $n=7$  olduğundan  $N=P+M=21$ 'dir.

$i < j$  için  $x_i < x_j$  olan çiftlerin sayısı  $P=13$   $x_i > x_j$  olan çiftlerin sayısı  $M=8$  olarak bulunur.

Test istatistiği  $S = P - M = 3$  bulunur.

Kendall Korelasyon Katsayısı  $\tau = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}}$  formülü uygulanarak  $\tau = 0,14$

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}}}{18} \text{ ve } \sigma_s = 6,65 \text{ bulunur.}$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & S < 0 \end{cases} \quad S > 0 \text{ olduğundan } Z = \frac{S-1}{\sigma_s} \quad Z=0,3 \text{ bulunur.}$$

Z'in mutlak değeri için seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi "H<sub>0</sub> = Trend Yok" reddedilmekte  $S > 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde artan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.5.7. Spearman'ın Rho Testi

Ele alınana verilerini 1'den N kadar sıralanır ve bu değere  $i$  denir. İstanbul Boğazı için alınan verileri  $i$  değeri olarak ele alınır. Spearman'ın Rho Testine göre ise bu  $i$  değerleri en çok geçişin yapıldığı yıla 1 değeri verilmiştir ve  $R_{xi}$  değerlerini büyükten küçüğe doğru sıralayarak 1,2,3...N'e kadar değerler verilmiştir. Tablo 3.20'de görülmektedir. Akım değerleri sıraya dizilerek  $R_{xi}$  dizisi elde edilir;

Tablo 3.20. 2006-2011 yıllarında İstanbul Boğazı toplam gemi tonajına ait Spearman'ın Rho test için sıralı dizi değerleri

$i$	1	2	3	4	5	6	7
$R_{xi}$	6	5	3	2	4	1	7

$$r_s = 1 - 6 \frac{\sum_i (R_{xi} - i)^2}{n^3 - n}$$
 bağlantısı uygulanarak  $r_s = 0,03$  olarak bulunur.

$Z = r_s \sqrt{n - 1} = 0.073$  bulunur.  $Z$ 'nin mutlak değeri seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\alpha/2} = 1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " $H_0 = \text{Trend Yok}$ " reddedilmekte  $S > 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde artan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.5.8. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

Her bir verinin kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin büyük olduğu sayılarak  $n$  bulunur. Daha sonra  $t$  değerleri, denklem, bunların ortalaması denklem, varyansı denklem ve son olarak  $u(t)$  fonksiyonu eşitlik ile hesaplanır. 2006 -2012 yıllarında İstanbul Boğazı'na ait  $n$ ,  $t$ ,  $\text{Var}(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u(t)$  değerinin hesaplanmış verileri Tablo 3.21'te verilmiştir.

Tablo 3.21. 2006-2011 yıllarında İstanbul Boğaz'ına ait  $u(t)$  fonksiyonu hesabı

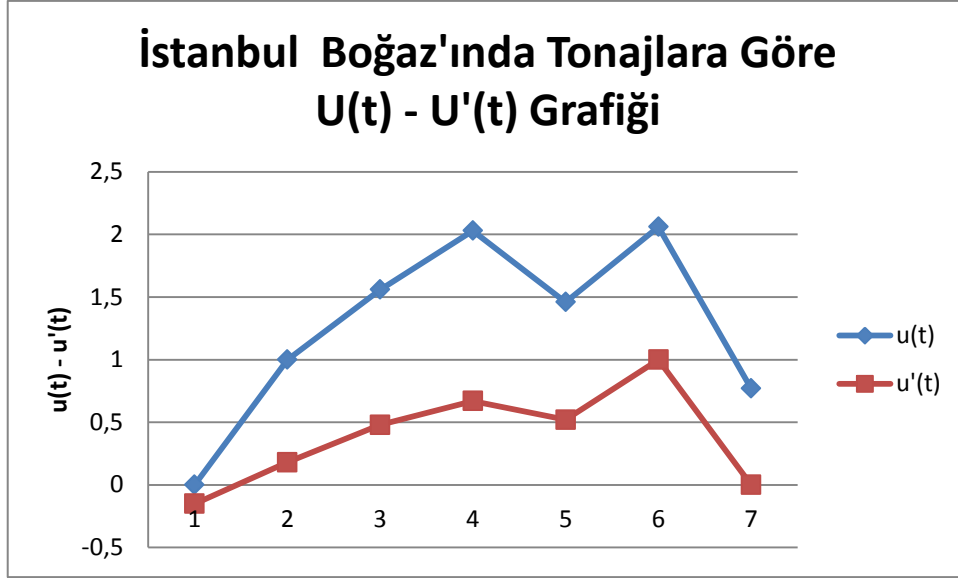
Sıra	Yıllar	İstanbul Boğazı Geçiş Yapan Gemi GT İstatistiği	n	t	Var(t)	E(t)	u(t)
1	2006	475.796.880	0	0	0	0	0
2	2007	484.867.696	1	1	0,25	0,5	1
3	2008	513.535.614	2	3	0,92	1,5	1,56
4	2009	514.656.446	3	6	2,17	3	2,03
5	2010	505.615.381	2	8	4,17	5	1,46
6	2011	523.543.509	5	13	7,08	7,5	2,06
7	2012	455.682.544	0	13	11,08	10,5	0,77

İstanbul Boğazı için alınan veriler 2012 yılından başlayarak 2006 yılına doğru veriler sıralanarak  $n$ ,  $t$ ,  $var(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u'(t)$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.22 oluşturulmuştur.

Tablo 3.22. 2006-2011 yıllarında İstanbul Boğazına ait  $u'(t)$  fonksiyonu hesabı

Sıra	Yıllar	İstanbul Boğazı Geçiş Yapan Gemi GT İstatistiği	n	t	Var(t)	E(t)	u'(t)
1	2012	455.682.544	0	0	0	0	0
2	2011	523.543.509	1	1	0,25	0,5	1
3	2010	505.615.381	1	2	0,92	1,5	0,52
4	2009	514.656.446	2	4	2,17	3	0,67
5	2008	513.535.614	2	6	4,17	5	0,48
6	2007	484.867.696	1	7	7,08	7,5	0,18
7	2006	475.796.880	1	8	11,08	10,5	-0,15

Elde edilen  $u(t)$  ve  $u'(t)$  test istatistikler grafiksel olarak gösterilmesi sonucunda verilerin birbiriyle çakışmadığı için başlangıç noktası bulunmamaktadır. Gros Tonilatosa göre  $u(t) - u'(t)$  değerlerine ait grafik Şekil 3.15'de verilmiştir.



Şekil 3.15. 2006-2011 yıllarında İstanbul Boğaz'ına ait u(t)-u'(t) grafiği

### 3.5.9. Sen'in Trend Eğim Metodu

2006 – 2012 yıllarında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarının Sen'in Trend Eğilimini hesaplamak için belirtilen tarihler içerisinde 7 tane veri ele alınmıştır. Bu veriler kullanılarak N' değeri hesaplanmıştır.

$$N = \frac{n \cdot n-1}{2} \text{ olduğundan } N = 21$$

21 adet olmak üzere test verisi  $Q_i$  ;

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N)$$

Elde edilen bu veriler sıraya dizilir,

N sayısı 21 olduğundan dolayı  $Q_{\frac{n-1}{2}} = 10$  ve  $Q_{\frac{n+1}{2}} = 11$  olarak bulunur. Bu değerleri Tablo 3.23'ye karşılık gelen  $Q_i$  değerleri yerine konularak  $Q_{Medyan}$  değeri elde edilir.

Tablo 3.23. 2006-2011 yıllarında İstanbul Boğazı'na ait Sen'in Trend Qi değerleri

<b>N</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Qi</b>	-9.070.816	-37.838.734	-38.859.566	-29.818.501	-47.746.629	20.114.336

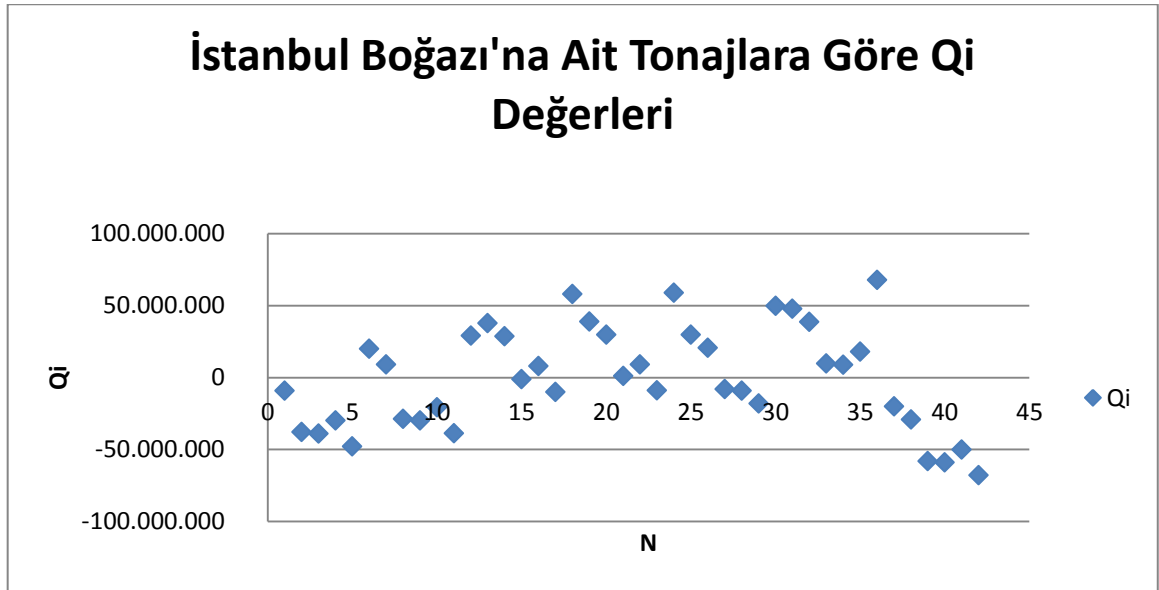
<b>N</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>Qi</b>	9.070.816	-28.767.918	-29.788.750	-20.747.685	38.675.813	29.185.152

<b>N</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
<b>Qi</b>	37.838.734	28.767.918	-1.020.832	8.020.233	-9.907.895	57.953.070

<b>N</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>
<b>Qi</b>	38.859.566	29.788.750	1.020.832

$$Q_{Medyan} = \frac{-20.747.685 + 38.775.813}{2} \text{ Trend eğilimi } 9.014.063 \text{ olarak tespit edilir.}$$

2006 – 2012 yılları arasında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi GT elde edilen  $Q_i$  değerlerine göre grafik üzerinde trendin hangi yönde ilerlediği Şekil 3.16'de görülmektedir.



Şekil 3.16. 1996-2011 yıllarında İstanbul Boğazı'na ait Qi değerlerinin grafik üzerinde dağılımı

### 3.5.10. Çanakkale Boğazı'ndan Geçiş Yapan Toplam Gemi Tonajına Ait Trend Analizi Uygulaması

Çanakkale Boğazından 2006 – 2012 yılları arasında geçiş yapan gemilerin toplam tonajlarının istatistik Tablo 3.3'de yer almaktadır. Bu yöntemler Mann-Kendall Yöntemi, Speraman'ın Rho Testi, Mann-Kendall Sıra Korelasyon Testi ve Sen'in Trend Eğim Metodudur. Bu yöntemlerinin uygulanması için Tablo 3.3'de veriler kullanılmıştır.

### 3.5.11. Mann-Kendall Yöntemi

$i < j$  için  $x_i < x_j$  olan çiftlerin sayısı  $P=18$   $x_i > x_j$  olan çiftlerin sayısı  $M=4$  olarak bulunur.

Test istatistiği  $S = P - M = 14$  bulunur.

Kendall Korelasyon Katsayısı  $\tau = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}}$  formülü uygulanarak  $\tau = 0,66$

Örnek sayısı için  $n < 10$  olduğundan

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}}}{18} \text{ ve } \sigma_s = 6,65 \text{ bulunur.}$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & S < 0 \end{cases} \quad S > 0 \text{ olduğundan } Z = \frac{S-1}{\sigma_s} \quad Z=1,95 \text{ bulunur.}$$

$Z$ 'in mutlak değeri için seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " $H_0 = \text{Trend Yok}$ " reddedilmekte  $S > 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde artan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.5.12. Speraman'ın Rho Testi

Ele alınana verilerini 1'den N kadar sıralanır ve bu değere i denir. Çanakkale Boğazı için alınan verileri i değeri olarak ele alınır. Speraman'ın Rho Testine göre ise bu i değerleri en çok geçişin yapıldığı yıla 1 değeri verilmiştir ve  $R_{xi}$  değerlerini büyükten küçüğe doğru sıralayarak 1,2,3...N'e kadar değerler verilmiştir. Tablo 3.24'de görülmektedir. Akım değerleri sıraya dizilerek  $R_{xi}$  dizisi elde edilir;

Tablo 3.24. 2006-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ı toplam gemi tonajına ait Spearman'ın Rho test için sıralı dizi değerleri

$i$	1	2	3	4	5	6	7
$R_{xi}$	7	6	5	2	4	1	3

$$r_s = 1 - 6 \frac{\sum_i (R_{xi} - i)^2}{n^3 - n} \text{ bağlantısı uygulanarak } r_s = 0,03 \text{ olarak bulunur.}$$

$Z = r_s \sqrt{n - 1} = 0.073$  bulunur.  $Z$ 'nin mutlak değeri seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\alpha/2} = 1.96$  değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " $H_0 = Trend Yok$ " reddedilmekte  $S > 0$  olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde artan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 3.5.13. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

Her bir verinin kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin büyük olduğu sayılarak  $n$  bulunur. Daha sonra  $t$  değerleri, denklem, bunların ortalaması denklem, varyansı denklem ve son olarak  $u(t)$  fonksiyonu eşitlik ile hesaplanır. 2006 -2012 yıllarında Çanakkale Boğazı'na ait  $n$ ,  $t$ ,  $Var(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u(t)$  değerinin hesaplanmış verileri Tablo 3.25'te verilmiştir.



Tablo 3.25. 2006-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait  $u(t)$  fonksiyonu hesabı

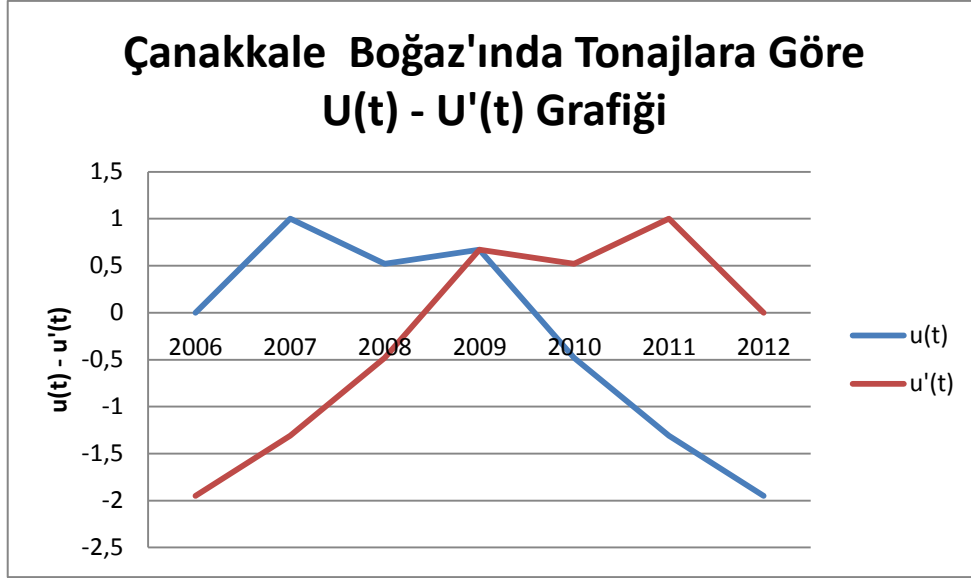
Sıra	Yıllar	Çanakkale Boğazı Geçiş Yapan Gemi GT İstatistiği	n	t	Var(t)	E(t)	u(t)
1	2006	595.826.240	0	0	0	0	0
2	2007	611.885.819	1	1	0,25	0,5	1
3	2008	657.396.892	2	3	0,92	1,5	1,56
4	2009	677.412.661	3	6	2,17	3	2,03
5	2010	672.840.533	3	9	4,17	5	1,95
6	2011	705.412.518	5	14	7,08	7,5	2,44
7	2012	675.424.729	4	18	11,08	10,5	2,25

Çanakkale Boğazı için alınan veriler 2012 yılından başlayarak 2006 yılına doğru veriler sıralanarak  $n$ ,  $t$ ,  $var(t)$ ,  $E(t)$  ve  $u'(t)$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.26 oluşturulmuştur.

Tablo 3.26. 2006-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait  $u'(t)$  fonksiyonu hesabı

Sıra	Yıllar	Çanakkale Boğazı Geçiş Yapan Gemi GT İstatistiği	n	t	Var(t)	E(t)	u'(t)
1	2012	675.424.729	0	0	0	0	0
2	2011	705.412.518	1	1	0,25	0,5	1
3	2010	672.840.533	1	2	0,92	1,5	0,52
4	2009	677.412.661	2	4	2,17	3	0,67
5	2008	657.396.892	0	4	4,17	5	-0,48
6	2007	611.885.819	0	4	7,08	7,5	-1,31
7	2006	595.826.240	0	4	11,08	10,5	-1,95

Elde edilen  $u(t)$  ve  $u'(t)$  test istatistikler grafiksel olarak gösterilmesi sonucunda verilerin 2090 yılında çakıştıkları görülür ve trend başlangıç yılları olarak alınır. Gros Tonilatosa göre  $u(t) - u'(t)$  değerlerine ait grafik Şekil 3.17'de verilmiştir.



Şekil 3.17. 2006-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait u(t)-u'(t) grafiği

### 3.5.14. Sen'in Trend Eğim Metodu

2006 – 2012 yıllarında Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayılarının Sen'in Trend Eğilimini hesaplamak için belirtilen tarihler içerisinde 7 tane veri ele alınmıştır. Bu veriler kullanılarak N' değeri hesaplanmıştır.

$$N = \frac{n \cdot n - 1}{2} \text{ olduğundan } N = 21$$

21 adet olmak üzere test verisi  $Q_i$  ;

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N)$$

Elde edilen bu veriler sıraya dizilir,

N sayısı 21 olduğundan dolayı  $Q_{\frac{n-1}{2}} = 10$  ve  $Q_{\frac{n+1}{2}} = 11$  olarak bulunur. Bu değerleri Tablo 3.27'ye karşılık gelen  $Q_i$  değerleri yerine konularak  $Q_{Medyan}$  değeri elde edilir.

Tablo 3.27. 2006-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait Sen'in Trend Qi değerleri

N	1	2	3	4	5	6
$Q_i$	-16.059.579	-61.570.652	-81.586.421	-77.014.293	-109.586.278	-79.598.489

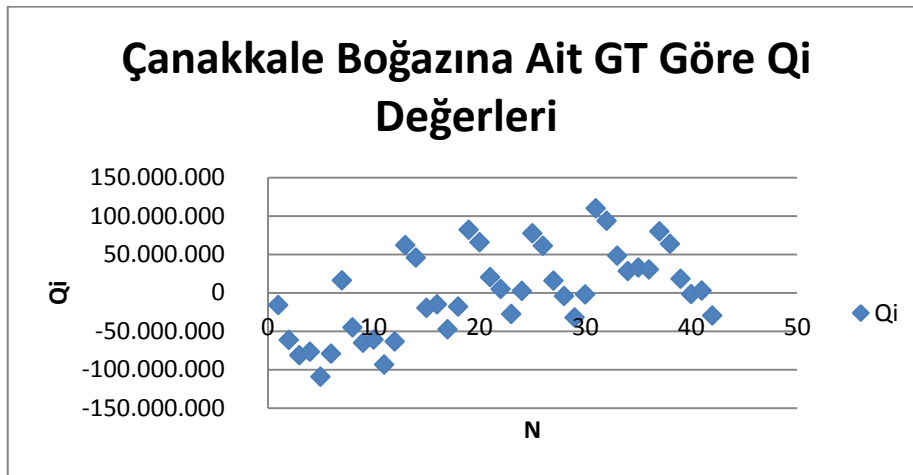
N	7	8	9	10	11	12
$Q_i$	16.059.579	-45.511.073	-65.526.842	-60.954.714	93.526.699	-63.538.910

N	13	14	15	16	17	18
$Q_i$	61.570.652	45.511.073	-20.015.769	-15.443.641	-48.015.626	-18.027.837

N	19	20	21
$Q_i$	81.586.421	65.526.842	20.015.769

$$Q_{Medyan} = \frac{-60.526.842 + 93.526.699}{2} \text{ Trend eğilimi } 16.499.928 \text{ olarak tespit edilir.}$$

2006 – 2012 yılları arasında Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemi GT elde edilen  $Q_i$  değerlerine göre grafik üzerinde trendin hangi yönde ilerlediği Şekil 3.18'de görülmektedir.



Şekil 3.18. 1996-2011 yıllarında Çanakkale Boğaz'ına ait Qi değerlerinin grafik üzerinde dağılımı

#### 4. İRDELEME

Bu çalışmada, İstanbul ve Çanakkale Boğaz'larından yıllara ve aylara göre geçiş yapan gemi sayılarında ve bu gemilerin toplam Gros Tonilatolarına göre trend analizleri yapılarak incelenmiştir. Türk Boğaz'larındaki trend analizini birçok faktör etkilemektedir. Bu faktörler Boğaz'ların coğrafi yapısı, Boğazlarda görülen akıntıları, hava koşullar doğal olaylardır. Bunların dışında ulusal ve uluslararası ekonomik dengeler ve yapılan ticari anlaşmalar da gemi geçişlerini etkilemektedir. Bu gibi faktörler gemi geçiş sayılarını ve tonajlarını değiştirmektedir.

Türk Boğaz'larında 1996-2011 yılları arasında geçiş yapan gemi sayısının trend analizi irdelendiğinde azalan yönde bir trend olduğu anlaşılmaktadır. Fakat bu yıllar arasında Türk Boğaz'larından geçiş yapan gemilerin toplam tonajları dikkate alındığında bir artış görülmektedir. İstanbul Boğazı'ndan 2006 yılında 54.801 gemi geçiş yapmış ve geçiş yapan gemilerin toplam tonajı 475.796.880 GT, 2011 yılında ise 48.798 gemi geçiş yaptığı ve toplam gemi tonajı ise 523.543.509 GT olduğu belirlenmiştir. Çanakkale Boğazı'ndan da aynı durum gözlemlenmekle birlikte 2006 yılında 48.915 gemi geçiş yapmış olup, bu gemilerin toplam tonajı 595.826.240 GT dur. 2011 yılında da 45.379 gemi geçiş yapmış olup, toplam gemi tonajı 675.424.729 GT dur.

2002-2007 yılları arasında Boğaz'lardan geçiş yapan gemi sayısında artış gözlemlenirken 2006 yılında devreye giren Bakü-Tiflis-Ceyhan petrol boru hattının devreye girmesi ve 2008 yılında yaşanan dünyayı etkileyen ekonomik kriz nedeniyle Türk Boğaz'larından geçen gemi sayısını azaldığı görülmektedir. Başar [54]'de Çanakkale Boğaz'ında ve Köse ve arkadaşlarının [56]'de İstanbul Boğaz'ında yapmış oldukları çalışmada Petrol boru hatlarının açılması ile boğazlara binen gemi trafik yükünde azalma olacağını bildirmiştir. Yapılan çalışmada da bu durumun gerçekleştiği tespit edilmiştir.

2006-2011 yılları arasında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan toplam gros tonilatonun eğimi  $Z=0,3$  bulunması ile artan yönde bir trend olduğu sonucuna varılmaktadır. Aynı yıllar içerisinde Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan toplam gros tonilatonun eğimi  $Z=1,95$  bulunması ile artan yönde bir trend olduğu sonucuna varılmaktadır. Bunun nedeni ise gemi büyüklükleri gün geçtikçe geliştiği gösterilmektedir. DTO'nun [57]'de Gemi inşa projeksiyonu çalışmasına göre de 2013 yılında dünyada toplam 100.000.000 DWT'dan fazla 2.000'den fazla geminin teslim edilmesi tahmin

edilmektedir. Bu durum son dönemlerde büyük tonajlı gemilerin inşasının arttığı yönündedir. Bu da Türk Boğazlar'ından geçen birkaç geminin taşıyacağı yükü bir geminin taşıması sonucunu doğurmuştur.

2011 yılında aylara göre trend analizi incelendiğinde yaz aylarında geçiş yapan gemi sayılarında artış gözlemlenirken, kış aylarında ise bu artışın azaldığı gözlemlenmektedir. Bunun sebebi olarak da, meteorolojik ve oşinografi etkenlerin seyri engellemesi sebep olarak gösterilebilir.

Yapılan çalışmada, İstanbul ve Çanakkale Boğaz'larından geçen gemi sayılarında değişkenlik gözlemlenmektedir. İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayısı daha fazla olmakla birlikte GT bakımından değerlendirildiğinde daha küçük gemiler geçmektedir. Çanakkale Boğazı'ndan ise geçiş yapan gemi sayısı az olmakla birlikte GT bakımından daha büyük gemiler geçmektedir. Çanakkale Boğazından tanker ve konteyner gemilerin geçtiği ve bu gemilerin yüklerini Marmara Denizi'nde bulunan limanları kullanılıyor olması gösterilebilir. Özellikle Karadeniz ve Marmara Denizi arasında daha düşük GT kosterlerin yoğun bir şekilde çalışıyor olması İstanbul Boğazı'ndan geçen gemi sayısının daha fazla olduğu durumunu ortaya çıkarmaktadır.

Denizyolu ile Karadeniz'de yapılan ticaret ülkelerinin ithalat ve ihracat verileri ile GSYH ile ilişkilidir. Karadeniz Ekonomik İşbirliği [51]'e üye ülkelerden Rusya, Romanya Ukrayna, Türkiye, Bulgaristan ve Gürcistan'ın kişi başına düşen gelir (KBDG), enflasyon oranı ve dışa açıklık göstergelerinde elde edemediği görülmektedir. Diğer taraftan, 2007 yılı itibarıyla üye ülkeler içerisinde en düşük performansla sahip ülkenin Moldova olduğu görülmektedir. Türkiye ise KEİ'ye üye ülkeler içerisinde gerek yüz ölçümü gerekse GSYH, ihracat, ithalat ve nüfus açısından ikinci KBDG açısından ise üçüncü en yüksek değerlere sahip ülke konumundadır. Ülkelerin ihracat ve ithalat toplamının GSYH bölünmesi suretiyle elde edilen dışa açıklık değerlerine bakıldığında ise ilk sırada 2.08 ile Moldova'nın yer aldığı, bu ülkeyi 1.65 ile Bulgaristan'ın takip ettiği ve en son sırada ise 0.53 ile Türkiye'nin olduğu bilinmektedir [51].

Karadeniz'e Kıyısı olan ülkelerde ithalat ve ihracat olanlarında meydana gelen büyümü ticarete en ucuz taşıma olan denizcilik taşımasının daha da önem kazanacağı yönündedir. Bu durumda doğrudan olarak Boğaz'lardan geçiş yapan gemi sayısında artış olacağı düşünülmektedir.

Gemi geçiş sayılarının azalmasında gemilerin tonajının artmasının da azda olsa etkisi bulunmaktadır. Önceden küçük gemiler ile taşınan yükleri artık büyük tonaja sahip

gemiler ile taşınmaktadır. Günümüzde küçük ve tonajı düşük yükler konteyner gemileri ile taşınır hale gelmiştir. 2011 yılında taşınan yük miktarı, 5 yıl öncesine göre İstanbul'da yaklaşık % 10, Çanakkale'de ise % 17 daha fazla olmuştur. Gemi sayısındaki azalmaya karşılık yük miktarındaki artış gemilerin tonajlarının büyümesi ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Deniz taşımacılığında daha büyük GT gemiler üretilmeye başlanmıştır. Bu durum Boğaz'lardan geçen gemi sayılarını azaltırken GT'ların büyümesi oluşabilecek deniz kazalarındaki çevresel riskleri artırmaktadır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türk Boğaz'larından geçiş yapan gemilerin sayısına ve GT verileri ele alınarak Trend analizi yapılmıştır. Verilerin irdelenmesi sonucunda 1996 -2011 yılları arasında Türk Boğaz'larında geçiş yapan gemi sayısında azalış görülmektedir. Bu azalış eğiliminin yanı sıra aynı zaman dilimi içerisinde geçiş yapan gemi GT'nunda trend eğiliminin pozitif yöne eğildiği görülmektedir.

İstanbul ve Çanakkale Boğaz'ından gemi geçiş sayılarının azalan yönde bir trende sahip olduğu görülmekle birlikte, İstanbul Boğaz'ında 1996-2011 yılları arasında Z test istatistiği -0,49 olarak Çanakkale Boğazı'nda ise - 2,92 olarak hesaplanmaktadır. Ancak her iki Boğaz'larda da gemi sayılarında azalan yönde bir trend olmasına rağmen Boğaz'lardan geçiş yapan toplam gemi tonajlarına ait trend ise artan yöndedir. İstanbul Boğazı'na baktığımızda Z test istatistiği 0,3; Çanakkale Boğazı'nda ise 1,95 olarak hesaplanmaktadır. Bu durum konteyner taşımacılığı ve koster taşımacılığının azalmasına sebep olmaktadır.

İstanbul ve Çanakkale Boğaz'larında geçiş yapan gemilerin toplam GT'nun artışı, oluşabilecek bir gemi kazasında daha fazla çevre kirliliğinin olacağını göstermektedir. Özellikle oluşabilecek kirlilikler sonrasında kirliliğin tespiti, uygun ve hızlı müdahale planının yapılması, oluşabilecek riski ve etkileri en aza indirmek için çalışmaların yapılması gerekmektedir. Montrö Boğazlar Antlaşmasına göre, İstanbul ve Çanakkale Boğaz'larından geçiş yapan gemilerin kılavuz kaptan almak ihtiyari olmakla beraber, eskiden küçük gemilerin seyrettiği İstanbul Boğazı'nda artık 300 metrenin üzerinde süper tankerlerin geçtiği bilinmektedir. Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (IMO) A827-19 no'lu kararında Uluslararası ulaşımda yoğun olarak kullanılan İstanbul ve Çanakkale Boğazlarında kılavuz kaptan almak tavsiye edilmektedir [52].

Türk Boğazları seyir güvenliği açısından olumsuzluklara sahip olan bir bölgededir. Bu bölgenin coğrafik ve oşinografik yapısını yeteri kadar bilmeyen gemi kaptanlarının, tehlikeli yük taşıyan ve büyük tonajlı gemilerin kılavuz kaptan olarak geçiş yapmaları, kaza riskini önemli ölçüde azaltacağı bilinmektedir.

Çağımızdaki teknolojik gelişmeler ve büyüyen ticaret hacmine paralel olarak son yıllarda Türk Boğaz'larından geçen gemilerin boyutları giderek büyümekte özellikle petrol dahil, tehlikeli yük taşıyan gemi sayısında ve taşınan tehlikeli yük miktarında meydana

gelen artışlar, uğraksız geçen büyük gemiler, düşük standartlı gemiler Türk Boğazlarındaki seyir, can ve çevre güvenliği açısından ciddi bir tehditler oluşturmaktadır. Özellikle tanker kazaları sonucunda denize dökülen petrol ürünlerinin meydana getirdiği çevre kirliliğine büyük zararlara sebep olacaktır. Başar [9]'de Boğaz'daki çevresel şartların değişikliklerini ölçen elektronik sistemler ile değişen parametreleri, anlık olarak okuyan ve bunları değerlendiren sistemleri kurulup VTS merkezinde bu bilgilerin değerlendirilmesinin önemine vurgu yapmıştır. Bu gibi teknolojik sistemlerin kullanılması kazaları azaltma etkisinin olacağı açıktır.

Sonuç olarak, Türk Boğaz Sisteminden geçen gemilerin büyüklükleri artmaktadır. Bundan dolayı Türk Boğazları Bölgesinde seyir, can, mal ve çevre güvenliğinin sağlanması teknolojik ve modern tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu amaçla alınan güvenlik ve emniyet tedbirlerinin ulusal ve uluslararası çeşitli platformlara taşınması gerekmektedir. Türk Boğaz'larında seyir, can, mal ve çevre güvenliğinin güçlükle sağlandığı günümüzde, Türk Boğazları üzerinden dünya piyasalarına taşınan petrol ve türevleri boru hatları üzerinden taşınması ve boru hatlarının geliştirilmesi yönünde yaptırımların olması gerekmektedir. Gemi sayılarının azalması yönde olmasına karşın GT'lerinin artması oluşabilecek kazalardaki çevresel kirliliğin boyutunu ve riskini arttıracakı kesindir.



## 6. KAYNAKÇA

1. [www.turkishpilots.org](http://www.turkishpilots.org), "Türk Boğazları Neresi, Özellikleri ve Önemi" Türk Kılavuz Kaptanlar Derneği, 30 Haziran 2013.
2. [http://www.kiyemniyeti.gov.tr/userfiles/file/bilgibankasi/2010\\_Sektor\\_Raporu.pdf](http://www.kiyemniyeti.gov.tr/userfiles/file/bilgibankasi/2010_Sektor_Raporu.pdf), Sektörel Rapor, Kıyı Emniyeti Genel Müdürlük, İstanbul, 24 Nisan 2013.
3. <http://www.mfa.gov.tr/turk-bogazlari.tr.mfa>, Türk Boğazları, Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, 24 Kasım 2013.
4. The Admiralty, Hydrographic Department (1948, 1955, 1990), Black Sea Pilot, HMSO, London, (1990) 458.
5. <http://www.google.com/earth/>, Google Earth, 12 Kasım 2013.
6. DM, 2. Ulusal Denizcilik Şurası Türk Boğazları Seyir Güvenliği Çalışma, T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı, Eylül 2000, Ankara,76-78
7. Guler, I., Yuksel, Y., Yalciner, A.C., Cevik, E. And Ingerslev, C., "Measurement and Evaluation of the Hydrodynamics and Secondary Currents in and near a Strait Connecting Large Water Bodies-A Field Study", Journal of Ocean Engineering, 22 (2006) 1718-1748.
8. Koldemir, B., İstanbul Boğazı Trafinde Seyir Güvenliği Sorunu Olan Bölgelerin Belirlenmesi için Bir Yöntem, Mühendislik Bilimleri Dergisi, (2006) 51-57.
9. Başar, E., İstanbul Boğazı'nda Tanker Kazaları ile Oluşabilecek Petrol Dağılımının Simülasyonu, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2003
10. Ilgaz, R., Çanakkale Boğazı Batıkları, ISSN: 1308-0040, E-ISSN: 2146-0132, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 4,2 (2011) 63-68.
11. Gökaşan, E., Ergin, M., Özyalvaç, M., Sur, H. İ., Tur, H., Görüm, T., Ustaömer, T., Batuk, F., Alp, H., Birkan, H., Türker, A., Gezgin, E., and Özturan, M., Factors controlling the present sea floor morphology of the Çanakkale Strait (Daradanelles, Turkey), Geo-Marine Letters, 28 (2008) 107-129.
12. <https://atlantis.denizcilik.gov.tr/mevzuat/>, Çanakkale ve Gelibolu Liman Başkanlıkları Yerel Deniz Trafiği Rehberi, 20 Kasım 2013.

13. <http://www.canakkaleili.com/canakkale-ilinin-iklimi.html>, Çanakkale ili İklim Özellikleri, 25 Mayıs 2013.
14. Türkeş, M. Rüzgâr Klimatolojisi ve Rüzgâr Gücü Potansiyeli, İstanbul, 2010.
15. <http://www.sureyelken.com/genel/deniz-akintilari/attachment/canakkale/>, Türk Boğaz'larındaki Akıntı Yönleri, 11 Eylül 2013.
16. <http://www.canakkaleninrehberi.com/?Bid=675175>, Çanakkale Boğazının Coğrafi yapısı, 11 Nisan 2013.
17. Guler, I., Yuksel, Y., Yalciner, A.C., Cevik, E. and Ingerslev, C., Measurement and Evaluation of the Hydrodynamics and Secondary Currents in and near a Strait Connecting Large Water Bodies-A Field Study, Journal of Ocean Engineering, 33 (2006) 1718-1748.
18. İstanbul Liman Başkanlığı, Yerel Deniz Trafik Rehberi, İstanbul, (2012) 10-14.
19. Artüz M., Bilimsel Açından Marmara Denizi, Şen Matbaa, Ankara, 2007.
20. <https://atlantis.denizcilik.gov.tr/>, İstanbul Liman Başkanlığı Deniz Trafik T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 14 Haziran 2013.
21. Ekinci, D., Hidrografiya Okyanuslar ve Denizler, auzef basımevi, İstanbul, 2010.
22. [http://www.didgm.gov.tr/\\_Ulaştırma](http://www.didgm.gov.tr/_Ulaştırma), Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Deniz ve İç Sular Düzenleme Genel Müdürlüğü, 21 Kasım 2013.
23. <http://www.mfa.gov.tr/turk-bogazlari.tr.mfa>, Türk Boğazlar, T.C. Dışişleri Bakanlığı, 7 Şubat 2013.
24. Taşlıgıl, N., İstanbul Boğazı'nın Ulaşım Coğrafyası Açısından Önemi, Marmara Coğrafya Dergisi, İstanbul, 10 (2004) 5-11.
25. <http://www.sehirhatlari.tk/turk-bogazlari/turk-bogazlarinin-konumu-ve-ozellikleri/> Türk Boğaz'larının Konumu ve Özellikleri, İstanbul Şehir hatları Vapurları, 11 Aralık 2013.
26. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı Ulaşım Planlama Müdürlüğü, İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı (İUAP), İstanbul, Mayıs 2011.

27. DTO, 2005 Deniz Sektörü Raporu 2004, Deniz Ticaret Odası, İstanbul, 2005.
28. Taşlıgil, N.,The Geographical Importance Of The Bosphorus Strait, Marmara Coğrafya Dergisi, 10 (2004) 145-160.
29. <http://www.gemitrafik.com/trafik.htm>, Gemi Trafik, Online Türk Boğaz'lardaki gemi trafiği, 23 Ağustos 2013.
30. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, Ocak 2007.
31. DİDGM, 2. Ulusal Denizcilik Şurası Türk Boğazları Seyir Güvenliği, Deniz ve İç Sular Düzenleme Genel Müdürlüğü, Ankara, 2002.
32. <http://www.alestavira.com>, Seyir güvenliği, 20 Mayıs 2013.
33. Artüz, L., Bilimsel Açıdan Marmara Denizi, Türkiye Barolar Birliği Yayınları, Ankara, 2, 119, 2007.
34. <http://www.iib.org.tr/tr/diger-duyurular-seyir-emniyeti.html>, Seyir Emniyeti, İstanbul İhracatçı Birlikleri, 20 Eylül 2013.
35. T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 11. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Şurası, Ankara, 2013.
36. Kıyı Emniyeti ve Gemi Kurtarma İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri Kullanıcı Rehberi, İstanbul, 2010.
37. UBAK, 11. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Şurası Denizcilik Çalışma Grubu Raporu, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara, 2013.
38. DTGM, Tanker Piyasaları, Deniz Ticaret Genel Müdürlüğü, Ankara, 2012.
39. UNCTAD, Dünya Ticaret Sistemi İçinde Çin'in Önündeki Fırsatları ve Güçlüklerin Değerlendirmesi, United Nations Conference on Trade and Development, Nisan 2002.
40. DTGM, Deniz Ticaret İstatistiği, Deniz Ticareti İstatistikleri, Ankara, 2010.
41. Kendall, M.G., Rank Correlation Methods. Charles Griffin, London, 135, 1975.

42. Mann, H. B., Non-parametric Tests Against Trend, Econometrica, 13 (1945) 245-259.
43. Bayazıt, M., İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1996.
44. Yu, S., Zou, S., and Whittmore, D., Non-parametric Trend analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas, Journal of Hydrology, 150 (1993) 61-80.
45. Kahya, E. ve Kalaycı, S., Trend Analysis of Streamflow in Turkey, Journal of Hydrology, 289 (2004) 128–144.
46. İçağa Y. Analysis of Trends in Water Quality Using Nonparametric Methods. Yüksek Lisans Tezi, D.E.U., Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1994.
47. Sneyers, R., 1990. On Statistical Analysis of Series of Observations. W.M.O., Geneva, 415 (1990) 192.
48. Sen, P.K., Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau, Assoc, 63 (1968) 1379-1389.
49. Şen, Z., İstatistik Veri İşleme Yöntemleri (Hidroloji ve Meteoroloji), 243, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2002.
50. <http://bdn2.borland.com/delphi>, Borland Delphi web Sitesi, 10 Ocak 2013.
51. Genç, M., Artan, S. ve Berber, M., Karadeniz Ekonomik İşbirliği Bölgesinde Ticaret Akımlarının Belirleyicileri Çekim modeli Yaklaşımı, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 25,2 (2011) 209.
52. Tosun, H., Möntro Boğazlar Sözleşmesi Boğazlar Sorununda Son Aşama, Ankara, 1994.
53. Türkeş, M., Çanakkale Yöresinin Rüzgar Klimatolojisi ve Rüzgar Gücü/Enerji Potansiyeli, GMKA Rüzgar Enerjisi Bilgilendirme Toplantısı, Çanakkale, Haziran 2012, Çanakkale, Bildiriler Kitabı: 15-16.
54. Başar, E., 'Investigation into Marine Traffic and a Risky Area in the Turkish Straits System: Canakkale Strait', Transport, 25,1 (2010) 5-10.
55. Köse, E., Başar, E., Demirci, E. ve Güneroğlu, A., İstanbul Boğazı'ndaki Deniz Trafiğinin Geçişleri ve Çevresel Riskleri, Türkiye Kıyı ve Deniz Alanları V. Ulusal Konferansı, Mayıs 2014, Adana, Bildiriler Kitabı: 654-660.

56. Başar, E., Köse, E., Güneroğlu, A., 'Finding Risky Areas for Oil Spillage after Tanker Accidents at Istanbul Strait', Int. J. Environment and Pollution, 27,4 (2006) 538-544.
57. Deniz Ticaret Odası, Deniz Sektör Raporu 2007, 74 (2008) 30-35.



## ÖZGEÇMİŞ

Okan Arslan, 1985 tarihinde Trabzon'da doğdu. Liseyi Akçaabat Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2005 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Eğitimine devam ederken 2006 yılında çift Anadal programından yararlanarak İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünü bitirdi. Deniz Ulaştırma İşletme Mühendislik Bölümünden 2009 yılında mezun olarak eğitimini dereceyle tamamladı. Çalışma hayatına 2009 yılında Metronet İletişim Hizmetleri A.Ş. Firmasında Network mühendisi olarak başladı. 2012 yılında Turkcell Supernoline İletişim Hizmetleri A.Ş. Firmasında Development Deployment and Support uzmanı olarak çalışmaya devam etmekte olup İngilizce bilmektedir.