

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
İŞLETME ENSTİTÜSÜ**

**GLOBAL LİMAN İŞLETMELERİNDE VERİMLİLİK  
ÖLÇÜMÜ: BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ  
PROSESİ VE BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ece Merve NEHİR**

**Enstitü Anabilim Dalı : Uluslararası Ticaret**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Engin DÜCAN**


**ŞUBAT- 2022**

Ece Merve Nehir tarafından hazırlanan ‘‘Global Liman İşletmelerinde Verimlilik Ölçümü: Bulanık Analitik Hiyerarşı Prosesi ve Bulanık Veri Zarflama Analizi’’ başlıklı bu tez, 02/02/2022 tarihinde Sakarya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Engin Dücan  
*Sakarya Üniversitesi*

**Jüri Üyeleri:** Doç. Dr. Ahmet Yağmur Ersoy  
*Sakarya Üniversitesi*

Dr. Öğr. Üyesi Metin Saygılı  
*Sakarya Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Üniversitesi*

 SAKARYA ÜNİVERSİTESİ	T.C. SAKARYA ÜNİVERSİTESİ İŞLETME ENSTİTÜSÜ TEZ SAVUNULABİLİRLİK VE ORJİNALLİK BEYAN FORMU	Sayfa : 1/1
<b>Öğrencinin</b>		
Adı Soyadı	:	Ece Merve NEHİR
Öğrenci Numarası	:	Y189056005
Enstitü Anabilim Dalı	:	Uluslararası Ticaret
Enstitü Bilim Dalı	:	Uluslararası Ticaret
Programı	:	<input checked="" type="checkbox"/> YÜKSEK LİSANS <input type="checkbox"/> DOKTORA
Tezin Başlığı	:	Global Liman İşletmelerinde Verimlilik Ölçümü: Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Bulanık Veri Zarflama Analizi
Benzerlik Oranı	:	%19
<b>İŞLETME ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.		
29/12/2021 İmza		
<input type="checkbox"/> Sakarya Üniversitesi ..... Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez çalışması ile ilgili gerekli düzenleme tarafımda yapılmış olup, yeniden değerlendirilmek üzere .....@sakarya.edu.tr adresine yüklenmiştir.		
Bilgilerinize arz ederim.		
...../...../20..... İmza		
<b>Uygundur</b>		
Danışman Unvanı / Adı-Soyadı: Doç. Dr. Engin DÜCAN Tarih: 29.12.2021 İmza:		
<input type="checkbox"/> KABUL EDİLMİŞTİR <input type="checkbox"/> REDDEDİLMİŞTİR EYK Tarih ve No:	Enstitü Birim Sorumlusu Onayı	

## ÖNSÖZ

Bu tezin yazılması aşamasında, çalışmamı takip eden danışmanım Doç. Dr. Engin DÜCAN'a değerli katkısı için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Tezimin her aşamasında emeğini ve değerli vaktini esirgemeyen hocam Doç. Dr. Alper KİRAZ'a katkılarından dolayı çok teşekkür ediyorum. Tezimin yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve hep yanımda olan canım oğlum Alperen NEHİR'e ve eşim Enver NEHİR'e çok teşekkür ediyorum. Tezimi hazırlama aşamasında manevi desteğini esirgemeyen ve hep yanımda olan anneme ve babama şükranlarımı sunarım. Son olarak şekil şartları ve içerik açısından tezimi inceleyen ve katkı sunan arkadaşım Araş. Gör. Seren ÖZSOY'a teşekkür ediyorum.

**Ece Merve NEHİR**

**02.02.2022**

# İÇİNDEKİLER

<b>KISALTMALAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>TABLO LİSTESİ .....</b>	<b>vi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>BÖLÜM 1: ULUSLARARASI DENİZ TAŞIMACILIĞINDAKİ EĞİLİMLER.....</b>	<b>5</b>
1.1. Uluslararası Deniz Taşımacılığındaki Eğilimler .....	6
1.2. Limanlar ve Ekonomik Gelişim .....	10
1.3. Liman Sektöründe Rekabet .....	15
1.4. Liman Operasyonları.....	21
1.5. Limanlarda Temel Performans Göstergeleri.....	24
<b>BÖLÜM 2: KONTEYNER TERMİNALLERİ.....</b>	<b>28</b>
2.1. Konteyner Terminallerinin Temel Fonksiyonları .....	28
2.2. Konteyner Terminal Yapıları .....	30
2.3. Konteyner Terminallerinin Operasyonları .....	31
2.3.1. Deniz Yönlü Operasyonlar .....	33
2.3.2. Kara Yönlü Operasyonlar .....	34
2.3.3. Dolu Konteyner Operasyonları .....	35
2.3.4. Boş Konteyner Operasyonu .....	36
2.3.5. Transit Konteyner Operasyonu .....	37
2.4. Konteyner Terminallerinde Kullanılan Ekipmanlar.....	38
2.4.1. Konteynerler .....	38
2.4.2. Kullanım Şekillerine Göre Konteyner Çeşitleri.....	39
2.4.2.1. Parça(kuru) yük konteynerleri .....	39
2.4.2.2. Dökme Yük Konteynerleri (Bulk Container).....	39
2.4.2.3. İzole (İnsulated-Reefer) Konteynerler.....	40
2.4.2.4. Özel Amaçlı Konteynerler.....	40

2.4.3. Konteyner Terminallerinde Kullanılan Yük Elleçleme Ekipmanları .....	40
2.4.3.1 Rıhtım Vinci .....	40
2.4.3.2. Köprü Vinci .....	42
2.4.3.3. Taşıyıcı İstifleyici (Straddle Carrier-SC) .....	44
2.4.3.4. Dolu Konteyner Forklifti (Container Reach Stacker-CRS).....	45
2.4.3.5.Boş Konteyner İstifleyicisi (Empty Container Reach Stacker- ECS) 46	
2.4.3.6.Terminal Çekicisi ve Dorse .....	46
2.4.3.7. Forklift (FLT) .....	47

### **BÖLÜM 3: ULUSLARARASI LİMANLARIN OPERASYONEL VERİMLİLİĞİNİ ÖLÇÜLMESİ.....48**

3.1. Karar Verme.....	48
3.1.1. Karar Verme Süreci .....	48
3.1.2. Çok Kriterli Karar Verme .....	49
3.1.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri .....	50
3.1.3.1. ELECTRE Yöntemi.....	51
3.1.3.2. PROMETHEE Yöntemi .....	51
3.1.3.3. TOPSIS Yöntemi.....	51
3.1.3.4. VIKOR Yöntemi .....	52
3.1.3.5. MOORA Yöntemi .....	52
3.1.3.6. Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi.....	53
3.2. Bulanık Mantık Kavramı.....	53
3.2.1. Sezgisel Bulanık Küme .....	54
3.2.2. Sezgisel Bulanık AHP .....	55
3.2.3. Bulanık Veri Zarflama Analizi .....	57
3.3. UYGULAMA .....	60
3.3.1. Problem Çözümü için Takip Edilecek Aşamalar .....	61
3.3.2. Problem Çözümü .....	62
3.3.3. İstatistiksel Analiz.....	72
3.3.3.1. Duyarlılık Analizinin Problem Üzerinde Elde Edilen Değerleri ve Değerlerin Yorumlanması .....	73

<b>SONUÇ</b> .....	<b>79</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>81</b>
<b>EKLER</b> .....	<b>90</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>92</b>

## KISALTMALAR

<b>ARMG</b>	: Otomatik Raylı İstif Vinci (Automated Rail Mounted Gantry)
<b>AGV</b>	: İnsansız Terminal Traktörü (Automatic Guided Vehicle)
<b>AHP</b>	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
<b>BAHP</b>	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
<b>BVZA</b>	: Bulanık Veri Zarflama Analizi
<b>CRS</b>	: Konteyner Forklifti (Container Reach Stacker)
<b>CCR</b>	: Charnes, Cooper ve Rhodes
<b>CFS</b>	: Konteyner Yük İstasyonu ( Container Freight Station)
<b>ÇKKV</b>	: Çok Kriterli Karar Verme
<b>ECS</b>	: Boş Konteyner İstifleyicisi (Empty Container Reach Stacker)
<b>ELECTRE</b>	: Elimination and Choice Translating Reality English
<b>FLT</b>	: Forklift
<b>GSYİH</b>	: Gayri Safi Yurt İçi Hasılat
<b>ISO</b>	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Organization for Standardization)
<b>LML</b>	: Liman Merkezli Lojistik
<b>MHC</b>	: Mobil Vinç (Mobile Harbour Crane)
<b>MOORA</b>	: Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis
<b>OECD</b>	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü bazen de İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı (Organisation for Economic Co-operation and Development)
<b>PROMETHEE</b>	: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
<b>RMG</b>	: Raylı İstif Vinci (Rail Mounted Gantry)
<b>RTG</b>	: Lastik Tekerlekli İstif Vinci (Rubber Tyred Gantry)
<b>SC</b>	: Straddle Taşıyıcı (Straddle Carrier)



- UNCTAD** : Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Trade and Development)
- VIKOR** : Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
- VZA** : Veri Zarflama Analizi
- TEU** : 1 Adet 20ft'lik Konteyner Hacmi (Twenty-Foot Equivalent Unit)
- TOPSIS** : Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1</b> : Seçilen Yıllara Göre Uluslararası Deniz Ticaretindeki Gelişmeler (Yüklenen milyon ton).....	7
<b>Tablo 2</b> : Liman Ekonomisinin Etkileri .....	11
<b>Tablo 3</b> : UNCTAD Tarafından Önerilen Performans Göstergeleri .....	25
<b>Tablo 4</b> : Konteyner Terminallerinde Yaygın Performans Göstergeleri.....	26
<b>Tablo 5</b> : Sezgisel İlişki Matrislerinin Oluşturulmasında Kullanılan Ölçeklendirme ...	56
<b>Tablo 6</b> : Problemin Sezgisel Bulanık AHP Yöntemi ve Bulanık VZA Yönelik Çözüm Aşamaları .....	62
<b>Tablo 7</b> : Probleme Kullanılan Kriterlerin Belirlenmesi .....	63
<b>Tablo 8</b> : Kriterler İçin İkili Sezgisel Öncelik İlişki Matrisi K(M).....	64
<b>Tablo 9</b> : Kriterlere Göre Alternatifler Arası Sezgisel İlişki Matrisi.....	64
<b>Tablo 10:</b> Kriterler İçin İkili Sezgisel Öncelik İlişki Matrisi K( $\bar{O}$ ).....	64
<b>Tablo 11:</b> Kriterlere Göre Alternatifler Arası Sezgisel İlişki Matrisi.....	65
<b>Tablo 12:</b> Kriterler Arası Sezgisel İlişki Matrisi K( $\Pi$ ).....	65
<b>Tablo 13:</b> Kriterlere Göre Alternatif Sezgisel İlişki Matrisi .....	65
<b>Tablo 14:</b> Kriterlere Yönelik K( $\bar{U}$ ) Değerleri İçin Oluşturulmuş Tutarlılık Matrisi .....	66
<b>Tablo 15:</b> Kriterlere Yönelik K( $v$ ) Değerleri İçin Oluşturulmuş Tutarlılık Matrisi .....	66
<b>Tablo 16:</b> Kriterler Arası Tutarlı Sezgisel İlişki Matrisi .....	67
<b>Tablo 17:</b> Kriterler Arası Sezgisel İlişki Matrisinin Öncelikli Ağırlıkların Hesaplanması .....	68
<b>Tablo 18:</b> Alternatiflerin Hesaplanan Öncelik Ağırlık Değerlerinin Birleştirilmesi.....	68
<b>Tablo 19:</b> Alternatif Limanların Ağırlıklarının Oluşturulması .....	68
<b>Tablo 20:</b> Limanların Kriterlerine Ait 2020 Yılı Verileri .....	69
<b>Tablo 21:</b> Girdiye yönelik BVZA sonuçları.....	72
<b>Tablo 22:</b> Çıktıya Yönelik BVZA Sonuçları.....	72
<b>Tablo 23:</b> Duyarlılık Analizinde Kriterler İçin Kullanılan Değişkenler .....	73
<b>Tablo 24:</b> Fransa limanına ait alt sınır değerleri duyarlılık analizi sonuçları (Girdi yönlü) .....	74
<b>Tablo 25:</b> Alt Sınır Değerlerine Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları (Girdi Yönlü).....	75
<b>Tablo 26:</b> Fransa limanına üst sınır değerleri duyarlılık analizi sonuçları (Girdi yönlü) .....	75
<b>Tablo 27:</b> Üst Sınır Değerlerine Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları (Girdi Yönlü) .....	76

<b>Tablo 28:</b> Fransa Limanına Alt Sınır Değerleri Duyarlılık Analizi Sonuçları (Çıktı Yönlü) .....	77
<b>Tablo 29:</b> Alt Sınır Değerlerine Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları (Çıktı Yönlü) .....	77
<b>Tablo 30:</b> Fransa Limanına Üst Sınır Değerleri Duyarlılık Analizi Sonuçları (Çıktı Yönlü) .....	77
<b>Tablo 31:</b> Üst Sınır Değerlerine Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları (Çıktı Yönlü).....	78

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 : Konteyner Gemi Kapasitelerindeki Artış .....	8
Şekil 2 : Uluslararası Deniz Ticaretinin ve Küresel Çıktının Gelişimi (Yıllık yüzde değişim).....	14
Şekil 3 : Bölgelere Göre Uluslararası Deniz Ticareti, 2018 (Dünya tonajındaki yüzde pay).....	16
Şekil 4 : Liman Lojistik Sisteminin Alt Sistemleri.....	29
Şekil 5 : Bir Konteyner Terminalinin Operasyon Sahaları ve Taşıma Akışları .....	32
Şekil 6 : Bir Konteyner Terminalindeki Operasyonel Süreçler.....	33
Şekil 7 : Konteyner Terminallerinde Deniz Yönlü Operasyonlar .....	34
Şekil 8 : Konteyner Terminallerinde Kara Yönlü Operasyonlar .....	35
Şekil 9 : Dolu Konteyner Operasyonları .....	36
Şekil 10: Boş Konteyner Operasyonları .....	37
Şekil 11: Gantry Vinç .....	41
Şekil 12: Mobil Vinç .....	42
Şekil 13: Lastik Tekerlekli İstif Vinci .....	43
Şekil 14: Raylı İstif Vinci .....	44
Şekil 15: Taşıyıcı İstifleyici.....	45
Şekil 16: Dolu Konteyner Forklifti.....	45
Şekil 17: Boş Konteyner İstifleyicisi .....	46
Şekil 18: Terminal Çekicisi ve Dorse .....	47
Şekil 19: Liman Verimliliği için Hiyerarşik Yapının Oluşturulması .....	63

<b>Tezin Başlığı:</b> Global Liman İşletmelerinde Verimlilik Ölçümü: Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Bulanık Veri Zarflama Analizi	
<b>Tezin Yazarı :</b> Ece Merve NEHİR	<b>Danışman :</b> Doç. Dr. Engin DÜCAN
<b>Kabul Tarihi:</b> 02.02.2022	<b>Sayfa Sayısı:</b> x (ön kısım) + 89 (tez) + 2 (ek)
<b>Anabilim Dalı:</b> Uluslararası Ticaret	
<p>Limanlar, uluslararası taşıma zincirindeki önemi sayesinde lojistik hizmet vermek için en uygun alanlar haline gelmişlerdir. Konteynerin taşıma kabı olarak kullanılmaya başlanmasından sonra ulaştırma konusunda ciddi bir gelişim yaşanmıştır. Konteyner taşımacılığı ile varış noktasına kadar konteynerin açılmadan tek işleme taşınabilmesi, farklı yüklerin tek bir konteynerde taşınması, zaman tasarrufu sağlaması, güvenilir ve ucuz olması gibi getirdiği avantajlar sebebiyle tedarik zinciri ve lojistik sistemlerinde konteyner terminalleri önemli bir yer tutmaktadır. Bütün bu gelişmeler, konteyner terminallerinin varlığını sürdürebilmesi için liman verimliliğini ölçmesi gerektiği sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada; Türkiye'deki global bir liman işletmesinin, Avrupa'da bulunan limanlarının birbirlerine göre tercih edilebilirliği ve belirlenen bu limanların göreceli etkinlik skorlarının karşılaştırılmasına yönelik çalışmalar sunulmuştur. Liman verimliliğinin ölçülmesi için tek bir verimlilik göstergesi yoktur. Çünkü Dünyada bulunan her bir limanın yapısı farklıdır. Bunun için liman işletmelerinin verimlilik ölçümünde hangi kriterlerin belirleneceği mevcut literatür incelendikten sonra uzman görüşüne sokulmuş ve kriterler belirlenmiştir. Bu çalışmada, limanların verimliliklerinin ölçülmesi süreci iki aşamada incelenmiştir. Birinci aşamada Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ile liman verimliliğine etki eden parametreler incelenmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi, belirlenen kriterlerin önem derecesini tespit etmek ve kriterleri sistematik olarak karşılaştırıp değerlendirmesini sağlamak için tercih edilmiştir. İkili karşılaştırma yargılarındaki sözel belirsizliği daha iyi ifade etmek ve kesin değerler kullanmayıp belirli aralıklardaki değerler ile karar vermeyi kolaylaştıran bir yöntem olarak BAHP kullanılmıştır (Şişman vd., 2016). İkinci aşamada ise birinci aşamada elde edilen çıktılar, girdi olarak ele alınarak liman verimliliğinin ölçülmesinde Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) modeli kullanılmıştır. Veri Zarflama Analizi (VZA), karar verme birimleri ile birden çok girdi ve çıktı ile işletmelerin veya limanların göreceli verimliliklerinin ölçülmesi için kullanılan bir yöntemdir. Fakat gerçek dünya problemlerinde verilerin kesin bir değer olarak ölçülmesi mümkün olmadığı için BVZA yöntemi ile belirsiz olan durumlar için daha doğru etkinlik skorları elde edilmiştir. (Sengupta, 1992) Böylelikle, Liman işletmelerinin kriterlere ait veri değerlerini ne derecede etkin kullandıkları BVZA ile incelenmiştir. BVZA'da kullanılmak üzere dört adet girdi ve bir adet çıktı belirlenmiştir. Liman etkinliklerinin sonuçları girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere alt ve üst sınır değerleri CCR modeli yardımıyla belirlenmiştir. Bu çalışmanın BVZA modeline katkı sağlaması, uygulamada ise belirlenen limanların mevcut fiziki koşulları kullanmadaki yetkinliği en iyi olan limanın belirlenerek kendi aralarında göreceli verimlilik skorlarını karşılaştırılmasına, finansal kararlar almasında somut veriler ile hareket edebilmesine, yüksek karlılık oranlarına erişebilmesine ve rekabette öne çıkabilmesi konusunda katkı sağlaması beklenmektedir.</p>	
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Liman Verimliliği, Konteyner Limanı, Sezgisel Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, Bulanık Veri Zarflama Analizi	

<b>Title of the Thesis:</b> Efficiency Measurement in Global Port Operations: Fuzzy Analytical Hierarchy Process and Fuzzy Data Envelopment Analysis	
<b>Author:</b> Ece Merve NEHIR	<b>Supervisor:</b> Assoc. Prof. Engin DÜCAN
<b>Date :</b> 02.02.2022	<b>Np:</b> x (pre text) + 89 (main body) + 2 (App.)
<b>Department:</b> International Trade	
<p>Ports have become the most suitable areas to provide logistics services, thanks to their importance in the international transport chain. After the container started to be used as a transport container, there has been a serious development in transportation. Container terminals have an important place in the supply chain and logistics systems due to the advantages such as the ability to transport the container to the destination with a single operation without opening it, to carry different loads in a single container, to save time, to be reliable and cheap. All these developments have led to the conclusion that container terminals need to measure port efficiency in order to survive. In this study; Studies on the preference of a global port operator in Turkey and the ports in Europe over each other and the comparison of the relative efficiency scores of these ports are presented. There is no single efficiency indicator for measuring port efficiency. Because the structure of each port in the world is different. For this purpose, after examining the existing literature, which criteria will be determined in the productivity measurement of port operators, it has been put into expert opinion and the criteria have been determined. In this study, the process of measuring the efficiency of ports was examined in two stages. In the first stage, the parameters affecting the port efficiency were examined with the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (BAHP). The AHP method, which is one of the multi-criteria decision-making methods, was preferred to determine the degree of importance of the determined criteria and to systematically compare and evaluate the criteria. FAHP was used as a method to better express the verbal uncertainty in pairwise comparison judgments and to facilitate decision making with values in certain ranges without using exact values (Şişman et al., 2016). In the second stage, the outputs obtained in the first stage were taken as inputs and the Fuzzy Data Envelopment Analysis (FDA) model was used to measure the port efficiency. Data Envelopment Analysis (DEA) is a method used to measure the relative efficiency of enterprises or ports with decision-making units and multiple inputs and outputs. However, since it is not possible to measure the data as an exact value in real-world problems, more accurate efficiency scores were obtained for uncertain situations with the ICA method. (Sengupta, 1992) Thus, the extent to which the port operators use the data values of the criteria effectively has been examined with the BVZA. Four inputs and one output were determined to be used in the BIDA. The lower and upper limit values for the results of the port activities, for the input and the output, were determined with the help of the CCR model. It is expected that this study will contribute to the BVZA model, and in practice, it will contribute to the determination of the port with the best competence in using the existing physical conditions of the determined ports, to compare their relative efficiency scores among themselves, to act with concrete data in making financial decisions, to reach high profitability rates and to stand out in the competition.</p>	
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Port Efficiency, Container Port, Intuitive Fuzzy AHP, Fuzzy Data Envelopment Analysis	

## GİRİŞ

Uluslararası ticarete, taşımacılığın %90'dan fazlası deniz yoluyla yapılmaktadır (Esmer, 2019). Diğer taşıma modlarına göre deniz yolu taşımacılığının tercih sebepleri, bir kere de çok fazla yük taşınabilmesi, güvenilir ve ucuz olmasıdır. Yüklerin konteyner adı verilen ticari yük kaplarıyla taşınarak yüklerin standartlaşmasının artması ile dünya deniz taşımacılığında büyük bir genişleme oluşmuştur. Geçmişte limandan limana yapılan taşımalar, konteynerlerin varlığı ile kapıdan kapıya taşımacılık yapılmasına imkân sağlamıştır. Konteyner taşımacılığı ile yük bir araçtan diğerine anında nakledilebilir ve yükün taşıma zinciri içinde herhangi bir denetime gerek duyulmaksızın, konteyner bir taşıttan diğerine aktarılarak alıcısına ulaştırılabilir. Konteyner sayıları arttıkça özellikle taşımacılık maliyetlerini en aza indirmek için gemi şirketleri de gemi kapasitelerini gün geçtikçe arttırmaktadır. Bu artış konteyner terminal işletmecilerini küreselleşen dünyada gün geçtikçe gelişime zorlayan bir durumdur. Dünyadaki konteyner terminaleri, elleçleme miktarlarını arttırabilmek için büyük ve riskli yatırımlar ile fiziksel özelliklerini büyütürken kapasitelerini arttırmak yerine mevcut kaynaklarını daha etkin ve verimli kullanmanın yollarını aramaktadır. Liman işletmeleri, bir bütün olarak incelendiğinde etkinlik ve verimliliğe etki eden birçok kriterin olduğu görülmektedir. Ayrıca liman işletmeleri üründen ziyade hizmet üreten bir yapıya sahip oldukları için etkinlik ve verimliliğin ölçülmesi daha zor ve karmaşıktır. Bu çalışmada kriterleri belirlerken mevcut literatür incelenmiştir. Liman verimliliğinin analizi için uluslararası organizasyonlar ve uzmanlar arasında fikir birliği bulunmamaktadır. UNCTAD bir limanın verimlilik ölçütlerini; gemi verimliliği, vinç verimliliği, rıhtım verimliliği, terminal saha verimliliği, ekipman verimliliği, iş gücü verimliliği ve maliyet etkinliği olarak belirtmiştir (Esmer, 2009). Tezin birinci bölümünde limanlarda temel performans göstergeleri detaylı olarak incelenmiş ve UNCTAD, Institute of Chartered Shipbrokers, Çelebi ve Temur'un da belirttiği verimlilik ölçütlerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Mevcut literatür araştırmasında tek bir verimlilik ölçütü olmadığı bulunmuştur. Bu nedenle, verimlilik ölçütünü gerçekleştirmiş olduğumuz global liman işletmesi için kriterleri belirlemek amacıyla uzman görüşü alınmış ve kriterler belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılacak olan kriterler; rıhtım uzunluğu, liman sahası, ekipman ve gemi sayısıdır.

**Araştırmanın Amacı:** Türkiye'deki global bir liman işletmesinin Avrupa'da bulunan limanlarının birbirlerine göre tercih edilebilirliği ve limanların göreceli etkinlik skorlarının karşılaştırılmasına yönelik çalışmalar sunulmuştur. Bu çalışma elde edilecek verilerden yola çıkarak limanların sezgisel Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ile kriterlerin ağırlıklarını belirlemiş ve ardından Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) yöntemi ile verimlilik ölçümü yapılarak kriterlerin sıralaması belirlenmiştir. Bu sıralamalar sonucunda Avrupa lokasyonundaki en etkin konteyner terminali belirlenmiştir. Böylelikle, globalde diğer limanlar arasındaki verimliliğini karşılaştırabilecek ve limanlar kendi verimliliğini görerek eksikliklerini giderebilecektir. Bu sıralamalar sonucunda Avrupa lokasyonundaki en verimli konteyner terminalinin seçimi yapılmıştır. Belirlenen limanlara ait fiziki özellikler, liman ticaretlerinde ne derece önemli oldukları yapılan verimlilik araştırmalarıyla ölçülmüştür.

**Araştırma Problemi ve Soruları:** Günümüzde deniz taşımacılığının dünyada giderek artmasından dolayı limanlar arasında oldukça büyük bir rekabet vardır. Bu durum liman işletmecilerini dijital teknolojilerini geliştirme konusunda zorlamaktadır. Dünya ticaret hacminin artmasıyla birlikte konteyner sayılarında da doğru orantılı olarak bir artış gözlenmiş ve buna bağlı olarak gemi işletmecileri kapasitelerini genişletmektedir. Bunların sonucunda da liman işletmecileri, liman içi verimliliklerini artırma ihtiyacı duymaktadır. Bu çalışma, uluslararası bir limanın Avrupa'da belirlenen terminaleri arasında bir verimlilik karşılaştırma analizi yapmaktadır. Çünkü belirlenen konteyner limanları içerisinde mevcut fiziki koşulları kullanmadaki yetkinliği en iyi olan limanın belirlenmesine imkân vermektedir. Limanlarda fiziki koşullara göre belirlenen zamanlarda belirlenen yük taşımacılığının en kısa sürede yapılamaması, limanlar bakımından verimliliğin düşmesine ve etkinlik skorlarının azalmasına neden olmaktadır. Bu durum da globalde diğer limanlarla rekabet edebilirliğini düşürmektedir. Bu bakımdan belirlenen limanlar içerisinden en uygun hizmet veren limanın saptanması önemli bir karar verme problemidir. Çünkü en iyi hizmet veren liman, diğer limanlar için örnek bir liman olacaktır.

**Araştırmanın Önemi:** Literatürde liman verimliliğinin ölçülmesi konusunda bilinen akademik çalışmalar bulunmakla birlikte, iki aşamada uygulanan bulanık model kullanan herhangi bir akademik çalışmaya rastlanmamıştır. Üretim süreçlerinde etkinlik



analizlerinin yapılabilmesinde genellikle Veri Zarflama Analizi (VZA) modeli kullanılmaktadır. Girdilerin ve çıktıların net olarak bilinmesi halinde, VZA modelleri uygulanabilmektedir. Elde edilen verilerin kesin değerlerinin bilinmediği durumlar için verimlilik ölçümünün belirlenebilmesi amacıyla BVZA modelleri geliştirilmiştir. Bu nedenle liman verimliliği ölçümünde kullanılan BVZA modeline, literatürde katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, çalışma liman verimliliğinin ölçülmesi konusunda literatüre katkıda bulunmaktadır.

**Araştırmanın Yöntemi:** Bu çalışma belirsiz olan durumlarda daha doğru sonuçlar veren bulanık tabanlı yöntemler uygulanarak analiz yapılmıştır. Limanların tercih edilebilirliği sezgisel BAHP yardımıyla, etkinlik skorlarının karşılaştırılması ise BVZA ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada belirlenen limanlar içerisinde mevcut fiziki koşulları kullanmadaki yetkinliği en iyi olan limanın belirlenmesine yönelik çalışmada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan sezgisel BAHP uygulanmıştır. Kesin değerler kullanmayıp belirli aralıklardaki değerler ile karar vermeyi kolaylaştıran ve karar verici bakış açısını yansıtmaya bakımından önemli görülen BAHP yöntemi uygulanmıştır. BVZA yöntemi ise, karar verme birimleri ile birden çok girdi ve çıktı ile belirlenen limanların göreceli verimliliklerinin ölçülmesi ve belirsiz olan durumlar için daha doğru etkinlik skorlarını elde etmesi için kullanılmıştır. Böylelikle, Liman işletmelerinin kriterlere ait veri değerlerini ne derecede etkin kullandıkları BVZA ile incelenmiştir. BVZA’da kullanılmak üzere dört adet girdi ve bir adet çıktı belirlenmiştir. Türkiye’de bulunan uluslararası bir limanın Avrupa’daki lokasyonları ile toplam 5 adet limana ait niceliksel kriterler bir arada değerlendirilecek şekilde 4 farklı kriter çalışmada kullanılmıştır. Bu araştırma nitel ve nicel bir araştırma niteliğine sahiptir. Çalışmada üzerinde çalışılan limanlar uluslararası konteyner limanlarıdır; belirlenen kriterler ise rıhtım uzunluğu, liman sahası, ekipman ve limana gelen toplam gemi sayısı. İkili karşılaştırmalar için uzman görüşlerinden elde edilen veriler göz önünde bulundurularak ağırlıklara ait değerler hesaplanmıştır. Nitel veriler için 0-1 arası 5 eşit parçaya bölünmüş ve uzman görüşü alınarak karar matrisinin oluşturulması sağlanmıştır. Elde edilecek verilerden yola çıkarak limanların sezgisel BAHP ile kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi ve ardından BVZA yöntemi ile verimliliklerinin ölçümü yapılarak sıralamaları yapılmıştır. Liman işletmelerinde verimlilik ölçülmesi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı girdiler ele alınarak çeşitli çalışmalar yapıldığı

görülmüştür. Bu çalışmada verimlilik ölçülmesi süreci iki aşamada incelenmiştir. Birinci aşamanın çıktıları ikinci aşamanın girdilerini oluşturmuştur. Birinci aşamada sezgisel BAHP ile liman verimliliğine etki eden parametreler incelenmiştir. İkinci aşamada ise birinci aşamada elde edilen çıktılar, girdi olarak ele alınarak liman etkinliğinin ölçülmesinde en çok tercih edilen yöntem olarak kullanılan VZA farklı bir modelde ele alınarak BVZA olarak kullanılmıştır.

**Araştırmanın Kısıtları:** Limanların verimlilik analizini yapmak için belirlenecek olan kriterler, literatür araştırması ve alınan uzman görüşlerinde belirtilen bazı kriterler sektörde avantaj sağlayıcı ve ticari gizli bilgi olarak tutulduğu için modele dahil edilememiştir. Bu kısıtlarla belirlenen kriterler, yapılacak olan analiz için 2020 yılı verilerine göre uygulanmaktadır.

**Çalışmanın Akışı:** Çalışmanın birinci bölümünde limanları etkileyen dinamikler ile ilgili genel bilgilere yer verilmiştir. İkinci bölümünde konteyner terminallerinin temel fonksiyonları, konteyner terminal yapıları, konteyner terminallerinin operasyonları ve konteyner terminallerinde kullanılan ekipmanlar incelenmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde çok kriterli karar verme yöntemleri ve bulanık mantık kavramı açıklanmıştır. Son bölümde ise tezin uygulama kısmına yer verilmiştir.

## **BÖLÜM 1: ULUSLARARASI DENİZ TAŞIMACILIĞINDAKİ EĞİLİMLER**

Dünya ticaretinin her geçen gün büyümesiyle beraber hammadde ve enerji talebinin karşılanması, ara ve nihai malların başka pazarlara ulaştırılması gibi hizmetleri ortaya çıkarmaktadır. Dış ticaretin gelişmesi ve ekonominin dünya piyasalarıyla bütünleşmesi açısından lojistik ve ulaştırma hizmetleri oldukça önemlidir. Limanlar, çeşitli lojistik ve ulaştırma faaliyetlerinin yer aldığı ve birçok organizasyon kümelerinin bir araya geldiği alanlar olarak nihai müşteriye değer katan işletmelerdir. Tedarik zinciri üyeleri arasındaki koordinasyon ve iş birliği ise uluslararası taşımacılık boyutunda, lojistik hizmetleri sunan işletmeler ile arasındaki ulaştırma modlarının kesiştiği yer olan limanlar için önemli bir rol oynamaktadır. Deniz taşımacılığı, küresel ticaretin ve imalat tedarik zincirinin bel kemiğidir, çünkü dünya mal ticaretinin hacim olarak beşte dördünden fazlası deniz yoluyla taşınmaktadır (UNCTAD, 2019). Denizyolu taşımacılığı, uluslararası alanda yaygın taşıma alanı olan ve taşımacılık türleri içinde birim taşıma maliyeti en düşük olan güvenli bir taşımacılık modudur. Petrol, kömür, tahıl, vb. gibi büyük hacimli yükler için uygun olsa da esasında en uzun sürede malı alıcısına ulaştıran taşıma türü denizyolu taşımacılığıdır (Fulser, 2015). Denizyolu taşımacılığında, üç büyük kıta dünya denizcilik pazarının %88'inde söz sahibidir. Bunlar; %64 ile Asya kıtası, %16 ile Avrupa kıtası ve %8 ile Kuzey Amerika kıtasıdır. 2019, Dünya denizyolu ticareti büyüme oranı yüzde 2.6 ve 2019-2024 dönemi için yıllık ortalama yüzde 3.4 büyüme oranı öngörülmektedir (UNCTAD, 2019). Dünya denizyolu ticaretindeki bu büyüme, ulaştırmanın en önemli alt yapısı olan limanların önemini göstermektedir.

Pandeminin tetiklediği küresel sağlık ve ekonomik kriz, deniz taşımacılığı ve ticareti için manzarayı altüst etti ve büyüme beklentilerini önemli ölçüde etkiledi. Hacimler 2018'de yüzde 2,8 iken 2019'da yüzde 0,5 arttı ve 2019'da 11,08 milyar tona ulaştı. Buna paralel olarak, küresel konteyner limanı trafiği 2018'de yüzde 5,1'den yüzde 2'ye geriledi. Dünya gayri safi yurtiçi hasılasında büyüme, 2018'deki yüzde 3,1'den yüzde 2,5'e ve 2001-2008 döneminde tarihsel ortalamasının 1,1 puan altına geriledi. İmalat faaliyetinin baskı altına girmesi ve dünyanın en büyük iki ekonomisi arasındaki ticaret geriliminin olumsuz etkisinin yatırım ve ticaret üzerinde olumsuz etkisi olduğu için küresel mal

ticareti de buna paralel olarak yüzde 0,5 daraldı. Genel olarak, deniz taşımacılığı ve lojistik, pandemi sırasında temel malların ve ticaret akışlarının hareket etmesini sağladı. Bununla birlikte, kesinti nedeniyle deniz taşımacılığı ve ticareti için geniş kapsamlı politika sonuçları olan bir dizi temel eğilim gözlemlenmiştir. Bunlar aşağıdakileri içerir: Risk değerlendirme ve yönetimi, dijitalleşme ve uyumlaştırılmış afet ve acil durum müdahale mekanizmalarına ilişkin kriterler ve ölçütler, muhtemelen ilgili ulusal ve bölgesel ulaştırma politikalarına dahil edilecektir. Erken uyarı sistemleri, senaryo planlama, gelişmiş tahminler, bilgi paylaşımı, uçtan uca şeffaflık, veri analitiği, iş sürekliliği planları ve risk yönetimi becerilerinin politika gündemlerinde ve sektörün iş planlarında daha belirgin bir şekilde yer alması gerekecektir (UNCTAD, 2020).

### **1.1. Uluslararası Deniz Taşımacılığındaki Eğilimler**

Teknolojik gelişmeler 20. Yüzyılda, hayatın her alanında kendini göstererek deniz taşımacılığını da etkilemiştir. 21. Yüzyılda da bu etkiden kaynaklanan değişim giderek artmıştır. Önceden limanlar sadece gemilerin barınması için düşünülürken sonradan hizmet üreten merkezler haline gelmişlerdir. Böylelikle limanlar hem ekonomik düşünmek hem de ekonomik davranmak zorunda kalmıştır.

Bölgesel ve ulusal ekonomi üzerinde büyük etkisi olan limanlar, sanayinin ve ticaretin gelişmesi yönünden önemli bir yere sahiptir. Teknolojinin gelişmesi ve lojistik yeniliklerin artmasıyla birlikte limanlar, depolama ve yük elleçleme hizmetlerinin yanı sıra birçok katma değerli hizmet de vermektedir. Ayrıca, uluslararası ticaretin de genişlemesine neden olmakta, yeni pazarlar ve yeni ticaret koridorlarını ortaya çıkarmaktadır. Deniz ticaretindeki verimliliği arttırmak için gemi işletmecileri de daha donanımlı ve büyük hacimli gemiler yapmakta, liman sahipleri de daha geniş alanlara ve daha teknolojik donanıma sahip olan gelişmiş tesislere dönüşmektedir.

2018 yılındaki deniz ticareti tüm zamanların en yüksek seviyesine çıktı ve 11 milyar tonluk bir hacme ulaştı (UNCTAD, 2019). Kuru dökme yükler ve konteynerli kargo, diğer kuru dökme yük, petrol, gaz ve kimyasallar bu büyümeye en fazla katkıda bulundu. Denizyolu ticaretinde 1970 yıllarında petrol, doğalgaz ve kimyasallara ağırlık verilirken 2018 yılında kuru yük ve konteyner taşımacılığı ön plandadır. Aynı zamanda 1970 -2018 yılları arası petrol, gaz ve kimyasallardaki ticaret artışı 2.2 kat, demir cevheri, tahıl,

kömürdeki artış 7.1 kat, diğer kuru yüklerdeki artış 6.4 kat ve tüm bu verilerle birlikte toplam ticaret hacmi de 4.2 kat artmıştır. Tablo 1’de 1970-2018 yılları arasında uluslararası deniz ticaretindeki gelişmeler görülmektedir.

**Tablo 1: Seçilen Yıllara Göre Uluslararası Deniz Ticaretindeki Gelişmeler (Yüklenen milyon ton)**

Yıl	Tanker ticareti*	Ana yükler**	Diğer kuru yükler***	Toplam (tüm yükler)
1970	1440	448	717	2605
1980	1871	608	1225	3704
1990	1755	988	1265	4008
2000	2163	1186	2635	5984
2005	2422	1579	3108	7109
2006	2698	1676	3328	7702
2007	2747	1811	3478	8036
2008	2742	1911	3578	8231
2009	2641	1998	3218	7857
2010	2752	2232	3423	8408
2011	2785	2364	3626	8775
2012	2840	2564	3791	9195
2013	2828	2734	3951	9513
2014	2825	2964	4054	9842
2015	2932	2930	4161	10023
2016	3058	3009	4228	10295
2017	3146	3151	4419	10716
2018	3194	3210	4601	11005

**Kaynak:** UNCTAD (2019). *Review of Maritime Transport*. Geneva: United Nations Publications.

\*Tanker ticareti; ham petrol, rafine edilmiş petrol ürünleri, gaz ve kimyasallar.

\*\*Ana yükler; demir cevheri, tahıl, kömür, Alüminyum ve fosfat. 2006'dan beri ana yükler sadece demir cevheri, tahıl ve kömürü içermektedir. Alüminyum ve fosfat ile ilgili veriler diğer kuru yük altında yer almaktadır.

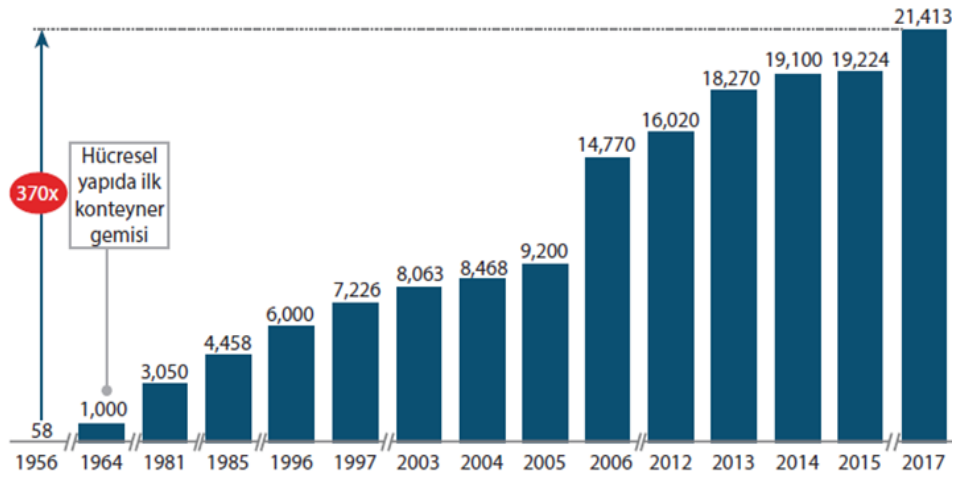
\*\*\*Diğer kuru yükler; küçük dökme yükler, konteynerle taşınan ticaret ve artık genel yükler.

Denizcilik alanındaki teknolojik ilerleme, uluslararası ticaretin yükselişine sebep olmuştur. Bu yükseliş; gemi kapasitelerinin büyümesi, yük elleçleme ekipmanlarının modernleşmesi ve bilgi teknolojilerinin gelişmesidir. (Chlomodis & Pallis, 2002).

Limanların önemi ve liman verimliliği, uluslararası ticaret ve deniz taşımacılığı konusunda giderek önemini arttırmaktadır. Diğer ticari alanlarda olduğu gibi deniz ticaretini etkileyen en önemli eğilim ise verimlilik ve üretkenliği arttırmaktır. Dolayısıyla; gemi işletmecileri gemilerini daha donanımlı ve daha büyük yapma konusunda sürekli kendilerini geliştirmektedir.

Alternatif pazar ve tedarikçi arayışları, özellikle Güneydoğu Asya ülkelerinde Çin'den diğer pazarlara doğru akışların yeniden yönlendirilmesiyle sonuçlandığından, ticari

gerilimler ticaret modellerinin değişmesine neden oldu. Amerika Birleşik Devletleri dünyanın geri kalanına mal ihracatını artırdı ve bu da Çin'e azalan ihracatını bir şekilde dengelemeye yardımcı oldu. Yeni ek tarifelerin 2019'da deniz ticaretini yüzde 0,5 oranında düşürdüğü tahmin ediliyor ve genel etki alternatif piyasalardaki artan ticaret fırsatlarıyla hafifletiliyor (UNCTAD, 2020). 1956 yılında bir petrol tankerinden dönüştürülen 58 konteyner kapasiteli ilk konteyner gemisi Ideal X adlı gemidir. 1964'te 1000 TEU kapasiteli "Kooringa" adlı gemi inşa edilmiştir. 1956 yılında üretilen ilk gemiden 2017 yılına kadar üretilen konteyner gemisinin boyutları 370 kat büyüdüğü Şekil 1 de görülmektedir (Esmer, 2019).



**Şekil 1: Konteyner Gemi Kapasitelerindeki Artış**

**Kaynak:** Esmer, S. (2019), *Liman ve Terminal Yönetimi*, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi.

2020 yılında ise HMM Algeciras adlı geminin 23.964 TEU'luk kapasitesi ile dünyanın en büyük konteyner taşıma kapasitesine sahip gemisidir. 23.820 TEU'luk taşıma kapasitesi ile HMM Oslo gemisi ve 23.756 TEU'luk kapasitesi ile MSC Gülsün takip etmektedir. Bu büyük gemi operatörlerinin rota stratejisi özellikle küçük limanların başarısını etkilemektedir (wikipedia.org, 2020).

2020'nin başında toplam dünya filosu 100 gros ton ve üzeri 98.140 ticari gemiye ulaştı ve bu da 2.06 milyar dwt kapasiteye denk geliyordu. 2019'da küresel ticari nakliye filosu yüzde 4,1 büyüyerek 2014'ten bu yana en yüksek büyüme oranını temsil ediyor, ancak yine de 2004–2012 döneminde gözlemlenen seviyelerin altında. Gaz taşıyıcıları hızlı büyüme yaşadı, ardından petrol tankerleri, dökme yük gemileri ve konteyner gemileri

geldi. Kapasite bakımından en büyük konteyner gemisinin büyüklüğü yüzde 10,9 arttı. En büyük konteyner gemileri artık en büyük petrol tankerleri kadar büyük ve en büyük kuru yük ve yolcu gemilerinden daha büyüktür (UNCTAD, 2020).

Gemi boyutlarının genişlemesi, gemilerin taşıma hacmini yükseltir ve bunun sonucunda taşıma maliyetlerinin azalmasına yol açar. Bu olumlu etkinin yanında, bu tarz gemilere hizmet verecek limanların yatırım yapma ihtiyacı da ortaya çıkmıştır. Gemilerin büyümesi limanları da alt yapı, üst yapı, ekipman ve geri saha lojistik faaliyetleri açısından etkilemektedir.

Büyük gemilerin limanlara etkisi aşağıdaki gibi sıralanabilir (Esmer, 2019):

- *Alt yapılara olan etkisi:* Rıhtımların daha uzun ve derin inşa edilmesi,
- *Liman ekipmanlarına olan etkisi:* Vinçlerin büyütülmesine ve ekipman sayısının arttırılmasına ihtiyaç duyulur,
- *Liman geri saha bağlantılarına olan etkisi:* Gemi besleme servislerinin arttırılmasına ihtiyaç duyulması ve limana erişim yollarındaki trafik yoğunluklarının artması.

Mega gemilerin limandaki operasyon süresi de artmaktadır. Bu da yükün tedarik zinciri içerisindeki ulaşım süresini arttırmakta ve yükün teslim edilme süresini uzatmaktadır. Bu eğilimler ve özel sektörün liman faaliyetlerindeki rolünün genişlemesi, limanları daha pazar odaklı, daha yenilikçi ve limandan geçen ticarete yer alan tüm aktörlerin ihtiyaçlarına daha duyarlı olmaya zorlamaktadır. Öteki taraftan, mega gemi operatörlerinin yaptığı rota ağı tasarımı, büyük limanlar için oldukça önemlidir. Dünyadaki en büyük konteyner limanlarının ortak özellikleri; çevre limanlar ile en iyi transit mesafede olmaları, coğrafi konumlarının iyi bir yerde olması, üretim merkezlerine yakınlığı, mevcut altyapı ve gemi bakım onarım hizmetleridir.

Mega gemilerin, limanlarda bekletilmesi ve liman yönetimiyle problem yaşaması genelde karşılaşılan bir durumdur. Oysaki, gemilerin limanda bekletilmemesi gerekir çünkü geminin rıhtım kapasitesini etkin kullanması açısından ve kısa zamanda operasyonlarını tamamlaması için önemlidir. Operasyonlar kısa sürede tamamlanırsa limanın rıhtım kapasitesi artmakta ve liman daha verimli bir hal almaktadır. Yeni gemi inşa talepleri, güvenlik ve çevre konularındaki düzenlemelerin sağlanması da uluslararası denizcilik sektörünü etkileyen faktörlerdendir (Psaraftis, 2005).

Gemi değerleri ve gemi kiralama ücretleri denizyolu taşımacılığı kapasitesinin arz ve talep değişikliklerine bağlıdır. Gemi talepleri küresel ve bölgesel ekonomik koşullar, uluslararası ticaretteki gelişmeler, liman tıkanıkları, ticaret rotaları, savaş durumu, siyasi gelişmeler, ambargo ve grevler, tüketici, kuru yük malları ve ham petrol ve petrol ürünlerine talep ve günümüzde de etkisini gösteren salgın hastalık gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Değer odaklı tedarik zincirlerinde, liman ve terminalleri entegre etmenin artan önemi, limandan geçen yük ile bağlantılı, katma değer yaratma odağını artırmıştır. Büyük limanların ağ geçidi konumu, üretim ve dağıtım zincirini entegre ederek katma değerli lojistik hizmetlerini geliştirme fırsatları sunar. Katma değerli lojistik hizmetleri sunarak, limanlar ürün zincirleri içindeki katma değerli yaratımın büyük bir bölümünü çekmeyi hedefler. Modern limanlar, saf kargo elleçleme merkezlerinden lojistik sistemdeki bir işleve dönüşmüştür (porteeconomicsmanagement.org, 2021).

## **1.2. Limanlar ve Ekonomik Gelişim**

Limanlar, buldukları şehirlerin ekonomik katalizörleridir böylece ekonomik endüstrilerin entegrasyonunu ve hizmetlerin kümelenmesini hızlandırarak sosyal ve ekonomik fayda sağlamaktadırlar (Cong vd., 2020). Limanların üretimi, işletilmesi ve geliştirilmesi bulunduğu şehir için doğrudan çıktı, milli gelir, istihdam ve vergi geliri yaratır. Limanlar, yeni ticaret koridorları ve yeni pazarlar ortaya çıkararak, bir ülkenin dünyaya açılan kapısı olarak tanımlanabilir. Limanlar sadece denize kıyısı olan ülkelerin değil, aynı zamanda dünyadaki tüm ülkelerin ticaret kapılarıdır.

Limanlar, aynı zamanda firmaların pazar alanlarını genişleterek, rekabeti artırır ve bu da liman trafiği kullanıcıları için daha düşük fiyatlar sağlar. Bu sektörler; perakendeciler, ağır sanayiler ve imalat firmaları dahil olmak üzere bütün ekonomik faaliyet sektörlerini içine alır. Dolayısıyla, limanların ekonomik faydası hizmet verdiği hinterlandın niteliğine göredir. Limanların, ekonomik kalkınmadaki anahtar rolü katalizör görevi görmeleridir. Yani limanlar, ekonomik gelişmeleri belirli ekonomik sektörlerde ve limanların yakınlarındaki koridorlarda teşvik ederler (porteeconomicsmanagement.org, 2021). Tablo 2’de liman ekonomisinin etki alanları listelenmiştir.



**Tablo 2: Liman Ekonomisinin Etkileri**

Limn Ekonomisinin Etkileri	Etki Alanı
1. Çevresel yönetim etkisi	Hava, su, dip tarama ve liman kurulum, kullanım etkileri
2. Arazi kullanımı	Kıyı yapısı, sit alanları ve arazi kullanım imkanları
3. Emisyon ve artık yönetimi	Hava kirliliği analiz ve planlaması. Su arıtma ve geri dönüşüm sistemi planlaması
4. Enerji kaynakları	Enerji geri dönüşüm planlaması ve kullanımı
5. İnsan kaynakları	Yöresel iş gücü, işsizlikte azalma
6. Doğal hayat	Deniz hayatı ve kaynakları kullanımı
7. Ulaşım ve seyahat imkanları	Altyapı çalışmaları, özel ulaştırma sistemlerinin liman kullanım planlaması
8. Eğitim ve bilgi paylaşımı	Ulusal ve uluslararası eğitim ve uygulama programları düzenlemek
9. Lokal etkileri	Turizm, yöresel balıkçılık, lokal ticaretin gelişimi
10. Liman ve kent entegrasyonu	Limn işleyişinin çevresel yaşam kalitesi ve yapılaşmaya etkileri

**Kaynak:** Erkmn, T., & Özkaynak, S. (2015), Liman İşletmeciliğinde Sürdürülebilir Liman Ekonomisi Stratejisi, *II. Ulusal Liman Kongresi*, 4.

Su ve kara taşımacılığının toplanma noktaları ve merkezleri olan limanlar, ticaret sistemindeki endüstriyel ve tarımsal ürünlerin dağıtım merkezleridir (Merk vd., 2011). Limanların ticareti geliştirme gibi bir etkisi olurken ticaret merkezlerinin büyümesinde de payları vardır. Çünkü ülkelerin limanlar sayesinde uluslararası pazarlara ulaşımı kolaylaşır. Dünyada yaklaşık 5500 tane liman bulunmaktadır (Kürtünlü, 2018). Limanlara giriş yapan gemilerin yük hacimleri ve sayısı arttıkça ülke ekonomisine de katkıları olmaktadır. Örneğin; 2006 yılında yapılan bir çalışmada, Rotterdam Limanının endüstriyel ve dağıtım faaliyetleri ile tek başına GSYİH'nın %2'sine karşılık gelen yıllık katma değer oluşturmaktadır (Nergis, 2006).

Deniz yolu taşımacılığı, diğer taşıma şekillerine göre büyük hacimli ürünleri en düşük birim maliyetle güvenilir bir şekilde teslim edebilmesi nedeniyle uluslararası ticarete en çok tercih edilen ulaşım şekli olmaktadır. UNCTAD'a göre 2019 yılında, deniz ticaret hacmi tüm zamanların en yüksek hacmine ulaşmış ve toplam yük miktarı 11 milyar tona ulaşmıştır. Dünya konteyner işlem hacmi ise %4,7 gelişim ile 2018 yılında 793,26 milyon TEU'ya ulaşmıştır (UNCTAD, 2019). Dünyada en fazla elleçlenen yük sayısı Çin'de bulunan Ningbo-Zhoushan limanıdır. Ningbo-Zhoushan limanı, 2017 yılında, 1 milyar

ton yük elleçleyerek dünyadaki deniz yolu ile taşınan toplam yükün %8,6'sını elleçlemiştir.

2017 yılı itibarıyla dünyada en fazla yük elleçleyen ilk 10 limanın yedi tanesi sadece Çin'e aittir. Dünya'da elleçlenen toplam yükün %52'si ilk 10 liman tarafından işlem görmüştür.

Ulusal ekonomiler limancılık sektöründe globale açıldıkça kıtalar arasındaki lojistik faaliyetler artmaktadır. Böylelikle limancılık hizmeti veren ülkeler yönünden ekonomik üstünlük olarak değerlendirilmektedir (Anderson vd., 2008). Limanlar, çeşitli ekonomik etkilerle ilişkili, sermaye yoğun altyapılardır. Bu özellikle belirgindir çünkü liman gelişimi ve dünya ticareti yakından ilişkilidir. Limanları ve deniz taşımacılığını etkileyen değişiklikler arasında;

- *Ekonomik değişiklikler:* Deniz ticareti, düşük maliyetli yerlere büyük çapta dağıtılması ve devam eden ekonomik büyüme nedeniyle önemli ölçüde artmıştır. Ortaya çıkan bu karmaşık dağıtım sistemini organize etmek için lojistiğin artan öneminin altını çizmektedir.
- *Teknik değişiklikler:* Daha iyi ölçek ekonomisine ulaşmak için gemi kapasitelerindeki artış özellikle “Panamax” sonrası konteyner gemilerinin ilk piyasaya sürüldüğü 1990'lardan beri yaygın bir teknik değişiklik olmuştur. Artan gemi uzmanlığı seviyesi (konteyner gemileri, dökme yük gemileri, araba taşıyıcıları ve hatta yolcu gemileri), özel liman terminal tesisleri gerektiriyordu. Daha yeni bir eğilim otomasyonla ilgilidir. Yukarıdakilerin tümü, tesislerini geliştirmeleri ve iyileştirmeleri için limanlara baskı yapar.
- *Organizasyonel değişiklikler:* Denizcilik ve liman sektörü, stratejik birliklerin yanı sıra birleşme ve devralmalara dahil olan büyük denizcilik şirketleri ve terminal operatörleri tarafından giderek daha çok kontrol edilmektedir. Amaçları, liman taşıma zincirinin performansını artıran dikey ve yatay entegrasyon seviyesi sağlamaktır.

Bu değişiklikler, az işgücüne bel bağlayan ve fazla arazi tüketen daha sermaye yoğun liman gelişmelerini içermektedir ([porteeconomicsmanagement.org](http://porteeconomicsmanagement.org), 2021).

Limanlarda meydana gelen olumlu veya olumsuz bir durum, o ülkenin ekonomisini etkiler ve ekonomideki değişimde tam tersi limanları direkt olarak etkiler. Limanlar

yüksek yatırım gerektiren işletmeler olduğu için ülke ekonomilerini etkiler. Yüksek ciro ile kar odaklı çalışan limanlar, yatırım ve işletme maliyetlerini karşılamak için sürekli etkin ve verimli çalışmak zorundadır. Ulusal ve uluslararası rekabet içerisinde, bir limanın kendini sürekli güncel tutma zorunluluğu göz önüne alındığında, liman işletmelerinin üzerindeki ekonomik yükün büyüklüğü daha iyi anlaşılır (Kudenfor, 2016).

Limanların ekonomik açıdan bir diğer etkisi de liman ve denizcilik faaliyetlerinin giderek artan uluslararası niteliği ve küresel üretim ağlarının ve küresel tedarik zincirlerinin özellikleri, liman faaliyetlerinin istihdam etkilerinin tipik olarak yerel bir liman seviyesinden bölgesel ve uluslararası bir seviyeye kadar uzanmasını sağlar. Örneğin, denizcilik hatları, gemi mürettebatı gibi ilgili istihdam etkileri ile küresel ölçekte faaliyet gösteriyor. Yerel ölçekte, uğrak limanlarında kendi yolcu gemisi acenteleri aracılığıyla istihdam yaratabilirler (porteeconomicsmanagement.org, 2021).

Limanlar verdikleri asıl hizmetlerin yanında katma değer yaratan lojistik hizmetler de sağlamaktadır. Bu hizmetler şu şekilde sıralanır;

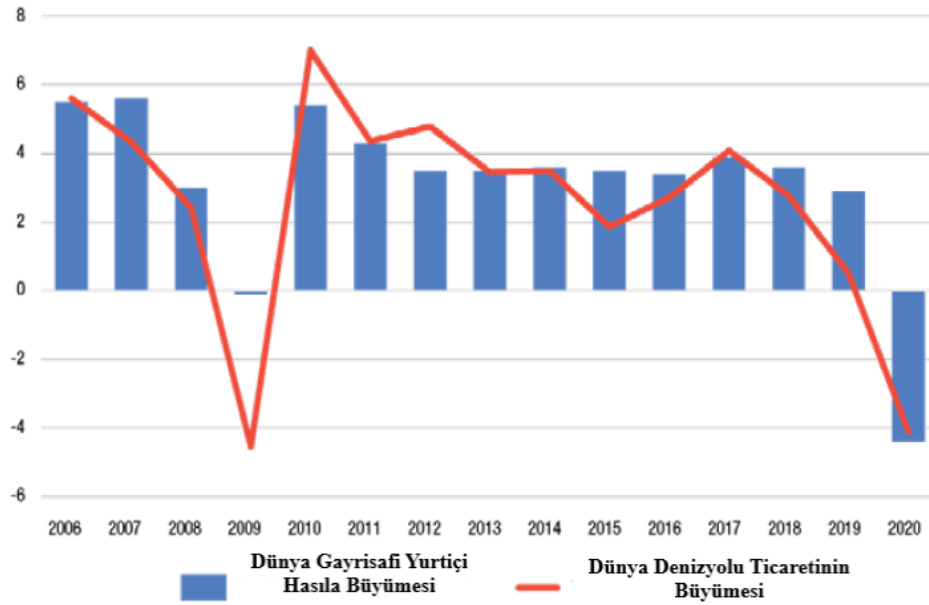
- Malın alınması, sevkiyata hazırlama, ambalajlama ve boş ambalaj iadesi,
- Depolama, dağıtım, sipariş toplama,
- Özelleştirme, parça ve kılavuz ekleme,
- Montaj, onarım, ters lojistik,
- Kalite kontrol, ürünlerin test edilmesi,
- Kurulum ve imalat,
- Müşteri tesislerinde verilen ürün eğitimi vb. hizmetler.

Katma değerli lojistik hizmetleri, değer zincirindeki diğer bağlantıların limana bütünleşmesi ile küresel ticarete daha fazla katkı sağlar (denizhaber, 2020).

Tedarik zincirlerinin önemli bir halkasını oluşturan limanlar, bünyesinde birçok hizmeti vermeye başlayarak birer lojistik merkez haline dönüşmüştür. Limancılık ekonomisinde, katma değer açısından değer artışı yaratan lojistik hizmetin önemi giderek artırmıştır. Bununla birlikte, LML kavramı ortaya çıkmıştır. Yeni bir kavram olan LML ile ürünlerin liman sahasında veya yakınındaki antrepolarında depolanması, bu antrepolarında katma değerli hizmetler sunulması ve dağıtımın limanlardan yapılması faaliyetleridir (Güneş, 2016).

Tüketici harcamaları ve davranış kalıplarının gelişmesi devam ettiği sürece, üretim ve nakliye gereksinimlerindeki değişikliklerin de gelişmesi muhtemeldir. Örneğin, pandemi ile dünyada online alışverişin daha da artması ve özelleştirilmiş ürünler için de gereksinim ortaya çıkmıştır. Bu eğilimler, depolama için daha fazla talep ve stoklar için daha fazla alan ihtiyacını doğurmuştur. Bu durumda teknoloji, dijitalleşme, nakliye ve lojistik dahil tedarik zincirlerini ve dağıtım ağlarının gelişmesini tetikleyecektir. (UNCTAD, 2020).

Şekil 2’de gösterildiği gibi, deniz ticaretindeki büyüme, dünya GSYİH büyümesindeki yavaşlamaya paralel olarak yavaşlamaktadır. Ayrıca, 2020 için veriler olumsuz bir görünüme işaret ediyor. Dünya GSYİH ve deniz ticaretinin yüzde 4,1 oranında daralması bekleniyor. Pandeminin 2020'nin başlarında başlaması ve dünya ekonomileri, seyahat, ulaşım ve tüketim kalıplarının yanı sıra üretim faaliyeti ve tedarik zincirleri üzerindeki etkileri 2020'de küresel bir durgunluğa neden olmaktadır (UNCTAD, 2020).



**Şekil 2: Uluslararası Deniz Ticaretinin ve Küresel Çıktının Gelişimi (Yıllık yüzde değişim)**

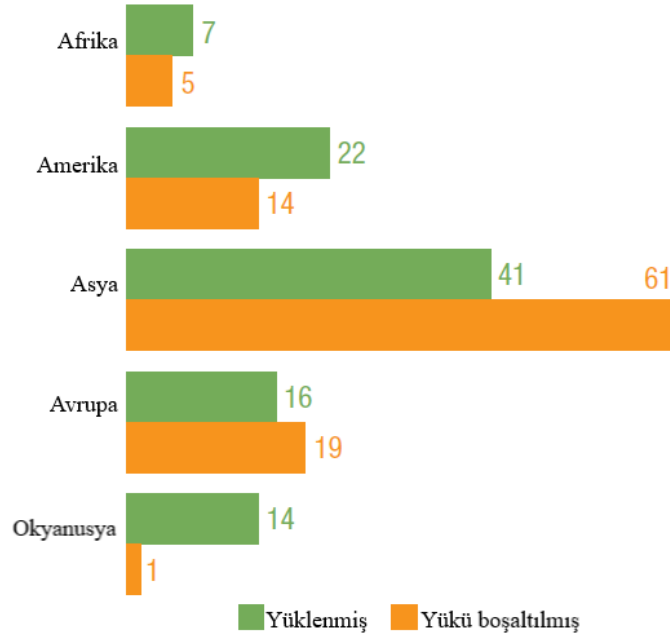
**Kaynak:** UNCTAD (2020). *Review of Maritime Transport*, Geneva: United Nations Publications.

### **1.3. Liman Sektöründe Rekabet**

Limanlar, bir ülkenin ekonomik gelişmişlik düzeyinin belirlenmesinde oldukça önemli göstergelerden birisi olarak öne çıkmaktadır. Bir ülkede sahip olunan liman sayısı ve limanların kapasitesi, o ülkenin ulusal gücünü ve rekabet kapasitesini gösteren bir ölçüt olmaktadır. Limanlara yönelik yatırımlar, gelişmiş ülkelerde öncelikli yatırım konuları arasında yer alır (Bayraktutan, 2013). Liman rekabeti, çok yönlü bir kavram haline gelmiştir. Rekabetin niteliği ve özellikleri, rakip limanların türüne (örneğin; besleme limanı, ana liman) ve yük grubuna da bağlıdır. Bölgesel limanlar, olabildiğince çok yakın yük merkeziyle bağlantı kurmak ve iyi bir bölgesel hinterland bağlantısına sahip olmak ister.

Günümüzde limanlar, hem denizcilik işletmeleri ve terminal operatörleriyle ilişki içerisindedir hem de yük alıcısı ve yükletenle ilişkisi içerisindedir (Carbone & De Martino, 2003). Limanların aynı anda birçok alanda faaliyet göstermesi, liman rekabetini de şekillendirmektedir. Avrupa kıtasının Kuzey’inde ve Asya kıtasında yer alan coğrafi öneme sahip büyük limanlar arasında, özellikle aktarma yükleri açısından oldukça yoğun bir rekabet yaşanır. Bunun nedeni, uluslararası liman işletmelerinin yapılanmasının sonucudur.

Dünyada limanların her birisi farklı konum ve kapasiteye sahip olduğundan her liman diğer limanlarla rakip olmasa da büyük limanlar arasındaki rekabet oldukça fazladır. Asya kıtası küresel deniz ticareti hacminin üçte ikisine sahiptir. Bunun sonucu olarak da dünyanın en işlek konteyner limanlarına sahiptir. Dünya’nın en işlek limanlarından Şanghay, 42.010.000 milyon TEU ile ilk sırada yer almaktadır. Asya’nın bu alandaki güçlü pozisyonu doğrultusunda, Avrupa ve Amerika’dan sadece beş liman (Antwerp, Hamburg, Los Angeles, Long Beach ve Rotterdam) listede yer almaktadır (UNCTAD, 2019).



**Şekil 3: Bölgelere Göre Uluslararası Deniz Ticareti, 2018 (Dünya tonajındaki yüzde pay)**

**Kaynak:** UNCTAD (2019). *Review of Maritime Transport*. Geneva: United Nations Publications.

Limancılık sektöründe bulunan rekabet küçük ölçekli limanları etkilerken liman müşterilerine olumlu açıdan etki bırakmaktadır. Limancılık sektörü, uluslararası ticaretin giderek büyüyen taşıma taleplerini karşılamak için ileri teknolojilere ve büyük yatırımlara uygun hale getirilmektedir. Bu durum, yeni yatırım maliyetlerini ortaya çıkartmaktadır. Yabancı firmaların ulusal ekonomiye rahatlıkla erişmesi, sektörlerin rekabet gücünü artırır. Ulusal firmaların uluslararası pazarlara ve mallara kolay erişiminin yararları olurken güçlü olmayan ulusal firmaların da zarar görme riski vardır. Öteki taraftan, rekabet gücünün toplam düzeyde artması, ulusal ekonomiyi olumlu yönde etkilemektedir.

Bölgesel ve küresel genişlemelerle birlikte, liman işletmecileri ve gemi operatörleri arasındaki her türlü ortaklık limancılık sektöründe yapısal değişimlere sebep olmuştur. Bu durum, konteyner terminallerinin lojistik hizmetlerini geliştirmiştir (Heaver vd., 2001).

Limanların rekabet gücü ancak bir tedarik zinciri yaklaşımı izlenerek anlaşılır. Limanlar, gemileri idare eden yerler olarak değil, küresel tedarik zincirleri içinde önemli bağlantı yerleri olarak rekabet etmektedir. Bağlantı noktası ve rota seçim kriterleri, bağlantı noktasının yalnızca bir düğüm olduğu tüm ağ ile ilgilidir. Limanlar çeşitli hizmet

sağlayıcıların iş birliğiyle, iyi koordine edilmiş bir lojistik ve dağıtım işlevi, limanların gelişmiş lojistik ve dağıtım ağlarına entegrasyonunu kolaylaştırır. Bir limanın rekabet gücüne ilişkin geleneksel görüş, öncelikle bir limanın aşağıdaki gibi bağımsız fiziksel özelliklerini dikkate alır:

- Fiziksel ve teknik altyapı (deniz erişilebilirlik profili, terminal altyapısı ve ekipmanı, iç bölge erişilebilirlik profili)
- Coğrafi konum (yakın ve uzak iç bölgelere ve ana nakliye yollarına göre)
- Liman verimliliği,
- Limanın deniz kenarı ve kara kenarı bağlantısı
- Kılavuzluk, römorkörcülük, gümrük vb. Yardımcı hizmetlerin kalitesi ve maliyetleri.
- Liman yönetimi ve idaresinin verimliliği ve maliyetleri (örneğin liman ücretleri)
- Lojistik katma değerli faaliyetlerin mevcudiyeti, kalitesi ve maliyetleri (örneğin, depolama)
- Liman topluluk sistemlerinin ve diğer dijital çözümlerin kullanılabilirliği, kalitesi ve maliyetleri
- Liman güvenliği / emniyeti ve limanın çevre profili
- Liman itibarı
- Kamyon, demiryolu, mavnalı ve boru hatlarıyla iç nakliye hizmetlerinin güvenilirliği, kapasitesi, sıklığı ve maliyetleri.

Bir limanın rekabet gücünü değerlendirirken bağımsız fiziksel özelliklerine odaklanmak, küresel tedarik zincirlerinin gerçekliğini yansıtmaz. Limanlar, gemileri idare eden ayrı yerler olarak değil, küresel tedarik zincirleri içinde önemli bağlantılar olarak rekabet etmektedir. Limanlar ve terminaller bu tedarik zincirlerine etkili entegrasyon arayışına girer. Lojistik şirketlerin ve nakliyecilerin ana seçim kriteri şunlardır (porteconomicsmanagement.org, 2021):

- Liman hizmetlerinin rekabetçi fiyatı
- Güvenilir hizmetler
- Mallar için düşük zaman maliyetleri

- Kargo güvenliği ve hasar önleme
- Bilgi platformlarının kullanımı yoluyla kolaylaştırma
- Hinterland ile iyi bir intermodal bağlantı

Her limanın hinterlandının doğası, yeri ve genişliği farklıdır. Bu fark limanların başarısı için önemli bir durumdur. Geniş bir hinterlanda hizmet veren limanlara örnek olarak Singapur, Rotterdam, Şangay ve Hong Kong limanları verilebilir. Bir liman, geniş hinterlanda sahip ise bu durum, limana ulaşımı ve bölgedeki sanayi faaliyetlerini de geliştiren bir faktördür.

Limanlar, uluslararası ve iç pazarlara uygun maliyetli, güvenilir ve sık bağlantılar sağlayarak ticareti kolaylaştırmaktadır. Bu yüzden, limanlar bir ülkenin veya bölgenin rekabet gücünü artırmada oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Bu stratejik değer kendini farklı şekillerde gösterir (porteeconomicsmanagement.org, 2021):

1. Verimli limanların yakınlığı, firmaların lokasyon kararlarında önemli bir faktör olabilir.
2. Rekabetçi bir liman sisteminin mevcudiyeti, ülkenin ticaret için yabancı limanlara bağımlılığını azaltabilir ve bölgede bulunan firmalar için toplam lojistik maliyetlerini azaltabilir.
3. Limanlar bir bölgedeki veya ülkedeki firmaların uluslararası rekabet gücüne, daha çok mevcut yenilikler ve gelişmiş iş ağları ve yönetimi yoluyla önemli ölçüde katkıda bulunabilir.

Bu doğrultuda, bir limanın bölgesel, ulusal veya uluslararası bir ekonomi için önemi oldukça yüksektir.

Limanlar, rekabet gücü ve verimlilik iyileştirmeleri için çabalayarak yeniliğin itici gücü haline gelmektedir. Bu yenilik, liman içindeki ve dışındaki şirketler arasında bilgi alışverişini artıran iyi bir liman kümelenmesi yönetimi ile güçlendirilmektedir. Kümelenme yoluyla, çevredeki alanda yenilikçiliği ve katma değeri artıran bir bilgi yayılımı oluşur. Limanlar yükün karadan denize basitçe kaydırıldığı bir rıhtım alanı olmaktan çıkmakta ve rekabetçi kalabilmek için inovasyon merkezleri olarak rol oynamaktadır. Teknolojiye ayak uydurması gereken limanların, maliyetlerini en alt



seviyeye indirebilmesi ve hizmetlerini en üst düzeye ulaştırabilmesi için verim oranı yüksek yöntemlerin uygulanması gerekmektedir (Alderton, 2008).

Limana rekabetinin karmaşık doğası, rekabetle ilişkili olarak ayırt edilebilen seviyelerin sayısında kendini gösterir. Bunlar şu şekildedir (porteeconomicsmanagement.org, 2021);

- *Limana içi rekabet:* Belirli bir limandaki özel liman şirketleri, genellikle yükleri elleçlemek ve diğer liman hizmetlerini (örneğin römorkaj, yakıt ikmal) sağlamak için rekabet ederler. Liman idaresi veya bir limanın kendisi için, bu tür bir rekabet, liman faaliyetlerinin verimliliğini artırmak için yönetim tarafından bir yöntemdir. Aynı limandaki tesislerin operatörleri veya sağlayıcıları arasındaki rekabet, genellikle liman verimliliğini artırabilir ve hizmetleri iyileştirebilir.
- *Çoklu bağlantı noktasında bulunan limanlar arası rekabet:* Birçok yük boşaltma şirketi, faaliyetlerini aynı liman bölgesinde birden fazla limanda gerçekleştiriyor. Denizcilik şirketlerinin bu davranışları, liman şirketlerini şiddetli rekabete itiyor. Terminal düzeyinde rekabet esas olarak fiyat, işlem süresi ve üretkenliğe odaklanır. Bölgesel yetkililer genellikle aynı liman bölgesindeki rakip limanlarda tamamlayıcı ürün-pazar gelişmelerini sağlamayı hedefler. Bu tür bölgesel otoriteler, her bir limanın faaliyet gösterebileceği, yani limana özgü avantajlarını yönetebileceği ve aynı zamanda iş birliğini teşvik edebileceği bir çerçeve sağlamaya çalışır.
- *Bir liman bölgesi içinde limanlar arası rekabet:* Üçüncü rekabet seviyesi, aynı deniz kıyısında yer alan ve aşağı yukarı aynı hinterlanda paylaşan bir grup liman olarak tanımlanabilecek liman aralığıdır. Liman menzilleri içinde, genellikle şiddetli menzile içi rekabet gözlemlenebilir. Örneğin, kargo hacmi açısından Avrupa'nın en önemli liman aralığı olan Hamburg-Le Havre bölgesinde, liman iş birliği alanında bugüne kadar gerçekleştirilen girişimler, esas olarak gerçek yapısal işbirliği yerine bilgi alışverişine (karşılıklı anlayışı geliştirmeye yönelik) dayanmaktadır. Hareketli rekabet alanı içindeki Hamburg-La Havre bölgesi her biri kendi liman politikasını izleyen farklı ülkelere (Belçika, Almanya, Hollanda ve Fransa) yayılmasıyla güçlenmektedir. Farklı ülkelerde bulunan birkaç ana liman, bir Avrupa ulaşım ağı içindeki düğüm noktalarının düğüm noktasının durumu için rekabet halindedir.

- *Bölge arasında rekabet:* Liman rekabetinin dördüncü ve son seviyesi, liman bölgeleri arasındaki rekabeti içerir. Örneğin; bir Avrupa ulaştırma ağının aşamalı olarak tamamlanması ve artan merkez-besleyici liman ilişkileri, Avrupa'da örneğin Hamburg-Le Havre bölgesi ve Akdeniz limanları arasındaki bölgeler arası rekabeti yoğunlaştırmıştır. Farklı politikalar 'oyun alanını' bozduğundan ve dolayısıyla verimsiz yük akış modellerine yol açtığından, bölge arasında rekabet, liman gelişimi için ortak bir yaklaşım gerektirir. Bununla birlikte, böylesi ortak bir yaklaşım, Avrupa Komisyonu gibi ulus-üstü otoriteler dahil olduğunda bile genellikle karmaşıktır.

Bir limanın rekabet gücü, liman tarafından zaman içinde elde edilen çeşitli rekabet avantajları tarafından belirlenir. Bir limanın rekabet gücünün yüksek olması için en iyi kaynak dizisine sahip olması gerekir. Liman, değişen fırsatlara hızlı bir şekilde adapte olmak için güçlendirilen temel yetkinlikler içinde limanın kabiliyetlerini ve becerilerini birleştirmek için liman yönetiminin yeteneği, rekabet avantajının gerçek kaynağıdır. Bir yetkinlik yalnızca 'temel' bir yetkinlik olarak düşünülebilir ve aşağıdaki özellikleri sergiliyorsa, sürdürülebilir rekabet avantajı ve dolayısıyla etkili bir strateji için sağlam bir temel sağlayabilir (porteconomicsmanagement.org, 2021):

- *Taklit edilemezlik:* Rakip bir limanın veya aktörün bir limanın yeterliliğini taklit etmesi zorsa, sürdürülebilir bir rekabet avantajı yaratma olasılığı artar. Ancak, taklit edilemezlik normalde sonsuza kadar sürmez. Bir liman, doğası gereği veya süreç gereği taklit edilemeyen kaynaklara odaklanarak rakiplerinin önüne geçebilir. Bir dizi temel yetkinlik, doğası gereği pratik olarak değiştirilemez veya taklit edilemez, çünkü bunlar fiziksel olarak benzersizdir (örneğin coğrafi konum). Diğer temel yetkinlikler, yalnızca sürekli iyileştirme ve geliştirme süreciyle oluşturulabilir. Temel bir yetkinlik karmaşık bir teknoloji ve beceriye dayanıyorsa, rakip limanların taklit etmesi zor olacaktır ve bu nedenle rekabet avantajı yaratma olasılığı daha yüksek olacaktır.
- *Dayanıklılık:* Bir limanın rekabet avantajının sürdürülebilirliği, temeldeki kaynakların ve kabiliyetlerin zaman içinde değer kaybetme oranına bağlıdır. Bu nedenle, temel bir yetkinlik yüksek derecede dayanıklılığa sahip olmalıdır.
- *Şeffaflık:* Rakip limanlar, bir limanın rekabet avantajının temelindeki farklı kaynakları ve yetenekleri belirleyebilirlerse, limanın stratejisi hakkında oldukça hızlı bir şekilde bilgi edinebilirler. Bu nedenle, yüksek şeffaflığa sahip bir yetkinlik,

sürdürülebilir rekabet avantajına daha az yol açacaktır. Aksine, sürekli bir iyileştirme sürecine ve çok sayıda beceri ve kapasiteye dayalı liman yetkinlikleri, oldukça az şeffaflık gösterir ve bu nedenle oldukça sürdürülebilirdirler.

- *Aktarılabirlik:* Bu öge, konuma bağılı olduğu kadar konuma bağılı olmayan limana özgü avantajlarla da ilgilidir. Rekabet avantajı oluşturmak için gereken kaynakların ve yeteneklerin hareketsizliği ne kadar yüksek olursa, aktarılabirlik o kadar düşük olur. Yüksek hareketsizlik, örneğin coğrafi faktörlerden, yüksek işlem - maliyetlerinden veya eksik bilgilerden kaynaklanabilir.
- *Tekrarlanabilirlik:* Rakip bir liman, başarıya ulaşmak için gerekli olan değerli kaynakları ve yetenekleri 'satın alamazsa' veya istemezse, her zaman bu bileşenleri dahili yatırımlarla elde etmeye çalışabilir. Ancak, kaynakların tekrarlanamazlığı, kaynakların ve yeteneklerin dahili olarak başarılı bir şekilde geliştirilmesiyle ilgili gereklilikleri yansıtır.

Bu beş unsurun yanı sıra, limanın belirli bir kaynak veya kapasitenin getirilerini uygun hale getirme yeteneği, sürdürülebilir bir rekabet avantajı oluşturma açısından önemlidir. Aslında bir limanın temel hizmetleri, bir veya daha fazla temel yetkinliğin fiziksel düzenlemesidir ve özel liman hizmetleri için çok önemli girdiye katkıda bulunur. Örneğin, genel liman üretkenliğinde ve kapalı depolama tesislerinde temel yetkinlikler geliştiren bir liman, genel kargo gibi kapalı depolamada temel hizmetleri geliştirmek için bu temel yetkinlikleri kullanabilecektir. Bu temel hizmetler, orman ürünlerinin taşınması ve depolanması gibi özel liman hizmetleri için köşe taşı oluşturacaktır.

#### **1.4. Liman Operasyonları**

Bir limandaki operasyon, limana deniz veya karadan ulaşıldığı andan itibaren başlar. Bir geminin rıhtıma yanaşması “rıhtım operasyonları”nı başlatır. Rıhtımda gerçekleştirilen operasyon ile gemideki yük tahliye edilir ve bu faaliyet ile birlikte yükün aprondan depolama alanına transferi için “iç taşıma operasyonları” gerçekleştirilir. Bu operasyonun ardından “depolama operasyonları” gelir. Yükün liman sahası dışına alınması ile “kapı operasyonları” kapsamında son operasyon olarak gerçekleştirilir bunun tam tersi de geçerlidir. Bir limanın içindeki tüm operasyonlar, görüldüğü gibi birbiriyle ilişkilidir.

Herhangi bir operasyondaki bir aksaklık, diğer tüm operasyonları olumsuz yönde etkiler. Terminallerde gerçekleştirilen operasyonlar şu şekilde sıralanabilir (Esmer, 2019):

- *Gemi Operasyonları:* Limandan hizmet almak için limana uğrayan gemilere yönelik operasyonlardır. Bunlar; geminin demirlenmesi, rıhtıma yanaşması, rıhtımdan ayrılması, liman baseni ve gemi manevra alanlarındaki operasyonlardır. Bunun yanında, gemi operasyonları sadece gemilere yöneliktir. Diğer operasyonlar ise terminalde elleçlenen yüke yöneliktir.
- *Rıhtım Operasyonları:* Rıhtım veya iskeleye atanmış gemiye yükün yüklenmesi ve tahliye edilmesine yönelik operasyonlardır. Bu operasyonlar yük ve gemi türüne göre farklılık gösterir. Terminalde kullanılan ekipman türlerine bağlı olarak yükleme ve boşaltma operasyonlarında çeşitli ekipmanlar kullanılabilir. Aynı zamanda gemiye tamir, bakım ve tedarik hizmetleri de verilebilir.
- *İç Taşıma Operasyonları:* Gemiden aprona indirilen yükün depolama sahasına veya tam tersi gemiye yüklenmek üzere aprona aktarılan operasyonları içerir.
- *Depolama Operasyonları:* Gemiden indirilen yükün veya liman kapısından gemiye yüklenmek üzere limana giren yükün, sahada geçici olarak depolanmasına yönelik operasyonları içerir.
- *Kapı Operasyonları:* Yükün liman sahasına giriş ve çıkışının kayıt altına alınması, yüke ilişkin bilgilerin alınması ve yük-araç-sürücü ile ilgili evrakların kontrol edilmesi işlemlerini içeren operasyonlardır.

Liman operasyonlarının verimliliğini, limanın kendi içindeki örgütlenme kapasitesini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, liman operasyonlarının işleyişini ve yapılanmasını müşterinin istekleri, acentelerin organizasyonu, gümrük operasyonları, nakliyeciler, resmi diğer kurumlar ve yöresel alışkanlıklar da liman verimliliğini etkilemektedir.

1960'larda konteynerlerin piyasaya sürülmesinden bu yana, konteyner terminallerinin optimum kapasitesinin belirlenmesi, dünya çapında liman otoriteleri için önemli bir sorun olmuştur. Bu, öncelikle bir limanın genişletilmesi için büyük bir sermaye yatırımı gerekliliğinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, iki yataklı bir konteyner terminalinin inşaat maliyeti, tarama ve navigasyon kanalı değişiklikleri (1999 yılı fiyatı) hariç yaklaşık 150 milyon \$ (98 milyon £) olacaktır. İstifleme alanının kapasitesi talebi karşılamadığında, operatörlerin iki seçeneği vardır:

1. Ekstra konteynerler dağıtım için terminalden limanın yakınındaki belirlenmiş iç depolara götürülmelidir, veya

2. Terminal genişletilmelidir.

İlki, özellikle gemilerin varışından önce ve gemilerin ayrılmasından kısa bir süre sonra sıkışıklık yaşayan çoğu sıkışık liman (örneğin, Avustralya'daki Sidney limanı) için geçerlidir (Kia, 1997). Bu, bir terminalin maksimum kapasitesine ne zaman ulaştığı sorusunu gündeme getirmektedir, çünkü konteynerlerin kalma süresi bir liman terminalinden diğerine değişmektedir. Örneğin, aktarma limanlarında (yani Singapur) konteynerlerin maksimum kalış süresi sekiz saattir, oysa Avustralya limanları ihracatçılara ve ithalatçılara 72 saatlik (ücretsiz) konaklama imkânı sunmaktadır. Konteynerde kalma süresi, terminal içinde tıkanıklığa ve geminin rıhtımdaki süresinin uzamasına neden olan diğer faktörlerden etkilenir (Kia vd., 2000):

- Gemiden kıyıya ve terminal içinde konteyner elleçlemede yetersizlik,
- Konteyner girişi (toplam TEU / yıl / terminal alanı),
- İstiflenmiş konteynerlerin yüksekliği,
- İthal konteynerlerin ihraç edilenlere göre yüksek oranı ve
- Boş / dolu kapların oranı.

Gemiler tarafından terminalde geçirilen süreyi kısaltmak için, geminin varışından önce konteynerlerin alınmasına özel önem verilmesini gerekir. Bu nedenle, konteynerleştirilmenin geliştirilmesine, manifesto ve istifleme planı ayrıntılarının yükleme limanından boşaltma limanına bilgisayarlı tele aktarımının uygulanması eşlik eder. Aktarılan veriler, boşaltma işlemlerini planlamak ve gerekli rapor belgelerini yazdırmak için kullanılır. Örneğin, gemi-tırabzan tekniği ile donatılmış bir konteyner terminali için, tüm konteyner operasyonları hakkında doğru ve güncel bilgiler hayati önem taşımaktadır. Düzgün tasarlanmış, bilgisayarlı bir konteyner kontrol sistemi, terminalin işletme verimliliğini artırır. Bununla birlikte, böyle bir sistemin sağladığı ana faydalar şunlardır (Kia vd., 2000):

- Konteynerlerin daha hızlı boşaltılması ve yüklenmesi,
- Konteynerlerin daha hızlı geri dönüşü yoluyla artan verimlilik,

- Konteynerlerin depolanmasının daha iyi izlenmesi (istifleme alanının kapasitesinin artmasına neden olur),
- Yüksek düzeyde bilgi doğruluğu ve
- Ulaşım zincirindeki çeşitli taraflara verilen bilgilerin yüksek düzeyde tutarlılığı.

Limanların işleyişinin düzgün bir şekilde yürütülmesi için düzenli olarak performans ve verimliliklerinin ölçülmesi gerekir. Bu ölçümler dikkate alınarak optimize edilmesi gerekir.

### **1.5. Limanlarda Temel Performans Göstergeleri**

Performansın; zaman, odak, kalite, maliyet, çıktı ve girdi gibi birçok niteliği vardır (Rao, 2004). Liman sektöründe de diğer endüstriler gibi performans ölçümü yapılabilir. Performans ölçümü, bir organizasyonun veya işletmenin belirlenen hedefleri doğrultusunda hangi oranda gerçekleştirdiklerinin ölçülebilir bir göstergesidir (BD, 2020). Liman ya da terminallerin performansının ölçülmesi oldukça önemlidir. Bir limanın performans göstergeleri; ülke vatandaşlarının refahı, ticari hayatın düzeni ve ülke ekonomisi yönünden oldukça önemlidir. Bu nedenle, bir limanın verimlilik derecesinin yüksek olması o limanın daha düşük maliyetlerde işletilmesine, müşteri ve sermaye açısından artışa yol açmaktadır (Tahar & Hussain, 2000).

Literatürde liman performansı analizleriyle ilgili genellikle verimlilik analizlerinin yapıldığı ve en çok kullanılan yöntemin ise veri zarflama analizi olduğu görülmektedir. VZA yöntemi üretim birimlerini homojen varsayarak kendi aralarında karşılaştırır.

Liman verimliliğinin geliştirilmesi konusunda liman performans göstergeleri aşağıdaki tabloda iki başlık altında incelenecektir. Bu liman performans endeksleri ‘finansal göstergeler’ ve ‘operasyonel göstergeler’ olmak üzere iki kategori altındadır. 1976 yılında UNCTAD tarafından bu performans endeksleri önerilmekte ve referans noktası olarak kabul edilmektedir (Esmer, 2009).

**Tablo 3: UNCTAD Tarafından Önerilen Performans Göstergeleri**

Finansal Göstergeler	Operasyonel Göstergeler
Toplam elleçlenen tonaj	Gemi geliş zamanı
Her bir ton için rıhtım işgaliye geliri	Gemi bekleme zamanı
Her bir ton için yük elleçleme geliri	Hizmet zamanı
İş gücü harcamaları	Gemi döngü zamanı
Her bir yük için sermaye ekipman harcamaları	Her bir geminin tonajı
Her bir ton yükün katkısı	Elleçlenen geminin rıhtımda geçirdiği süre
Toplam katkı payı	Her bir geminin elleçlenmesinde kullanılan posta sayısı
	Limanda her bir gemiden saatte yapılan elleçleme
	Postaların saatte elleçledikleri yük miktarı
	Postaların elleçlemeye harcadıkları zaman

**Kaynak:** Esmer, S. (2009), *Konteyner Terminallerinde Lojistik Süreçlerin Optimizasyonu ve Bir Simulasyon Modeli*, Dokuz Eylül Üniversitesi/Denizcilik Fakültesi, Doktora Tezi, s:67

Bir limanın operasyonel performans ölçütleri üç genel başlık altında da değerlendirilmiştir (Institute of Chartered Shipbrokers, 2010):

- *Fiziksel Performans:* Liman kuruluşlarının mevcut çıktıları değerlendirmesidir. Bir limanın performansını ölçmek için toplam veya belirli bir kısmını alarak değerlendirmek mümkündür.
- *Kalite Performansı:* Limanlarda verilen hizmetin önemini yükseltecek etkenlerin değerlendirilmesidir. Bir limanın hizmet kalitesini; liman esnekliği, limanda kuralların uygulanması ve liman güvenilirliği oluşturur.
- *Finansal Performans:* Liman da verilen hizmetlerin ve operasyonların neticesinde kar ve zarar payına karşılık gelmektedir.

Fiziksel performans ölçütünde de belirtildiği gibi bir limanın performansının, belli bir bölümünü veya toplamını odak alarak ölçülebilir. Bu çalışmada, bir limanın performansının belirli bir kısmını odak alarak verimlilik analizini gerçekleştirecektir. Bir limanda aynı anda birden çok operasyon yürütülmektedir. Bu sebeple verimlilik ölçülürken de hangi operasyonun verimliliği ölçülecekse onun verimlilik kriterleri baz alınarak hesaplanır. Bir limanın verimlilik ölçümünde, liman hizmetlerini üreten kritik unsurların dikkate alınması gerekir. Bu kritik unsurlar şu şekilde sıralanabilir (Çelebi, 2006):

- *Gemi verimliliği:* Gemiye verilen hizmetin belirli bir zaman diliminde yapılması verimlilik ölçümleri için önemlidir. Limana gelen haftalık gemilerin sayısı, gemilerle limana getirilen ve limandan ayrılan yükün kapasitesi, gemilerin demirde ortalama

bekleme süresi, limana gelen gemilerin limandan ayrılana kadar geçirdikleri ortalama süreleri, gemi verimliliğinin ölçülmesinde kullanılır.

- *Yük akışı verimliliği*: Limandaki rıhtım başına ne kadar kargo elleçlendiği, yükün ortalama elleçlenme süresi ve limandan ayrılan yükün ortalama ağırlığı hakkındaki verilerdir.
- *Vinç Verimliliği*: Limanda bulunan her bir vinç için net değer ve tonaj hesaplanır.
- *Rıhtım verimliliği*: Birim rıhtım sayısı ve rıhtım uzunluğu başına elleçlenen yük miktarı, gemilerin toplam döngü süresi hesaplanır.
- *Terminal Saha Verimliliği*: Rıhtım verimliliği ölçümleriyle benzerdir. Terminal sahası ile elleçlenen yük arasındaki orana bakılır.
- *Ekipman Verimliliği*: Bir çalışma saatinde, elleçlenen yük miktarı ve sayısının her bir vinç için ölçümüdür.
- *İş gücü verimliliği*: Limanın belli bir zaman periyodunda çalıştırdığı postaların sayısının izlenmesi ve her iş gücünün saat başı verimlilik oranına bakılır.

Bir konteyner terminalinde yer alan temel unsurlar ile ilgili performans göstergelerine tablo 4’te yer verilmiştir.

**Tablo 4: Konteyner Terminallerinde Yaygın Performans Göstergeleri**

Terminal Temel Unsurları	Ölçüt	Ölçüm
Vinç	Vinç Kullanımı Vinç Verimliliği	TEU/yıl vinç başına Vinç başı saatlik hareket
Rıhtım	Rıhtım Kullanımı Hizmet Süresi	Gemi/yıl rıhtım başına Gemi hizmet süresi (saat)
Saha	Alan kullanımı İstif Verimliliği	TEU/yıl brüt alan akre başına TEU/istifleme alanı akre başına
Kapı	Kapı Giriş Çıkışı Araç Dönüş Süresi	Konteyner/saat/rota Aracın Terminalde Kalış Süresi
İş Postası	İş Verimliliği	Hareket /adam saat

**Kaynak:** Temur, M. (2017). *Konteyner Limanlarında Performans Değerlendirmesi ve Bir Liman İşletmesinde Uygulama Örneği*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Liman performans ölçümü adına her limana uygulanabilirliği kabul edilmiş standart yöntemler yoktur. Çünkü, dünyadaki limanların her birinin yapısı birbirinden farklıdır. Bu nedenle, bir limanın analiz edilebilmesi ve performansının ölçülebilmesi için liman işletmesinin kendi performansına özgü şekilde belirlemiş olduğu hedefler doğrultusunda



performans ölçülmelidir. Limanların karmaşık girdi ve çıktılardan oluşması, her limanın aynı yapıya sahip olmaması limanın performans ölçümünde zorluklara neden olmaktadır (Valentine & Gray, 2002). Bu güçlüklerden bazıları şu şekilde sıralanabilir;

- Yüklerin farklı yapı ve birimlere sahip olması (kuru yük, sıvı yük, 20’lik veya 40’lik konteyner (TEU) gibi) ve tüm yüklerin konteyner gibi ünitize bir biçime sokulamaması,
- Limanın bulunduğu bölgedeki hava şartları gibi doğal nedenlerin bütün liman işleyişi üzerindeki etkisi,
- Limana gelecek olan yükler ve gemiler için uzun dönemli plan yapılmasının zorluğu,
- Limanlarda kullanılan araçların ve sistemlerin farklılığı vb.

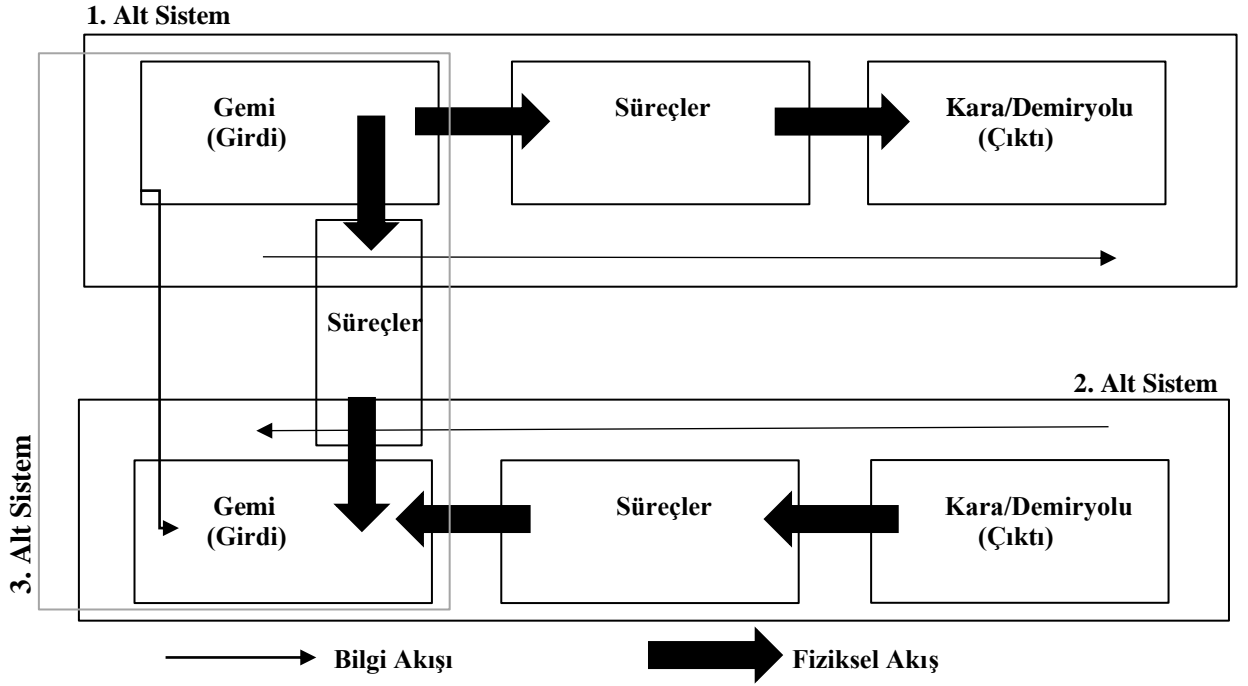
## **BÖLÜM 2: KONTEYNER TERMİNALLERİ**

Terminal; bir limanın belirli bir yük türünü (araba, konteyner, tahta vb.) elleçlemek üzere özelleşmiş kısımlarıdır. Konteyner terminali ise deniz, kara ve demiryolu arasında taşıma şekillerinin değiştirilebildiği, gemi ile gemi ya da gemi ile iç su gemileri arasında aktarmanın yapıldığı yerlerdir. Uluslararası konteyner trafiğinde; intermodal taşımacılık, kapıdan kapıya taşımacılığı esas alan bir tarafında deniz ayağıyla diğer ucunda bu ana ayağın her iki ucundaki bağlantılı kara veya demiryolu ara ayağından oluşur (Büyüközer, 2006). İntermodal taşımacılık ağında, konteyner terminali, bir başlangıç veya bitiş noktasından daha çok bir bağlantı noktasıdır (Yalçın, 2005). Konteyner, deniz yoluyla veya kara yoluyla limana ulaşır, ardından liman sahasındaki ekipmanlar aracılığıyla konteyner elleçlenerek deniz yolundan tekrar deniz yoluna, deniz yolundan kara yoluna veya deniz yolundan demir yoluna aktarılır. Konteyner terminali; konteynerin gemiye yüklendiği, gemiden tahliye edildiği, geçici olarak depolandığı ve taşıtandan taşıyana veya taşıyandan taşıtana teslim edildiği yerlerdir (Ateş vd., 2010). Konteyner terminalinde, depo varsa paketleme, ithalat ve ihracat yüklerinin ayrıştırılması vb. hizmetleri de mevcut olur (Steenken vd., 2004).

Lojistik şirketlerin konteynerleri tercih etme nedenleri arasında konteyner taşımacılığının güvenli ve emniyetli bir şekilde yapılması, gemiden gemiye veya diğer taşıma araçlarına rahatlıkla aktarılabilir olmasıdır. Bununla birlikte, konteyner taşımacılığının taşımada sunduğu kolaylıkların yanı sıra ekonomik olması nedeniyle hızla büyüyen bir limancılık kolu haline gelmiştir (Erdal, 2008).

### **2.1. Konteyner Terminallerinin Temel Fonksiyonları**

Konteyner terminalleri, lojistik işlevlerin gerçekleştiği sahalardır. Konteyner limanlarında, bütün lojistik merkezlerde olduğu gibi temelde iki tür akış vardır. Bu lojistik iki akış, fiziksel akış ve bilgi akışıdır. Bilgi akışı ile gemi ve yükle ilgili bütün resmi bilgi akışı gerçekleştirilir. Yükün terminal içinde elleçlenmesi ise fiziksel akıştır (Bihou & Gray, 2004). Limanlarda üç farklı alt sistem ile fiziksel akış ve bilgi akışı sağlanır. Bu sistemler; bilgi ve yükün gemiden karaya transferi, bilgi ve yükün karadan gemiye transferi, bilgi ve yükün gemiden gemiye transferi şeklinde sıralanabilir. Şekil 3'te bu alt sistemler gösterilmiştir.



**Şekil 4: Liman Lojistik Sisteminin Alt Sistemleri**

**Kaynak:** Paixao, A.C., ve Marlow, P.B. (2003) Fourth Generation Ports – a question of agility, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33(4), 360.

Konteyner terminallerinde üç temel lojistik fonksiyon vardır. Bunlar; konteynerin taşınması, depolanması ve konteynerin elleçlenmesidir. Bahsedilen bu üç temel fonksiyon aşağıda sunulmuştur (Esmer, 2009):

- **Ulaştırma fonksiyonu:** Konteynerlerin terminal sahasına geliş ve gidişleri; karayolu, demiryolu ve denizyolu ile gerçekleştirilmektedir. Konteyner limanlarında, denizyolu hizmetleri belirli periyotlarla gerçekleştirilmekte ve diğer taşıma şekillerine göre denizyolu ile taşınan yük kapasitesi daha fazladır. Denizyolu taşımacılığına göre demiryolu taşımacılığı daha az yük taşıma kapasitesine sahipken karayoluna göre daha fazla yük taşıyabilmektedir. Bu yüzden denizyolu ve demiryolu taşımalarının planlanması gerekmektedir. Özellikle denizyolu ve demiryolu taşımalarının belirli aralıklarla yapılması gerekmektedir. Periyot aralıklarının kısa tutulması oldukça önemlidir.

- **Depolama fonksiyonu:** Konteyner terminallerindeki taşıma şekillerinin zaman sınırları, düzensizlikler ve terminalde yükün depolanması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Konteynerin liman sahasına girdiğinde, doğrudan gemiye yüklenmesi veya gemiden tahliye edilen konteynerin, doğrudan çıkış kapısına yönlendirilmesi, uygulamada nadir

görülen bir durumdur. Konteynerin olabilecek en kısa zamanda terminal sahasından ayrılması için bütün taşıma şekillerinin birbiriyle uyum sağlaması gerekmektedir. Eğer konteyner limanda kalırsa, limanda da yeterli geri saha bulunmuyorsa bu durum ardiye geliri olarak limana yansıtılmaktadır. Genel olarak, konteynerin liman sahasını meşgul etme oranı olabilecek en düşük seviyede olmalıdır. Konteynerin özelliğine göre terminal sahaları; ihraç konteyner, ithal konteyner, boş konteyner ve aktarma konteynerleri ayrımı yaparak sahada konteynerleri istiflemektedir. Limanın ithal konteyner, ihraç konteyner ya da aktarma konteynere daha fazla hizmet vermesi, terminal depolama tasarımını etkilemektedir.

• **Yük elleçleme fonksiyonu:** Gemiden limana, limandan gemiye, limandan karayolu taşıtlarına veya karayolu taşıtlarından limana transfer edilmesi, limanlarda verilen elleçleme hizmetidir. Limandaki konteyner yük istasyonlarında gerçekleştirilen konteyner içindeki yükün elleçlenmesi de başka bir elleçleme hizmetidir. Bu hizmette ise yükler konteyner yük istasyonlarında, konteyner içine forkliftler yardımıyla istiflenmekte veya boşaltılan konteynerlerin içindeki yükler tekrar konteyner yük istasyonu sahasında tahliye edilmektedir. Günümüzde, terminallerde konteyner yük istasyonu hizmeti, önemli ölçüde azalmaya başlamıştır. Terminal işletmeleri için konteyner yük istasyonları operasyonlarının geliri düşük ve sınırlı olan terminal sahalarını bu hizmet için kullanmak istememektedirler. Dünyanın önde gelen konteyner limanları olan Hamburg ve Rotterdam limanları konteyner yük istasyonu fonksiyonunu, liman sahasının dışındaki lojistik merkezlerde gerçekleştirmektedir.

Bir limanda emniyet, güvenlik, lojistik, katma değerli hizmet, konteyner ve ekipman bakım onarım istasyonları, gümrük istasyonları gibi başka fonksiyonlar da bulunmaktadır (Ateş, 2010).

## **2.2. Konteyner Terminal Yapıları**

Konteyner terminalleri de diğer bütün terminallerde olduğu gibi bazı yapılara sahiptir. Konteyner terminallerindeki yapılar şu şekilde sıralanabilir; rıhtımlar, apronlar, antrepo, liman içi trafik hatları, konteyner yük istasyonu, bekleme alanları, kapı ve kontrol kulesidir (Kahriman, 2011).

Rıhtım; limanda, kara ve deniz taşıtları arasındaki bağlantıyı sağlayan, yük elleçleme ekipmanları yardımıyla güvenli olarak yükleme ve tahliye işlemlerini yapılabilen yapılardır (Uygur, 2002).

Apron; yükleme ve boşaltma konteynerlerinin belirli bir süreliğine istiflenmesi, yük giriş ve çıkışı ile elleçleme ekipmanlarının trafiğini güvenli bir şekilde sağlamak için rıhtım ekipmanlarının kullanıldığı alan ile istif sahasının arasında kalan yerdir. Bu bölgede gemiden indirilen yükün beklememesi ve doğrudan depolama sahasına alınması gerekir. Yoksa yüklenen ve tahliye edilen yükün operasyonu olumsuz olarak etkilenir. İç transfer ekipmanlarının yoğun çalıştığı apron bölgesinin, geniş bir alana sahip olması gerekir, yoksa limanda sıkışıklık yaratır ve liman kapasitesini olumsuz bir şekilde etkiler (Esmer,2019).

Antrepo; uzun süreli liman içi depolama ihtiyacını karşılayan yapılardır. Konteynerin bir sonraki işlem için beklediği depolama alanıdır.

Bekleme alanı; kara yolu ve demir yolu taşıma araçlarının, yükleme ve boşaltma alanlarına girmeden önce düzenli bir şekilde bekledikleri yerdir. Düzenli trafik akışının sağlanması ve limandaki işleyişin bozulmaması için bu alan önemlidir.

Liman içi trafik hatları; limanda bulunan sahalar ve rıhtım arasındaki veya limanın diğer yerleri arasındaki ulaşımı sağlayan yollardır. Bu yollardaki geliş ve gidişlerin iyi bir şekilde planlanması liman içinde güvenliğin ve düzenli bir trafik akışının sağlanması için oldukça önemlidir (Kahriman, 2011).

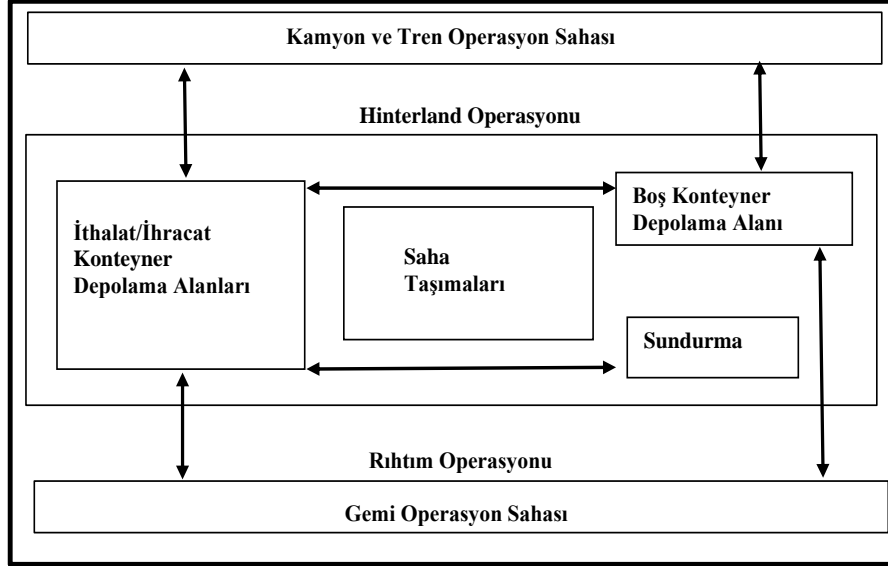
Konteyner yük istasyonu (CFS); terminal sahası içinde bulunan konteynerin doldurulup boşaltıldığı alandır.

Kapı; limana giren ve limandan çıkan konteynerlerin giriş ve çıkış işlemlerinin yapıldığı yerdir.

### **2.3. Konteyner Terminallerinin Operasyonları**

Konteyner terminallerindeki operasyonlar, terminalin özelliğine ve kullandığı elleçleme ekipmanlarına göre farklılık göstermektedir. Bu operasyonlar, gemi yönlü operasyonlar ve kara yönlü operasyonlar olmak üzere iki başlık altında toplanmaktadır. Şekil 3'te

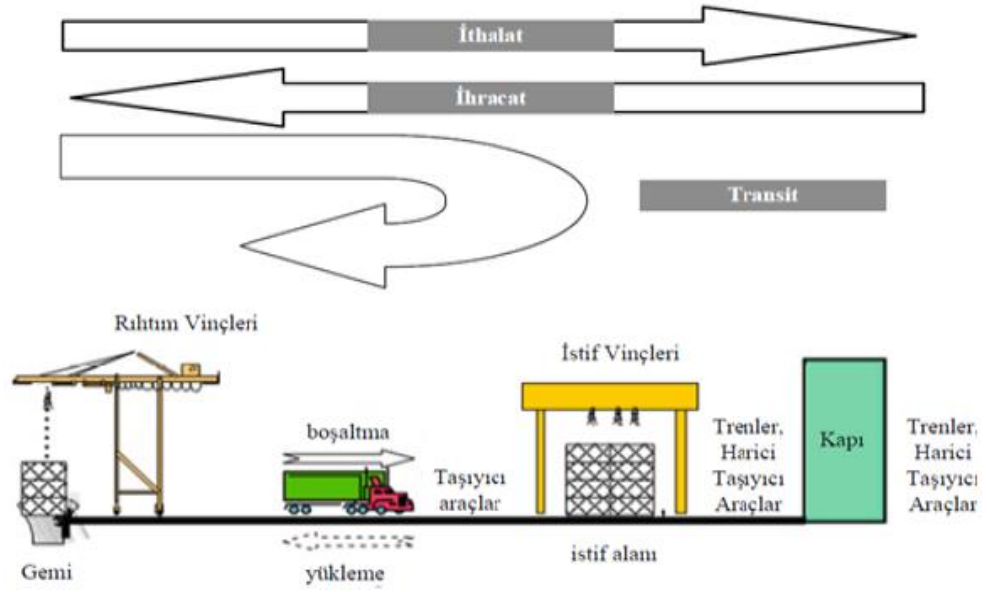
terminal operasyon sahaları ve taşıma akışları görülmektedir (Emecen & Heydarova, 2008).



**Şekil 5: Bir Konteyner Terminalinin Operasyon Sahaları ve Taşıma Akışları**

**Kaynak:** Günther H. O., Kim K. H., (2006), Container Terminals And Terminal Operations, *OR Spectrum* 28(4), 437-445.

Kara yönlü operasyonlar, terminal özellikleri ve elleçleme sistemlerine göre kara tarafında yapılan ve gemi operasyonlarının devamı şeklinde olan bütün operasyonları içerir. Kara yönlü operasyonlar; kapı operasyonları, saha operasyonları, CFS operasyonları ve liman içindeki taşıma operasyonları olarak sayılabilir (Kahriman, 2011). Konteyner operasyonları, deniz ve kara yönlü operasyonlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Konteyner operasyonlarını konteynerin özelliğine göre dolu ithal, boş ithal, dolu ihraç, boş ihraç, transit gibi ayrılabilirdiği için tek bir şekilde açıklamak mümkün değildir.

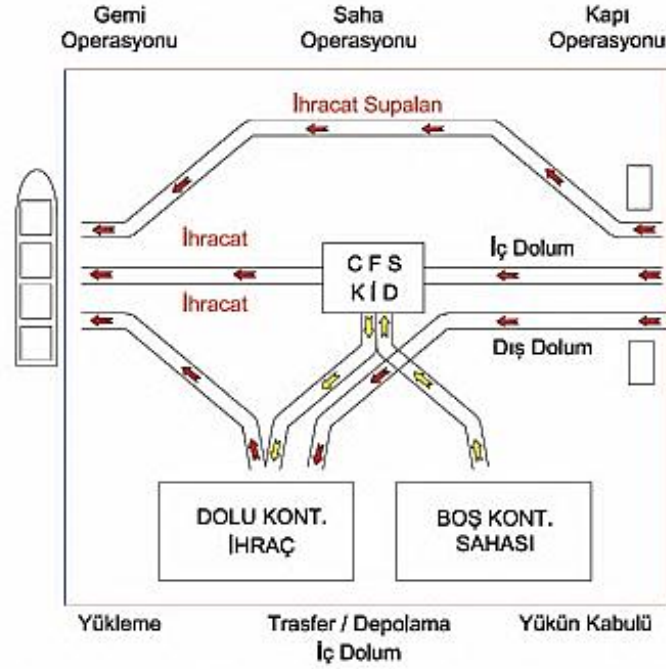


**Şekil 6: Bir Konteyner Terminalindeki Operasyonel Süreçler**

**Kaynak:** Petering, M.E.H., Murty, K.G. (2009), Effect of Block Length and Yard Crane Deployment Systems on Overall Performance at A Seaport Container Transshipment Terminal. *Computers and Operations Research*, 36, 1712.

### 2.3.1. Deniz Yönlü Operasyonlar

Deniz yönlü operasyon, limana karayolu ya da demiryolu ile gelen yükün gemiye yüklenip limandan ayrılana kadar geçen süredir. Deniz yönlü operasyon, ihracat operasyonu olarak da adlandırılır fakat her konteynerin ihracat yükü olmamasından dolayı liman işletmeciliği açısından bakıldığında zaman deniz yönlü operasyon olarak tanımlamak daha doğrudur.



	Transfer		Transfer		Transfer		Transfer
Kapı	⇌	Rıhtım	⇌	Gemi	(Supalan İhracat)		
Kapı	⇌	Dolu Kont. Sahası	⇌	Rıhtım	⇌	Gemi	{Dış Dolum}
Kapı	⇌	CSF	⇌	Rıhtım	⇌	Gemi	{İç Dolum}
Kapı	⇌	CSF	⇌	Dolu Kont. Sahası	⇌	Rıhtım	⇌
							Gemi

### Şekil 7: Konteyner Terminallerinde Deniz Yönlü Operasyonlar

**Kaynak:** Çağlar, V. (2012), *Türk Özel Limanlarının Etkinlik ve Verimlilik Analizi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

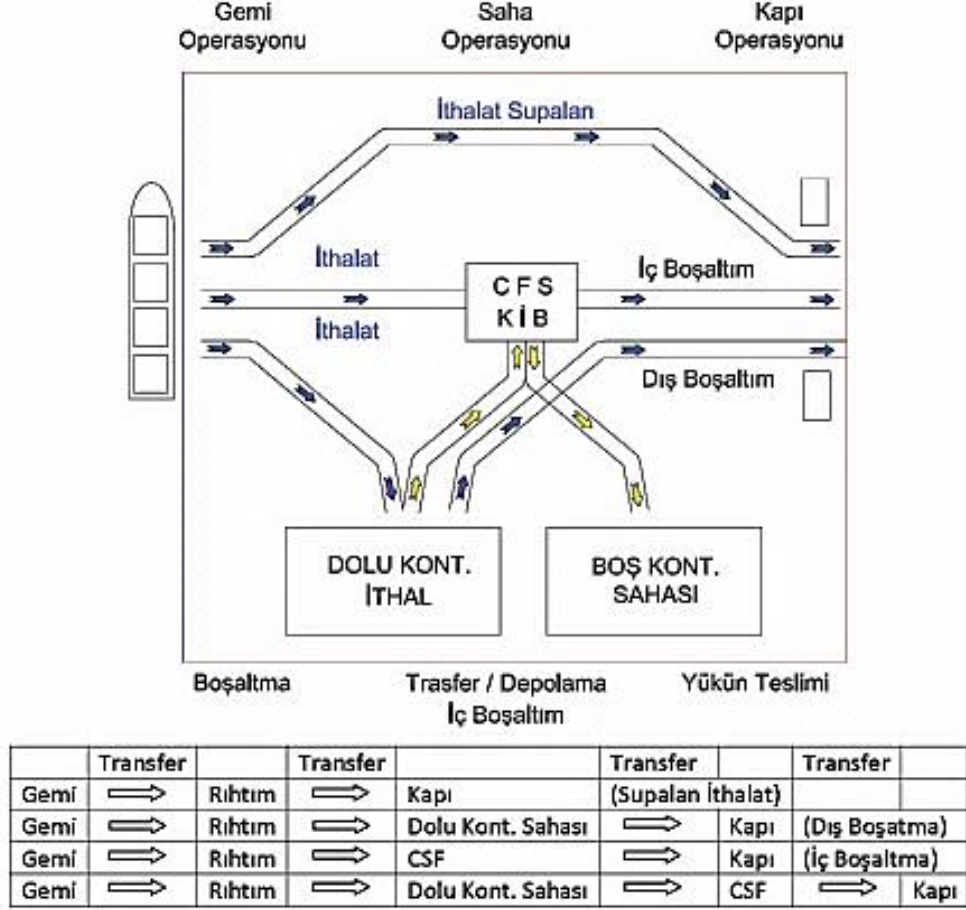
Konteyner, limana karayolu ile geldiyse, ihracat supalan, iç dolum ve dış dolum olarak ayrılır. Bir konteyner ihracat supalan olarak limana geldiyse, yani konteynerin limanda depolanmadan direkt olarak çekici üzerinden rıhtım vincine kadar giderek gemiye yüklenmesi sağlanır. Dolum yapılması gereken konteyner ise Şekil 6'daki iç dolum okunda görüldüğü gibi konteyner iç dolum (KİD) alanına gider. İç dolum alanından çıkan konteyner, direkt olarak gemiye gidebildiği gibi ihracat dolu konteyner depolama alanına da gidebilir. KİD'ye gelen konteynerler ise boş konteyner sahasından gelebilir.

### 2.3.2. Kara Yönlü Operasyonlar

Denizyolu ile limana gelen konteyner yükünün karayolu veya demiryolu ile limandan ayrılması sürecine kara yönlü operasyon adı verilir. Kara yönlü operasyonlarda yük konteynerden boşaltılabilir veya içinde kalabilir. Kara yönlü operasyonlarda supalan



konteyner, iç boşaltım operasyonu ve konteyner sahasında bekleyecek olan yükün süreçleri, deniz yönlü operasyon süreci gibidir.



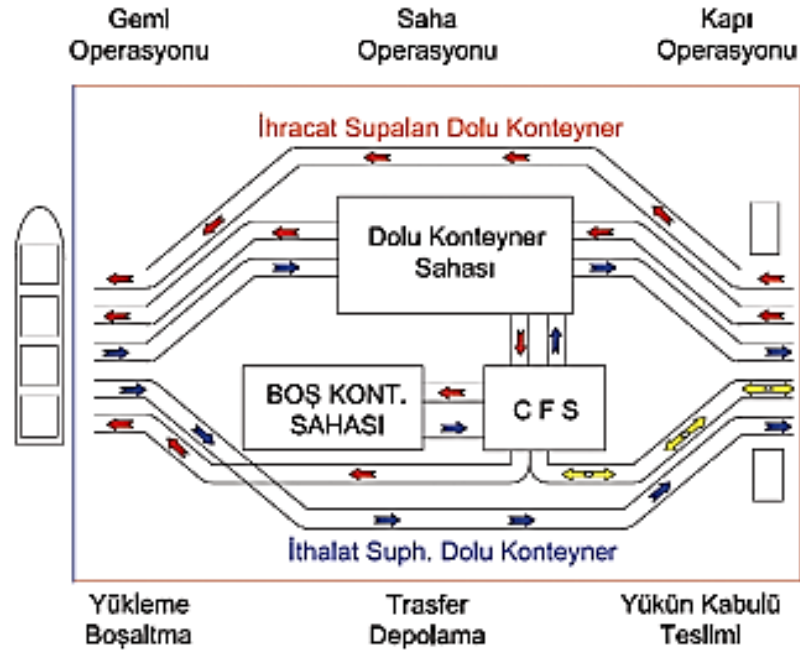
### Şekil 8: Konteyner Terminallerinde Kara Yönlü Operasyonlar

**Kaynak:** Çağlar, V. (2012), *Türk Özel Limanlarının Etkinlik ve Verimlilik Analizi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

#### 2.3.3. Dolu Konteyner Operasyonları

Dolu konteyner operasyonlarında, yükün konteyner içerisinde gelip gelmemesine ve deniz veya kara yönlü operasyon olmasına göre sekiz farklı operasyon şekli bulunmaktadır.

Limana dolu olarak gelen konteyner veya yük şeklinde limana gelerek liman sahasında konteynerlere iç dolumu yapılan konteynerlerin iş akış şekli aşağıda verilmiştir.



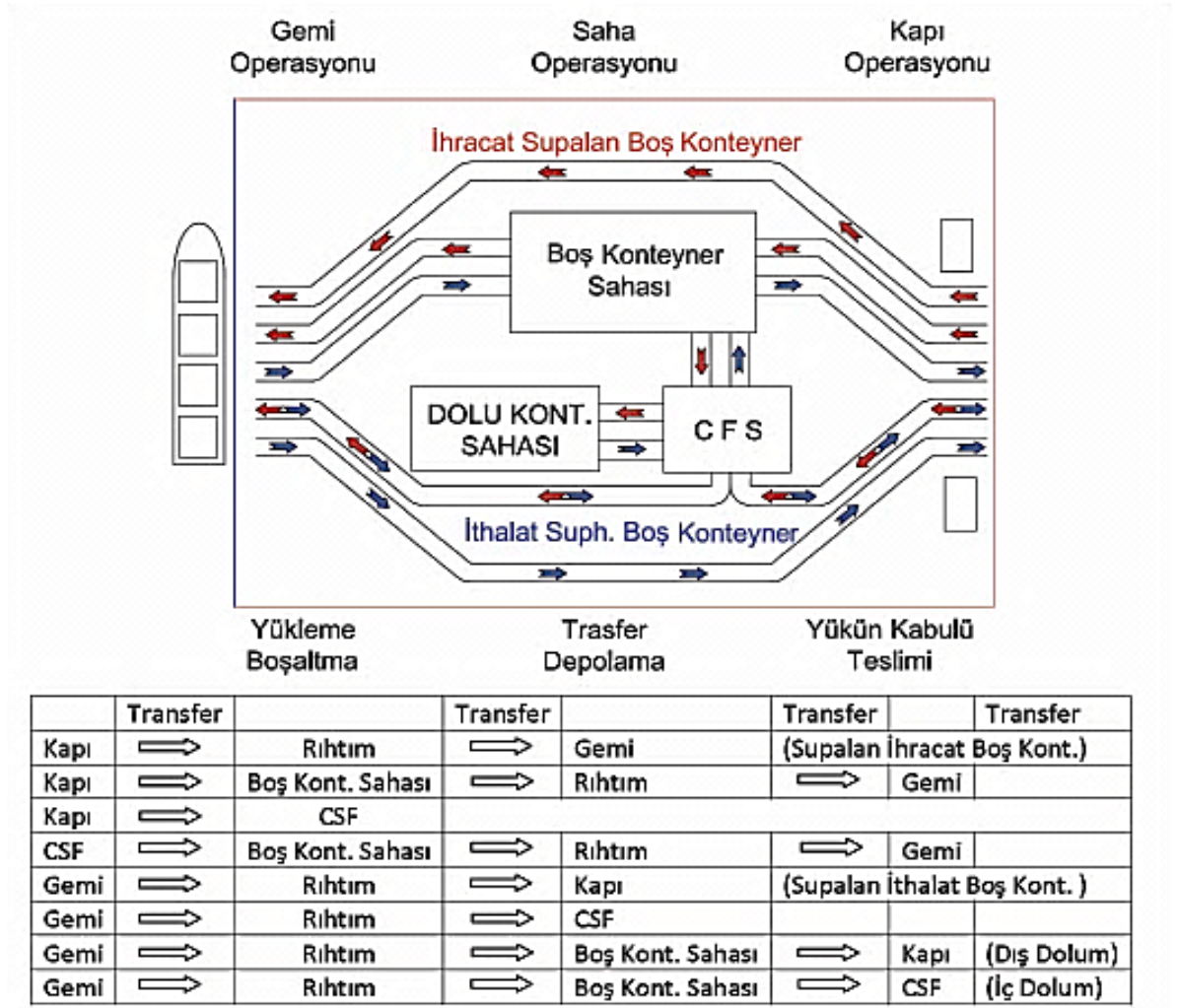
	Transfer		Transfer		Transfer		Transfer	
Kapı	⇒	Rihtım	⇒	Gemi	(Supalan İhracat)			
Kapı	⇒	Dolu Kont. Sahası	⇒	Rihtım	⇒	Gemi	(Dış Dolum)	
Kapı	⇒	CSF	⇒	Rihtım	⇒	Gemi	(İç Dolum)	
Kapı	⇒	CSF	⇒	Dolu Kont. Sahası	⇒	Rihtım	⇒	Gemi
Gemi	⇒	Rihtım	⇒	Kapı	(Supalan İthalat)			
Gemi	⇒	Rihtım	⇒	Dolu Kont. Sahası	⇒	Kapı	(Dış Boşaltma)	
Gemi	⇒	Rihtım	⇒	CSF	⇒	Kapı	(İç Boşaltma)	
Gemi	⇒	Rihtım	⇒	Dolu Kont. Sahası	⇒	CSF	⇒	Kapı

**Şekil 9: Dolu Konteyner Operasyonları**

**Kaynak:** Çağlar, V. (2012), *Türk Özel Limanlarının Etkinlik ve Verimlilik Analizi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

### 2.3.4. Boş Konteyner Operasyonu

Boş konteyner limanda iki şekilde bulunur. Birincisi; limana denizyolu, karayolu veya demiryolu ile gelenlerdir. İkincisi; limanda iç boşaltımı yapılan konteynerlerin limanlardaki boş konteyner sahalarında depolanması şeklinde bulunanlardır.



**Şekil 10: Boş Konteyner Operasyonları**

**Kaynak:** Çağlar, V. (2012), *Türk Özel Limanlarının Etkinlik ve Verimlilik Analizi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

İşlemi biten boş konteynerler limandan yüklemesi yapılarak talep edilen limanlara gönderilebilmekte veya limanın boş konteyner talebi olması durumunda ise gemiden boş konteyner tahliyesi yapılabilmektedir. Boş konteynerler limanda CFS işlemine tabi tutularak doldurulabildiği gibi, doldurulmak üzere limandan boş olarak da çıkarak limanın dışında dolum yapılabilmektedir.

### 2.3.5. Transit Konteyner Operasyonu

Bir limana deniz yolu aracılığıyla konteyner gelir ve depo sahasına hiç götürülmez veya transit konteyner sahasında bekledikten sonra zamanı geldiğinde denizyoluyla başka bir limana gönderilen yüklerdir.

## 2.4. Konteyner Terminallerinde Kullanılan Ekipmanlar

### 2.4.1. Konteynerler

Konteynerler; uluslararası standartlara sahip taşımacılık sistemi içinde verimli, emniyetli ve hasarsız bir şekilde malzeme taşınması için üretilmiş, yeniden kullanılabilir çelik kaplardır (wikipedia.org, 2021). Konteyneri diğer taşıma türlerinden ayıran en önemli özelliği birden çok taşıma yapabilecek sağlamlığa sahip olmasıdır. Konteynerlerin ortalama kullanım ömrü 5 ile 10 yıl arasındadır (Esedoğlu E., 2005). Konteyner taşımacılığı, içindeki malzeme boşaltılmaksızın diğer taşıma şekilleri ile entegrasyon sağlanır.

Konteyner öncelikle sanayileşmiş ülkeler arasında yayılmıştır. Bugün ise bütün dünyada kullanılmaya başlanmıştır. Konteynerler de standart kap özelliği bulunduğu için ambalaj görevini üstlenmektedir. Konteyner yükünün elleçlenmesinde mekanizasyon en üst seviyeye çıkar. Ayrıca, konteyner yükün birimleştirilmesine de olanak sağlar (Akten, 1997). Taşımacılıkta en çok TEU adı verilen 20 feet'lik konteynerler kullanılmakta olup gemilerin kapasiteleri de TEU olarak ifade edilmektedir (Esedoğlu E., 2005).

Taşıma türleri arasında en hızlı gelişim sağlayan tür konteyner taşımacılığıdır. Konteynerin ölçüleri, 1960'lı yıllarda ISO tarafından standarda bağlandı ve taşımacılıkta kullanımı giderek artmaktadır (Saka & Çetin, 2017). İlk düzenli uluslararası konteyner taşımacılığı, Amerika'nın Doğu kıyası ile Karayipler, Orta ve Güney Amerika arasında 1960'lı yıllarda başlamıştır (Steenken vd., 2004).

OECD, 2010-2030 yılları arasında küresel büyümenin iki katına ulaşacağını tahmin etmektedir. Denizyolu ile taşınan konteyner miktarının, bu dönem içinde yıllık ortalama %6'nın üzerinde artacağını ve limanlarda işlem gören konteyner miktarının ise 2030 yılında dört katına kadar artış gösterebileceği öngörülmektedir (OECD, 2011).

Konteynerlerin belirli standartlara göre üretilmesine rağmen, yapılarına göre farklı özelliklere sahip olabilirler. Bunun sonucu olarak, uluslararası taşıma operasyonları dünyanın her yerinde standart ölçülere göre yürütülebilmektedir (Erdal, 2008). Standart ölçüdeki bir konteynerin farklı yapıya sahip yüklerin birleştirilmesi için uygun değildir. Bu yüzden, farklı türdeki yüklerin konteyner ile taşınabilmesi için kullanım şekillerine göre farklı türde konteynerler üretilmiştir (Institute of Chartered Shipbrokers, 2010).

Konteynerler kullanım şekillerine göre aşağıdaki türlere ayrılmaktadır: (MEB, 2011)

- Parça (kuru) yük konteynerleri
- Dökme yük(bulk)konteynerleri
- İzole (insulated) konteynerler
- Özel amaçlı konteynerler

#### **2.4.2. Kullanım Şekillerine Göre Konteyner Çeşitleri**

##### **2.4.2.1. Parça(kuru) yük konteynerleri**

Bu tip konteynerler, kuru yük taşımaya elverişli konteynerlerdir. Genel olarak parça yük konteynerlerin bir kapısı olup dört tarafı kapalı şekilde olmaktadır. Ancak bazılarının hem üstü hem de yanları açıktır.

Kuru yük konteynerlerinin gruplandırılması (MEB, 2011);

- Dar yüzeyinden kapısı olanlar
- Geniş yüzeyinden kapısı olanlar
- Üstü açık konteynerler (open top)
- Yüksek hacimli konteynerler (high cube)
- Yanları açık olan konteynerler (open side)
- Düz konteynerler

##### **2.4.2.2. Dökme Yük Konteynerleri (Bulk Container)**

Dökme yük konteynerleri, dökme yük olabilecek taneli ürünlerin taşınmasında kullanılmaktadır. Taşınabilecek yüke örnek olarak; buğday, arpa, yağlı tohumlardır. Sıvı dökme yükler için bu konteynerler tank şeklindedir. Kuru yükler için ise parça yük konteyneri gibidir. Bu tür konteynerlerde taşınan ürünlerin sağlıklı ve güvenli bir şekilde taşınabilmesi için doldurulmadan önce içi temizlenerek naylon ile kaplanması uygun olacaktır (MEB, 2011).

#### **2.4.2.3. İzole (İnsulated-Reefer) Konteynerler**

İzole konteynerler, soğutulmuş veya dondurulmuş halde olan yüklerin taşınması için yalıtımlıdır. Yolculuk sırasında konteyner; kamyon, tren veya gemiden alınan enerji sayesinde soğutma işlevlerini gerçekleştirmektedir (MEB, 2011).

#### **2.4.2.4. Özel Amaçlı Konteynerler**

Özel bir amaç için hazırlanmış olan konteynerler (örneğin, hayvan konteyneri) genel olarak 20 feet ve 40 feet olmak üzere iki ayrı boyut olarak kullanılmaktadır (MEB, 2011).

#### **2.4.3. Konteyner Terminallerinde Kullanılan Yük Elleçleme Ekipmanları**

Bir konteyner terminalinin gemi gelmeden önce çok sayıdaki konteyneri barındırabileceği yeterli alanı, yeterli sayıda römorkörü, vinci ve araç kapasitesi mevcut olmalıdır (Ekin, 2011).

Liman kapasite ölçümlerinde; terminalde kullanılan ekipmanların terminalde nerede bulunduğu, hangi amaçla kullanıldığı ve o ekipmanın hacmi oldukça önemlidir. Konteyner terminallerinde kullanılacak ekipman seçimini çeşitli faktörler belirlemektedir. Bu faktörler; liman sahası, gemilerin kapasitesi, limana uğrayan gemi sıklığı, yatırım için ayrılan mevcut sermaye ve varsayılan konteyner iş hacmidir (Institute of Chartered Shipbrokers, 2010). Yük elleçleme işleminin verimliliğini; gemilerin limanlarda geçirdikleri zamanı, uluslararası dağıtımda ürünlerin maliyetlerini ve rıhtımda işlem gören yükün miktarını direk olarak etkilemektedir. İleri teknolojik donanıma sahip olan limanlar da rıhtım vinçleri ve gemi ile rıhtım arasında operasyon gerçekleştiren liman aracı, gemileri karşılamaktadır. Ayrıca, konteyner elleçleme sistemlerindeki teknolojik yenilikle beraber liman sahasındaki ekipman sayısının yükseltilmesi liman verimliliğini yüzde iki yüz arttırdığı ortaya çıkmıştır (Steenken, 2004).

#### **2.4.3.1 Rıhtım Vinci**

Rıhtım vinci; rıhtıma yanaşan gemiden sahaya, sahadan da gemiye konteyner elleçlemek için kullanılan ekipmandır. Operasyonun verimliliği, rıhtım vincinin taşıyıcı araçla olan uyumlu çalışmasına, operatörlere, hava koşullarına, vinç arızalanmaları gibi sebeplere göre değişiklik göstermektedir (Sarioğlu Ö., 2017). Rıhtım vincinin, ne kadar sürede elleçlemeyi gerçekleştirdiği, geminin limanda beklemesine direk olarak etki etmesi

nedeniyle tüm dünyada önemli bir verimlilik göstergesi olarak kabul edilmektedir. Geminin büyüklüğüne göre bir gemi için birden çok vinç çalışabilmektedir (Sarioğlu ve Özdemir, 2018).

- **Gantry Kreyn (Spreader)**

Konteyner kavrayıcısı olarak da adlandırılan bu ataçman, konteynerin dört köşesine bağlanarak elleçleme yapmaktadır (Esmer, 2019). Gantry Kreyn, ray üzerinde, ileri ve geri olarak hareket ettiği için konteyner gemilerini en hızlı şekilde tahliye edip doldurabilen bir vinç türüdür (Çağlar, 2012).

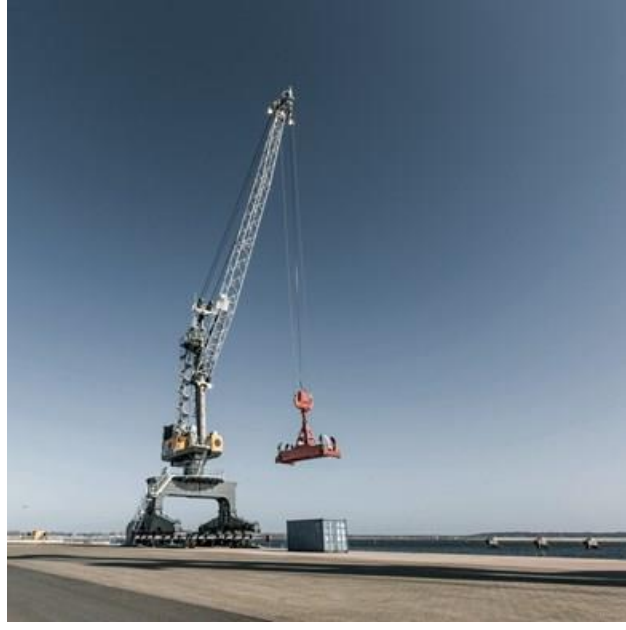


**Şekil 11: Gantry Vinç**

**Kaynak:** *Gantry Crane*, [https://www.nauticexpo.com/prod/konecranes/product-30447-189113.html#product-item\\_189110](https://www.nauticexpo.com/prod/konecranes/product-30447-189113.html#product-item_189110) (27.10.2021)

- **Mobil Vinç (Mobile Harbour Crane-MHC):**

Mobil vinçlerin raylı sahil vinçlerine göre verimlilikleri daha düşüktür, bu da saat başına elleçledikleri konteyner sayısını düşürmektedir (Esmer, 2019). Ancak MHC, farklı bir rıhtıma taşınabilir ve proje yüklerinde de kullanılabilmesi açısından gantry vinçlerden daha avantajlıdır, ayrıca geri sahada kullanılabilir. MHC'nin avatajlarından birisi de sapan değişimi yapılarak dökme yüklere de kolaylıkla hizmet verebilmektedir (Çağlar, 2012).



**Şekil 12: Mobil Vinç**

**Kaynak:** *Mobile Harbour Crane*, Erişim adresi: <https://www.liebherr.com/en/deu/products/maritime-cranes/port-equipment/mobile-harbour-crane/details/lhm280.html#lightbox> (27.10.2021)

#### **2.4.3.2. Köprü Vinci**

- **Lastik Tekerlekli İstif Vinci (Rubber Tyred Gantry-RTG)**

Lastik tekerlekli istif vinci, terminal sahasında konteyner istiflemekte ve kendi tekerlekleri üzerinde hareket etmektedir (Esmer, 2019). RTG'nin bir raya takılı olmaması ve lastikli olması belirli bir yolu takip etmesine gerek kalmadan operasyonda esneklik sağlar. RTG'lerin farklı tipleri bulunmasına rağmen genelde bu vinçler, konteynerleri 8 sıra + traktör römorklarının kullanabilmesi için bir kamyon şeridi olacak şekilde dizerler.

Farklı yükseklik ve genişliklerde üretilebilen RTG'ler, depolama sahaları fiziksel özelliklerine, iş yoğunluğuna ve limanda üretilen işin cinsine göre (ithal, ihraç, transit) limanlarda kullanılabilir (Çağlar, 2012).





**Şekil 13: Lastik Tekerlekli İstif Vinci**

**Kaynak:** *Rubber-Tired Container Stacking Crane*, Erişim adresi:

<https://www.nauticexpo.com/prod/hyundai-samho-crane-division/product-30674-384215.html> , (Erişim tarihi: 27/10/2021)

- **Raylı İstif Vinci (Rail Mounted Gantry-RMG)**

Raylı istif vinci, sabit bir ray üzerinde hareket etmekte ve terminal sahasında konteyner istiflemektedir. İnsansız kullanılan versiyonları da vardır (Automated RMG - ARMG) (Esmer, 2019). RMG elleçleme sisteminin istifleme miktarı oldukça fazladır. RMG raylar üzerinde kurulu bir ekipman olduğu için RTG'ye göre bir taraftan diğer tarafa rahatlıkla hareket edemez. RMG'ler, RTG'lerden daha fazla istif yapabilirler ve oldukça dayanıklıdırlar. Fakat kurulumları oldukça pahalı ve liman sahasında yer değiştirmesi zor olduğu için çok kullanışlı değildir. (Çağlar, 2012). RMG raylara yükü dağıtır bu sebeple, limanın alt yapısı ve zemin durumu çok iyi değilse bu sistem tercih edilir (Kara, 2010).



**Şekil 14: Raylı İstif Vinci**

**Kaynak:** *Rail Mounted Gantry Cranes*, Erişim adresi:

<https://www.liebherr.com/en/deu/products/maritime-cranes/port-equipment/rail-mounted-stacking-cranes/rail-mounted-gantry-cranes.html#lightbox>, (Erişim tarihi: 27/10/2021)

#### **2.4.3.3. Taşıyıcı İstifleyici (Straddle Carrier-SC)**

Taşıyıcı istifleyici, konteyneri sahip olduğu kavrayıcı aracılığıyla yerden kaldırıp, konteyneri tekerlek hizasının üzerinde taşıyan bir vinçtir. Terminal içinde konteynerin taşınması ve konteynerin istiflenmesinde kullanılan bir ekipman türüdür. Doğrudan SC sisteminde, SC'ler konteyner vincindeki yüke direkt olarak ulaşır ve yükü apron ile depolama alanı arasında taşır. Daha sonra yükü çekiciye yükler veya çekiciyi boşaltır. SC sisteminde, yük çekicilerle taşınmakta, SC'ler yükü platformdan alır ve dizileri istiflemek için ilerletir (Çağlar, 2012). SC sistemi, konteynerleri rıhtımdan depolama alanına taşıdığı gibi depolama alanında sıra sıra depolamada yapabilir. Depolama yüksekliğine bağlı olarak iki veya üç sıra üst üste depolama yapabilmektedir. Ayrıca, SC operatörünün görüşü oldukça zayıftır bu sebeple güvenlik kuralları ihlal edildiğinde liman içi kaza olasılığı artar (Kara, 2010).



**Şekil 15: Taşıyıcı İstifleyici**

**Kaynak:** *Container Straddle Carrier*, Erişim adresi: <https://www.nauticexpo.com/prod/konecranes/product-30447-189112.html> (Erişim tarihi: 27/10/2021)

#### **2.4.3.4. Dolu Konteyner Forklifti (Container Reach Stacker-CRS)**

Dolu konteyner forklifti, dolu bir konteyneri kaldırabilen bir ekipmandır. Bu ekipman, konteynerlerin liman sahası içinde bulunan depolama alanları arasında yükün yer değiştirmesi amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, liman, depo veya antrepolardaki dolu konteynerin dorse üzerinden istife ve istiften dorse üzerine yerleştirilmesinde, istifler arası konteyner yükleme ve boşaltma işlemlerinde, arka sıradaki istiflerden konteyner alınmasında kullanılmaktadır (Kara, 2010).



**Şekil 16: Dolu Konteyner Forklifti**

**Kaynak:** *Reach-stacker with top-lift spreader*, Erişim adresi: <https://www.nauticexpo.com/prod/cvs-ferrari/product-30627-387117.html> (Erişim tarihi: 27/10/2021).

#### 2.4.3.5.Boş Konteyner İstifleyicisi (Empty Container Reach Stacker- ECS)

ECS, sadece boş konteyner kaldırabilir ve dolu konteyner istif makinesi ile aynı işi yapar. Terminalde konteyneri istiflemek için uygun ve boş yer bulmak oldukça önemlidir. Bunun sebebi, konteynerlerin çabuk ve verimli bir şekilde yerleştirilme gerekliliğidir. En büyük özelliği kolaylıkla yüksek katlı istifler yapabilmektedir. ECS'ler, yaklaşık olarak 7 ile 10 ton arasında kaldırma kapasitesine sahip olmakla birlikte sekiz artı bir konteyner yüksekliğe kadar da istifleme yapabilmektedir (Kara, 2010).

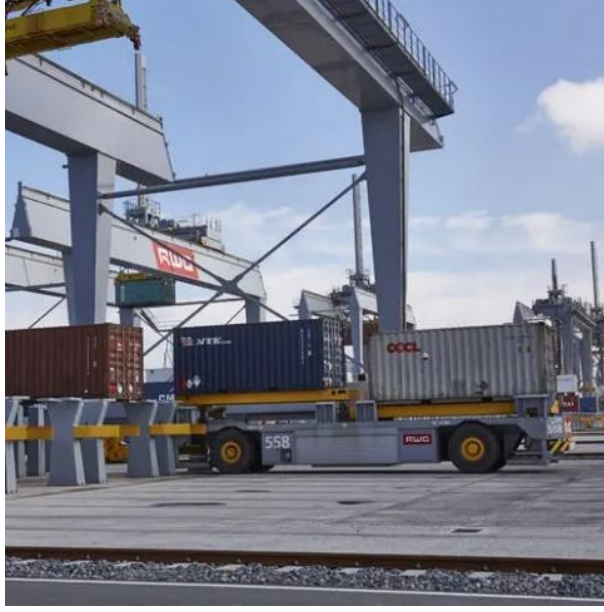


**Şekil 17: Boş Konteyner İstifleyicisi**

**Kaynak:** *Empty Container Handler*, Erişim adresi: <https://www.nauticexpo.com/prod/hoist-liftruck-mfg-inc/product-26201-218994.html> (Erişim tarihi: 27/10/2021)

#### 2.4.3.6.Terminal Çekicisi ve Dorse

Terminal çekicisi, liman sahası içinde arkasına takılı olan konteyner yüklü dorseyi çekerek yer değiştirmesini sağlar. İnsansız modelleri ise otomatik kılavuzlu araç yani AGV olarak adlandırılır. AGV, elektrikli batarya ile operatörsüz olarak ofisten kumanda aracılığıyla kullanılır (Esmer, 2019).



**Şekil 18: Terminal Çekicisi ve Dorse**

Kaynak: *AGV Automatic Guided Vehicle*, (2021). Erişim adresi: <https://www.nauticexpo.com/prod/konecranes/product-30447-521552.html> (Erişim tarihi: 27/10/2021)

#### **2.4.3.7. Forklift (FLT)**

Forklift, sadece limanlarda görebileceğimiz bir araç olması dışında günümüzde bir markette bile çoğu insanın rastladığı bir iş makinesidir. Bu araç, ağır yükleri çatalları sayesinde kaldırır ve yükü bir araca ya da rafa yüklemek için kullanılır. 1 tondan 90 tona kadar kapasiteye sahip olabilirler. Genelde paletlerin üzerine yüklü ağırlıkları kaldırmak ve yükü taşımak için kullanılmaktadır. Günümüzde kullanılan en büyük forklift belirli yüke sahip 20 ft'lik konteyneri elleçleyebilmektedir (Kara, 2010).

## **BÖLÜM 3: ULUSLARARASI LİMANLARIN OPERASYONEL VERİMLİLİĞİNİ ÖLÇÜLMESİ**

### **3.1. Karar Verme**

Karar verme, belirli bir süreç içerisindeki birden fazla seçenek arasından birini tercih etmektir (Duncan, 1978). İnsanlar günlük yaşantısında da temel düzeyde planladığı bir işe ne kadar süre ayıracağı ne kadar süre uykuya zaman ayıracağı ve sahip olmak istediği bir ürüne ne kadar bütçe ayıracağı gibi konularda karar verme süreçlerini gerçekleştirmektedir. Tıpkı insanlar gibi işletmeler de içinde yaşadıkları problemleri çözmek ve hedeflerini başarıya ulaştırmak için her zaman karar vermek durumunda kalmaktadırlar (Tütek & Gümüšoğlu, 2000). Teknolojik gelişmeler ve artan rekabet koşulları altında, işletmeler açısından karar verme oldukça önemli bir durum haline gelmiştir. Yaşanılan problemlere daha önce kazanılmış deneyimlerin yerine bilimsel yöntemlerle çözüm bulunması yönünde eğilimler başlamıştır.

İşletmeler doğru bilgileri en uygun zamanda değerlendirerek karar verme süreçlerini en etkin biçimde yürütmeyi hedeflemektedirler. İşletmenin karar verme sürecini etkin bir şekilde yürütebilmesi başarısını direkt olarak etkilemektedir. Kararsızlığın olduğu durumlarda, birden fazla karar alternatifi olan kişi veya kuruluşun nasıl karar vereceği, karar teorisinin konusudur (Karaca, 2011). Karar teorisi; kullanılan matematiksel modeller, karar vericilerin en iyi kararı vermelerine yardımcı olan bilimsel bir yaklaşımdır (Tekin, 2004). Karar verme, bir bakıma bilgiyi analiz etmektir. İşletme yöneticisi, kendisine gelen bilgiyi inceleyerek analiz edecek daha sonra değerlendirecektir. Sonuç olarak bazı problemleri tanımlayarak bir amaç belirleyecektir (Koçel, 2003).

#### **3.1.1. Karar Verme Süreci**

Karar verme, birçok adımdan geçerek gerçekleşen bir süreçtir. Genel olarak bu süreç, belirli bir sona ulaştıran birçok eylem ve faaliyetlerin tümüdür (Karakaya, 2003). Karar verme, karar veren kişinin farklı seçeneklerle karşılaşması halinde bu alternatifler içinden kendi amacına uygun olanını tercih etmesidir. Bu işlemlerin sırasıyla yapılması ise karar verme sürecidir (Tekin, 2004). Karar verme süreci, karşılaşılan problemin yapısına,

büyüklüğüne ve karar ortamına göre bu adımlardan birkaçını ihmal edebilmektedir. Karar verme adımlarında standart olan bir süreç söz konusu olmamaktadır. Karar verme aşamaları şu şekildedir:

- Problemin farkına varılır,
- Problem belirlenir ve tanımlanır,
- Alternatifler belirlenir,
- Alternatifler değerlendirilir,
- En iyi alternatif belirlenir,
- Karar değerlendirilir.

Karar verme sürecinde daima bir belirsizlik vardır ve bu süreç bir formül ile gösterilemez. Kararların sonuçlarının kesin olarak bilinmemesi, karar verme sürecinde yöneticinin farklı alternatifleri sürekli göz önünde bulundurmasını gerektirir (Hatiboğlu, 1994).

### **3.1.2. Çok Kriterli Karar Verme**

İşletmeler sürdürülebilirliğini sağlayabilmek amacıyla aldıkları kararlarda doğrulanmış ve güvenilirliğe sahip olan değerlendirme süreçlerine gereksinim duyarlar. Bu sebeple karar verme süreçlerinde bilimsel tekniklerin kullanılması, alınan kararların daha güvenilir ve tarafsız olmasına olanak sağlamaktadır. Birden çok karar verme problemi ile karşı karşıya kalan yöneticilerin alternatifler içerisinde en iyi alternatifin belirlenmesi karşılaştıkları en zor problemlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konuda seçim süreci birbiriyle çelişen ve çok sayıda kriter içerdiğinde, geleneksel seçim süreçlerinin kullanılması gerçekçi sonuçlar vermemektedir. Bu sebeple, birçok çalışmada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Soner & Önüt, 2006). “Çok kriterli karar verme (ÇKKV), birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinde en iyi tercihin seçilmesini sağlayan yöntemdir.” (Arslankaya & Göraltay, 2019: 12) Karar problemleri genelde birbiri ile çelişen birden çok kriteri içermektedir. ÇKKV'nin temeli birden fazla kriterle ilişkili olarak oluşturulan alternatiflerin değerlendirilmesi ve sıralanması ile oluşmaktadır. ÇKKV adımları şu şekildedir (Ballı, 2005):

- Problem ile ilgili kriter ve alternatifler tanımlanır,

- Kriterlerin göreceli önem seviyeleri belirlenir,
- Alternatifler tüm kriterler özelinde değerlendirilir ve sıralanır.

1960'lı yıllarda karar vermeye yardımcı olacak araçların gerekli görülmesiyle, ÇKKV yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır. ÇKKV yöntemlerinin kullanılma sebebi, alternatiflerin ve kriter sayılarının fazla olduğu süreçlerde karar sonucunu basit bir şekilde elde etmektir (Ballı, 2005).

ÇKKV ile ilgili bazı önemli noktalar şu şekildedir (Belton & Steaward, 2002):

- Karar aşamasında karar vermeye yardımcı olmak için birden çok, çelişkili kriteri açık bir şekilde hesaba katmaya çalışır.
- Karar probleminin yapılandırmasını sağlar,
- En kullanışlı yaklaşımlar kavramsal olarak basittir. Karmaşık yapılarda, belirtilen basit araçların kullanımını en etkin hale dönüştürmek büyük önem taşır,
- Süreç, daha iyi düşünülmüş, gerekçeli ve açıklanabilir kararlara yol açar - analiz, bir karar için bir denetim izi sağlar.

### **3.1.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri**

Bir karar verici ya da analist, karar verme durumunda, önce problemi anlamaya veya ortaya koymaya çalışır. Problemin ortaya koyulması en önemli aşama olarak değerlendirilebilir. Bu aşama ise çeşitli alternatifler, bulgular ve önemli kriterler, bilginin nitelik ve niceliği gibi konularda karar verilmesini içerir. Daha sonra duruma en uygun olan ÇKKV yöntemi seçilir ve uygulanır (Polat, 2000).

Literatürde ÇKKV problemlerinin çözümü için kullanılan birden fazla yöntem mevcuttur ÇKKV yönteminin en önemli avantajı nicel ve nitel kriterleri bir arada değerlendirmeye imkân sağlamaktadır (Dağdeviren vd, 2007). Uygulamalarda sıklıkla kullanılan bir takım ÇKKV yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

- ELECTRE
- PROMETHEE
- TOPSIS
- AHP
- VIKOR



– MOORA

### **3.1.3.1. ELECTRE Yöntemi**

ELECTRE 1966 yılında, Beneyoun tarafından geliştirilmiştir. 1977 yılında Nijkamp ve Van Delft tarafından, 1983 yılında Voogd tarafından ELECTRE yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem, seçim gerektiren sorunların çözümü için tasarlanmıştır. ELECTRE yöntemi, sadece bir çözüm metodu değil, kendi içinde çok tartışılan bir metottur. ELECTRE yöntemi, alternatifler arasında tercih edilebilirliğin üstünlük ilişkisi sistemini getirmektedir. Yöntem, birkaç kriter ve çok sayıda alternatif içeren karar problemleri için uygundur (Triantaphyllou, 2000). Bu yöntemde, üstünlük ilişkisinin kurulabilmesi için uyum ve uyumsuzluk indeksleri oluşturulmaktadır. İndeksler, baskın olan alternatifin seçilmesini sağlayan tahmin veya tahminsizliğin ölçüsünü göstermektedir. (Menteş, 2000).

### **3.1.3.2. PROMETHEE Yöntemi**

1982 yılında, PROMETHEE yöntemi, Jean-Pierre Brans vd. tarafından geliştirilmiş çok kriterli bir öncelik belirleme metodudur. Bu yöntem çok kriterli analizler için önerilen diğer yöntemler ile kıyaslandığında, kavram ve uygulama yönünden daha kolay bir sıralama metodudur.

Birbiri ile çelişen birden fazla kriterin göz önünde tutularak, sınırlı sayıda alternatifin sıralanmasının söz konusu olduğu problemlerde bu yöntem daha çok kullanılmaktadır. (Goumas & Lygerou, 2000). Literatürde yer alan mevcut öncelikli olma yöntemlerinin uygulama aşamasındaki zorluklarından yola çıkarak PROMETHEE yöntemi geliştirildi. Bu yöntem ile tedarik yönetimi konusunu kapsayan çalışmalarda kullanıldı. (Subaşı, 2011).

### **3.1.3.3. TOPSIS Yöntemi**

TOPSIS yöntemi, Hwang ve Yoon yardımı ile 1981 yılında Chen ve Hwang tarafından ELECTRE metoduna alternatif olarak geliştirildi ve çoklu karar verme yöntemi olarak literatüre kazandırıldı. TOPSİS yönteminin özellikleri; hesaplama yönteminin ve aşamalarının basit olması, mantığının realist ve anlaşılır olması, amaca uygun alternatifin seçilebilmesi için kriterlerin amaç fonksiyonuna tanımlanmasına imkan sağlaması ve

önem ağırlıklarının karşılaştırma yöntemlerini içermesidir. Temel ilkesi, alternatiflerinin amaca en yakın olmasıdır. En iyi çözüm, normal koşullar altında gerçekleşmesi mümkün olmayan tüm kriterler için amaca en yakın çözümlerin olduğu alternatifler ya da seçimlerdir (Temuçin, 2012). TOPSIS yöntemi, az sayıda girdi parametresi ile anlaşılır olabilen, seçilen alternatifin optimum çözüme en yakın olması beklenirken, optimum çözüm olamayan alternatife ise en uzak olması beklenir (Yıldırım & Önder, 2015).

TOPSIS yönteminde, en iyi seçime karar verebilmek için iki çözüm kavramı vardır. Bunlardan biri pozitif ideal çözüm kavramı; fayda kriterini maksimum hale getiren ve zarar kriterini minimum yapan çözümdür. Diğeri ise negatif ideal çözüm kavramı; zarar kriterini maksimum hale getiren ve fayda kriterini minimum yapan çözümdür. TOPSIS yöntemine göre en iyi alternatif, pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözümüne ise en uzak olan alternatiftir.

#### **3.1.3.4. VIKOR Yöntemi**

VIKOR yöntemi, ilk olarak Yu (1973) ve Zeleny (1982) tarafından ortaya atıldı (Tzeng & Huang, 2011). Bu yöntem, çok kriterli karmaşık yapıların optimize edilebilmesi amacıyla Opricovic (1998) tarafından geliştirilmiştir. VIKOR metodu, ideal çözüme en yakın çözümleri, seçme ve sıralama işlemine koyarak yapmaktadır. Bu metod, farklı ölçüm değerli kriterlerin, değerlerinden ortaya çıkan farklılıkların kaldırılmasını sağlayarak karar vericiye karar vermede yardımcı olmaktadır (Paksoy, 2017). VIKOR yöntemi, uzlaşık çözüme ve uzlaşık sıralama listesine karar verir. İdeale en yakın çözüm uzlaşık çözümdür ve uzlaşma genel kabul halinde anlaşmaya varmaktadır. VIKOR yöntemi, birbirleriyle çelişen kriterler olduğunda alternatifler içerisinde seçim ve sıralama yapmaktadır. Verilen ağırlıklar optimum çözümün seçilebilmesi için ağırlıklandırılmış karar aralıklarının bulunmasını sağlamaktadır. Bu yöntemin temeli “ideal çözüme yakınlık” ölçümüne dayanmakta ve “çok kriterli karar sıralama indeksi” olarak da bilinmektedir.

#### **3.1.3.5. MOORA Yöntemi**

MOORA yöntemi, ilk olarak 2006 yılında Brauers ve Zavadskas tarafından literatüre geçmiştir. MOORA metodu, “oran sistemi” ve “referans noktası yaklaşımı” olarak iki bölümden oluşur (Şimşek vd., 2015). MOORA metodunun diğer ÇKKV yöntemleri

arasında kararlılık, matematiksel işlem ve veri türü yönünden daha üstün olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Chakraborty, 2011).

Bu yöntem ile çok kriterli değerlendirme, yol tasarımı optimizasyonu, bölgesel gelişim değerlendirmesi, üretim sistemlerinde karar verme, karar verme modellerinde aralık verilerinin değerlendirilmesi, öğütme işleminde parametre optimizasyonu, malzeme seçimi ve personel seçimi gibi konularda çalışmalar yapılmıştır (Brauers & Zavadskas, 2006).

### **3.1.3.6. Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi**

AHP, karşılaşılan çok kriterli problemleri çözmek için, bir oran ölçeği ile alternatiflerin önceliklerini ölçümleyerek karar süreçlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla 1977 yılında Saaty tarafından geliştirilen bir yöntemdir. AHP yöntemi, karar verme süreçlerinde karar vericilerin önceliklerini de değerlendirerek, nitel ve nicel değişkenleri birlikte değerlendirmeye alan bir yöntemdir. Bu yöntem karar verme süreçleri içerisinde oldukça ilgiyle karşılanmış ve karar problemlerinde karar vericilerin daha etkin karar almasına büyük bir katkı sağlamıştır (Dağdeviren vd., 2004).

AHP yöntemi, çok nitelikli problemleri hiyerarşik yapıda modeller ve problemi oluşturan ana hedeflerin, kriterlerin, alt kriterlerin ve alternatiflerin aralarındaki ilişkilerini ortaya koymaktadır (Dinçer & Görener, 2011).

Karar sürecinde karşılaşılan temel problem, ele alınan alternatifler çok sayıda kriteri dikkate alarak ağırlıklarının önem sırasını belirlemektir.

Hiyerarşi içerisindeki kriterlerin göreceli üstünlükleri, 1-9 arasındaki tek sayılardan, ara değerler ise 2-8 arasındaki çift sayılardan oluşan önem skalası aracılığıyla değerlendirilir. AHP yöntemi, genel olarak günlük hayatımızda ekonomiden , yönetsel, politik, sosyal ve teknoloji problemlerine kadar her alandaki karar verme sürecinde aktif ve etkin olarak kullanılır (Budak, 2014).

## **3.2. Bulanık Mantık Kavramı**

İnsanlar tarih boyunca karşılaştıkları olaylar karşısında daima bir karar vermek durumunda kalmışlardır. Karar verme, ortaya çıkan bir durum karşısında en doğru olanı belirlemektedir. Karar verme durumunda, karşılaşılan problem soyut verilere dayanıyorsa

karar vermenin daha zor olacağı ifade edilmektedir. Buradan hareketle bulanıklık, belirsizlik şeklinde tanımlandı ve bu belirsizlikleri anlamlandırabilmek amacıyla da bulanık mantık ortaya çıkartıldı. Klasik mantıkta, bir durum ya doğru ya da yanlış olarak, ikili mantığın olduğu bilinmektedir. Bulanık mantıkta ise yanlış veya doğru arasında birden çok durumun olduğu bilinmektedir (Göksu & Güngör, 2008). İnsanların karar verirken tümüyle sayısal değerler ile karar vermesi etkin olmayacaktır. Bulanık mantık buradaki sözel değişkenleri kullanarak ve bu eksikliği ele alarak karar verilmesini sağlamaktadır.

Bulanık mantık yaklaşımı, makinelere insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden faydalanarak çalışabilme kabiliyeti vermektedir. Bunu kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanmaktadır. Sembolik ifadelerin makinelere aktarılması matematiksel bir temele dayanır ve bu matematiksel temel, “Bulanık Kümeler Kuramıdır” (Ertuğrul, 2007).

Bulanık mantık kavramı, 1965 yılında Lütü Aliasker Zade belirsizlik altında akıl yürütme ile ortaya atılmış bir mantık yapısıdır. Zade “Information and Control” dergisinde yayımlanan “Bulanık Kümeler” adlı makalesinde, Bulanık Küme tanımını ilk cümlesinde verdi; “Bulanık küme, sürekli üyelik derecelerine sahip nesnelerin bir sınıfıdır” (Zadeh, 1965). Bulanık mantık klasik mantığın tersine iki seviyeli işlemleri değil, çok seviyeli işlemleri kullanmaktadır (Elmas, 2003). İnsan mantığı; sıcak, soğuk, 0 ve 1, açık ve kapalı gibi değişkenlerden oluşan kesin ifadelerden ziyade az açık, az kapalı, serin ve ılık gibi ara değerleri de ortaya koymaktadır. Bulanık mantıkta, doğru ve yanlış arasına kısmen doğru ve kısmen yanlış kavramları da girerek çeşitliliği genişletmektedir (Ertuğrul, 1996).

### **3.2.1. Sezgisel Bulanık Küme**

Sezgisel bulanık küme teorisi, küme teorisinin sınıfların keskin sınırlarını içermeyen bir genellemesidir (Chen vd, 2010). ÇKKV yöntemlerinin bulanık mantık ile bütünleşmesi belirsiz durumlarda daha net karar vermeye imkan verdiği için iki yöntem birarada oldukça sık kullanılır (Özkan Özen ve Koçak, 2017). Sezgisel Bulanık Küme ise, asıl olarak belirsizliği ele almak için tasarlanan bulanık kümenin bir uzantısıdır.

Bulanık kümelerde kümeye ait olan elemanların kısmi derecede üyeliğine izin verilmektedir ve kümeye ait elemanların alacağı değerler  $[0,1]$  değişkenlik

göstermektedir. Bulanık küme yöntemine göre bir A kümesine ait bir x elemanın A kümesine ait olma derecesi  $\mu_A$  iken ait olmama derecesi  $\nu_A$  ve tereddüt derecesi ise  $\pi_A$  olarak tanımlanmaktadır. Matematiksel olarak ifade edilirse:

$$A = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x), \pi_A(x)) \mid x \in X\} \quad (1)$$

Bu iki değer toplamının 1'e eşit veya 1'den küçük olması gerekmektedir. Bu durum aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad (2)$$

Tereddüt düzeyi ise bir x elemanın A kümesine ait olup olmamasının tereddüt düzeyini belirtmede kullanılmaktadır. Aşağıdaki denklem de verildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x) \quad (3)$$

Tereddüt düzeyi ( $\pi_A(x)$ ) belirlenen bir x elemanı hakkında aldığı değerlere göre farklı şekillerde yorumlanmasına yardımcı olmaktadır. Tereddüt düzeyinin düşük olması x elemanı hakkında elde edilen belirsizliğin göreceli derecesinin düşük olduğunu, büyük ise x elemanı hakkındaki belirsizlik derecesinin daha fazla olduğu kanaatine varılabilmektedir.

### 3.2.2. Sezgisel Bulanık AHP

AHP yönteminin asıl amacı uzman bilgilerini yorumlamak iken klasik AHP yönteminde insani düşünme biçimindeki belirsizliğe cevap verememektedir. Bu yüzden hiyerarşik problemlerin çözümü için BAHP geliştirilmiştir. (Vatansever vd., 2013). BAHP yöntemi, insani fikirlere ve insani algılara benzemektedir. Bu sebeple, sistematik olarak çoğu araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Organ vd., 2018). AHP'de keskin değerler kullanılırken, BAHP'de kıyaslama oranları belirli değer aralığında verilmektedir (Bender & Simonovic, 2000).

AHP yönteminde, karar vericiler ikili karşılaştırma yaparken 1-9 aralığındaki önem skalasında bulunan kesin değerleri kullanmaları gerekmektedir. Fakat gerçek hayatta kesin değerlerle karar vermenin çok da imkânı yoktur. BAHP yaklaşımı, kesin değerler kullanmayıp belirli aralıklardaki değerler ile karar vermeye imkan verdiği için karar vermeyi kolaylaştıran bir yöntem olmaktadır (Şişman vd., 2016).

Sezgisel bulanık AHP yönteminin aşamaları Xu ve Liao (2014) tarafından belirlenmiştir. Bu adımlar aşağıda gösterilmiştir:

**Adım 1:** Hiyerarşik yapının oluşturulması (kriter, alt kriter ve alternatifler).

**Adım 2:** İkili karşılaştırma sezgisel ilişki matrislerinin oluşturulması ve matrislerin oluşturulması için geliştirilen 0.1- 0.9 ölçeğinin kullanılması. Aşağıda bu değerler tabloda verilmiştir.

**Tablo 5: Sezgisel İlişki Matrislerinin Oluşturulmasında Kullanılan Ölçeklendirme**

Değer tanımları	0.1-0.9 önem ölçeği değerleri
Mutlak zayıf önemli	0,1
Zayıf önemli	0,3
Eşit önemli	0,5
Güçlü önemli	0,7
Mutlak önemli	0,9
Ara değerler	0-1 arasındaki değerler

**Kaynak:** Z. Xu & H. Liao, (2014). Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 22(4), 749-761.

**Adım 3:** Tüm sezgisel matrislere ait tutarlılık kontrol edilir. Aşağıdaki denklemler temel alınarak tüm çarpımsal sezgisel ilişki matrisi olan  $\hat{R}=(r_{ik})_{n \times n}$  matrislerinin elde edilmesi gerekmektedir. Matrislerin tümü tutarlı olduğu durumlarda adım 5'e, tutarlı olmadığı durumlarda ise adım 4'ün uygulanması gerekir.

Denklem:

$$k > i + 1 \text{ için } r_{ik} = (\mu_{ik}, \theta_{ik}) \quad (3)$$

$$\bar{u}_{ik} = \frac{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu_{it} \mu_{tk}}}{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu_{it} \mu_{tk}} + \sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1-\mu_{it})(1-\mu_{tk})}} \quad (4)$$

$$\bar{O}_{ik} = \frac{\sqrt{\prod_{t=i+1}^{k-1} \theta_{it} \theta_{tk}}}{\sqrt{\prod_{t=i+1}^{k-1} \theta_{it} \theta_{tk}} + \sqrt{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1-\theta_{it})(1-\theta_{tk})}} \quad (5)$$

$$k = i+1 \text{ için } \bar{r}_{ik} = r_{ik} \quad (6)$$

$$k < i \text{ için } \bar{r}_{ik} = (\bar{O}_{ki}, \bar{u}_{ik}) \quad (7)$$

**Adım 4:** Denklem (8) kullanılarak tutarsız olan sezgisel matrislerin tutarlı hale getirilmesi hedeflenir.

Tutarlılığın hesaplanması;

$$d(R, \check{R}) = \frac{1}{2(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (|\bar{u}_{ik} - \mu_{ik}| + |\bar{O}_{ik} - \theta_{ik}| + |\bar{\pi}_{ik} - \pi_{ik}|) \quad (8)$$

Ve  $\tau = 0,1$  olmak üzere  $d(R, \check{R}) < \tau$  ise çıktısı  $R'$ 'dir. Bu durumda matris tutarlıdır.

**Adım 5:** Her bir sezgisel ilişki matrisinin ağırlığı ( $W$ ) denklem 7'deki eşitliğe göre hesaplanır.

$$W_i = \left( \frac{\sum_{k=1}^n \mu_{ik}}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (1-\theta_{ik})}, \mathbf{1} - \frac{\sum_{k=1}^n (1-\theta_{ik})}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \mu_{ik}} \right) \quad (9)$$

**Adım 6:** Belirlenen öncelik ağırlıkları aşağıdaki denklemler (10-11) kullanılarak birleştirilir:

$r_{ik} = (\mu_{ik}, \theta_{ik})$  ve  $r_{tl} = (\mu_{tl}, \theta_{tl})$  olmak üzere;

$$r_{ik} \odot r_{tl} = (\mu_{ik}\mu_{tl}, \theta_{ik} + \theta_{tl} - \theta_{ik}\theta_{tl}) \quad (10)$$

$$r_{ik} \ominus r_{tl} = (\mu_{ik} + \mu_{tl} - \mu_{ik}\mu_{tl}, \theta_{ik}\theta_{tl}) \quad (11)$$

**Adım 7:** 6.adımda elde edilen değerler denklem 10'da yerine yazılarak genel ağırlığı en büyük olan liman tercih edilir.

$$= 0.5(1 + \pi_{\phi})(1 - \mu_{\phi})$$

### 3.2.3. Bulanık Veri Zarflama Analizi

VZA, Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından önerilen parametrik olmayan, ölçüğe göre sabit getiri varsayımı altında CCR modeli olarak, 1978 yılında geliştirilen bir analizdir. Yöntem birden çok girdi ve çıktıyı arasında analitik fonksiyon gerektirmemesi, çoklu girdi-çıkıtı kullanılması ve rahat bir şekilde yorumlanabilmesi açısından çok kullanılan bir

yöntem olmuştur. Yöntemin ilk çıktığı zamanlarda kâr amacı gütmeyen örgütler tarafından kullanılırken zamanla kâr amacı güden işletmeciler tarafından da VZA yöntemi kullanmaya başlamıştır (Bircan, 2011).

VZA, etkinlik değerlendirmelerinin hesaplanabilmesi için çok sayıda girdi ve çıktının kullanılabilirdiği, araştırmacının bu girdi ve çıktıların ağırlıklarını belirleyebildiği veri tabanlı bir etkinlik ölçme yöntemidir. VZA, etkinlik değerlendirmelerinin yapılmasına yönelik gerçekleştirilen doğrusal programlama temelinde olan, girdileri çıktıya dönüştüren işletmelerin etkinliklerini ölçmek için ortaya çıkmış bir yöntemdir. VZA yönteminin asıl amacı aynı türden karar birimlerinin üretim etkinliklerinin belirlenmesidir (Rouyendegh & Erkan, 2010).

VZA'nın veri tabanlı bir yöntem olması özelliği ve etkinlik analizinin gerçekleştirilebilmesi için verilerin kesin değerlerinin bilinmesi gerekir. Girdi ve çıktıların doğru ve tam olarak elde edilemediği durumlarda diğer bir deyişle girdi ve çıktıların belirsizlik içerdiği durumlarda BVZA modelleri kullanılmaktadır (Oruç & Güngör, 2010). 1992 yılında, ilk kez Sengupta Veri Zarflama Analizine bulanık bir yorum getirmiştir. Sengupta "A Fuzzy Systems Approach in Data Envelopment Analysis" isimli çalışmasında belirsiz ve kesin olmayan verilerin değerlendirilmesinde BVZA yöntemini uygulamıştır (Sengupta, 1992). Sengupta, çalışmasında bulanık üyelik fonksiyonunu VZA teorisinde kullanılan doğrusal programlama modellerine dönüştüren yöntem geliştirmiş, bununla birlikte bulanık regresyon ve bulanık entropi modellerini açıklamıştır.

İşletmelerden gerçek veriler elde etmek oldukça güçtür, bu durum belirsizlik içerir ve sonucun doğru çıkmasını engeller. Böyle bir durumu engellemek için BVZA yöntemi kullanılmaktadır. Verilerin belirsizlik içerdiği ve verilerin kesin olarak bilinmediği hallerde etkinlik ölçümlerinin yapılabilmesi için BVZA modelleri geliştirilmiştir.

Limanların belirlenen girdi ve çıktı değerlerine yönelik verilerin bulanıklaştırılması standard hata yardımı ile oluşturularak alt ve üst sınır değerleri hesaplanmıştır. Etkinliklerin hesaplanmasındaki girdiye yönelik CCR(Charnes, Cooper ve Rhodes) modeli aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:

$$\text{Amaç fonksiyonu: } E = \max \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{ro}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{io}} \quad (13)$$



Kısıtlar,

$$\frac{\sum_{r=1}^s rY_{ro}}{\sum_{i=1}^m iX_{io}} \leq 1 \quad (14)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s UrY_{rj}}{\sum_{i=1}^m ViX_{ij}} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n \quad j \neq 0 \quad (15)$$

$$Vi, Ur \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad (16)$$

Burada,

n : Karar verici birim sayısı ( KVB )

s : Çıktı sayısı

m : Girdi sayısı

Ur : o.KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık değeri

Vi : o.KVB tarafından i. girdiye verilen ağırlık değeri

Xio : o.KVB'nin kullandığı i.bulanık girdi miktarı

Yro : o.KVB'nin elde ettiği r.bulanık çıktı miktarı

Xij : j.KVB'nin kullandığı i.bulanık girdi miktarı

Yrj : j.KVB'nin elde ettiği r.bulanık çıktı miktarıdır.

Girdiye yönelik üst sınır ve alt sınır değerinin CCR modeli ile hesaplanması aşağıdaki gibi ifade

edilmiştir:

$$E = \max(\sum_{r=1}^s UrY_{ro}) \quad (17)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s rY_{ro}}{\sum_{i=1}^m iX_{io}} \leq 1 \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^m ViX_{io} = 1 \quad (19)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s UrY_{rj}}{\sum_{i=1}^m ViX_{ij}} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n \quad j \neq 0 \quad (20)$$

$$Vi, Ur \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad (21)$$

Problem çözümünde girdiler olarak; rıhtım uzunluğu,liman sahası, ekipman, limanlara uğrayan gemi sayıları belirlenmekte olup çıktı olarak ise elleçleme miktarı olarak belirlenmiştir.

Verilerin aralıklı hale getirilmesi standart hata yardımı ile oluşturulmuştur.Verilere yönelik alt ve üst sınır değerinin hesaplanması aşağıdaki şekilde gibidir:

Üst sınır verisi = (Liman için belirlenen veri değeri) + (Standart Hata)

Alt sınır verisi = (Liman için belirlenen veri değeri) – (Standart Hata)

Üst sınır değerlerin hesaplanmasında çıktıların üst değerleri, girdilerin ise alt değerleri hesaba katılarak işlemler gerçekleştirilmiştir. Alt sınır değerlerinin hesaplanmasında, girdilerin üst çıktılarının alt sınır değerlerinden yararlanılmıştır. Standart hata hesaplanması ise n adet verinin standart hatasının karekök içinde n sayısına bölümüyle ifade edilebilir. Yani denklem 22’de belirtildiği şekilde olmaktadır :

$$\text{Standart Hata} = \frac{\text{Standart sapma } (1,2,\dots,n)}{\sqrt{n}} \quad (22)$$

n:Hesaplanacak olan veri değerinin miktarı

Bu sayede, Bulanık Veri Zarflama Analizi ile kaynaklarını ve fiziksel koşullarını en etkin kullanan liman veya limanların tespiti gerçekleştirilmiştir.

### 3.3. UYGULAMA

Limanlarda, verimlilik veya etkinlik ölçümlerinin yapılabilmesi karar almada önemli bir role sahip olan çok sayıda kritere ve sisteme bağlıdır. Her limanın birbirlerine kıyasla sahip oldukları fiziki ve donanımsal şartların farklı olması, limanları günümüzde kaynakları maksimum verimlilikle kullanmaya yönlendirmektedir. Bu çalışmada belirlenen 5 liman, global bazda faaliyet gösteren bir liman işletmesinin Avrupa lokasyonlarındaki konteyner terminallerinden örneklem olarak seçilmiştir. Türkiye’deki limanı, Kocaeli bölgesinde bulunan bir konteyner terminalidir. İngiltere’deki limanı, Thames nehri üzerinde stratejik olarak konumlanmış bir limandır. Hollanda’daki limanı, Maasvlakte 2’de bulunan yenilikçi bir konteyner terminalidir. Fransa’nın güneyindeki Fos limanı ise Fransa’daki en büyük konteyner limanlarından birisidir. Almanya’daki limanı ise Stuttgart liman bölgesindeki üç modlu konteyner terminalidir. Ölçülmüş olan verimlilik değerleri ile kriterler üzerinden en etkin olmayı başarabilen limanlar belirlenmiştir. Bu sayede, diğer limanlar fiziki ve donanımsal koşullarını iyileştirme konusunda fikir sahibi olabileceklerdir. Çalışmada kullanılan modelde ele alınan kriterlerin birden fazla olması, modelin daha kesin ve detaylı sonuçlar elde etmesini sağlamıştır. Fakat belirlenen kriterlerin büyük bir çoğunluğu sektörde ticari bilgi olarak nitelendirildiği için kısıtlı kriterler ile çalışma gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada belirlenen bağımlı kriterlerin, global bir konteyner liman işletmesinin Avrupa lokasyonunda bulunan konteyner limanlarının üzerindeki etkilerinin birbirlerine

göre önem derecelerini karşılaştırmış ve en iyi alternatif limanının seçilmesi sağlanmıştır. Bununla birlikte belirlenen girdi ve çıktılar için etkinlik değerleri hesaplanmış ve işletmenin bölgedeki en etkin alternatif limanı belirlenmiştir. Böylece işletmenin bölgedeki limanlarının mevcut fiziki ve donanımsal kaynaklarını kullanım yetkinlikleri de ölçülmüştür.

Limanların verimliliklerinin ölçülmesi iki aşamada incelenmiştir. Birinci aşamada BAHP ile liman verimliliğine etki eden kriterler incelenmiştir. ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi, belirlenen kriterlerin önem derecesini tespit etmek ve kriterleri sistematik olarak karşılaştırıp değerlendirmesini sağlamak için kullanılmıştır. AHP yöntemi bulanık tabanlı bir yöntem olan Bulanık AHP olarak kullanılmıştır. Kesin ve tam değerler yerine belirli aralıklardaki değerler ile karar vermeyi kolaylaştıran ve ikili karşılaştırma yargılarındaki sözel belirsizliği daha iyi ifade eden bir yöntem olduğu için BAHP yöntemi kullanılmıştır. İkinci aşamada ise BVZA modeli kullanılmıştır. VZA, karar verme birimleri ile birden çok girdi ve çıktı ile limanların göreceli verimliliklerinin ölçülmesi için kullanılan bir yöntemdir. Gerçek dünya problemlerinde ise verilerin kesin bir değer olarak ölçülmesi mümkün olmadığı için BVZA yöntemi ile belirsiz olan durumlar için daha doğru etkinlik skorları elde edilmiştir. (Sengupta, 1992) Liman işletmelerinin kriterlere ait veri değerlerini ne derecede etkin kullandıkları BVZA ile incelenmiş ve BVZA'da kullanılmak üzere dört adet girdi ve bir adet çıktı belirlenmiştir.

### **3.3.1. Problem Çözümü için Takip Edilecek Aşamalar**

Problemin çözümünde Bulanık AHP ve Bulanık VZA yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerin problemin çözümünde takip edilecek olan aşamaları Tablo 6'da olduğu gibi gösterilmiştir.

**Tablo 6: Problemin Sezgisel Bulanık AHP Yöntemi ve Bulanık VZA Yönelik Çözüm Aşamaları**

Çözüm Aşamaları	Yapılan İş
1	Karar belirleme problemlerine ilişkin kriterlerin belirlenmesi ve hiyerarşinin oluşturulması
2	İkili karşılaştırmalar yapılarak sezgisel öncelik matrislerinin oluşturulması
3	İlişki matrislerinin tutarlılığının hesaplanması
4	Tutarsız sezgisel matrislerin tespit edilip tekrardan işleme tabi tutulması
5	Her bir sezgisel tercih ilişki matrisinin öncelik ağırlığı olan $\omega$ değerinin hesaplanması
6	Hesaplanan öncelik ağırlıklarının birleştirilmesi
7	Kriterlerin alternatifler üzerindeki etkisinin saptanarak genel ağırlığı en büyük ağırlığa sahip alternatifin belirlenmesi
8	Problemde oluşturulan kriterlere yönelik veri setinin oluşturulması
9	Veri setine yönelik veri zarflama analizi uygulanarak girdi ve çıktı yönlü CCR modellerinin geliştirilmesi
10	LİNGO programı yardımıyla problem bazında CCR modellerinin sonuçlarının belirlenmesi
11	En etkin skorlara sahip alternatif veya alternatiflerin seçilmesi

### 3.3.2. Problem Çözümü

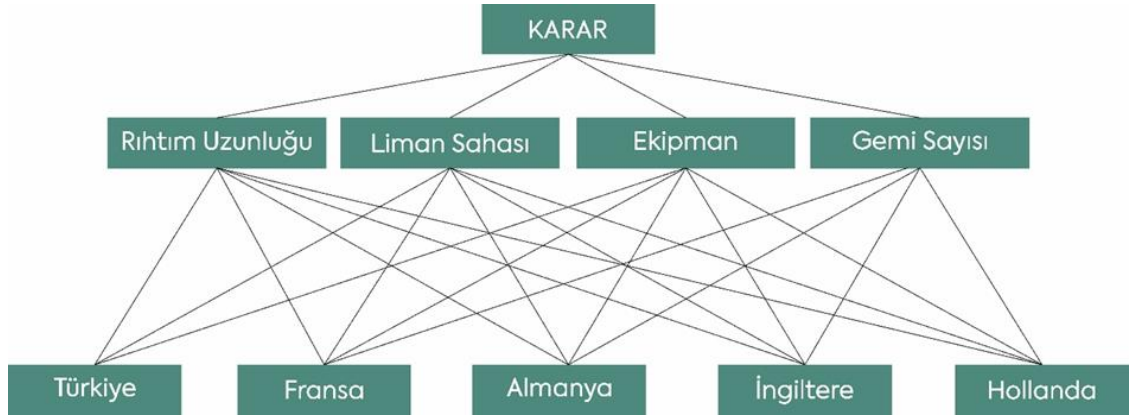
#### 1.Aşama: Karar belirleme problemlerine ilişkin kriterlerin belirlenmesi ve hiyerarşik yapının oluşturulması

Problemde kullanılacak olan kriterlerin limanlar açısından önemi oldukça büyüktür. Problemde kullanılacak olan 4 adet kriter belirlenmiş ve kriterlere dair açıklamalar aşağıdaki tabloda verilmiştir:

**Tablo 7: Problemdede Kullanılan Kriterlerin Belirlenmesi**

KRİTERLER	AÇIKLAMA
Rıhtım uzunluğu	Deniz taşıtlarının indirme,bindirme ve yük alışverişi için yapılmış yer
Liman sahası	Limanların sahip oldukları hacimsel ve fiziksel alanlarının toplamıdır.
Ekipman (vinç adedi)	Limanların sahip oldukları vinç sayısını gösteren kriterdir.
Limanlara uğrayan gemi sayısı	2020 yılına ait limanlar bazında limanlara uğrayan gemi sayıları belirtilmiştir.

Liman verimliliği için oluşturulmuş hiyerarşik bir yapı Şekil 19’da gösterilmiştir.



**Şekil 19: Liman Verimliliği için Hiyerarşik Yapının Oluşturulması**

## 2. Aşama: İkili (Kriter ve Alternatifler) karşılaştırmalar yapılarak sezgisel öncelik matrislerinin oluşturulması

Bu bölümde limanlar üzerinden ele alınan kriterlerin, limanlar üzerindeki önem katsayılarının karşılaştırılması sezgisel ilişki matrisi yardımıyla oluşturulmuştur. Elamanların kümeye ait olma dereceleri( $K_{\mu}$ ) Tablo 8’deki gibi gösterilmiştir:

**Tablo 8: Kriterler İçin İkili Sezgisel Öncelik İlişki Matrisi K(M)**

K( $\mu$ )	K1	K2	K3	K4
K1	0,5	0,25	0,45	0,2
K2	0,55	0,5	0,6	0,1
K3	0,3	0,2	0,5	0,15
K4	0,7	0,8	0,7	0,5

Aşağıda belirtilen Tablo 9’da K1 ve K2’nin alternatifler üzerindeki K( $\mu$ ) değerleri örnek olarak gösterilmiştir. Geri kalan kriterlerin alternatifler üzerindeki ilişki matrisleri EK 1’de belirtilmiştir.

**Tablo 9: Kriterlere Göre Alternatifler Arası Sezgisel İlişki Matrisi**

K1( $\mu$ )	K1( $\mu$ )					K2( $\mu$ )	K2( $\mu$ )				
	A1	A2	A3	A4	A5		A1	A2	A3	A4	A5
A1	0,5	0,55	0,75	0,3	0,6	A1	0,5	0,15	0,2	0,3	0,55
A2	0,25	0,5	0,8	0,1	0,6	A2	0,85	0,5	0,6	0,55	0,7
A3	0,15	0,15	0,5	0,1	0,45	A3	0,6	0,3	0,5	0,55	0,75
A4	0,5	0,7	0,75	0,5	0,8	A4	0,55	0,35	0,3	0,5	0,8
A5	0,3	0,25	0,5	0,1	0,5	A5	0,25	0,15	0,2	0,1	0,5

Bir elemanın kümeye ait olmama derecesi  $v$ , kriterler arası sezgisel ilişki matrisi ile Tablo 10’da gösterilmiştir:

**Tablo 10: Kriterler İçin İkili Sezgisel Öncelik İlişki Matrisi K( $\bar{O}$ )**

K( $\mu$ )	K1	K2	K3	K4
K1	0,5	0,55	0,4	0,6
K2	0,1	0,5	0,2	0,6
K3	0,5	0,65	0,5	0,6
K4	0,2	0,2	0,15	0,5

Kümeye ait olmama derecesi, elemanların kriterler üzerinden alternatiflere göre ölçeklendirilmesi Tablo 11’deki gibidir. Örnek gösterilmesi amacıyla K1 ve K2’nin alternatifler üzerindeki sezgisel ilişki matrisi ele alınmıştır. K3 ve K4 kriterleri için sezgisel ilişki matrisi EK 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 11: Kriterlere Göre Alternatifler Arası Sezgisel İlişki Matrisi**

<b>K1(<math>\Theta</math>)</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>K2(<math>\Theta</math>)</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>
A1	0,5	0,3	0,1	0,6	0,2	A1	0,5	0,65	0,75	0,55	0,3
A2	0,65	0,5	0,1	0,7	0,25	A2	0,1	0,5	0,3	0,4	0,2
A3	0,6	0,7	0,5	0,75	0,4	A3	0,25	0,55	0,5	0,35	0,15
A4	0,5	0,2	0,15	0,5	0,8	A4	0,3	0,55	0,45	0,5	0,1
A5	0,6	0,55	0,5	0,8	0,5	A5	0,7	0,65	0,65	0,75	0,5

Bir elemanın kümeye ait olma durumu tereddüt derecesi  $\pi$  ile gösterilmektedir. Kriterlerin alternatifler üzerindeki etkisi Tablo 12’te olduğu gibi belirtilmiştir.

**Tablo 12: Kriterler Arası Sezgisel İlişki Matrisi K( $\Pi$ )**

<b>K(<math>\pi</math>)</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>
K1	0	0,2	0,15	0,2
K2	0,35	0	0,2	0,3
K3	0,2	0,05	0	0,25
K4	0,1	0	0,15	0

Tablo 13’de K1 ve K2’nin alternatifler üzerindeki tereddüt dereceleri (K( $\pi$ )) değerleri örnek olarak gösterilmiştir. Geri kalan kriterlerin alternatifler üzerindeki ilişki matrisleri EK 1’deki gibidir.

**Tablo 13: Kriterlere Göre Alternatif Sezgisel İlişki Matrisi**

<b>K1(<math>\pi</math>)</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>K2(<math>\pi</math>)</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>
A1	0	0,15	0,15	0,1	0,2	A1	0	0,2	0,05	0,15	0,15
A2	0,1	0	0,1	0,2	0,15	A2	0,05	0	0,1	0,05	0,1
A3	0,25	0,15	0	0,15	0,15	A3	0,15	0,15	0	0,1	0,1
A4	0	0,1	0,1	0	0,1	A4	0,15	0,1	0,25	0	0,1
A5	0,1	0,2	0	0,1	0	A5	0,05	0,2	0,15	0,15	0

### 3. Aşama: ilişki matrislerinin tutarlılığının hesaplanması

Bu aşamada oluşturulan  $\mu$  ve  $\nu$  sezgisel ilişki matrislerinin tutarlılığı hesaplanacaktır ve  $\mu$  ve  $\nu$  için gerekli işlemler yapılarak tutarlılık matrisleri oluşturulacaktır. Denklem 3’te belirtilen formüle göre;  $k > i + 1$  için  $r_{ik} = (\mu_{ik}, \Theta_{ik})$  için denklem 4 ve 5’teki formüller

kullanılarak tutarlılık değerleri  $\bar{u}$  ve  $\bar{O}$  hesaplanacaktır. Bu koşulu sağlayan hücrelerin denklemlerde yerine konulması ile elde edilen bazı sonuçlar şöyledir:

$$\bar{r}_{24}=0,2093$$

$$\bar{r}_{13}=0,333$$

$k=i+1$  için koşul sağlanan tüm  $\bar{u}$  ve  $\bar{O}$  değerleri için bazı sonuçlar aşağıdaki gibidir:

$$\bar{r}_{34}=0,15$$

$$\bar{r}_{23}=0,6$$

$k<i$  için koşulunu sağlayan tüm  $\bar{u}$  ve  $\bar{O}$  değerleri için bazı sonuçlar aşağıdaki gibidir:

$$\bar{r}_{31}=0,234$$

$$\bar{r}_{42}=0,2727$$

Belirlenen algoritmalar üzerinden bu değerler tüm sezgisel ilişki matrisine uygun olarak yerleştirilir ve tutarlılık matrisleri oluşturulur. Tablo 14'te ve Tablo 15'te çarpımsal tutarlılık matrisleri oluşturulmuştur:

**Tablo 14: Kriterlere Yönelik  $K(\bar{U})$  Değerleri İçin Oluşturulmuş Tutarlılık Matrisi**

$K(\pi)$	K1	K2	K3	K4
K1	0,5	0,25	0,333	0,0681
K2	0,55	0,5	0,6	0,2093
K3	0,234	0,2	0,5	0,15
K4	0,5752	0,2727	0,6	0,5

**Tablo 15: Kriterlere Yönelik  $K(v)$  Değerleri İçin Oluşturulmuş Tutarlılık Matrisi**

$K(\pi)$	K1	K2	K3	K4
K1	0,5	0,55	0,234	0,5752
K2	0,1	0,5	0,2	0,2727
K3	0,333	0,6	0,5	0,6
K4	0,0681	0,2093	0,15	0,5

Kriterlerin alternatiflere yönelik tutarlılık matrisleri gösterilmiştir. Oluşturulan matrislere göre kriterler arası sezgisel ilişki matrisinin değeri 0,0937 olarak hesaplanmıştır.  $K1(\mu)$ ,  $K2(\mu)$ ,  $K3(\mu)$  ve  $K4(\mu)$  kriterlerinin alternatifler üzerindeki değerleri  $K1(\mu)$ 'in 0,5151,



K2( $\mu$ )'in 0,4823, K3( $\mu$ )'in 0,4981, K4( $\mu$ ) değeri ise 0,4688 olarak bulunmuştur. Bu hesaplanan değerlerin 0,1 değerinden büyük olmasından dolayı bu matrislerin 4.aşamadaki adımdan faydalanılarak tutarlı hale getirilmesi gerekmektedir.

#### 4.Aşama: Tutarsız sezgisel matrislerin tespit edilip tekrardan işleme tabi tutulması.

3.Aşamada belirtilen matrislerin tutarlı hale getirilmesi için denklem 8'den faydalanılmıştır. Örnek bir tutarsız matris olan kriterler arası sezgisel ilişki matrisi aşağıdaki algoritmaya tabii tutularak tutarlı hale getirilmesi sağlanmıştır:

$$d(R, \check{R}) = \frac{1}{2(4-1)(4-2)} \sum_{i=1}^4 \sum_{k=1}^4 (|\bar{u}_{ik} - \mu_{ik}| + |\bar{O}_{ik} - \Theta_{ik}| + |\bar{\pi}_{ik} - \pi_{ik}|) = 0,0937$$

olarak bulunmuş ve  $0,0937 < 0,1$  eşitsizliğini sağladığı için matris tutarlı hale gelmiştir.

Aynı işlemler K1( $\mu$ ), K2( $\mu$ ), K3( $\mu$ ) ve K4( $\mu$ ) uygulanmış ve sırasıyla 0,02244, 0,2222, 0,02139 ve 0,09863 olarak bulunmuştur. Böylece tüm matrisler tutarlı hale getirilmiş ve 5.aşamaya geçilmiştir.

#### 5.Aşama: Her bir sezgisel tercih ilişki matrisinin öncelik ağırlığı olan $\omega$ değerinin hesaplanması.

Her bir sezgisel tercih ilişki matrisinin öncelik ağırlığı  $\omega$  olan değeri denklem 9'da belirtilen değerlerin yerine koyulmasıyla matrislerin öncelikli ağırlıkları hesaplanmıştır. Kriterler arası sezgisel ilişki matrisi için işlemler uygulamalı olarak gösterilecektir. Tablo 16'da tutarlı K( $\mu$ ) matrisi oluşturulmuştur.

**Tablo 16: Kriterler Arası Tutarlı Sezgisel İlişki Matrisi**

K( $\mu$ )	K1	K2	K3	K4
K1	0,50	0,25	0,33	0,07
K2	0,55	0,50	0,60	0,21
K3	0,23	0,20	0,50	0,15
K4	0,58	0,27	0,60	0,50

Daha sonra tablodaki hücreler, denklem 9'da formülizasyon da yerine koyularak matrisin öncelik değeri hesaplanmıştır:

$$W_i = \left( \frac{\sum_{k=1}^4 \mu_{ik}}{\sum_{i=1}^4 \sum_{k=1}^4 (1-\theta_{ik})}, 1 - \frac{\sum_{k=1}^4 (1-\theta_{ik})}{\sum_{i=1}^4 \sum_{k=1}^4 \mu_{ik}} \right) = (0,1156, 0,6457)$$

$K\omega(\mu) = (0,1196,0,6621)$  sonucuna ulaşılmıştır. Bu işlem tüm tutarlı sezgisel ilişki matrisleri için uygulanmış ve elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Kriterler arası sezgisel ilişki matrisine göre oluşturulan ağırlıklar Tablo 17’de gösterilmiştir.

**Tablo 17: Kriterler Arası Sezgisel İlişki Matrisinin Öncelikli Ağırlıkların Hesaplanması**

K	W( $\mu$ )	W( $\nu$ )
W1	0,1156	0,6457
W2	0,1867	0,5404
W3	0,1089	0,6745
W4	0,1956	0,4915

#### 6.Aşama: Hesaplanan öncelik ağırlıklarının birleştirilmesi

Belirlenen öncelik ağırlıkları denklem 14 ve 15’te yerine koyularak ağırlıkların birleştirilmesi sağlanır. Her bir matris için uygulanan birleştirme işleminin sonuçları Tablo 18’de olduğu gibidir:

**Tablo 18: Alternatiflerin Hesaplanan Öncelik Ağırlık Değerlerinin Birleştirilmesi**

A(n)	$\mu$	$\nu$	$\pi$
A(1)	0,0499	0,1960	0,7541
A(2)	0,0638	0,1898	0,7359
A(3)	0,0570	0,0135	0,9296
A(4)	0,0422	0,0083	0,9495
A(5)	0,0289	0,0077	0,9635

#### 7.Aşama: Kriterlerin alternatifler üzerindeki etkisinin saptanarak genel ağırlığı en büyük ağırlığa sahip alternatifin belirlenmesi:

Son aşamada Tablo 18’deki değerlerden yararlanılarak değerlerin denklem 16’da yerine koyulmuş ve elde edilen sonuçlar Tablo 19’da paylaşılmıştır.

**Tablo 19: Alternatif Limanların Ağırlıklarının Oluşturulması**

P(A1)	0,8332
P(A2)	0,8126
P(A3)	0,9098
P(A4)	0,9336
P(A5)	0,9534

Tablo 19’dan elde edilen sonuçlara göre kriterler üzerinden en yüksek puana sahip alternatif tercih edilir. Alternatif 5 olan İngiltere limanı tercih edilmiştir. Daha sonra ise

limanların tercih edilmesi sırasıyla şu şekilde olmuştur: Almanya, Hollanda, Fransa ve Türkiye limanı.

### 8.Aşama: Probleme oluşturulan kriterlere yönelik veri setinin oluşturulması:

Bu aşamadan itibaren problemin çözümü için Bulanık VZA yöntemi kullanılacaktır. Problem de kullanıldığımız limanlara ait kriterlerin reel veri değerleri araştırılarak Tablo 20'ye işlenmiştir.

**Tablo 20: Limanların Kriterlerine Ait 2020 Yılı Verileri**

Limani/Özellik	Rıhtım Uzunluğu (m)	Liman Sahası(m <sup>2</sup> )	Ekipman(Vinç Adedi)	Limanlara uğrayan gemi sayıları	Elleçleme Miktarları(ton)
Fransa	1.265	902.000	6	1.426	2.119.000
Türkiye	1.092	1.276.000	8	957	1.247.000
Hollanda	2.088	2.236.000	13	2.843	2.141.000
Almanya	1.740	1.973.000	8	2.741	2.956.000
İngiltere	1.756	1.864.000	12	3.032	3.043.000

### 9.Aşama: Veri setine yönelik veri zarflama analizi uygulanarak girdi ve çıktı yönlü CCR modellerinin geliştirilmesi

Problemin bundan sonraki aşamasında BVZA yöntemlerinden biri olan CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) modeli kullanılmış ve limanların karşılaştırılmalı olarak etkinlik analizleri yapılmıştır. Girdi yönlü CCR modelinde maksimum etkinlik değerine sahip liman veya limanlar en etkin limanlar olarak belirlenecektir. Bunun için limanlara ait doğrusal programlama modelleri oluşturulacaktır. Limanların bulanıklaştırılmış veri değerleri EK 2'de gösterilmiştir. Oluşturulan tablo da limanlara ait alt ve üst sınır değerleri standart hata yardımı ile olmuştur. Oluşturulan doğrusal programlama değerlerinin sonucu LİNGO programı yardımıyla elde edilecektir. LİNGO programında girdi yönlü CCR modelinin alt sınır değerlerinin hesaplanmasına yönelik Fransa limanı örneği aşağıdaki gibidir. Bu işlemler her bir liman için uygulanmıştır.

Fransa limanı için;

$$\text{Max}=5933155 \times (U1) ;$$

$$(1446) \times (V1) + (1146223) \times (V2) + (7) \times (V3) + (1847) \times (V4) = 1;$$

$$(593315) \times (U1) - 1 \leq 0;$$

$$(4008641) \times (U1) - (1273) \times (V1) - (1520223) \times (V2) - (9) \times (V3) - (1378) \times (V4) \leq 0;$$

$$(8690511) \times (U1) - (1921) \times (V1) - (2217223) \times (V2) - (9) \times (V3) - (3162) \times (V4) \leq 0;$$

$$(24716136) \times (U1) - (2269) \times (V1) - (2480223) \times (V2) - (14) \times (V3) - (3264) \times (V4) \leq 0;$$

$$(29431643) \times (U1) - (1937) \times (V1) - (2108223) \times (V2) - (13) \times (V3) - (3453) \times (V4) \leq 0;$$

$$U1, V1, V2, V3, V4 \geq 0$$

LİNGO programında girdi yönlü üst sınır CCR modelinde değerlerin hesaplanmasında Türkiye limanı örneği ele alınmıştır. Türkiye lokasyonu limanına ait doğrusal programlama örneği aşağıdaki gibidir.

Türkiye lokasyonu limanı için:

$$\text{Max}=(14444323) \times (U1) ;$$

$$(911) \times (V1) + (1031777) \times (V2) + (7) \times (V3) + (536) \times (V4) = 1;$$

$$(14444323) \times (U1) - 1 \leq 0;$$

$$(16368837) \times (U1) - (1084) \times (V1) - (657777) \times (V2) - (5) \times (V3) - (1005) \times (V4) \leq 0;$$

$$(19126193) \times (U1) - (1559) \times (V1) - (1728777) \times (V2) - (7) \times (V3) - (2320) \times (V4) \leq 0;$$

$$(35151818) \times (U1) - (1907) \times (V1) - (1991777) \times (V2) - (12) \times (V3) - (2422) \times (V4) \leq 0;$$

$$(39867325) \times (U1) - (1575) \times (V1) - (1619777) \times (V2) - (11) \times (V3) - (2611) \times (V4) \leq 0;$$

$$U1, V1, V2, V3, V4 \geq 0$$

Aynı limanların çıktı yönlü CCR modelleri de oluşturulmuştur. Aşağıdaki örnekte İngiltere lokasyonu limanı için çıktı yönlü alt sınır değerleri kullanılarak doğrusal LİNGO modelleri oluşturulmuştur. İngiltere lokasyonu limanı için:

$$\text{Min}=(1575) \times (V1) + (1619777) \times (V2) + (11) \times (V3) + (2611) \times (V4);$$

$$(39867325) \times (U1) = 1;$$

$$(5135) \times (V1) + (1685343) \times (V2) + (48) \times (V3) + (4069) \times (V4) - (39867325) \times (U1) \geq 0;$$

$$(891) \times (V1) + (130343) \times (V2) + (16) \times (V3) + (2839) \times (V4) - (16368837) \times (U1) \geq 0;$$

$$(2535) \times (V1) + (587343) \times (V2) + (14) \times (V3) + (1822) \times (V4) - (14444323) \times (U1) \geq 0;$$

$$(186) \times (V1) + (495343) \times (V2) + (36) \times (V3) + (4037) \times (V4) - (19126193) \times (U1) \geq 0;$$

$$(1445) \times (V1) + (0) \times (V2) + (0) \times (V3) + (3065) \times (V4) - (35151818) \times (U1) \geq 0;$$

$$U1, V1, V2, V3, V4 \geq 0$$

gibidir. Üst sınıra yönelik ise Hollanda lokasyonu limanı örneği aşağıdaki gibi verilmiştir:

Hollanda lokasyonu limanı için:

$$\text{Min}=(1907) \times (V1) + (464656) \times (V2) + (16) \times (V3) + (3901) \times (V4);$$

$$(24716136) \times (U1) = 1;$$

$$(1907) \times (V1) + (1991777) \times (V2) + (12) \times (V3) + (2422) \times (V4) - (1813187) \times (U1) \geq 0;$$

$$(1084) \times (V1) + (657777) \times (V2) + (5) \times (V3) + (1005) \times (V4) - (1791187) \times (U1) \geq 0;$$

$$(911) \times (V1) + (1031777) \times (V2) + (7) \times (V3) + (536) \times (V4) - (919187) \times (U1) \geq 0;$$

$$(1559) \times (V1) + (1728777) \times (V2) + (7) \times (V3) + (2320) \times (V4) - (2628187) \times (U1) \geq 0;$$

$$(1575) \times (V1) + (1619777) \times (V2) + (11) \times (V3) + (2611) \times (V4) - (2715187) \times (U1) \geq 0;$$

$$U1, V1, V2, V3, V4 \geq 0 \text{ gibi modellenmiştir.}$$

#### **10.Aşama: LINGO programı yardımıyla problem bazında CCR modellerinin sonuçlarının belirlenmesi**

Bu aşamada modellenen doğrusal programlama sonuçları LINGO programı yardımı ile belirlenmiştir. Program yardımı ile girdiye yönelik alt-üst sınır CCR modeli ile etkinlik skorları ölçülmüş ve Tablo 21’de olduğu gösterilmiştir:

**Tablo 21: Girdiye yönelik BVZA sonuçları**

LİMANLAR	ETKİNLİK SKORLARI	
	ALT SINIR	ÜST SINIR
Fransa	0,290	0,562
Türkiye	0,238	0,691
Hollanda	0,582	1,000
Almanya	1,000	1,000
İngiltere	0,854	0,947

Çıktıya yönelik belirlenen alt ve üst sınıra ait CCR modelinin sonuçları Tablo 22’de olduğu gibi belirtilmiştir.

**Tablo 22: Çıktıya Yönelik BVZA Sonuçları**

LİMANLAR	ETKİNLİK SKORLARI	
	ALT SINIR	ÜST SINIR
Fransa	1,776	3,438
Türkiye	1,446	4,201
Hollanda	1,000	1,715
Almanya	1,000	1,000
İngiltere	1,170	1,055

### 11.Aşama: En etkin skora sahip alternatif veya alternatiflerin seçilmesi

Tablo 21’de belirtilen değerlere göre girdiye yönelik BVZA sonuçları 0 ile 1 arasında değişkenlik göstermektedir. Girdiye yönelik alt sınır etkinlik skorunda en etkin liman olarak Almanya limanı seçilmiştir. Üst sınır etkinlik skoruna göre ise en etkin limanlar Almanya ve Hollanda limanları olarak belirlenmiştir.

Tablo 22’de ise çıktıya yönelik etkinlik skorları hesaplanmıştır. Çıktıya yönelik alt sınır etkinlik skorunda en etkin limanlar Hollanda ve Almanya olurken, üst sınır değerlerine göre ise en etkin liman Almanya limanı olmuştur.

### 3.3.3. İstatistiksel Analiz

Bu bölümde duyarlılık analizi yardımıyla incelenen veriler temelinde elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Duyarlılık analizi sonuçlarına LİNGO programı aracılığıyla ulaşılmıştır.

### 3.3.3.1. Duyarlılık Analizinin Problem Üzerinde Elde Edilen Değerleri ve Değerlerin Yorumlanması

Duyarlılık analizi, optimum çözümlü bulun bir doğrusal programlama modelidir, modeldeki parametrelerin çözümlü nasıl etkilediklerinin belirlenmesine yönelik bir analiz yöntemidir. Oluşturulan modeldeki katsayıların kesin olmadığı durumlarda ve daha sonraki çalışılan dönemlerde değişime uğrayacak olan kriter değerlerinin optimum çözümlü ne gibi etki yaratacağı bu analiz yöntemiyle belirlenebilmektedir. Duyarlılık analizinde asıl amaç; fonksiyon ve kısıtlı katsayılarındaki değer değişiklikleri ile bir değişkenin ve yeni bir kısıtlı eklenmesi durumunda oluşabilecek optimum çözümlü bulmayı hedefler. Duyarlılık analizinde bu gibi oluşabilecek durumlarda yeniden çözümlü gidilmeden değişikliğin etkisinin optimal çözümlü incelenmesi sağlanır.

Bu bölümde LINGO programı ile elde edilen optimum çözümlü meydana gelebilecek herhangi bir değişikliğin amaç fonksiyonu ve katsayılar üzerindeki etkileri incelenecektir. Bunun için VZA’da elde edilen sonuçlar kullanılacaktır. 4 adet girdi ve 1 adet çıktıya sahip beş adet karar verme biriminin duyarlılık analizi yapılacaktır. Duyarlılık analizi sonuçlarında Tablo 23’te belirtilen değişkenlerin hangi girdi ve çıktı oldukları aşağıdaki tabloda açıklanmıştır.

**Tablo 23: Duyarlılık Analizinde Kriterler İçin Kullanılan Değişkenler**

U1	Elleçlenen konteyner sayısı
V1	Rıhtım uzunluğu
V2	Liman sahası
V3	Ekipman (vinç) adedi
V4	Limana uğrayan gemi sayısı

Öncelikle girdiye yönelik CCR modelinde kullanılan karar verme birimlerine ait alt sınır değerleri EK 2’de gösterilmiştir. Bu belirlenen alt sınır verileri ile Fransa limanına yönelik oluşturulan duyarlılık analizi sonuçları Tablo 24’te belirtilmiştir. Girdiye yönelik elde edilen sonuçlarda etkin olmayan 4 adet liman incelenecektir.

**Tablo 24: Fransa limanına ait alt sınır değerleri duyarlılık analizi sonuçları (Girdi yönlü)**

Objective Coefficient Ranges:			
Variable	Current Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
U1	5933155	INFINITY	5933155
V1	0	INFINITY	94.31
V2	0	109372.5	INFINITY
V3	0	5.92	INFINITY
V4	0	132.28	INFINITY

Righthand Side Ranges:			
Row	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease
2	1	2.43	1
3	1	INFINITY	0.70
4	0	INFINITY	1.43
5	0	INFINITY	0.30
6	0	0.86	INFINITY
7	0	INFINITY	1.17

Duyarlılık analizi yardımıyla amaç fonksiyonundaki değişkenin katkısı ile, elde edilen değerlerin en iyi çözümünü değiştirmeden ne kadar arttırılabileceğinin veya azaltılabileceğinin belirlenmesi sağlanır. Şekil 20’de elde edilen sonuçlar değişkenlerin ve kaynakların duyarlılık aralıklarının bulunmasını sağlamıştır. Elde edilen modelin çözümünde Fransa limanına ait amaç fonksiyonundaki çıktı katsayısı 5933155 birim azaltılabilir ve sınırsız düzeyde değeri arttırılabilir. Aksi takdirde bu aralığın dışında kalan bölgelerde optimum çözüm değeri değişecektir (çözümüne girenler = sayısal değer alanlar, çözüme girmeyen katsayılar için değeri 0 alanlar değişecektir). Yani çıktı olan U1’in katsayısı,  $[0, \infty]$  aralığında değiştiği sürece elde edilen en iyi değişken değerleri ve bu değerlerin optimum çözümde aldıkları değerler değişmeyecektir. Bu durumda, karar verme birimlerinin etkinliği değişmez. Eğer bu değer aralığının dışına çıkılır ise amaç fonksiyonu değeri U1’in katsayısına bağlı olarak değişir. Diğer bir değişken olan V2’in katsayısının yani “liman sahası” kriterinin 109372,5 birimlik azalışında ve sonsuz birimde artışının olması durumunda etkinliğini değişmesine katkı sağlamayacaktır. V2 kriterinin katsayısının  $\infty$  çıkması, girdi 2 değerinin artışa karşı duyarsız olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle V2 kriterinde meydana gelen artışlar Fransa limanında belirlenen etkinliği değiştirmeyecektir. Diğer limanlara ait alt sınır duyarlılık analizi sonuçları Tablo 25’teki gibidir.



**Tablo 25: Alt Sınır Değerlerine Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları (Girdi Yönlü)**

	U1		V1		V2		V3		V4	
	Artış	Azalış	Artış	Azalış	Artış	Azalış	Artış	Azalış	Artış	Azalış
Türkiye	Sınırsız	400864	500,17	Sınırsız	214236	Sınırsız	4,82	Sınırsız	Sınırsız	311,8
Hollanda	Sınırsız	869051	Sınırsız	576,9	492023	Sınırsız	25,3	Sınırsız	1468,1	Sınırsız
İngiltere	Sınırsız	0,29	2720,9	Sınırsız	163880	Sınırsız	41,4	Sınırsız	Sınırsız	1944,4

Fransa limanının girdiye yönelik üst sınır modeli Tablo 26'da olduğu gibi gösterilmektedir.

**Tablo 26: Fransa limanına üst sınır değerleri duyarlılık analizi sonuçları (Girdi yönlü)**

Objective Coefficient Ranges:			
Variable	Current Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
U1	0.16	INFINITY	0.16
V1	0	114.97	85.21
V2	0	37635.10	INFINITY
V3	0	6.65	INFINITY
V4	0	271.23	253.007

Righthand Side Ranges:			
Row	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease
2	1	0.77	1
3	1	INFINITY	0.43
4	0	INFINITY	1.53
5	0	0.48	0.83
6	0	0.99	0.89
7	0	INFINITY	2.78

Girdiye yönelik üst sınır modelinde ise örnek olarak V3 kriterinin yani ekipman(vinç) adedindeki değişmelerin amaç fonksiyonuna olan etkisi incelenecektir. İncelenen duyarlılık analizi sonuçlarında Fransa limanına ait vinç sayısında sonsuz sayıda azalma ve 6,65 birimlik artış aralığında üst sınır değerinin optimum sonucunun değişmediği gözlenmektedir. Yani [0-21,65] aralığında etkinlik değerine katkısı bulunmamaktadır. Bir diğer kriter olan limana uğrayan gemi adedi miktarındaki değişmelerin V4 de etkinlik değerine etkisi bulunmaktadır. Yukarıdaki V4 değerinin izin verilebilir artış-azalış aralığında belirlenen bulanık üst sınır değerleri oluşturulan aralıkta optimum çözümün ve

çözümdeki en iyi değişkenlerin değişmemesini sağlayacaktır. Diğer limanlara ait duyarlılık analizi sonuçları Tablo 27'deki gibidir:

**Tablo 27: Üst Sınır Değerlerine Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları (Girdi Yönlü)**

	U1		V1		V2		V3		V4	
	Artış	Azalış	Artış	Azalış	Artış	Azalış	Artış	Azalış	Artış	Azalış
Türkiye	Sınırsız	0,144	1282,12	Sınırsız	406015	Sınırsız	9,677	Sınırsız	Sınırsız	921,1
Hollanda	Sınırsız	Sınırsız	0	546,26	0	Sınırsız	0	Sınırsız	11802,46	0
İngiltere	Sınırsız	0,398	2747,7	Sınırsız	1439771	Sınırsız	40,57	Sınırsız	Sınırsız	2176,8

Analizin ikinci kısmı ise sağ taraf sabitlerine göre duyarlılık analizinin sonuçlarıdır. Bu kısımda her bir kısıtın sağ taraf sabit değeri ve çözümde kullanılan en iyi kriter değerini değiştirmemek amacıyla bu değer ne kadar azaltılıp arttırılabileceği belirtilmiştir. Örnek olarak Şekil 3.'te gösterilen 3. kısıtın sağ taraf sabit değeri 1'dir. Bu değer sonsuz sayıda azaltılıp 0,437 birimlik değerde de arttırılabilir. Yani  $(\infty-1,437]$  aralığında değiştiğinde en iyi çözüm değerleri değişmez ama değişikliklerle beraber belirlenen değişken değerlerinin optimum çözümde aldıkları değerler ve en optimum çözüm değeri değişir.

Bundan sonraki kısımda ise çıktıya yönelik CCR modelinde kullanılan alt-üst sınır bulanık değerlerinin duyarlılık analizleri incelenecektir. Bunun için örnek olması adına yine Fransa limanı üzerinden belirlenen değerlerin duyarlılık analizi sonuçları yorumlanacaktır. Fransa limanına ait çıktı yönlü alt sınır duyarlılık analizi sonuçları Şekil 4.'teki gibidir. Bu sonuçlardan yola çıkılarak V4 kriteri yani "limana uğrayan gemi sayısı" incelenecektir. Duyarlılık analizi sonucunda değişkene ait izin verilebilir azaltılma miktarı 477,34 birim, arttırılabilir miktar ise 453,92 olarak belirlenmiştir. [2385,08-3316,35] aralığında limana uğrayan gemi sayısı değişse bile oluşturulan doğrusal program modelinde değişme gerçekleşmez (çözüme giren değişkenler). Hedef katsayılarının bu aralıkların dışına çıkması durumunda amaç fonksiyonundaki diğer değişkenlere ait değerlerin değişimi gerçekleşir. Bu durumda değişkenler için yeniden hesaplama yapılması gerekebilir.

**Tablo 28: Fransa Limanına Alt Sınır Değerleri Duyarlılık Analizi Sonuçları (Çıktı Yönlü)**

Objective Coefficient Ranges:			
Variable	Current Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
V1	891.0	169.57	178.32
V2	130343.0	INFINITY	66810.89
V3	16.0	INFINITY	11.38
V4	2839.0	477.34	453.92

Righthand Side Ranges:			
Row	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease
3	1.0	0.77	INFINITY
4	0.88	2.72	INFINITY
5	1.16	1.66	0.81
6	2.14	5.04	1.0051
7	2.43	4.95	INFINITY

Çıktı yönlü alt sınır değerlerine yönelik oluşturulmuş tablo ise aşağıda verilmiştir.

**Tablo 29: Alt Sınır Değerlerine Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları (Çıktı Yönlü)**

	V1		V2		V3		V4	
	Artış	Azalış	Artış	Azalış	Artış	Azalış	Artış	Azalış
Türkiye	Sınırsız	1676,02	Sınırsız	587343	Sınırsız	14	3555,007	1822
Hollanda	1717,251	0	Sınırsız	0	Sınırsız	0	0	3642,474
İngiltere	Sınırsız	3216,662	Sınırsız	1685343	Sınırsız	48	6822,886	4069

Çıktı yönlü üst sınır değerine ilişkin Fransa limanına ait duyarlılık analizi şöyledir:

**Tablo 30: Fransa Limanına Üst Sınır Değerleri Duyarlılık Analizi Sonuçları (Çıktı Yönlü)**

Objective Coefficient Ranges:			
Variable	Current Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
V1	2620.0	370.11	2620.0
V2	759657.0	INFINITY	376103.5
V3	34.0	INFINITY	20.7
V4	3675.0	INFINITY	454.8

Righthand Side Ranges:			
Row	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease
3	1.0	2.43	INFINITY
4	0.67	4.92	INFINITY
5	1.46	1.04	INFINITY
6	4.16	INFINITY	1.73
7	4.96	4.04	INFINITY

Yukarıdaki bölümlerde değerlere yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Bu kısımda ise doğrusal programda kullanılan kısıtların sağ taraf değerleri incelenecektir. Örnek olarak kısıt 3 değerlendirilecek olursa kısıta ait mevcut sağ taraf değeri 1 olarak görülmektedir.

Oluşturulan doğrusal modellemede kısıta yönelik 2,438 birimlik artışta veya sınırsız düzeyde azalma meydana gelmesi durumunda oluşturulan tablo geçerli olacaktır. Aksi takdirde kısıt fonksiyonun ne kadar değişeceği konusunda yeterince bilgi sahibi olunamamaktadır. Diğer limanlara ait üst değerleri duyarlılık analizleri şöyledir:

**Tablo 31: Üst Sınır Değerlerine Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları (Çıktı Yönlü)**

	V1		V2		V3		V4	
	Artış	Azalış	Artış	Azalış	Artış	Azalış	Artış	Azalış
Türkiye	Sınırsız	2101,351	Sınırsız	900056,2	Sınırsız	21,098	2582,663	2658
Hollanda	2049,856	1915	Sınırsız	844310,6	Sınırsız	43.346	Sınırsız	2519,372
İngiltere	Sınırsız	2873,108	Sınırsız	1730412	Sınırsız	42,62	3531,189	4905

## SONUÇ

Limanlar 21. yüzyılda yaşanan dijitalleşme ile birlikte geleneksel işleyişlerinden sıyrılmışlardır. Dünya denizyolu ticaretinin diğer taşıma türlerine göre kapasite üstünlüğünün olması liman rekabetini ortaya çıkarmış ve bunun sonucunda liman verimliliği kavramı önemli bir olgu haline gelmiştir.

Günümüz koşullarında kaynakların maksimum verimlilikle kullanılması işletmeler üzerinden belirlenen performans ölçütlerini önemli düzeyde etkilemektedir. Bu durum liman işletmeleri açısından rekabeti arttırmakta ve kaynaklarını optimum düzeyde kullanan limanların avantajlı bir konumda olmasını sağlamaktadır. Liman işletmelerinin sınırlı kaynaklar üzerinde en fazla faydayı sağlayacak olan ihtiyaçlarını doğru bir şekilde tespit etmesi ve önceliklendirmesi karar verme kavramı içinde değerlendirilmektedir. Liman işletmelerinde sıklıkla karar alma problemleriyle karşılaşmakta ve bu problemlerin kısıtlı kaynaklar ile çözülmesi hedeflenmektedir. Belirlenen limanlar içerisinde en etkili limanın seçilebilmesi için değerlendirilmek üzere birden çok kriter ele alınmıştır. Kriter sayısının artması etkin limanın seçilmesini daha da zorlaştırmaktadır. ÇKKV yöntemlerinden olan AHP, kriterler üzerinden en etkin limanın seçiminin yapılabilmesinde çözüm aracı olmuştur. AHP'nin bulanık ortamda kullanılması dilsel ifadelerin belirli kalıplar altında daha rahat bir şekilde ifade edilebilmesine olanak sağlamıştır. Limanlara ait ortak kriterlerin belirlenmesinde alanında uzman kişilerin görüşleri alınmış ve görüşler neticesinde limanlar üzerinde etkin 4 adet önemli olan kriter belirlenmiştir. Bu kriterlerin 5 adet Avrupa lokasyonlu limanın üzerindeki etkileri bulanık sayılar yardımıyla sentez edilmiş ve etkin liman olan İngiltere limanı tercih edilmiştir. Bu sonuçla birlikte karar vericiye alternatifler arasında seçim yapılmasını sağlayacak değerler elde edilmiştir ve uygun sonuçlar ile birlikte limanların kriterler açısından etkinliklerinin kıyaslanması sağlanmıştır.

Daha sonra belirlenen kriterlerin her bir limana ait 2020 yılı verileri araştırılmıştır. Liman işletmelerinin kriterlere ait veri değerlerini ne derecede etkin kullandıkları Bulanık VZA ile incelenmiştir. BVZA'da kullanılmak üzere dört adet girdi ve bir adet çıktı belirlenmiştir. Liman etkinliklerinin sonuçları girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere alt ve üst sınır değerleri CCR modeli yardımıyla belirlenmiştir. Belirli aralıklı değerler varsayımı altında girdiye yönelik alt sınır etkinlik analizinde Almanya limanı, üst sınır

değerlerinde ise Almanya ve Hollanda limanlarının belirlenen kriterler üzerinde en etkin limanlar oldukları saptanmıştır. Çıktıya yönelik alt sınır etkinlik analizinde Almanya ve Hollanda limanları en etkin olurken, üst sınır etkinlik analizinde ise en etkin liman Almanya limanı olmuştur. Veri değerleri üzerinde etkin seçilen limanlar kaynak büyüklüğünü gerçekleştirecek uygun aralıklar seviyesinde yer almışlardır. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere etkinlik skorları düşük olan liman işletmelerinin, etkinliği yüksek olan limanların kaynak verilerini göz önünde bulundurarak kaynaklarını makul bir seviyede düzenleme getirmelidirler. Kaynak iyileştirmeleri için liman işletmeleri etkin olmayan kaynakları tespit etmeli ve tespit edilen kaynakların üzerinde odaklanılması gerekmektedir.

Mevcut literatür incelendiğinde liman verimliliğini etkileyen pek çok kriterin olduğu açıktır. Ancak, limanlar arasındaki rekabetten dolayı liman işletmeleri verilerini ticari sır olarak saklamaktadır. Bu nedenle kriter sayısı 4 ile sınırlı kalmıştır. Bilindiği üzere Dünya'daki birçok limanda verimlilik analizleri kullanılmaktadır. Takip eden çalışmalarda, bu çalışmadaki verimlilik analizinde belirlenen her bir kriter başlığı tek tek alt kriterleri belirlenerek, iki aşamalı bulanık tabanlı model geliştirilebilir. Verimlilik analizi yapmak isteyen liman işletmelerine ise böyle bir çalışma, kısıtlara bağlı kalmadan birçok değişkeni kullanarak spesifik sonuçlar elde etmeleri noktasında yol gösterici olacaktır.

## KAYNAKÇA

- AGV *Automatic Guided Vehicle* (2021). Erişim adresi: <https://www.nauticexpo.com/prod/konecranes/product-30447-521552.html> (Erişim tarihi: 27/10/2021)
- Alderton, P. (2008). *Lloyd's Practical Shipping Guides: Port Management and Operations* (3. Baskı). Londra, Informa Law from Routledge.
- Anderson, Christopher M., Park, Yong-An, Chang, Young-Tae, ... Luo, Meifeng. (2008). A Game-Theoretic Analysis Of Competition Among Container Port Hubs: The Case Of Busan And Shanghai, *Maritime Policy & Management*, 35(1), 5–26.
- Akten, N. (1997). *Deniz Taşımacılığında Taşıyıcı- Yükleyici İlişkileri ve Yükleyicilerin Ekonomik Çıkarlarının Korunması*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arslankaya, S., & Göraltay, K. (2019). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Güncel Yaklaşımlar*. Ankara: İksad Yayınevi.
- Ateş, A., Karadeniz, Ş. & Esmer S., (2010). Dünya Konteyner Taşımacılığı Pazarında Türkiye'nin Yeri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 2(2), 87-88.
- Ballı, S. (2005) *Fuzzy Çok Kriterli Karar Verme ve Basketbolda Oyuncu Seçimine Uygulanması*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Muğla Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Bayraktutan, Y., & Özbilgin, M. (2013). Limanların Uluslararası Ticarete Etkisi ve Kocaeli Limanlarının Ülke Ekonomisindeki Yeri. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26, 15.
- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Bender, M., & Simonovic, S. (2000). A Fuzzy Compromise Approach to Water Resource Systems Planning under Uncertainty, *Fuzzy Sets and Systems*, 115(1), 36.
- Bichou K., & Gray R. (2004). A Logistics And Supply Chain Management Approach To Port Performance Measurement. *Maritime Policy & Management*, January–March 2004, 31(1), 54.
- Bircan, H. (2011). Veri zarflama analizi ile Sivas ili merkez sağlık ocaklarının etkinliğinin ölçülmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1), 331-347.

- Budak, S. N. (2014), *PROMETEE ve ANP Çok Kriterli Kara Verme Yöntemleri: Ankara Sağlık Bakanlığı Hastanelerinde Uygulama*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Büyüközer, A.A. (2006), *Konteyner Terminali Planaması ve Kapasite Analizi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Brauers, W. K. M., & Zavadkas, E. K. (2006). The MOORA Method and its Application to Privatization in a Transition Economy. *Control and Cybernetics, Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences*, 35(2), 449.
- Carbone, V. & De Martino, M. (2003). The Changing Role Of Ports in Supply Chain Management: An Emprical Analysis. *Maritime Policy & Management*, 30 (4), 305-320.
- Chakraborty, S. (2011). Applications Of The MOORA Method For Decision Making in Manufacturing Enviroment. *The International Journal Of Advenced Manufacturing Technology*, 54(9), 1155- 1166.
- Chen, C. C., Tseng, M. L., Lin, Y. H., & Lin, Z. S. (2010, Aralık). *Implementation of Green Supply Chain Management In Uncertainty*. In Proceedings of International Conference on IE&EM, Xiamen.
- Chlomodis, C. I., & Pallis, A. A. (2002). European Union Port Policy. *Edward Elgar*. Cheltenham,UK., 17.
- Cong, L., Zhang, D., Wang, M., Xu, H. & Li, L. (2020) The role of ports in the economic development of port cities: Panel evidence from China. Elsevier. *Transport Policy*, 90(1), 13–21
- Container Straddle Carrier*, Erişim adresi: <https://www.nauticexpo.com/prod/konecranes/product-30447-189112.html> (Erişim tarihi: 27/10/2021)
- Çağlar, V., Esmer, S. & Bilgin, A. (2015, Kasım). *Mega Konteyner Gemilerinin Tedarik Zinciri ve Limanlar Üzerindeki Etkileri*. II. Ulusal Liman Kongresi, İzmir.
- Çağlar, V. (2012), *Türk Özel Limanlarının Etkinlik ve Verimlilik Analizi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Çelebi, T. (2006). *Trabzon, Rize ve Hopa Limanlarında Kapasite ve Verimlilik Analizleri*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dağdeviren M., Eraslan E., & Kurt M. (2007, Temmuz). *Makina Seçimi Problemi için TOPSIS, AHP, ELECTRE ve PROMETHEE Yöntemleri ile Karşılaştırmalı Bir*



*Analiz. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı. İzmir.*

Dağdeviren, M., Akay, D. & Kurt, M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(2)*, 131-138.

Dinçer, H., & Görener, A. (2011). Analitik Hiyerarşi Süreci ve Vikor Tekniği ile Dinamik Performans Analizi: Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 10(19)*, 109-127.

Duncan, W. J. (1978). *Essentials of Management*. Illinois: The Dryden Press.

Emecen E. G., & Heydarova F. (2008, Kasım). *Container Terminal Operations and Operations Planning*. 6. Uluslararası Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, İstanbul.

*Empty Container Handler*, Erişim adresi: <https://www.nauticexpo.com/prod/hoist-liftruck-mfg-inc/product-26201-218994.html> (Erişim tarihi: 27/10/2021)

Ekin, N. (2011), *Ultimate Size of The Containership*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Elmas Ç. (2003). *Bulanık Mantık Denetleyiciler*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Eröztürk, S. E. (1985). *Deniz Taşımacılığında Acenteliğe Başlarken*. İstanbul: D. B. Deniz Nakliyatı T.A.Ş. Yayınları, İstanbul.

Erkmen, T., & Özkaynak, S. (2015, Kasım). *Liman İşletmeciliğinde Sürdürülebilir Liman Ekonomisi Stratejisi*, II. Ulusal Liman Kongresi, İzmir.

Ertuğrul, İ. (2007). Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bir Tekstil İşletmesinde Makine Seçim Problemi. *H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 25(1)*, 175.

Ertuğrul, İ. (1996). *Bulanık Mantık ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

Esedoğlu, E. (2005). *Konteyner Taşımacılığında Yeni Bir Konteyner Hattı Açma Analiz ve Uygulaması*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Erdal, M., (2008). *Konteyner Deniz ve Liman İşletmeciliği*. İstanbul: Beta Yayıncılık.

Esmer, S. (2009). *Konteyner Terminallerinde Lojistik Süreçlerin Optimizasyonu ve Bir Simulasyon Modeli*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi) Dokuz Eylül Üniversitesi/Denizcilik Fakültesi, İzmir.

Esmer, S. (2019). *Liman ve Terminal Yönetimi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını.

- Fulser, B. (2015). *Kombine Taşımacılık ve Türkiye Uygulamaları*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gantry Crane, [https://www.nauticexpo.com/prod/konecranes/product-30447-189113.html#product-item\\_189110](https://www.nauticexpo.com/prod/konecranes/product-30447-189113.html#product-item_189110) (27.10.2021)
- Goumas, M., & Lygerou, V. (2000), An Extension of the PROMETHEE Method for Decision Making in Fuzzy Environment: Ranking of Alternative Energy Exploitation Projects. *European Journal of Operational Research*, 123, 607
- Göksu, A., & Güngör İ. (2008) Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13 (3), 2-3
- Güneş, H., & Esmer, S. (2016). Liman Merkezli Lojistik: Ege Bölgesi için Bir Değerlendirme. *Journal of ETA Maritime Science*. 4(4), 303-304
- Günther H. O., & Kim K. H. (2006). Container Terminals and Terminal Operations, *OR Spectrum* 28(4), 437-445.
- Hatiboğlu, Z. (1994). *İşletme Yöneticiliğine Giriş*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Heaver, T. D., Meersman, H. & Van de Voorde, E. (2001). Co-operation and Competition in International Container Transport Strategies for Ports. *Maritime Policy & Management*, 28(3), 293-306.
- Institute of Chartered Shipbrokers. (2010). *Port and Terminal Management*. Scotland: Witherby Publishing., Scotland.
- Kahriman, C. (2011). *Konteynir Terminallerinde Operasyonel Planlama Süreç Analizi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kara, G. (2010), Liman ve Terminaller, Konteyner Limanları-Yükleme Boşaltma Araçları, İstanbul Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi, 22-25-28-30-31
- Karaca, Y. (2011). *Çok Kriterli Karar Verme Metotları ve Analitik Hiyerarşi Süreci İle Matematik Eğitimi Alanında Bir Uygulama*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bozok Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yozgat.
- Karakaya, K. (2003). *İstanbul Boğazı'ndan Geçen Gemilerin Emniyetli Geçişinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanarak Analizi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Koçel, T. (2003). *İşletme Yöneticiliği*. İstanbul: Beta Yayınları, İstanbul.

- Kia, M. (1997). *Large and fast containership and the perspective of Australian ports*. Proceedings of 13th Australasian Coastal and Ocean Engineering Conference and 6th Australasian Port and Harbour Conference, New Zealand.
- Kia, M., Shayan, E. & Ghotb, F. (2000). The importance of information technology in port terminal operations. *Swinburne University of Technology, Melbourne, Australia, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 30(3/4)*, 331-344.
- Konteyner (2021). Erişim adresi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Konteyner> (Erişim tarihi: 2/11/2021)
- Liman Ekonomisi ve Kalkınmadaki Rolü; Singapur Limanı. (2020). Erişim adresi: <https://www.denizhaber.com/liman-ekonomisi-ve-kalkinmadaki-rolu-singapur-limani-makale,101267.html> (Erişim tarihi: 10/10/2020)
- Limancılık Genel Durum Tespiti: Amiral Hakan Eraydın (2016). Erişim adresi: <http://kudenfor.ku.edu.tr/wp-content/uploads/2016/01/Limanc%C4%B1%C4%B1k-Genel-Durum-Tespiti.docx> (Erişim tarihi: 26/10/2020)
- List Of Largest Container Ships (2020). Erişim adresi: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_largest\\_container\\_ships](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_largest_container_ships) (Erişim tarihi: 3/05/2020)
- Lai Y. J., & Hwang C. L. (1996). *Fuzzy Multiple Objective Decision Making*, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Menteş, A. (2000). *Manevra ve Sevk Sistemi Seğiminde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Merk, O., Ducruet, C., Dubarle, P., Haezendonck, E., & Dooms, M., (2011). The competitiveness of global port-cities: the case of the seine Axis (le havre, rouen, paris, caen), France. In: *OECD Regional Development Working Papers*, 7, 59
- Mobile Harbour Crane, (2021). Erişim adresi: <https://www.liebherr.com/en/deu/products/maritime-cranes/port-equipment/mobile-harbour-crane/details/lhm280.html#lightbox> (27.10.2021)
- OECD. (2012). *Strategic Transport Infrastructure Needs to 2030*. Paris: OECD Publishing.
- Organ, A., & Kenger, M. D. (2018). Bütünleşik Bulanık AHP-Bulanık MOORA Yaklaşımının Market Personeli Seçimi Problemine Uygulanması. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6, 271-280.

- Oruç, K.O., & Güngör, İ., (2010). Bulanık Veri Zarflama Analizi modellerinin karşılaştırılması: sınırlandırılmış veriler için. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15/2, 417-442.
- Özkan Özen, Y. D. & Koçak, A., (2017). Bulanık Analitik Hiyerarşi ve Bulanık Dematel Yöntemleri Kullanılarak Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılım Seçimi ve Değerlendirilmesi. *Yönetim ve Ekonomi*, Cilt:24(3), 929-957.
- Paksoy, S. (2017). *Çok Kriterli Karar Vermede Güncel Yaklaşımlar*. Adana: Karahan Kitabevi.
- Paixao, A.C., & Marlow, P.B. (2003). Fourth Generation Ports – a question of agility, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33(4), 360.
- Performance Measure*, (2020). Erişim adresi: <http://www.businessdictionary.com/definition/performance-measure.html> (Erişim tarihi: 27/04/2020)
- Petering, M.E.H., & Murty, K.G. (2009). Effect of Block Length and Yard Crane Deployment Systems on Overall Performance at A Seaport Container Transshipment Terminal. *Computers and Operations Research*, 36, 1712
- Port Economics, Management and Policy*, (2020). Erişim adresi: <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/introduction/seaports-economic-value/> (Erişim tarihi: 5/05/2021)
- Port Economics, Management and Policy*, (2020). Erişim adresi: [https://porteconomicsmanagement.org/?page\\_id=165](https://porteconomicsmanagement.org/?page_id=165) (Erişim tarihi: 2/03/2020)
- Port Economics, Management and Policy*, (2020). Erişim adresi: [https://porteconomicsmanagement.org/?page\\_id=147](https://porteconomicsmanagement.org/?page_id=147) (Erişim tarihi: 21/01/2020)
- Port Economics, Management and Policy*, (2020). Erişim adresi: <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part5/inter-port-competition/> (Erişim tarihi: 12/03/2020)
- Polat, D. Ş. (2000). *Askeri Helikopter Alımı Problemine Analitik Hiyerarşi Metodu ile Bir Yaklaşım*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü/Yüksek Lisans Tezi ,Ankara.
- Psaraftis, H. (2005). EU Ports Policy: Where Do We Go From Here? *Maritime Economics and Logistics*, 7(1), 73-82.
- Rail Mounted Gantry Cranes*, Erişim adresi: <https://www.liebherr.com/en/deu/products/maritime-cranes/port-equipment/rail-mounted-stacking-cranes/rail-mounted-gantry-cranes.html#lightbox>, (Erişim tarihi: 27/10/2021)

Rao, T. V. (2004). *Performance Management and Appraisal Systems: HR Tools for Global Competitiveness*. New Delhi: SAGE Publications.

*Reach-stacker with top-lift spreader*, Erişim adresi: <https://www.nauticexpo.com/prod/cvs-ferrari/product-30627-387117.html> (Erişim tarihi: 27/10/2021).

Rouyendegh, B. D., & Erkan T. E., (2010). Ankara'da Bulunan 4 Yıldızlı Otellerin, VZA-AHS Sıralı Hibrit Yöntemiyle Etkinlik Değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12 (3), 75

*Rubber-Tired Container Stacking Crane*, Erişim adresi: <https://www.nauticexpo.com/prod/hyundai-samho-crane-division/product-30674-384215.html> , (Erişim tarihi: 27/10/2021)

Sarioğlu, Ö. (2017). *Konteyner Terminallerinde Rıhtım Vinç Operasyonlarının Simülasyon Yaklaşımı ile İyileştirilmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi /Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Adnan.

Sarioğlu, D. Ö., & Özdemir, M. (2018). Konteyner Terminalinde Rıhtım Vinç Operasyonlarının Verimliliğinin İyileştirilmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 18 (Özel Sayı), 806

Saka, M., & Çetin O. (2017, Haziran). *Konteyner Taşımacılığı İçin Yeni Bir Model Önerisi: Köseköy Kuru Limanı*, III. Ulusal Liman Kongresi, İzmir.

Sengupta, Jati K. (1992). A Fuzzy Systems Approach in Data Envelopment Analysis. *Computers&Mathematics Applications*, 24(8/9), 259.

Soner, S., & Önüt, S. (2006). Multi-Criteria Supplier Selection: An Electre-Ahp Application. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 24(4), 111.

Steenken D., Voß, S. & Stahlbock, R. (2004). Container Terminal Operation And Operations Research A Classification And Literature Review. *OR Spectrum*, 26(1), 4-13.

Subaşı, H. (2011). *Çok Kriterli Karar Vermede Kullanılan TOPSIS ve AHP Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Şimşek, A., Çatır, O., & Ömürbek, N. (2015). Topsis ve Moora Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi: Turizm Sektöründe Bir Uygulama. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(33), 143.

Tahar, R. M., & Hussain, K. (2000). Simulation and Analysis for the Kelang Container Terminal Operations. *Logistic Information Management*, 13(1), 14-20.

- Temur, M. (2017). *Konteyner Limanlarında Performans Değerlendirmesi ve Bir Liman İşletmesinde Uygulama Örneği*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Temuçin, T. (2012). *A New C Sharp Based Hybrid Decision Support Software and An Application to Cutting Technology Selection*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Deniz Harp Okulu Komutanlığı/Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tekin, M. (2004), *Sayısal Yöntemler*, Konya: Yazarın Kendi Yayını.
- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2011). *Ulaştırma Hizmetleri, Paletler ve Konteynerler*, Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Boston: Springer.
- Tütek H. H., & Gümüšoğlu Ş. (2000). *Sayısal Yöntemler Yönetmelik Yaklaşım*. İstanbul, Beta Basım A.Ş.
- Tzeng, G.H. ve Huang, J.J., (2011). *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*. CRC Press.
- UNCTAD (2019). *Review of Maritime Transport*. Geneva: United Nations Publications.
- UNCTAD (2020). *Review of Maritime Transport*, Geneva: United Nations Publications.
- Uygur, M. (2002). *TCDD Limanlarında veri zarflama analizi ile performans ölçümü*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ünlü, N. (2006). *Hollanda Ülke Profili*. T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi.
- Valentine, V.F., & Gray, R. (2002). An Organizational Approach to Port Efficiency. *IAME Panama Conference, International Steering Committee*, 13-15.
- Vatansever, K., & Uluköy M. (2013). Kurumsal Kaynak Planlaması Sistemlerinin Bulanık Ahp Ve Bulanık Moora Yöntemleri İle Seçimi: Üretim Sektöründe Bir Uygulama. *CBÜ, Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 274-293.
- Volkan, Ç., (2012), *Türk Özel Limanlarının Etkinlik ve Verimlilik Analizi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Yalçın, S., (2005), *Konteyner Terminali Stok Sahası Optimizasyonu*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldırım, B.F., & Önder, E., (2015). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Bursa: Dora Yayınları, 2.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.

Xu Z. & Liao, H. (2014). Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 22(4), 749-761.

## EKLER

### EK 1: Kriterlere Göre Alternatifler Arası Sezgisel İlişki Matrisi

**Tablo 1. Kriterlere göre alternatifler arası sezgisel ilişki matrisi**

K3( $\mu$ )	A1	A2	A3	A4	A5	K4( $\mu$ )	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0,5	0,6	0,3	0,55	0,55	A1	0,5	0,25	0,4	0,55	0,8
A2	0,3	0,5	0,25	0,6	0,6	A2	0,6	0,5	0,55	0,7	0,8
A3	0,65	0,65	0,5	0,6	0,65	A3	0,55	0,3	0,5	0,4	0,75
A4	0,35	0,3	0,2	0,5	0,5	A4	0,4	0,1	0,3	0,5	0,65
A5	0,2	0,25	0,3	0,5	0,5	A5	0,25	0,3	0,2	0,4	0,5

**Tablo 2. Kriterlere göre alternatifler arası sezgisel ilişki matrisi**

K3( $\bar{\Theta}$ )	A1	A2	A3	A4	A5	K4( $\bar{\Theta}$ )	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0,5	0,3	0,45	0,35	0,3	A1	0,5	0,55	0,5	0,3	0,15
A2	0,6	0,5	0,65	0,2	0,3	A2	0,25	0,5	0,35	0,1	0,2
A3	0,2	0,25	0,5	0,3	0,3	A3	0,15	0,35	0,5	0,25	0,15
A4	0,55	0,6	0,7	0,5	0,4	A4	0,5	0,7	0,65	0,5	0,2
A5	0,6	0,4	0,6	0,35	0,5	A5	0,7	0,6	0,5	0,55	0,5

**Tablo 3. Kriterlere göre alternatifler arası sezgisel ilişki matrisi**

K3( $\pi$ )	A1	A2	A3	A4	A5	K4( $\pi$ )	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0	0,1	0,25	0,1	0,15	A1	0	0,2	0,1	0,15	0,05
A2	0,1	0	0,1	0,2	0,1	A2	0,15	0	0,1	0,2	0
A3	0,15	0,1	0	0,1	0,05	A3	0,3	0,35	0	0,35	0,1
A4	0,1	0,1	0,1	0	0,1	A4	0,1	0,2	0,05	0	0,15
A5	0,2	0,35	0,1	0,15	0	A5	0,05	0,1	0,3	0,05	0



**EK 2: Kriterlere Ait Verilerin Bulanıklaştırılmış Değerleri**

<b>Liman / Kriter</b>	<b>Rıhtım uzunluğu</b>	<b>Alan sahası</b>	<b>Ekipman(vinç)</b>	<b>Gemi sayıları</b>	<b>Elleçleme Miktarları</b>
alt sınır	1084,49	657776,66	4,67	1005,14	1791186,88
FRANSA	1265,00	902000,00	6,00	1426,00	2119000,00
üst sınır	1445,51	1146223,34	7,33	1846,86	2446813,12
alt sınır	911,49	1031776,66	6,67	536,14	919186,88
TÜRKİYE	1092,00	1276000,00	8,00	957,00	1247000,00
Üst sınır	1272,51	1520223,34	9,33	1377,86	1574813,12
Alt sınır	1559,49	1728776,66	6,67	2320,14	2628186,88
ALMANYA	1740,00	1973000,00	8,00	2741,00	2956000,00
Üst sınır	1920,51	2217223,34	9,33	3161,86	3283813,12
Alt sınır	1907,49	1991776,66	11,67	2422,14	1813186,88
HOLLANDA	2088,00	2236000,00	13,00	2843,00	2141000,00
Üst sınır	2268,51	2480223,34	14,33	3263,86	2468813,12
Alt sınır	1575,49	1619776,66	10,67	2611,14	2715186,88
İNGİLTERE	1756,00	1864000,00	12,00	3032,00	3043000,00
Üst sınır	1936,51	2108223,34	13,33	3452,86	3370813,12

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Ece Merve NEHİR

### ÖĞRENİM DURUMU

Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi/ İşletme Fakültesi/ Uluslararası Ticaret	Devam Ediyor
Lisans	Sakarya Üniversitesi/ Siyasal Bilgiler Fakültesi/ Uluslararası Ticaret	2016
Lisans	TOBB Üniversitesi/ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi/ Uluslararası Girişimcilik	2011-2014 (Terk)
Lise	Eskişehir Atatürk Lisesi	2011

### İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2016	Sakarya Üniversitesi SAÜSEM	Uluslararası Projeler Uzmanı
2018	Metacortex Bilgi Teknolojileri	Dış Ticaret Uzmanı
2021	Europen Dış Ticaret	İhracat Operasyon Uzmanı

### YABANCI DİL

İngilizce, Rusça

### ESERLER

1- “Girişimcilik Seviyesini Etkileyen Kriter Ağırlıklarının SWARA Yöntemi ile Belirlenmesi”, Yayın yeri: INTE-ITICAM 2019