



AKSARAY ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE LİMANLARININ İKİ AŞAMALI VERİ
ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET GEZEN

DANIŞMAN

DOÇ. DR. VOLKAN SONER ÖZSOY

AKSARAY-2025

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE LİMANLARININ İKİ AŞAMALI VERİ
ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET GEZEN

DANIŞMAN : DOÇ. DR. VOLKAN SONER ÖZSOY

JÜRİ ÜYESİ : PROF. DR. H. HASAN ÖRKÇÜ

JÜRİ ÜYESİ : PROF. DR. ZELİHA SEÇKİN

AKSARAY-2025

TELİF HAKLARI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU

Bu tezin tüm hakları saklıdır. Kaynak göstermek koşuluyla tezin teslim tarihinden itibaren 24 (yirmi dört) ay sonra tezden fotokopi çekilebilir.

YAZARIN

Adı : Mehmet
Soyadı : GEZEN
Bölümü : Yönetim Bilişim Sistemleri
İmza :
Teslim Tarihi :

TEZİN

Türkçe Adı : Türkiye Limanlarının İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi

İngilizce Adı : Evaluation of Türkiye Ports with Two-Stage Data Envelopment Analysis

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Tez yazma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyduğumu, yararlandığım tüm kaynakları kaynak gösterme ilkelerine uygun olarak kaynakçada belirttiğimi ve bu bölümler dışındaki tüm ifadelerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim.

Yazar Adı Soyadı : Mehmet GEZEN

İmza :

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JÜRİ ONAY SAYFASI

Mehmet GEZEN tarafından hazırlanan “Türkiye Limanlarının İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi” başlıklı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Aksaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

	<u>Kabul</u>	<u>Ret</u>	<u>İmza</u>
Danışman: Doç. Dr. Volkan Soner ÖZSOY Yönetim Bilişim Sistemler Anabilim Dalı, Aksaray Üniversitesi	☐	☐	
Üye: Prof. Dr. H. Hasan ÖRKÇÜ İstatistik Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi	☐	☐	
Üye: Prof. Dr. Zeliha SEÇKİN Yönetim Bilişim Sistemler Anabilim Dalı, Aksaray Üniversitesi	☐	☐	

Aksaray Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 14/03/2025

Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu’nuntarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Aybala ÇAYIR
İmza

TEŞEKKÜR SAYFASI

Bu tez çalışmasında, araştırma yönteminin seçiminden verilerin analizine kadar her aşamada akademik titizliği, engin bilgi ve tecrübesiyle bana rehberlik eden, sabrı ve yönlendirmesiyle bu çalışmanın tamamlanmasına büyük katkı sağlayan danışman hocam **Doç. Dr. Volkan Soner ÖZSOY**'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu uzun soluklu yolculukta ilgisi, sevgisi ve hoşgörüsüyle her zaman yanımda olan eşim **Şirin GEZEN**'e ve oğlum **Bilal**'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Limanlar tarih boyunca ulaşım ve ticarete kritik bir rol oynamıştır. Küreselleşme ve artan uluslararası ticaret, limanların ülke ve bölge ekonomilerine etkisini daha da artırmıştır. Bu nedenle liman işletmelerinin altyapı ve üstyapı kaynak etkinliklerini sürekli ölçmeleri ve optimize etmeleri önemlidir.

Bu çalışmada, Türkiye Liman İşletmecileri Derneği üyesi 19 konteyner limanı, 2023 verileri kullanılarak altyapı ve üstyapı kaynaklarının etkinliği analiz edilmiştir. Limanların karmaşık yapısı göz önünde bulundurularak, genel etkinsizliğin daha çok hangi alt süreçten kaynaklandığını belirlemek ve alt süreçlerin önem derecesini değerlendirmek için İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi Yöntemi uygulanmıştır. Altyapı kaynaklarının etkinliği, iki aşamada analiz edilmiştir: İlk aşamada rıhtım uzunluğu, sayısı, derinliği ve liman sahası gibi faktörlerin elleçleme kapasitesi oluşturmadaki etkinliği incelenmiş, ikinci aşamada ise bu kapasitenin yük elleçleme faaliyetlerinde ne kadar etkin kullanıldığı değerlendirilmiştir. Üstyapı kaynaklarının etkinliği de benzer şekilde iki aşamada incelenmiştir: İlk aşamada vinç ve istifleyici gibi kaynaklarla elleçleme kapasitesi oluşturma etkinliği analiz edilmiş, ikinci aşamada bu kapasitenin konteyner elleçleme faaliyetlerindeki etkinliği değerlendirilmiştir.

Analiz sonuçları, limanların altyapı kaynaklarını kullanarak ortalama %64 etkinlikle elleçleme kapasitesi yaratabildiğini, bu kapasiteyle elde edilen konteyner elleçleme etkinliğinin ise ortalama %58 seviyesinde kaldığını göstermiştir. Ayrıca limanlar, üstyapı kaynaklarında ortalama %52 etkinlikle elleçleme kapasitesi yaratabilirken, bu kapasitenin konteyner elleçleme faaliyetlerinde ise ortalama %58 etkinlik sağladığı belirlenmiştir. Bu bulgular, limanların altyapı ve üstyapı kaynaklarının tüm alt süreçlerinde önemli bir iyileştirme potansiyeli ve optimizasyon ihtiyacı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : İki Aşamalı Toplamsal Veri Zarflama Analizi, Konteyner Liman ve Terminalleri, Etkinlik, Performans.

Bilim Kodu : 114619

Sayfa Adedi : 143

Yazar : Mehmet GEZEN

Danışman : Doç. Dr. Volkan Soner ÖZSOY

ABSTRACT

Ports have played a critical role in transportation and trade throughout history. Globalization and increasing international trade have further increased the impact of ports on national and regional economies. Therefore, it is important for port operators to continuously measure and optimize their infrastructure and superstructure resource efficiencies.

In this study, the efficiency of infrastructure and superstructure resources was analyzed using 2023 data from 19 container ports that are members of the Port Operators Association of Turkey. Considering the complex structure of ports, the Two-Stage Data Envelopment Analysis Method was applied to determine which sub-process caused the general inefficiency and to evaluate the importance of the sub-processes. The efficiency of infrastructure resources was analyzed in two stages: In the first stage, the efficiency of factors such as berth length, number, depth and port area in creating handling capacity was examined, and in the second stage, how effectively this capacity was used in cargo handling activities was evaluated. The efficiency of superstructure resources was similarly examined in two stages: In the first stage, the efficiency of creating handling capacity with resources such as cranes and stackers was analyzed, and in the second stage, the efficiency of this capacity in container handling activities was evaluated. The analysis results showed that ports can create a handling capacity with an average of 64% efficiency by using their infrastructure resources, while the container handling efficiency achieved with this capacity remains at an average of 58%. In addition, while ports can create a handling capacity with an average of 52% efficiency in their superstructure resources, it was determined that this capacity provides an average of 58% efficiency in container handling activities. These findings show that there is a significant improvement potential and need for optimization in all sub-processes of the infrastructure and superstructure resources of ports.

Keywords : An Additive Two-Stage Data Envelopment Analysis, Container Port and Terminal, Efficiency, Performance.

Science Code : 114619

Number of Pages : 143

Author : Mehmet GEZEN

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Volkan Soner ÖZSOY

İÇİNDEKİLER

TELİF HAKLARI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU	i
ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI	ii
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR SAYFASI	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR.....	xiii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM.....	4
LİMAN VE LİMAN LİTERATÜRÜ	4
1.1. Liman, Elleçleme ve Terminal	4
1.2. Denizyolu Taşımacılığının Önemi	5
1.3. Denizyolu Taşımacılığı ile Diğer Taşıma Modlarının Karşılaştırılması.....	6
1.4. Taşıma Modlarının Dış Ticaret Bakımından İncelenmesi	9
1.5. Limanlarda Gerçekleşen Operasyonlar	12
1.6. Konteyner Terminalleri	15
1.7. Konteyner ve Konteyner Taşımacılığı	16
1.8. Konteyner Taşımacılığı Yapılan Limanların Tesis ve Elleçleme Ekipmanları	19
1.8.1. Liman Tesisleri	20
1.8.1.1. Rıhtım	20
1.8.1.2. Apron	20
1.8.1.3. Antrepo	20
1.8.1.4. Transit Depolama Alanları	21
1.8.2. Elleçleme Ekipmanları	21

1.8.2.1. Rıhtım Vinci	21
1.8.2.2. İstifleyici	22
1.9. Konteyner Taşımacılığının Ticari Bakımdan Önemi	22
1.10. Literatür Taraması	26
İKİNCİ BÖLÜM	40
PERFORMANS ÖLÇÜMÜNDE KULLANILAN KAVRAM ve YÖNTEMLER ...	40
2.1. Performans	41
2.2. Etkinlik.....	42
2.2.1. Teknik Etkinlik	43
2.2.2. Ölçek Etkinliği.....	44
2.2.3. Toplam Etkinlik	45
2.3. Verimlilik	46
2.4. Performans Ölçüm Yöntemleri	47
2.4.1. Oran Analizi	48
2.4.2. Parametrik Yöntemler.....	48
2.4.2.1. Stokastik Sınır Analizi (Stochastic Frontier Approach-SFA)	49
2.4.2.2. Serbest Dağılım Yaklaşımı (Distribution Free Approach)	49
2.4.2.3. Kalın Sınır Yaklaşımı (Thick Frontier Approach)	50
2.4.3. Parametrik Olmayan Yöntemler	50
2.4.3.1. Serbest Atılabilir Zarf Modeli (Free Disposal Hull)	51
2.4.3.2. Veri Zarflama Analizi (VZA).....	51
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	53
İKİ AŞAMALI VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA) YÖNTEMİ.....	53
3.1. Veri Zarflama Analizinin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi	53
3.2. Veri Zarflama Analizi Modelleri	55
3.2.1. CCR Modeli.....	55
3.2.1.1. Girdi Yönelimli CCR Modeli	56
3.2.1.2. Çıktı Yönelimli CCR Modeli	57
3.2.2. BCC Modeli.....	58
3.2.2.1. Girdi Yönelimli BCC Modeli	59
3.2.2.2. Çıktı Yönelimli BCC Modeli	60
3.3. Veri Zarflama Analizi Uygulama Aşamaları	61
3.3.1. Karar Verme Birimlerinin (KVB'lerin) Seçilmesi	62

3.3.2. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi	62
3.3.3. Analizde Kullanılacak Verilerin Elde Edilmesi	63
3.3.4. Analizde Kullanılacak Modelin Seçilmesi	63
3.3.5. KVB Etkinlik Değerlerinin Ölçülmesi	64
3.3.6. Referans Kümesinin Belirlenmesi	64
3.3.7. Sonuçların Değerlendirilmesi	64
3.4. VZA'nın Güçlü ve Zayıf Yönleri.....	65
3.4.1. VZA'nın Güçlü Yönleri.....	65
3.4.2. VZA'nın Zayıf Yönleri.....	66
3.5. İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi.....	67
3.5.1. Toplamsal İki Aşamalı (Aritmetik Ortalamalı) VZA Modeli	70
3.5.2. Seri İki Aşamalı VZA Modeli	76
3.5.3. Paralel İki Aşamalı VZA Modeli.....	76
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	78
UYGULAMA.....	78
4.1. Liman İşletmelerinin Seçilmesi.....	78
4.2. Çalışmada Kullanılacak Değişkenlerin Belirlenmesi.....	78
4.2.1. Girdi Değişkenleri	78
4.2.1.1. Rıhtım Sayısı	79
4.2.1.2. Rıhtım Uzunluğu	79
4.2.1.3. Rıhtım Derinliği.....	79
4.2.1.4. Toplam Liman Sahası.....	80
4.2.1.5. Vinç Sayısı.....	80
4.2.1.6. İstifleyici Ekipman Sayısı.....	81
4.2.2. Ara Değişken	81
4.2.3. Çıktı Değişkeni	82
4.3. Analizde Kullanılacak Verilerin Elde Edilmesi	82
4.4. Analizde Kullanılacak Modelin Seçilmesi.....	84
4.5. Liman İşletmelerinin Etkinlik Değerlerinin İki Aşamalı Toplamsal Model Kullanılarak Ölçülmesi	84
4.6. Sonuçların Değerlendirilmesi.....	87
4.6.1. İki Aşamalı Altyapı Etkinliği Değerlendirmesi.....	87
4.6.2. İki Aşamalı Üstyapı Etkinliği Değerlendirmesi	91

4.6.3. Aşama Ağırlıklarının Genel Etkinlik Üzerindeki Etkisi ve Ağırlıktan Bağımsız Bir Yaklaşım.....	94
BEŞİNCİ BÖLÜM	104
SONUÇ.....	104
KAYNAKÇA	109
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ TEZ DEĞERLENDİRME FORMU.....	127



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Taşıma Türlerinin Karşılaştırılması.....	6
Tablo 2. 2012-2023 Yılları Arasında Taşımacılık Modlarının Türkiye Dış Ticaretinden Aldığı Yüzdesel Paylar (Ağırlık Bazında).....	9
Tablo 3. 20 ve 40 ft’lik Konteynerlerin Fiziki Özellikleri.....	17
Tablo 4. 2005-2024 Yılları Arasında Türkiye Denizyolu Taşımacılığında, Kargo Tipleri Bakımından Elleçleme Miktarı (Ton).....	23
Tablo 5. Kargo Tiplerine Göre Yüklerin 2011-2024 Yılları Arasındaki Artış Oranı.....	25
Tablo 6. Liman Literatüründeki Girdi-Çıktı Değişkenleri.....	35
Tablo 7. Çalışmada Kullanılan (Girdi-Ara-Çıktı) Değişkenler	83
Tablo 8. Liman İşletmelerine Ait Değişken Değerleri.....	83
Tablo 9. Limanların İki Aşamalı Altyapı-Üstyapı Etkinlik Skorları ve Aşama Ağırlıkları	86
Tablo 10. İki Aşamalı Altyapı Genel Etkinliğinin Aşama Ağırlıklarına Duyarlılığı	96
Tablo 11. Aşama Ağırlıklı ve Ağırlıktan Bağımsız Altyapı Genel Etkinlik Analizi Sonuçları	99
Tablo 12. İki Aşamalı Üstyapı Genel Etkinliğinin Aşama Ağırlıklarına Duyarlılığı	100
Tablo 13. Aşama Ağırlıklı ve Ağırlıktan Bağımsız Üstyapı Genel Etkinlik Analizi Sonuçları.....	103

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Taşımacılık Modlarına Göre Uzaklık ve Taşıma Maliyeti İlişkisi	8
Şekil 2. 2023 Yılı Türkiye Dış Ticaret Verilerine Göre Taşıma Modlarının Aldığı Yüzdesel Pay (Ağırlık Bazında)	11
Şekil 3. Liman Operasyonları	13
Şekil 4. Gemi Yükleme-Boşaltma Süreçleri	14
Şekil 5. Konteyner Depolama Alanı	15
Şekil 6. 20 ft’lik Standart Konteyner	18
Şekil 7. Küresel Konteyner Ticareti, 1996–2024 (Milyon TEU ve Yıllık % Değişim)	22
Şekil 8. Türkiye Konteyner Ticareti, 2005–2024 (Milyon TEU ve Yıllık % Değişim)	24
Şekil 9. Üretim Sınırı Eğrisi.....	43
Şekil 10. Uzun Dönem Ortalama Maliyet Eğrisi (LAC)	45
Şekil 11. Temel İki Aşamalı Network Yapısı	68
Şekil 12. İki Aşamalı VZA ile Banka Etkinlik Analizi	69
Şekil 13. İki Aşamalı VZA ile Liman Etkinlik Analizi	69
Şekil 14. Seri Yapılı NVZA Modeli	76
Şekil 15. Paralel Yapılı NVZA Modeli.....	77
Şekil 16. Altyapı Kaynak Etkinliği.....	85
Şekil 17. Üstyapı Kaynak Etkinliği	85
Şekil 18. Limanların İki Aşamalı Altyapı Etkinlik Grafiği	88
Şekil 19. Limanların İki Aşamalı Üstyapı Etkinlik Grafiği	92
Şekil 20. İki Aşamalı Altyapı Genel Etkinliğinin Aşama Ağırlıkları ile İlişkisi	97
Şekil 21. İki Aşamalı Üstyapı Genel Etkinliğinin Aşama Ağırlıkları ile İlişkisi.....	101

KISALTMALAR

CRS	Constant Return to Scale
DEA	Data Envelopment Analysis
DRS	Decreasing Return to Scale
FEU	Fourty Foot Equivalent Units
GRT	Gross Register Tonnage
IRS	Increasing Return to Scale
KVB	Karar Verme Birimi
NRT	Net Register Tonnage
SFA	Stochastic Frontier Approach
SDY	Serbest Dağılım Yaklaşımı
TCDD	Türkiye Cumhuriyet Devlet Demir Yolları
TDK	Türk Dil Kurumu
TEU	Twenty Foot Equivalent Units
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
VRS	Variable Return to Scale
VZA	Veri Zarflama Analizi

GİRİŞ

Limanlar, tarih boyunca ticaretin ve ulaşımın can damarları olmuştur. Deniz, kara ve demiryolu taşımacılığı ile doğrudan veya dolaylı olarak bağlantılı durumda olan bu kıyı işletmeleri, küresel ekonominin bel kemiğini oluşturmaktadır. Limanlar, mal ve hizmetlerin uluslararası dolaşımında rol oynayarak ülkelerin birbirine bağlanmasına ve refah seviyelerinin artmasına katkı sağlamaktadır.

Limanları, sadece yük elleçleme merkezleri olarak değerlendirmek eksik ve hatalı bir yaklaşım olur. Zira limanlar, bulundukları bölgenin sanayi, ticaret ve lojistik bakımdan gelişimini teşvik ederek yeni istihdam alanları yaratır. Bu yüzden limanlar stratejik öneme sahiptir.

Günümüzde limanlar, artan küresel ticaret hacmi ve rekabetçi baskılar nedeniyle sürekli olarak gelişmekte ve modernize olmaktadır. Sürdürülebilirlik, dijitalleşme ve otomasyon gibi trendler, limanların geleceğini şekillendiren önemli faktörlerdir.

Gerek dünyada gerekse ülkemizde ticari taşımacılığın yaklaşık olarak %90'lık kısmının denizyolu taşımacılığı ile yapıldığı bilinmektedir (Altın vd., 2017). Bu sebeple denizyolu taşımacılığı, ülkelerin makroekonomik büyüme hedeflerine ulaşabilmeleri bakımından da oldukça önemlidir.

Küreselleşen dünyada uluslararası ticaret hacmi sürekli artış gösterirken, denizyolu taşımacılığı da giderek daha kritik bir rol üstlenmektedir. Bu durumun temel sebebi, denizyolunun sunduğu bir dizi avantajdan kaynaklanmaktadır. Güvenilirlik, düşük zayıat oranları, çevresel bakımdan en az olumsuz etkiye sahip olması, enerji verimliliği ve düşük taşıma maliyeti gibi faktörler, denizyolunu cazip bir seçenek haline getirmektedir. Özellikle havayolu, karayolu ve demiryolu taşımacılığına kıyasla maliyet avantajı sunması, deniz yolunu küresel ticaretin vazgeçilmezi yapmaktadır. Nitekim yapılan araştırmalar, denizyolunun hava taşımacılığından 14 kat, karayolundan 7 kat ve demiryolundan 3,5 kat daha ekonomik olduğunu ortaya koymaktadır (Taşolu, 2022). Bu veriler ışığında, denizyolu

taşımacılığının uluslararası ticaretteki ağırlıklı payının gelecekte de devam edeceği öngörülmektedir.

Ülkemizin 2024 yılı dış ticaret verileri incelendiğinde ise denizyolu taşımacılığının ülke ihracatındaki baskın rolü açıkça görülmektedir. Dolar bazında toplam ihracat hacminin %55,9'unu denizyolu taşımacılığı oluştururken, karayolu %32,8; havayolu %9,9; demiryolu %0,7; diğer taşıma türleri ise %0,7 oranında paya sahiptir (TÜİK, 2024).

Denizyoluyla gerçekleştirilen ihracatın diğer tüm taşıma türlerinin toplamından fazla olması, Türkiye'nin coğrafi konumu ve uluslararası ticaretteki stratejik rolüyle paralellik göstermektedir. Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, Asya, Avrupa ve Afrika'nın birbirine bağlandığı kavşak bir konumda yer alması, önemli ticaret yolları üzerinde bulunması, denizyolu taşımacılığı ile yapılan ihracatta doğal bir avantaj sağlamaktadır. Bu avantajın etkin bir şekilde kullanılıp kullanılmadığının tespit edilebilmesi için limanların performansının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu sayede liman alt ve üstyapı kaynaklarının optimizasyonu ve denizyolu taşımacılığında verimlilik artışına yönelik stratejilerin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Limanların ekonomik büyümenin itici gücü olduğu ve uluslararası ticaretin merkezinde yer aldığı gerçeği göz önünde bulundurularak bu çalışmada Türkiye'de faaliyet sürdüren ve bünyesinde konteyner elleçleme terminali bulunduran, Türkiye Liman İşletmecileri (TÜRKLİM) Derneği üyesi 19 limanın kurumsal etkinliği değerlendirilmiştir.

Bu çalışma, 19 liman işletmesinin altyapı ve üstyapı etkinliğini, rıhtım sayısı, uzunluğu, derinliği, toplam liman sahası, vinç ve istifleyici sayısı, elleçleme kapasitesi ve elleçleme miktarı gibi değişkenler aracılığıyla analiz etmektedir. Söz konusu değişkenlerin değerlendirilmesinde, çok sayıda girdi ve çıktı değişkenini birlikte ele alabilme avantajı sunan Veri Zarflama Analizi (VZA) yönteminin iki aşamalı toplamsal metodu kullanılmıştır.

Çalışmada ilk olarak limanlar ve limanların performans değerlendirmesine ilişkin literatür bilgisine yer verilmiştir. Bu bölümde, literatürde yer alan çalışmaların kullanmış olduğu girdi-çıkı değişkenlerine değinilmiştir. Literatürde hangi girdi-çıkı değişkenlerinin sıklıkla bir arada kullanıldığının tespit edilmesi, çalışmada kullanılacak değişkenlerin belirlenmesi bakımından yol göstericidir. İkinci bölümde ise performans ölçümünde kullanılan parametrik, parametrik olmayan yöntemler ve oran analizi yöntemlerinden bahsedilerek bu yöntemlerin güçlü ve zayıf yönlerine değinilmiştir. Üçüncü bölümde, geleneksel VZA yöntemi ile çalışmada kullanılan İki Aşamalı VZA yönteminin özelliklerinden ve uygulama

aşamalarından bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde, çalışma kapsamında konu alınan ve Türkiye’de faaliyet sürdüren 19 liman işletmesinin göreli etkinliği, İki aşamalı toplamsal VZA yöntemi ile analiz edilerek alt süreçlerin etkinlikleri değerlendirilmiştir. Beşinci ve son bölümde ise uygulama aşamasında elde edilen sonuçlar tartışılarak liman işletmelerinin kaynak etkinlikleri hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.



BİRİNCİ BÖLÜM

LİMAN VE LİMAN LİTERATÜRÜ

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle liman işletmeciliğine ilişkin bazı temel kavramlar ile denizyolu taşımacılığının ekonomik bakımdan önemi, taşıma modları, liman tesis ve ekipmanları, konteyner taşımacılığının ticari önemi ile ilgili konular ele alınarak liman işletmelerinin kurumsal performans değerlendirmesine ilişkin literatür taramasına yer verilmektedir.

1.1. Liman, Elleçleme ve Terminal

Gerek ülkemizde gerekse dünya genelinde ticaretin yaklaşık %90'ı denizyolu taşımacılığı ile yapılmaktadır. Dünya yüzeyinin yaklaşık dörtte üçünün sularla kaplı olması, deniz yolunun ulaşım için en doğal ve yaygın seçenek olmasını sağlamaktadır. Üstelik, taşımacılık maliyetleri bakımından incelendiğinde denizyolu taşımacılığı; hava, kara ve demiryolu taşımacılığına kıyasla daha ekonomik bir yöntemdir (Taşkolu, 2022). Bu ekonomik avantaj, büyük miktarda yükü düşük maliyetle, verimli bir şekilde taşımak için denizyolu taşımacılığını ideal bir seçenek haline getirmektedir.

Denizyolu taşımacılığında, limanlar en kritik yapılardır. Gemilerin yüklerini yükleyip boşaltma noktası olan limanlar, denizyolu taşımacılığının temel işlevini yerine getirir. Dünya ticaretinin denizyolu taşımacılığına olan bağımlılığı göz önüne alındığında, limanların stratejik önemi daha da belirginleşmektedir (Çetin ve Arabelen, 2012).

Limanlar, gemilerin zorlu deniz koşullarından korunabileceği, yaşayabileceği, yük ve yolcu indirme-bindirme operasyonlarını gerçekleştirebileceği güvenli ve donanımlı alanlardır. Bu alanlar; gerekli altyapı, kapalı ve açık depolama alanları, yolcu ve yük hizmet tesisleri, güvenlik ve kontrol birimleri ile gemiye, yüke ve yolculara yönelik çeşitli hizmet sağlayıcılarını barındırır. Belirli bir coğrafyaya (hinterlant) yayılan ekonomik etkileriyle

limanlar, farklı ulaşım modları arasında bir aktarma noktası ve ülke ekonomisi için önemli bir unsur olarak kendini gösterir (Esmer, 2009).

Türk Dil Kurumu (TDK), limanları "*Gemilerin barınmalarına, yük alıp boşaltmalarına, yolcu indirip bindirmelerine yarayan doğal veya yapay sığınak*" olarak tanımlar. Bir başka tanıma göre limanlar, deniz araçlarının yük almak ve boşaltmak için yanaştığı, yüklerin karadan denize veya denizden karaya taşınabilmesi için taşıma modları arasında geçişkenlik sunan ve yüklere lojistik bakımdan hizmet verilen kıyı tesisleridir (Esmer, 2019).

Rıhtım ve iskele gibi yaşama yerlerine yanaşan gemilere yük yükleme ve boşaltma hizmeti sunabilmek için sahada çeşitli özelliklere sahip ekipmanların kullanılması ile taşıma, istifleme, depolama gibi bilimum işlemlerin gerçekleştirilmesi gerekir. İngilizce’de “cargo handling” olarak adlandırılan bu işlemlere Türkçe’de “elleçleme” adı verilmektedir.

Liman elleçleme hizmetleri, yükün gemi ile liman, liman ile kara taşıtı arasında veya liman sahası içinde transferini kapsamaktadır (Ateş vd., 2010).

Elleçleme işlemleri için kullanılan vinç ve istifleyici gibi ekipmanlar, liman işletmelerinin performans ölçümü ve etkinlik değerlendirmesi bakımından oldukça önemli üstyapı kaynakları arasında yer almaktadır.

Liman işletmeleri ile ilgili bir diğer önemli kavram ise “terminal”dir. Terminal, liman işletmesi bünyesinde belirli bir yük türüne elleçleme hizmeti vermek üzere gerekli altyapı, üstyapı ve işgücüne sahip hizmet birimi şeklide tanımlanabilir. Yani terminaller elleçlediği yükün türüne göre sınıflandırılmaktadır (Konteyner terminali, katı yük terminali, sıvı yük terminali, yolcu terminali vs.). Bir kıyı tesisinin liman olarak adlandırılabilmesi için en az iki farklı türde yükün elleçlenebiliyor olması, yani en az iki terminalinin olması gerekmektedir. Bazı kıyı tesisleri sadece tek bir yük türüne elleçleme hizmeti veriyor olsa da kendini “liman” olarak isimlendirmektedir; oysaki bu tür kıyı tesislerinin terminal olarak adlandırılması daha doğru olacağı belirtilmektedir (Esmer, 2019).

1.2. Denizyolu Taşımacılığının Önemi

Bulundukları şehirlerin ekonomik gelişiminde itici güç olan limanlar, endüstri ve hizmet sektörlerinin bütünleşmesini sağlayarak sosyal ve ekonomik fayda yaratır. Limanların işletilmesi ve geliştirilmesi, bulundukları şehir için istihdam ve gelir yaratır. Limanlar, yeni ticaret koridorları ve pazarlar ortaya çıkararak bir ülkenin dünyaya açılan kapısı gibi işlev

görürler. Limanlar, denize kıyısı olan ülkelerin yanı sıra, tüm dünya ülkeleri için önemli ticaret kapılarıdır (Cong vd., 2020).

Limanlar, firmaların pazar erişimini genişleterek rekabeti yoğunlaştırır ve bu da liman kullanıcıları için rekabet avantajı sağlar. Bu etki, perakendecilikten ağır sanayi ve imalata kadar geniş bir yelpazede ekonomik faaliyetleri kapsar. Dolayısıyla, bir limanın ekonomik katkısı, hizmet verdiği hinterlandın ekonomik yapısı ve potansiyeliyle doğrudan ilişkilidir. Limanlar, ekonomik kalkınmada katalizör görevi görerek, etki alanlarındaki belirli sektörlerde ve bağlantılı ulaşım koridorlarında büyümeyi tetikler (Nehir, 2022).

1.3. Denizyolu Taşımacılığı ile Diğer Taşıma Modlarının Karşılaştırılması

Taşıyan yükün özelliğine de bağlı olarak kullanılan farklı taşıma modları sayesinde yükün veya yolcunun güvenli, hızlı, konforlu bir şekilde hedeflenen noktaya ulaştırılması sağlanabilmektedir. Dünyada ve ülkemizde kullanılan başlıca taşıma modları; karayolu, demiryolu, havayolu, denizyolu ve boruyoludur. Söz konusu taşıma modları arasında hangisinin veya hangilerinin kullanılacağına karar verilmesi ise birçok kritere göre değerlendirilmesi gereken önemli bir konudur. Kullanılacak taşıma moduna karar verirken, taşıma modunun maliyeti, hızı, güvenliği, kapasitesi, çevresel etkisi, kapıdan kapıya teslim olanağı gibi kısıtlara bakılarak karar verilmesi mümkündür.

Tablo 1’de karayolu, denizyolu, demiryolu, havayolu, boru hattı şeklinde sıralanan taşıma modlarının taşıma maliyeti, taşıma hızı, taşıma güvenliği, taşıma kapasitesi, çevreye olumsuz etki ve kapıdan kapıya teslim kısıtları bakımından karşılaştırmalı bir incelemesi verilmiştir.

Tablo 1. Taşıma Türlerinin Karşılaştırılması

Taşıma Türleri	Karayolu	Denizyolu	Demiryolu	Havayolu	Boru hattı
Maliyet	Orta	Düşük	Nispeten düşük	Yüksek	Düşük
Hız	Orta	Düşük	Yüksek	Çok Yüksek	Yüksek
Güvenlik	Zayıf	Yüksek	Nispeten yüksek	Yüksek	Çok yüksek
Kapasite	Düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük	Çok yüksek
Çevreye olumsuz etki	Yüksek	Düşük	Nispeten düşük	Nispeten yüksek	Değişken
Kapıdan kapıya teslim	Var	Yok	Yok	Yok	Var

Kaynak: (Rodrigue vd., 2013)

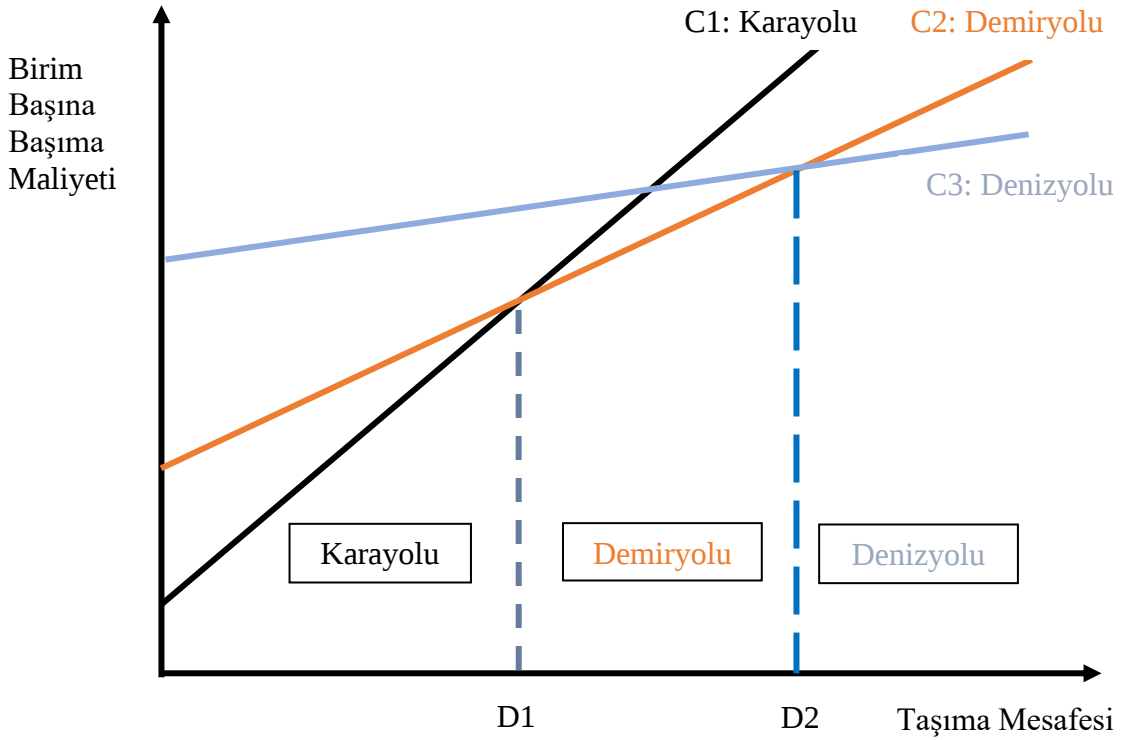
Taşıma modlarının, Tablo 1’de belirtilen söz konusu kriterlere göre karşılaştırmalı değerlendirmesi aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Denizyolu ve boru hatları, yüksek kapasite ve düşük enerji tüketimi nedeniyle büyük miktarda yük taşıyarak maliyet avantajı sağlar. Havayolu ise sınırlı kapasite, yüksek yakıt tüketimi ve havaalanı maliyetleri nedeniyle yüksek maliyetlidir.
- Taşıma hızı bakımından en üstün taşıma modunun havayolu taşımacılığı, ardından boru hattı ve demiryolu taşımacılığı olduğu görülmektedir.
- Boru hatları, kapalı sistemleri sayesinde dış etkenlere ve tehlikelere karşı korumalı olup en güvenli taşıma yöntemidir. Denizyolu ve havayolu, kontrollü ortamlarda gerçekleştirildiği için yüksek düzeyde güvenlidir. Karayolu ise trafik kazaları ve diğer olumsuzluklara daha açık olduğundan en az güvenli seçenektir.
- Kapasite kriterine göre değerlendirme yapıldığında ise en yüksek taşıma kapasitesinin boru hattına ait olduğu ve bu taşıma modunu takiben denizyolu ile demiryolu taşıma modlarının da yüksek kapasiteli taşıma yapabildiği görülmektedir. En düşük taşıma kapasitesinin ise karayolu ve havayoluna ait olduğu dikkat çekmektedir.
- Taşıma modlarının olumsuz çevresel etkileri ele alındığında ise karayolu taşımacılığının çevresel etkisi en olumsuz taşıma modu olduğu; denizyolunun ise en düşük olumsuz etkiye sahip olduğu görülmektedir.
- Kapıdan kapıya teslim bakımından avantajlı konumda olan taşıma modlarının ise karayolu ve boru hattı taşımacılığı olduğu; buna karşılık demiryolu, denizyolu ve havayolu taşımacılığının ise aynı avantajı sunmadığı anlaşılmaktadır.

Tablo 1’de de belirtildiği üzere, denizyolu taşımacılığı daha fazla yükün, daha düşük maliyetle taşınabilmesi konusunda üstünlük göstermektedir, ancak teslimat sürelerinin çok uzun olması gibi önemli bir dezavantaja sahiptir. Denizyolu taşımacılığında teslimat sürelerinin uzun olmasının başlıca iki sebebi vardır. Bunlardan biri, kargo gemilerinin ortalama hızlarının düşük bir düzeyde olması; diğeri ise limana yanaşan gemilere verilen yükleme/boşaltma hizmetlerinin oldukça uzun sürmesidir. Öyle ki limanlarda yükleme/boşaltma faaliyetlerine ilişkin elleçleme işlemleri birkaç gün sürebilmektedir (Rodrigue vd., 2013).

Taşıma sürelerinin yanı sıra taşıma maliyeti konusu da Tablo 1’de değerlendirilen ve taşıma modunun tercih edilmesinde rol oynayan önemli kıstaslardan biridir. Tablo 1, denizyolunun, demiryolundan; demiryolunun ise karayolundan taşıma maliyeti bakımından daha avantajlı

olduğunu göstermektedir. Taşıma maliyeti bakımından yapılan bu karşılaştırma, uzun mesafeli taşımalar için geçerli olsa da belirli bir mesafenin altında kalan, kısa mesafeli taşıma faaliyetlerinde tam tersi bir durum söz konusudur. Şekil 1’de karayolu, demiryolu ve denizyolu taşıma modlarının uzaklığa bağlı olarak birim başına taşıma maliyetini gösteren grafik verilmektedir:



Şekil 1. Taşımacılık Modlarına Göre Uzaklık ve Taşıma Maliyeti İlişkisi

Kaynak: Rodrigue vd., 2013.

Her bir taşıma türü için, taşıma güzergâhının uzaklığı ile taşıma maliyeti arasındaki ilişki farklı bir fonksiyonla gösterilmektedir. Şekil 1’de C1, C2 ve C3 fonksiyonları sırasıyla karayolu, demiryolu ve denizyolu taşımacılığı için uzaklık-maliyet ilişkisini temsil etmektedir. Şekil 1 incelendiğinde, kısa mesafeli taşıma faaliyetinde taşıma maliyeti bakımından en avantajlı seçeneğin C1 ile gösterilen karayolu taşımacılığı; en maliyetli taşıma türünün ise denizyolu taşımacılığı olduğu anlaşılmaktadır. D1 ve D2 mesafeleri arasında -taşıma mesafesi artmaya başladıkça- C2 ile temsil edilen demiryolu taşımacılığının taşıma maliyeti bakımından daha avantajlı, daha rekabetçi hale geldiği görülmektedir. Taşıma menzili D2 değerini geçerek artmaya devam ettiğinde ise maliyeti en düşük taşıma seçeneğinin denizyolu; maliyeti en yüksek taşıma seçeneğinin ise karayolu taşımacılığı olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca her ilave birim mesafe artışında karayolunun,

demiryolundan; demiryolunun ise denizyolundan daha maliyetli bir taşıma türü olduğu fark edilmektedir.

Yukarıda bahsi geçen açıklamalardan hareketle, çok kısa mesafelerde karayolunun, çok uzun mesafelerde ise denizyolunun taşımacılık maliyetleri bakımından daha üstün ve daha rekabetçi olduğu sonucuna varılmaktadır. Özetle, denizyolu taşımacılığı uzun menzilli güzergâhlarda, yüksek tonajlı yükleri düşük maliyetle ve güvenli bir şekilde taşıyabilme imkânı sunmaktadır.

Denizyolu taşımacılığının taşıma maliyeti bakımından sağlamış olduğu avantaj ve hâkim taşıma modu olma gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, liman işletmelerine ilişkin performans analizinin önem taşıdığı düşünülmektedir. Bu çalışmada, liman işletmeleri etkinliğinin konu olarak belirlenmesinde, denizyolu taşımacılığının sunduğu avantaj ve oynadığı baskın rol önemli bir etkidir.

1.4. Taşıma Modlarının Dış Ticaret Bakımından İncelenmesi

Avantaj ve dezavantajlarının yanı sıra, dünya ticaretinin yaklaşık %90'ının denizyolu taşımacılığı ile yani limanlar üzerinden yapılıyor olması, limanların ülke ve dünya ekonomisi bakımından ne denli önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Taşkolı, 2022).

Tablo 2, 2012-2023 yılları arasındaki 12 yıllık verilere dayanarak Türkiye'deki farklı taşıma türlerinin yıllara göre ihracat-ithalat taşımacılığından aldığı yüzdesel payı göstermektedir. Tabloda belirtilen yüzdesel taşıma payları, taşınan yüklerin ağırlığı baz alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. 2012-2023 Yılları Arasında Taşımacılık Modlarının Türkiye Dış Ticaretinden Aldığı Yüzdesel Paylar (Ağırlık Bazında)

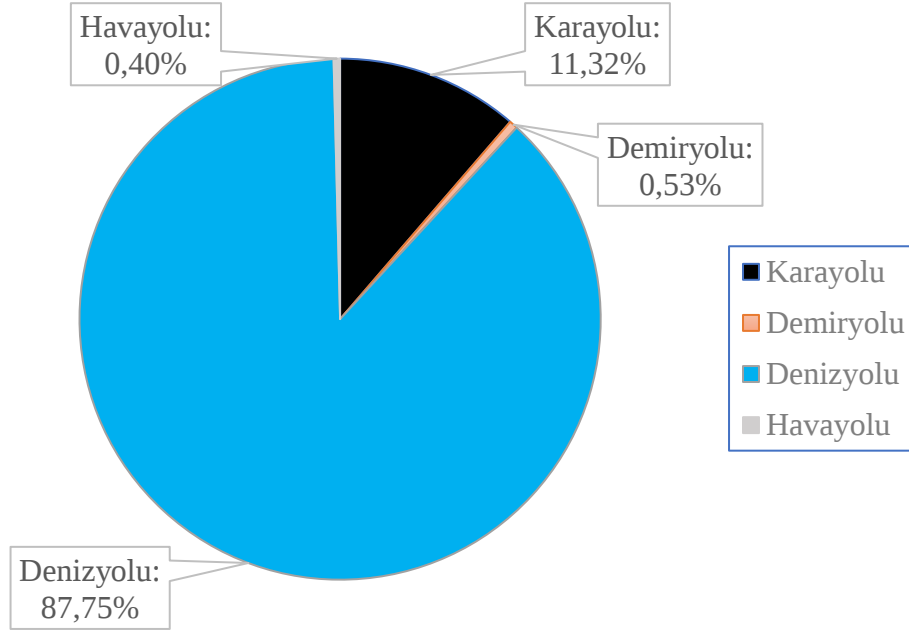
Yıl	İthalat (Karayolu)	İhracat (Karayolu)	İthalat (Havayolu)	İhracat (Havayolu)	İthalat (Denizyolu)	İhracat (Denizyolu)	İthalat (Demiryolu)	İhracat (Demiryolu)
2012	3,98	22,54	0,06	0,99	95,38	75,83	0,59	0,63
2013	4,11	24,25	0,07	1,03	95,27	74,38	0,55	0,35
2014	3,89	24,04	0,07	1,12	95,60	74,41	0,45	0,42
2015	3,73	24,68	0,07	1,15	95,76	73,69	0,45	0,49
2016	3,72	24,49	0,06	0,81	95,78	74,19	0,43	0,52
2017	4,00	22,12	0,06	0,81	95,56	76,49	0,37	0,58
2018	4,05	20,44	0,05	0,83	95,48	78,25	0,42	0,48
2019	4,34	17,59	0,06	0,87	95,12	81,09	0,49	0,45
2020	4,33	16,79	0,05	0,39	95,08	82,19	0,54	0,64
2021	5,36	17,78	0,05	0,49	93,94	80,96	0,64	0,77
2022	7,10	18,28	0,06	0,70	92,22	80,08	0,62	0,94
2023	6,21	19,33	0,05	0,94	93,42	78,88	0,32	0,85

Kaynak: Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği [UTİKAD], Lojistik Sektörü Raporu (2023)

Tablo 2’de yer alan verilere göre, karayolu taşımacılığında 2012 yılından 2020 yılına kadar %3,72 ile %4,34 bandında gerçekleşen ithalat taşımacılığı, 2021 yılında %5,36; 2022 yılında ise %7,1 seviyesine yükselerek önceki yıllara göre büyüme göstermiştir. İhracat taşımacılığında ise 2017 ile 2020 yılları arasında yaşanan azalma trendine karşın 2021 yılı ile birlikte bir miktar artış eğilimi gözlenmiştir. Dış ticarete ağırlık bazında en düşük taşıma payının havayolu ve demiryolu taşımacılığında gerçekleştiği görülmektedir. 2012 ile 2023 yılları arasında havayolu taşımacılığının, tüm taşımacılık modları arasında, ağırlık bazında ithalat payı %0,05 ile %0,07 arasında değişkenlik göstermektedir. İhracat taşımacılığında ise, 2013 ile 2015 yılları arası hariç, hiçbir zaman %1 bandının üzerine çıkılamadığı dikkat çekmektedir. Havayolu taşımacılığının taşıma modları içerisindeki payının son derece düşük olması; havayolu ile tek seferde nispeten az miktarda yükün taşınabilmesi ve operasyon maliyetlerinin yüksek olması gibi etkenlerle ilişkilidir. Demiryolu taşımacılığı incelenecek olursa, 2012-2023 yılları arasında demiryolu taşımacılığının dış ticaretteki payı her yıl %1’in altında seyretmiştir. Demiryolu ile yapılan ithalat taşımacılığının yüzdesel payı 2018’de %0,42 seviyesinde iken 2022 yılına gelindiğinde %0,62 seviyelerine yükselmiştir. İhracat taşımacılığı tarafında ise 2019 yılında %0,45 seviyesinde olan taşıma payı, 2022 yılına kadar artarak %0,94 seviyelerine yükselmiştir (UTİKAD, 2023).

Demiryolu taşımacılığı güvenli, çevreci ve ekonomik avantajlar sunsa da Türkiye’deki demiryolu altyapısının yetersizliği, liman bağlantılarının sınırlı olması ve karayolu gibi kapıdan kapıya hizmet verememesi gibi dezavantajlar nedeniyle taşımacılık içindeki payı düşüktür (Takım ve Ersungur, 2015).

Denizyolu taşımacılığı ise 2012-2023 yılları arasında ihracat ve ithalatta her yıl baskın taşıma modu olmuştur. İhracatta taşınan malların %73 ile %82’si, ithalatta ise %92 ile %95’i denizyoluyla taşınmıştır (UTİKAD, 2023). Bu durum, denizyolunun diğer taşıma modları ile kıyaslandığında istikrarlı ve bariz bir üstünlük sergilediğini göstermektedir.



Şekil 2. 2023 Yılı Türkiye Dış Ticaret Verilerine Göre Taşıma Modlarının Aldığı Yüzdesel Pay (Ağırlık Bazında)

Kaynak: UTİKAD, Lojistik Sektörü Raporu (2023)

Şekil 2’de görüldüğü üzere 2023 yılında %87,75’lik taşıma payı ile denizyolu taşımacılığı, taşımacılık faaliyetlerinde oldukça önemli bir konumdadır. Denizyolu taşımacılığını %11,32’lik taşıma payı ile karayolu taşımacılığı takip etmekte iken havayolu ve demiryolu taşımacılığının yüzdesel payları %1’in altında gerçekleşmiştir.

Ulaştırma, lojistik ve elleçleme operasyonları alanında yaşanan teknolojik gelişmeler, liman işletmelerinin ekonomik cazibesinin yanı sıra verimliliğini de arttırmıştır. Bulundukları bölge ve ülkenin sanayi, üretim, ticaret ve lojistik merkezlerinin gelişimine olumlu katkı sağlayan limanlar, yeni pazarlar ve ticaret güzergâhları oluşturmaktadır (Rodrigue, 2006).

Liman işletmelerinin ileri teknolojiyle donatılmış, yüksek kapasiteli, hızlı ve verimli gemiler ve elleçleme ekipmanlarını, hizmet sunumunda kullanmaya başlaması ile birlikte, ülkelerin gerek ulusal gerekse bölgesel ekonomik gelişim hedeflerine ulaşabilmelerinde limanların önemi daha da artmıştır (Pektaş vd., 2018).

Liman işletmelerinin alt ve üst yapı kaynaklarına yönelik ileri teknoloji yatırımları, limanların operasyon hacmini ve verimliliğini arttırmakta, dolayısıyla liman işletmeleri, bulundukları bölgede sanayi ve ticaret hacminin genişlemesini de desteklemektedir. Limanlar, üretilen ürünlerin uzak pazarlara yüksek hacimle tek seferde, daha güvenli bir şekilde, daha düşük yakıt tüketimi ve maliyetle taşınabilmesini sağlamakta, buna bağlı olarak dış ticaret hacminin ve ihracat gelirlerinin artışına katkı sunmaktadır. Söz konusu

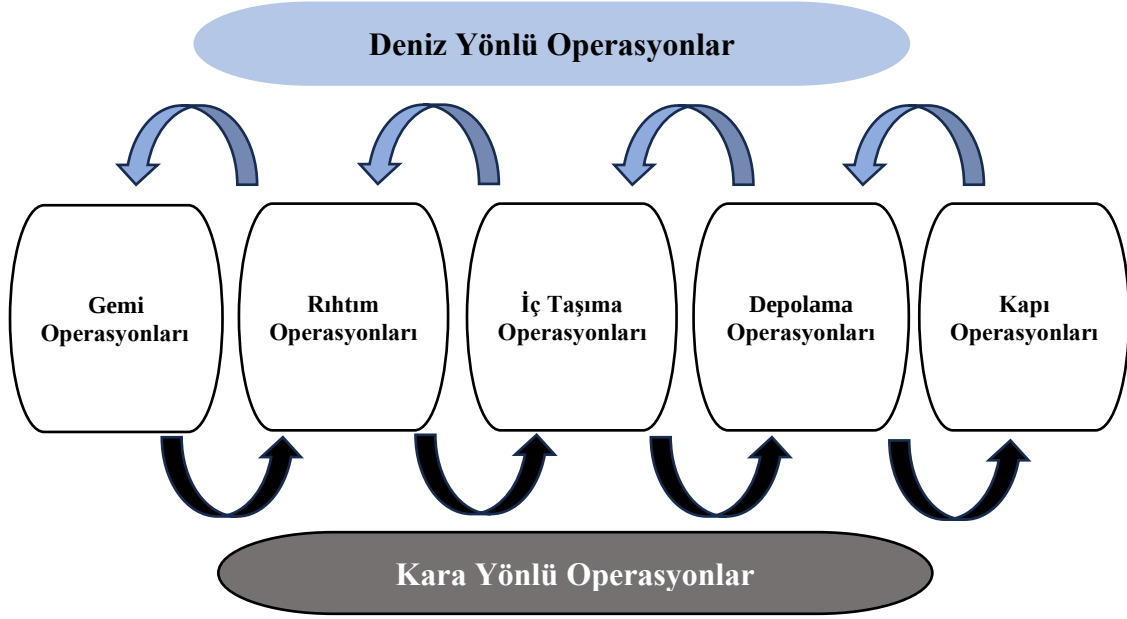
sebeplerle bir ülkedeki limanların sayısı, elleçleme kapasitesi, hinterlant bağlantı durumu gibi hususlar, dünya genelinde ülkelerin ekonomik ve ticari potansiyelini değerlendirmede önemli kıstaslardan biri haline gelmiştir (Bayraktutan ve Özbilgin, 2013).

1.5. Limanlarda Gerçekleşen Operasyonlar

Liman işletmelerinin en temel işlevleri arasında yer alan yük elleçleme faaliyetleri, “Liman Operasyonları” olarak isimlendirilen bir dizi operasyonla gerçekleşmektedir. Limana karadan veya denizden erişildiği andan itibaren söz konusu operasyonlar başlamış olur. Örneğin; bir konteyner gemisi liman sahasına giriş yaptığını bildirdiği anda, rıhtımda uygun yer olması halinde, “Gemi Operasyonları” başlamış olur. “Gemi Operasyonları” kapsamında, gemiye alınan pilot, geminin rıhtıma emniyetli bir şekilde yanaşabilmesi için rehberlik yapar. Geminin rıhtıma yanaşması ile “Rıhtım Operasyonları” başlar. Bu operasyon doğrultusunda, rıhtıma yanaşan gemideki yükler boşaltılır ve ardından boşaltılan yüklerin uygun ekipmanlarla depolama sahasına aktarılmak üzere elleçlendiği “İç Taşıma Operasyonları” gerçekleşir. Araçlarla depo sahasına taşınan yükler “Depolama Operasyonları” ile belirli bir düzen içerisinde istiflenir. Depo sahasında istiflenen yüklerin liman sahasından dışarı taşınması şeklinde gerçekleşen “Kapı Operasyonları” ile denizden karaya doğru ilerleyen hizmet süreci tamamlanmış olur. Şekil 3’te belirtilen liman operasyonları şemasında görüldüğü üzere, karadan denize doğru ilerleyen hizmet sürecinde ise tam tersi bir prosedür söz konusudur (Nehir, 2022).

Yukarıda açıklanan liman operasyonlarının birbirini takip eden bir dizi işlemle gerçekleştiği görülmektedir. Operasyon adımlarından herhangi birinde yaşanacak aksaklık, tüm sistemi olumsuz etkileyecektir. Bu sebeple tüm operasyonel aşamaların doğru analiz edilerek planlanması ve muhtemel bir aksaklığa mahal verilmemesi hayati önem taşımaktadır.

Gemi operasyonları, rıhtım operasyonları, iç taşıma operasyonları, depolama operasyonları ve kapı operasyonları olarak sıralanan 5 tür liman operasyonu, terminal ve yük türü ayrımı olmaksızın tüm limanlarda gerçekleşmektedir. Esmer (2019) tarafından yapılan çalışmaya göre limanlarda gerçekleşen operasyonlar Şekil 3’te gösterildiği gibidir:



Şekil 3. Liman Operasyonları

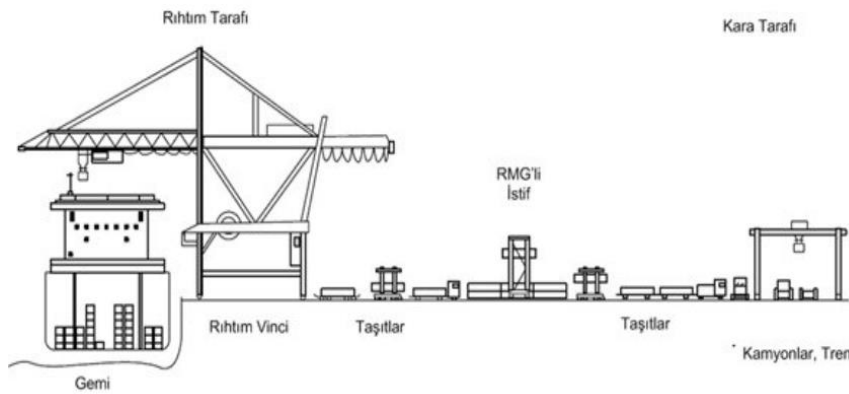
Şekil 3'te verilen liman operasyonlarından sadece gemi operasyonları, gemilere yönelik yürütülmekte iken geri kalan tüm operasyonlar, elleçlenen yüklere yöneliktir. Şekil 3'te belirtilen bu operasyonlara ilişkin açıklamalar, aşağıda verilmiştir (Esmer, 2019):

- ❖ **Gemi Operasyonları:** Liman sahasına giren gemilerin rıhtım veya iskeleyle yanaşma yapabilmesi, demirlemesi, limandan ayrılabilmesi ve liman sahası içerisinde gerekli manevraları sorunsuz bir şekilde gerçekleştirebilmesi için yapılan yardım ve yönlendirmelerdir. Gemi operasyonlarının yürütülmesinde hem mesleki elemana (kılavuz kaptan, römorkör kaptanı, palamarcı vb.) hem de iş için kullanılacak donanıma (pilot botu, römorkör, palamar botu vb.) ihtiyaç vardır. Söz konusu hizmetler genellikle liman işletmeleri tarafından değil, bu alanda faaliyet sürdüren kılavuzluk, römorkaj ve palamar hizmeti veren özel veya kamu sektörü işletmeleri tarafından verilmektedir.
- ❖ **Rıhtım Operasyonları:** Rıhtım veya iskeleyle yanaşmış olan gemiye yönelik yükleme/boşaltma operasyonlarıdır. Bu operasyon türü, elleçlenen yük ve hizmet verilen geminin türüne bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Yükleme/boşaltma operasyonlarında kullanılan ekipmanların türleri, terminalin ekipman envanterine bağlı olarak değişebilir. Yükleme/boşaltma operasyonlarında genel olarak mobil vinç ve raylı vinç gibi sahil vinçleri, gemilerin kendine ait vinçleri, yüzer vinç, emici sistemler, konveyör ve pnömatik (emici) sistemler, esnek hortum ve yükleme kolları

kullanılmaktadır. Söz konusu operasyonlar sürerken, ihtiyaç halinde gemiye bakım/onarım ve tedarik hizmeti de verilebilmektedir.

- ❖ **İç Taşıma Operasyonları:** Aprona yanaşan gemiden indirilen yüklerin depolama sahasına taşınması, ya da depolama sahasından gemiye yüklenmek üzere aprona taşınması şeklinde gerçekleşen operasyonlardır. Diğer bir ifadeyle, iç taşıma operasyonları, depolama sahası ile apron arasında iki yönlü gerçekleşen elleçleme işlemleridir. Bu operasyon türünde en yaygın kullanılan elleçleme ekipmanı terminal vincidir.
- ❖ **Depolama Operasyonları:** Gemilere yüklenmek üzere liman kapısından giriş yapan -kara tarafından gelen- ya da gemilerden tahliye edilen -deniz tarafından gelen- yüklerin geçici olarak depolanması, uygun bloklarda depolanması şeklinde gerçekleşen operasyonlardır.
- ❖ **Kapı Operasyonları:** Liman sahasına giriş-çıkış yapan yük ve/veya yolcuların kayıt işlemlerinin yapılması; yük, araç, sürücü ile ilgili gerekli belgelerin tam olduğunun tespit edilmesi şeklinde gerçekleşen operasyon türüdür. Bu aşamada yapılan işlemlerin tam ve doğru bir şekilde yerine getirilmesi, diğer operasyonlar açısından da önem taşımaktadır.

Yukarıda bahsi geçen liman operasyonlarının yanaşma yeri (apron), depolama sahası ve liman kapısı arasında nasıl yürütüldüğünü gösteren şema, Şekil 4'te verilmiştir:



Şekil 4. Gemi Yükleme-Boşaltma Süreçleri

Kaynak: Vis ve Koster (2003)

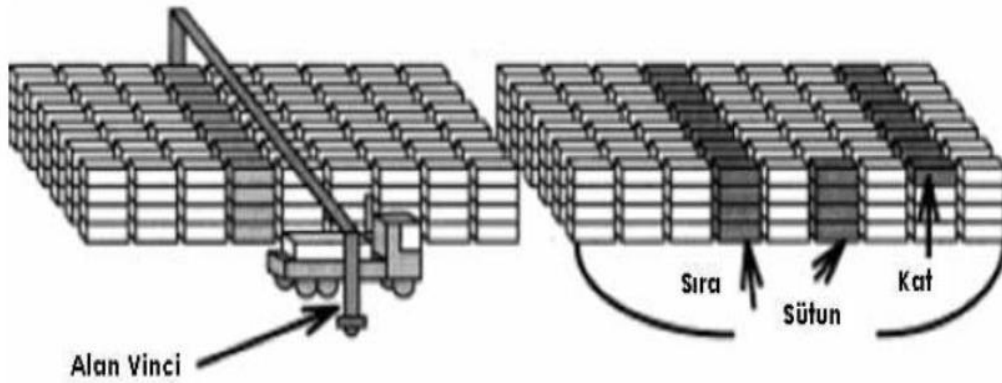
Yukarıda 5 grup halinde incelenen liman operasyonlarına ilaveten limanlarda “Gümrük Operasyonları” da yürütülmektedir. Bu operasyonlar, Gümrük İdaresinin yetkili memurları tarafından gerçekleştirilmektedir.

1.6. Konteyner Terminalleri

Genel anlamda yük terminalleri, kargolara yükleme, boşaltma, depolama ve transfer hizmetleri sunulan tesisler olup taşıma sisteminin kalbi konumundadır. Karayolu, demiryolu gibi çeşitli taşıma modları tarafından kullanılmakta olan terminaller, intermodal taşımacılık bakımından kilit bir rol üstlenmektedir.

Konteyner terminalleri ise konteynerlere yüklenen kargoların, konteyner gemileri aracılığıyla taşınabilmesi için yükleme, boşaltma, taşıma, istifleme gibi elleçleme işlemlerinin yanı sıra tartım, ölçüm, kontrol, paketlenme, etiketlenme gibi lojistik işlemlerinin de gerçekleştiği tesislerdir. Konteyner terminalleri, depolama operasyonları için geniş açık alanlara sahiptir. Depolama sahası olarak adlandırılan bu alanlarda, farklı özellik ve kapasiteleri olan çeşitli elleçleme ekipmanları bulunmaktadır.

Terminaller açısından önemli bir faaliyet unsuru olan ve Şekil 5'te gösterilen konteyner depolama sahaları, toplam terminal alanının %60 ile %70 arasında oldukça geniş bir bölümüne tekabül edebilmektedir (Tsinker, 2004).



Şekil 5. Konteyner Depolama Alanı

Konteyner operasyonları ve konteyner terminal işletmeciliği, zor ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Konteyner çeşitlerinin fazlalığı, konteyner tipine bağlı kısıtlamalar, armatörlerin yüksek hız talebi, maksimum verimlilik baskısı, yüksek düzeyde gerçekleşen istifleme miktarları, söz konusu zorluklar arasında sayılabilir.

Konteyner taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı içerisinde en büyük paya sahip taşımacılık biçimidir. Konteyner olarak adlandırılan taşıma ve saklama kutularının içerisinde envai çeşit ve muhtelif ağırlıklara sahip ürünlerin taşınması mümkündür. Konteynerlerin içerisinde giyim ürünlerinden, televizyon gibi hassas elektronik eşyalara; bilgisayar donanımlarından,

mobilya ve kâğıt ürünlerine kadar çok geniş yelpazede bir ürün kombinasyonuna taşıma hizmeti verilebilmektedir. Konteynerler, bahsi geçen ve taşıma işlemine konu kargolar için hem taşıma hem de ambalajlama işlevi görmektedir (Kozanhan, 2012).

Konteynerler belirli bir standartta kutular olup, konteyner içerisindeki yüklerin tamamı TEU Twenty Foot Equivalent Units (TEU) şeklinde birimleştirilerek ifade edilmektedir. Konteyner elleçleme operasyonları sırasında dökme yük veya diğer katı yüklerde olduğu kadar uzun süren operasyon ve işlemler yaşanmamaktadır. Yükleme, boşaltma, depolama ve istifleme işlemleri hızla tamamlanmakta, buna bağlı olarak konteyner taşıyan gemilerin limanda bekleme süresi oldukça azalmaktadır (Yazar, 2021).

Modern liman işletmeciliğinde yaşanan dönüşüm ve gelişmeler dikkate alındığında, limanların belirli yük türlerine yönelik ihtisaslaşma yoluna gittiği görülmektedir. Zira liman işletmelerinin depolama, istifleme, muhafaza etme bakımından birbirinden farklı özelliklere sahip olan katı yük, sıvı yük, dökme yük, konteyner gibi yük türlerinin tamamına başarıyla hizmet verebilmeleri alt ve üstyapı kaynaklarının kapasitesi ve çeşitliliği bakımından zorlayıcı olabilmektedir. Bu sebeple, bir veya birkaç yük türü üzerine yoğunlaşmak, limanların hizmet performansı açısından daha avantajlı olabilmektedir (Bayar, 2005).

1.7. Konteyner ve Konteyner Taşımacılığı

Uluslararası ticarete, ihracata dayalı büyüme anlayışını benimseyen ülkeler, yük taşımacılığına yönelik taleplerini, kömür, tahıl, petrol ve cevher gibi sıvı ve katı dökme yüklerden ziyade daha küçük ve hafif fakat maddi bakımdan daha değerli olan ürünlere yöneltmiş ve büyük partiler halinde ürün taşıyabilme avantajı sunan konteynerlerin kullanımına başlamışlardır (Tunalı ve Akarçay, 2022).

Konteynerlerin boyutları, önceleri ABD tarafından belirlenmiş olsa da ilerleyen dönemlerde konteyner taşımacılığının ülkeler ve kıtalar arasında yaygınlaşmaya başlaması ile uluslararası ticarete taşıma, yükleme ve boşaltma miktarını belirtebilmek amacıyla ortak bir birim kullanmaya ve bu anlamda standartlaşmaya gerek duyulmuştur. Gelişmiş ülkelerin öncülüğünde, yük taşımak için kullanılan konteynerlerde, 10 ft., 20 ft., 30 ft. ve 40 ft. gibi standart boyutlara sahip bir birimin kullanılması yönünde görüşler ortaya atılmış ve böylelikle günümüzde de geçerli olan International Organization for Standardization [ISO] (2020) standartları oluşturulmuştur (Polat, 2017).

Tablo 3’te, denizyolu taşımacılığında kullanılan 20 ft’lik ve 40 ft’lik olarak adlandırılan iki farklı konteyner türünün ISO (2020) standartlarına göre uzunluk, genişlik, yükseklik, hacim ve kendi ağırlığı gibi fiziki özelliklerinin yanı sıra, önerilen yükleme hacmi, azami yükleme ağırlığı hakkında bilgiler verilmektedir (Taner, 2012):

Tablo 3. 20 ve 40 ft’lik Konteynerlerin Fiziki Özellikleri

Boyutları	Uzunluk L (ft/m)	Genişlik B (ft/m)	Yükseklik H (ft/m)	Hacmi (m ³)	Önerilen Yükleme Hacmi (m ³)	Maks. Yük. Ağırlığı (ton)	Kendi Ağırlığı (ton)
TEU (20')	20/6,096	8' / 2,438	8'6" / 2,591	32	29	24	1,8 – 2,4
FEU (40')	40/12,192	8' / 2,438	8'6" / 2,591	65	59	30,48	2,8 – 4,0

Tablo 3’te bahsi geçen konteynerlerin ölçüleri; 6 m. (20 ft.) veya 12 m. (40 ft.) uzunluk; 2,4 m. genişlik; 2,6 m. yükseklik şeklindedir. Konteynerlerin güvenli bir şekilde kaldırılmasını, sabitlenmesini ve taşınmasını -yani elleçlenmesini- sağlayan ve her bir köşesinde yer alan özel bağlantı noktaları (twistlock) bulunmaktadır. Konteynerlerin uzunluk değeri 6 m. ve 12 m. olarak belirtilen iki yaygın formundan 6 m. uzunluğunda olanı 20 ft’lik konteyner olarak adlandırılırken; 12 m. uzunluğunda olan 40 ft’lik konteyner olarak adlandırılmaktadır. 20 ft’lik konteynerin ölçü birimi TEU şeklinde ifade edilir iken 40 ft’lik konteynerin ölçü birimi FEU (Fourty- Foot Equivalent Units) olarak ifade edilmektedir. Bahsi geçen 20 ft’lik ve 40 ft’lik olarak belirtilen konteynerlerden 20 ft. uzunluğunda olan konteyner türü, denizyolu taşımacılığında daha yaygın olarak kullanılmakta ve ticari işlemlerde ölçü alınmaktadır (Taner, 2012).

20 ft’lik konteynerler, hemen hemen bütün kargo türlerinin taşınımında yaygın bir şekilde kullanılan, genel yükler için tasarlanmış bir konteyner türüdür. 20 ft’lik konteynerler, içerisine monte edilen “flexitank” isimli aparat sayesinde, sadece kuru yükler için değil sıvı yükler için de kullanıma uygun hale gelmektedir (Polishchuk vd., 2021).

Şekil 6’da 20 ft. uzunluğunda standart bir konteynerin üç boyutlu görünümü verilmektedir.



Şekil 6. 20 ft'lik Standart Konteyner

Kaynak: Haralambides (2019)

Konteynerlerin sağlamış olduğu kullanım kolaylığı ve faydalar sebebiyle, konteyner taşımacılığı hızlı bir gelişim göstermiş, konteyner çeşitliliğinde de artış yaşanmıştır. Günümüzde farklı yük türleri için özel olarak imal edilmiş (tank, normal, reefer, bulk gibi) konteyner çeşitleri mevcuttur.

Konteynerlerin denizyolu taşımacılığında yaygın kullanımının başlıca sebepleri, taşımacılık alanında sağlamış olduğu bir dizi avantajdan kaynaklanmaktadır. Konteynerlerin lojistik ve elleçleme operasyonları bakımından sağladığı avantajlar aşağıda sıralanmıştır (Taner, 2012):

- Konteynerler, yüklerin birleştirilerek taşınabilmesine imkân tanımaktadır. Bu nedenle ihtiyaç duyulan depo oranı %35 azalmaktadır.
- Yükleme-boşaltma işlemlerinin daha hızlı gerçekleşmesine olanak tanıyan konteynerler sayesinde, sefer süreleri kısalır ve buna bağlı olarak operasyon maliyetler azalır.
- Konteyner, içerisindeki yük için sadece bir taşıma gereci değil aynı zamanda ambalaj niteliği de taşımaktadır. Bu sebeple, konteynerli yükler için ambalajlama gereği ve ambalajlama maliyeti ortadan kalmaktadır.
- Konteyner elleçleme operasyonları, insan gücünden ziyade makine gücüne dayalı olarak gerçekleşmektedir. Elleçleme ekipmanları olarak anılan bu makineler, işgücüne duyulan ihtiyacı azalttığından personel maliyetlerinde de azalma sağlamaktadır. İlk etapta, bu durum elleçleme işlemlerinde istihdam edilen personel bakımından işsizliğe yol açsa da konteyner taşımacılığındaki artış, liman bölgelerinde

Üretim ve ticaret hacmini artırmakta ve böylelikle bölge istihdamı da artış göstermektedir.

Konteyner taşımacılığı, yukarıda sözü edilen avantajlarının yanı sıra aşağıda belirtilen bazı dezavantajlara da sahiptir:

- Elleçleme operasyonlarının sayısı arttıkça konteynerler yıpranmakta ve tamir, bakım, yenileme ihtiyacı söz konusu olmaktadır.
- Konteyner taşımacılığı faktör yoğunluğu bakımından değerlendirildiğinde, emek yoğun değil sermaye yoğun bir sektördür. Sermaye yoğun bir sektör olmasının nedeni ise elleçleme ekipmanları ve diğer donanımlar bakımından görece yüksek teknolojiye gereksinim duymasıdır. Konteyner elleçlemeye uygun liman alt ve üstyapı yeterliliğinin sağlanabilmesi, ekipmanların alınması, maliyetli yatırımlar olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Konteynerler ile taşınan ağır tonajlı yüklerin modlar arası taşımacılıkta karayoluna aktarılması ile karayollarında yıpranma ve ilave bakım-yenileme maliyetleri meydana gelebilmektedir.

Sonuç itibariyle yukarıda bahsi geçen avantaj ve dezavantajları ile birlikte gerek ülkemizde gerekse dünya denizyolu ticaretinde yaşanan konteynerleşme trendi dikkat çekicidir.

1.8. Konteyner Taşımacılığı Yapılan Limanların Tesis ve Elleçleme Ekipmanları

Konteynerli kargoların denizden karaya, karadan denize aktarılarak modlar arasında taşınabilmesi için liman bünyesindeki bazı tesis ve eklentilerin yanı sıra, her biri farklı nitelik ve kapasiteye sahip elleçleme ekipmanlarının kullanımına da ihtiyaç duyulmaktadır.

Bir konteyner terminalinin deniz, kara ve demiryolu taşıtlarına aktarılacak yükler için yeterli düzeyde rıhtıma, depolama alanına, yükleme-boşaltma işlemleri için yeterli sayı ve kapasitede vinç, taşıt, istifleyici vs. alt ve üstyapı kaynaklarına sahip olması gerekmektedir (Nehir, 2022). Bu bağlamda Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD); rıhtım verimliliği, terminal sahası verimliliği ve ekipman verimliliği gibi faktörleri bir liman işletmesinin etkinlik değerlendirmesi bakımından kıstas kabul etmektedir (Esmer, 2009).

Bu başlık altında, liman işletmelerinin etkinliği bakımından kritik önem teşkil eden, yukarıda söz edilen alt ve üstyapı kaynakları hakkında bilgi verilecektir.

1.8.1. Liman Tesisleri

Konteyner terminallerinin asli unsurlarından olan ve aynı zamanda liman altyapı kaynakları arasında yer alan başlıca yapılar; rıhtım, apron, antrepo ve depolama sahası şeklinde sıralanabilir (Bayar, 2005).

1.8.1.1. Rıhtım

Rıhtımlar, gemilerin yükleme ve boşaltma amacıyla limanlara yanaştığı yerler olup aynı zamanda yüklerin kara ve deniz taşıtları arasında mod değiştirmesine de imkân sağlamaktadır. Rıhtım verimliliği, liman işletmelerinin etkinliğini belirleyen faktörlerden biridir. Bir limanın rıhtım sayısı ve rıhtım uzunluğu başına elleçlediği yük miktarı, o limanın rıhtım verimliliğini belirtmektedir.

1.8.1.2. Apron

Bir gemi, rıhtıma yanaştığı andan itibaren hızlı ve güvenli bir şekilde, gemideki yükün tahliye edilmesi ve/veya rıhtımdaki yükün gemiye yüklenmesi gerekmektedir. Gemiden rıhtıma tahliye edilen ya da rıhtımdan gemiye yüklenen yükün, rıhtım operasyonlarında herhangi bir aksaklığa yol açmaması için rıhtımın hemen gerisinde konteynerlere ayrılmış boş bir alana ihtiyaç duyulur ve söz konusu alan “apron” olarak adlandırılmaktadır. Apronların, operasyon verimliliği bakımından optimum büyüklükte olması önemlidir.

1.8.1.3. Antrepo

Apronlar, yükün rıhtımdan gemiye, gemiden rıhtıma aktarımı sırasında kullanılan alanlar iken, antrepo isimli alanlar yükün liman sahası içerisinde uzun süre bekletilmesi gereken durumlarda kullanılmaktadır. Antrepolar, rıhtımdan en az rıhtım genişliği kadar uzağa inşa edilmelidir. Antrepolara yük taşıma işlemi kara ve demiryolu ulaşımı ile gerçekleşir.

1.8.1.4. Transit Depolama Alanları

Konteyner terminallerindeki transit depolama alanları, yükün gemi, rıhtım ve depo arasında daha hızlı hareket etmesini sağlamak için tasarlanmıştır. Bu alanlar, yükün bekleme süresi olmaksızın hızlıca aktarıldığı apronların yanında bulunan tampon bölgeler olarak hizmet verir.

1.8.2. Elleçleme Ekipmanları

Konteyner taşıma, istifleme, yükleme, boşaltma işlemlerinde kullanılan elleçleme ekipmanlarının sayı, boyut, kapasite değerleri ve işlevleri, elleçleme operasyonlarının niteliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Elleçleme ekipmanlarının verimliliği, liman performansı açısından son derece önemlidir. Elleçleme ekipmanlarının kullanımı ile birlikte liman verimliliğinde %200'e varan bir artış sağlanabilmektedir (Steenken, 2004).

1.8.2.1. Rıhtım Vinci

Rıhtım vinçleri, gemideki konteynerleri rıhtıma tahliye etmek ve rıhtımdaki konteynerleri gemiye yüklemek için kullanılan ve liman operasyonlarının verimliliği üzerinde doğrudan etkisi olan önemli liman ekipmanlarıdır. Bir konteynerin ne kadar sürede gemiden rıhtıma, rıhtımdan gemiye taşındığı (elleçleme süresi), geminin limanda kalış süresini belirlediği için global çapta önemli bir verimlilik göstergesi olarak kabul edilmektedir (Sarioğlu, 2017).

Elleçleme süresine etki eden rıhtım vinci verimliliği; vinci taşıyıcı araçlarla uyumu, operatörlerin deneyimi, hava koşulları ve olası vinç arızaları gibi faktörlerden etkilenmektedir. Geminin boyutuna bağlı olarak birden fazla vinç aynı anda çalışarak yükleme ve boşaltma süresini kısaltabilmektedir (Sarioğlu ve Özdemir, 2018).

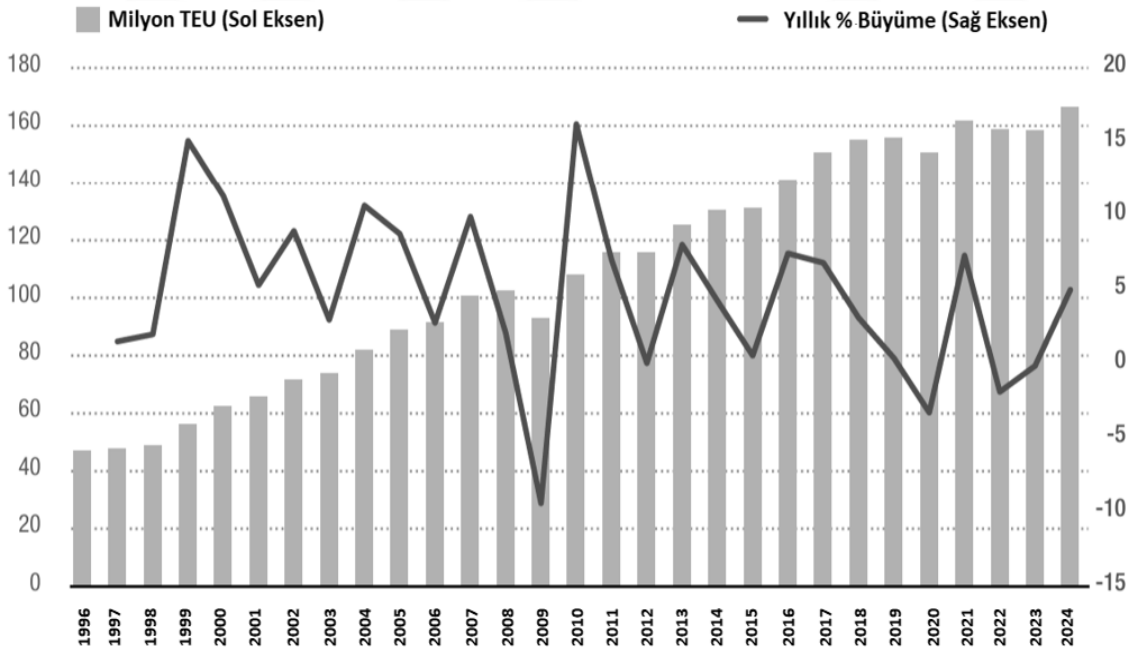
Gantry Kreyn (Spreader): Bu vinç türü, konteynerin dört köşesine bağlanan bir ataçman kullanarak konteyneri kavrar, hızlı ve güvenli bir şekilde taşır. Bu vinç türü, ray üzerinde ileri ve geri hareket edebilme özelliği sayesinde konteyner gemilerinin yükleme ve boşaltma işlemlerini hızlı bir şekilde gerçekleştirebilmektedir (Çağlar, 2012).

1.8.2.2. İstifleyici

İstifleyiciler, terminal sahası içerisinde boş ve dolu konteynerin kısa mesafeli taşınması, taşıma modları arasında transfer edilmesi ve istiflenmesi amacıyla kullanılan ekipmanlardır. Konteyner limanlarında bu amaç doğrultusunda boş konteyner istifleyicileri (top loader) ve dolu konteyner istifleyicileri (reach steaker) gibi istifleyici ekipmanlar kullanılmaktadır. Özellikle boş konteyner istifleyicileri yüksek istif özelliklerinden dolayı sahanın verimli kullanılmasını sağlayan ve nispeten ucuz olan bir ekipmandır (Sağlam, 2013).

1.9. Konteyner Taşımacılığının Ticari Bakımdan Önemi

Yük türleri; gaz, ham petrol ve ürünleri, konteyner ve kuru dökme yük şeklinde gruplandırılmaktadır. Küresel denizyolu taşımacılığında, ton bazında toplam taşınan yükün yaklaşık olarak %20'lik kısmını konteynerli yükler oluşturmaktadır; fakat genellikle tüketim ürünlerine yönelik olması ve değer bazında toplam yükün %60'ın üzerinde bir kısmını oluşturması sebebi ile konteyner taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı alanında hayati bir rol oynamaktadır (TÜRKLİM, 2024). Şekil 7'de, uluslararası konteyner taşımacılığında 1996-2024 yılları arasında gerçekleşen TEU cinsinden taşıma miktarları verilmektedir:



Şekil 7. Küresel Konteyner Ticareti, 1996–2024 (Milyon TEU ve Yıllık % Değişim)

Kaynak: UNCTAD, Review of Maritime Transport (2024)

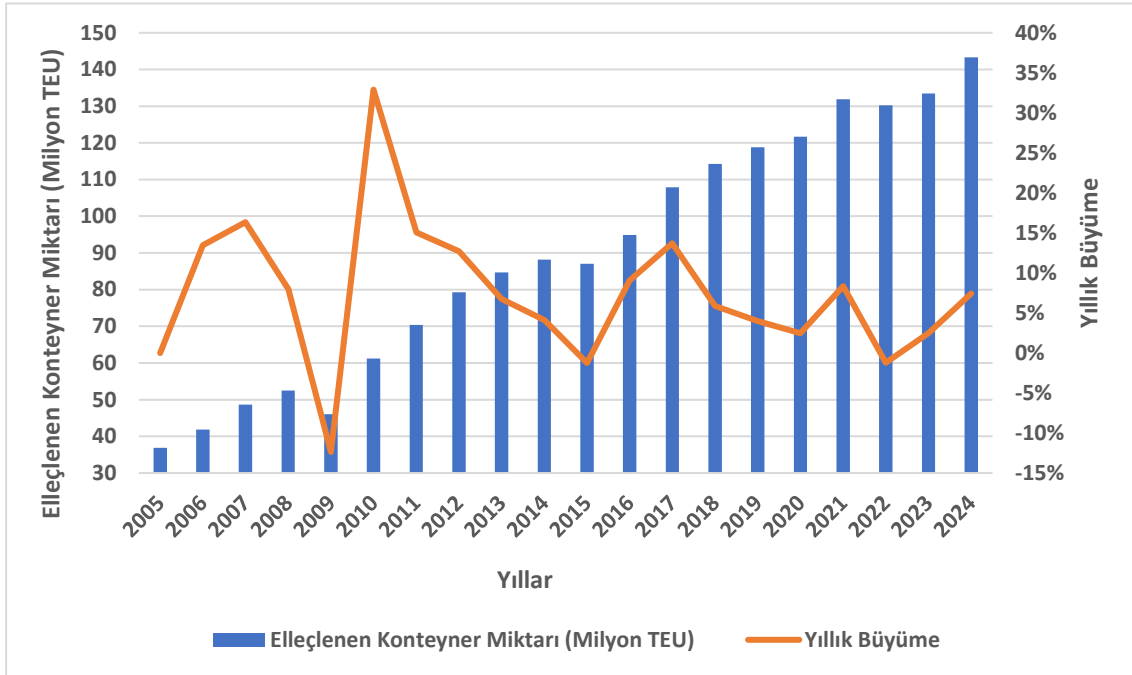
Şekil 7'deki grafik, 1996-2024 yılları arasında küresel konteyner ticaret hacmini (milyon TEU cinsinden) ve konteyner ticaret hacminin yıllık (%) büyüme oranını göstermektedir.

Genel olarak, küresel konteyner ticareti hacmi bu dönemde artış göstermiştir. 1996 yılında yaklaşık 45 milyon TEU olan küresel konteyner elleçleme hacmi, 2024 yılında 165 milyon TEU'ya ulaşarak yaklaşık %266 oranından artmıştır. Grafikte bazı dalgalanmalar görülmekle birlikte, genel trend yukarı yönlüdür. Yıllık büyüme oranı ise daha değişken bir seyir izlemiş, özellikle 2008 küresel finansal krizinin ardından 2009 yılında elleçlenen konteyner miktarı bakımından bir önceki yıla göre yaklaşık %10'luk bir daralma yaşanmış, fakat 2010 yılında %15'lik bir büyüme oranı gözlenmiştir. 2020 yılında COVID-19 pandemisi nedeniyle konteyner ticaretinde %5'lik bir daralma yaşanmış, ancak 2021 yılında pandeminin etkilerinin azalmasıyla birlikte %7 büyüyen konteyner ticareti tekrar yükselişe geçmiştir. 2021'den 2023'e kadar küresel konteyner ticaretinde bir küçülme meydana gelmiş; akabinde 2024 yılı ile birlikte yeniden büyüme trendine girilmiştir. Pandemi sonrası normalleşme çabaları, enflasyonist baskılar ve jeopolitik riskler, konteyner taşımacılığını etkilemeye devam etmiştir. Grafik, küreselleşme, uluslararası ticaretin artması ve tedarik zincirlerinin gelişmesiyle desteklenen küresel konteyner ticaretinin genel olarak büyüme trendinde olduğunu göstermektedir. Dünyada konteyner ticaretinde gözlemlenen konteynerize olma eğilimi, Türkiye deniz taşımacılığı sektörü için de söz konusudur. Tablo 4'te 2005 ile 2024 yılları arasında sıvı dökme, konteyner, katı dökme, genel kargo ve araç içi taşınan yük olmak üzere 5 ayrı kargo tipi için yıllar bazında, ton cinsinden elleçleme miktarları verilmiştir.

Tablo 4. 2005-2024 Yılları Arasında Türkiye Denizyolu Taşımacılığında, Kargo Tipleri Bakımından Elleçleme Miktarı (Ton)

Yıl	Sıvı Dökme	Konteyner	Katı Dökme	Genel Kargo	Araç İçi Taşınan Yük	Toplam Yük Elleçleme
2005	69.071.670	36.857.885	-	-	-	213.025.594
2006	80.847.217	41.815.705	-	-	-	244.001.925
2007	108.622.167	48.644.314	-	-	-	291.573.631
2008	121.486.988	52.530.084	-	-	-	314.609.716
2009	133.352.244	46.030.743	-	-	-	309.436.706
2010	134.474.303	61.175.130	-	-	-	348.635.867
2011	129.992.302	70.381.257	107.167.803	46.507.959	9.297.402	363.346.723
2012	132.700.887	79.310.916	107.119.426	60.258.235	8.036.768	387.426.232
2013	122.560.729	84.656.192	103.655.819	66.093.252	7.964.766	384.930.758
2014	116.934.088	88.138.346	108.744.680	61.183.191	8.120.314	383.120.619
2015	146.554.192	87.025.857	110.701.538	63.505.731	8.249.377	416.036.695
2016	145.024.367	94.928.597	116.516.338	65.564.619	8.167.241	430.201.162
2017	152.897.347	107.917.908	128.842.715	72.147.186	9.368.740	471.173.896
2018	139.717.069	114.231.465	133.653.221	63.977.765	8.574.040	460.153.560
2019	155.253.914	118.768.010	150.344.563	52.672.991	7.128.934	484.168.412
2020	146.652.396	121.710.948	164.479.123	54.627.400	9.172.785	496.642.652
2021	150.531.376	131.859.620	170.629.055	61.462.127	11.824.606	526.306.784
2022	171.201.149	130.244.809	165.295.741	64.567.384	11.301.200	542.610.283
2023	167.788.070	133.467.400	153.714.732	54.864.485	11.245.117	521.079.804
2024	162.214.988	143.357.666	152.196.648	62.100.115	11.867.941	531.737.358

Kaynak: 2005-2010 Yılları Arası İstatistikler (Bayraktutan ve Özbilgin, 2013); 2011-2024 Deniz Ticareti Yük İstatistikleri (Denizcilik Genel Müdürlüğü, 2005).



Şekil 8. Türkiye Konteyner Ticareti, 2005–2024 (Milyon TEU ve Yıllık % Değişim)

Şekil 8’de görüldüğü üzere 2005-2024 yılları arasında Türkiye denizyolu ticaretinde elleçlenen konteyner miktarı, yıllar itibariyle genel bir artış eğilimi gösterse de 2008 yılında 52.530.084 ton olan konteyner elleçleme miktarı, 2009 yılında bir önceki yıla göre %12 azalarak 46.030.743 tona gerilemiş ve son 19 yılın en sert düşüşü yaşanmıştır. Şekil 8’de görülen, Türkiye konteyner ticaretinde 2009 yılında yaşanan bu gerileme, aynı yıl küresel konteyner ticaretinde yaşanan daralma ile uyumludur. Söz konusu daralmanın sebebi 2008 yılında yaşanan küresel finansal krizdir. Zira Türk konteyner ticaretinde 2009 yılında yaşanan bu daralma, aynı yıl küresel konteyner ticaretinde de kendini göstermektedir.

2008 yılında küresel ölçekte yaşanan finansal krizin etkilerinin 2010 yılında azalması ile birlikte, konteyner ticaretinde rekor bir büyüme yaşanmıştır. Türkiye’de 2009 yılında 46.030.743 ton seviyesinde gerçekleşen konteyner elleçleme hacmine karşılık 2010 yılında konteyner elleçleme hacmi 61.175.130 ton seviyesine yükselmiş ve bir önceki yıla göre %33 seviyesinde büyüyerek son 19 yılın yıllık büyüme rekorunu kaydetmiştir.

Tablo 4’ten hareketle, 2005 yılında 36.857.885 ton seviyesinde gerçekleşen konteyner elleçleme hacminin 2024 yılında 143.357.666 ton seviyesine yükselerek %289’luk bir artış kaydettiği görülmektedir. Türk konteyner taşımacılığında yaşanan bu artış, Şekil 7’de verilen küresel konteyner ticaretinin yıllar itibariyle sergilediği artış oranları ile uyumlu gözükmemektedir.

Tablo 5’te, Konteyner, Sıvı Dökme, Katı Dökme, Genel Kargo, Araç İçi Taşınan Yük ve Yıllık Toplam Yük türlerine göre 2011 yılından 2024 yılına kadar elleçleme miktarında yaşanan (%) artış oranları verilmiştir.

Tablo 5. Kargo Tiplerine Göre Yüklerin 2011-2024 Yılları Arasındaki Artış Oranı

Yük Türü	2011 Yılı Elleçleme Miktarı (Ton)	2024 Elleçleme Miktarı (Ton)	Yılı 2011'den 2024'e % Artış
Konteyner	70.381.257	143.357.666	104%
Sıvı Dökme	129.992.302	162.214.988	25%
Katı Dökme	107.167.803	152.196.648	42%
Genel Kargo	46.507.959	62.100.115	34%
Araç İçi Taşınan Yük	9.297.402	11.867.941	28%
Toplam Yük Elleçleme	363.346.723	531.737.358	46%

Tablo 5’te her bir yük türü için verilen elleçleme miktarı verileri dikkate alındığında, 2011 yılında 363.346.723 ton seviyesinde gerçekleşen toplam yük elleçleme miktarı, 2024 yılına gelindiğinde başlangıca göre %46’lık bir artışla 531.737.358 ton seviyesine yükselmiştir.

Sonuç itibariyle Türk konteyner taşımacılığını, veriler ışığında, 2005 ile 2024 yılları arasındaki gelişimi açısından değerlendirdiğimizde;

2005 yılında elleçlenen 213.025.594 ton toplam yükün 36.857.885 tonluk (%17’lik) kısmı konteynerli yüklerden oluşurken, 2024 yılına gelindiğinde 531.737.358 ton seviyesinde elleçlenen toplam yük miktarının 143.357.666 tonluk (%27’lik) kısmı, konteynerler aracılığıyla elleçlenmiştir. TÜRK LİM (2024) raporuna göre ise küresel konteyner ticaretinin diğer yük grupları içerisindeki payı %20 civarında seyretmektedir. Bu verilerden fark edildiği üzere, Türkiye denizyolu taşımacılığında konteynerleşme oranı 2024 yılında %27 oranında gerçekleşerek, küresel ticaretteki %20’lik konteynerleşme oranını geride bırakmıştır.

Yıllar içerisinde, Türk denizyolu taşımacılığında tonaj bakımından anlamlı bir şekilde konteynerleşme yaşandığı Şekil 8’de gösterilmektedir. Ayrıca, 2005 yılında 36.857.885 ton seviyesinde gerçekleşen konteyner elleçleme miktarının 2024 yılına gelindiğinde %289’luk bir artış göstererek 143.357.666 ton seviyesine yükselmesi de Tablo 4’te sunulmaktadır.

Sonuç itibariyle, yukarıda açıklanan ve Türkiye özelinde konteynerli denizyolu taşımacılığı alanında yaşanan büyümenin, küresel denizyolu ticaretinde yaşanan konteynerleşme trendi ile benzerlik sergilediği görülmektedir.

1.10. Literatür Taraması

Performans ölçüm ve değerlendirmesi amacıyla çeşitli alanlarda ve sektörlerde kullanılmakta olan VZA yönteminin finans ve bankacılık, sağlık, eğitim, otel ve konaklama kurumları, restoranlar gibi birçok farklı alanda uygulamaları mevcuttur (Çavmak, 2017).

Bu başlık altında, 1993-2023 yılları arasında dünyanın çeşitli bölgelerinde faaliyet sürdüren liman işletmelerinin kurumsal verimliliklerini VZA yöntemi ile değerlendiren 33 çalışmanın amacı, kapsamı, sonucu ve önemi hakkında özet açıklamalara yer verilmektedir.

Roll ve Hayuth (1993) tarafından yapılan çalışma, liman etkinliğini ölçmek için VZA yönteminin nasıl uygulanabileceğini göstermeyi amaçlamakta ve VZA yönteminin hizmet sektöründe ve özellikle liman etkinliğinin ölçülmesinde kullanılabileceğini ifade etmektedir.

VZA, liman etkinliğinin ölçülmesinde analiz edilen limanlar grubunda en etkin olanları temel alarak, göreceli etkinlik değerleri elde etmeyi sağlar. Makalede, VZA yöntemi hipotetik bir örnek üzerinden gösterilmiş ve 20 limanın performansları karşılaştırılmıştır. Analizde, yöntem sayesinde, liman yöneticileri ve araştırmacılar için liman etkinliği hakkında daha derin bir anlayış sağlanabileceği ve olası iyileştirmelerin belirlenebileceği vurgulanmaktadır.

Çalışmada, VZA yönteminin avantajları belirtilirken, liman etkinliğinin ölçülmesinde kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerinin standart bir ölçü biriminde olmasına gerek duyulmaksızın eş zamanlı olarak analiz edilebildiği, farklı girdi ve çıktı kombinasyonlarının birlikte değerlendirilebildiği ve üretim fonksiyonuna ihtiyaç duyulmadığı vurgulanmaktadır.

Tongzon (1995) tarafından yapılan çalışma ise uluslararası 23 liman işletmesinin performans ve etkinliklerini belirleyen faktörleri deneysel olarak tespit etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada ayrıca terminal etkinliğinin, genel liman performansı üzerindeki kritik rolü de niceliksel olarak ortaya koymuştur. Liman performansının belirlenmesinde terminal etkinliğinin diğer faktörlere göre daha güçlü etkisi, kıyı reformu sürecinde terminal performansını iyileştirmeye en yüksek önceliği vermek için bir gerekçe sağlamaktadır.

Poitras vd., (1996) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise 5'i Avustralyalı, 18'i uluslararası olmak üzere, toplam 23 konteyner limanı etkinlik performansı bakımından karşılaştırılarak VZA'nın bu alandaki bir uygulama örneği ortaya konulmuştur. Çalışmada ampirik sonuçlar sunulmuş ve birçok limanın etkin olmadığı belirlenmiştir.

Martinez vd., (1999), 1993-1997 yılları arasında İspanyol Liman İdarelerinin göreceli etkinliğini belirlemek için VZA tekniğini kullanmıştır. Çalışmada, İspanya'daki 26 liman ele alınarak limanların karmaşıklıklarına göre üç gruba ayrıldığı ve her bir grubun zaman içinde etkinlik açısından farklı bir evrim gösterdiği saptanmıştır. Çalışmada, yüksek karmaşıklıkta limanların zamanla etkinlik sınır çizgisine yaklaşarak daha yüksek göreceli etkinlik seviyeleri gösterdiği belirtilirken, orta karmaşıklıkta limanların etkinlik seviyelerinde zaman içinde daha küçük bir artış yaşandığı, düşük karmaşıklıkta limanların ise olumsuz yönde evrildiği ileri sürülmektedir.

Tongzon (2001) tarafından yapılan çalışma, 4 Avustralya ve 12 uluslararası konteyner limanı üzerinden yapılmış ve 1996 yılı verileri kullanılmıştır. Bulgular Melbourne, Rotterdam, Yokohama ve Osaka limanlarının en etkinsiz limanlar olduğunu göstermiştir.

Valentine ve Gray (2001) tarafından yapılan çalışmada, 1998 yılına ait veriler kullanılarak 31 farklı konteyner limanı incelenmiştir. Araştırmanın amacı, farklı liman mülkiyet yapıları ve organizasyonel yapılar arasındaki performans farklılıklarını incelemek olarak ifade edilmiştir. Araştırma sonuçları, basit yapıya sahip limanların daha etkin olduğunu göstermiştir. Ayrıca, liman mülkiyet yapısının liman etkinliğinde önemli bir etkiye sahip olmadığı sonucuna varılmıştır.

Itoh (2002) tarafından yapılan çalışmada, Japonya'daki 8 büyük uluslararası konteyner limanının 1990-1999 yılları arasındaki operasyonel etkinlik değişimi, zamana dayalı “pencere” uygulaması kullanılarak incelenmektedir. İncelenen limanlar Tokyo, Yokohama, Shimizu, Nagoya, Yokkaichi, Osaka, Kobe ve Kitakyushu'dur. Sonuçlar, Tokyo Limanı'nın büyük konteyner gemilerini karşılayabilmek için başarılı bir şekilde yeniden yapılandırıldığını ve etkin olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, Kobe Limanında, 1995'teki Büyük Hanshin depremi sonrasında yeni ve eski kullanıcıları çekmek için daha fazla önlem alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu analizde, limanların teknik etkinlik ve ölçek etkinliği açısından önemli farklılıklar sergilediği sonucuna varılmıştır.

Barros (2003) tarafından yapılan araştırmanın amacı, Portekiz limanlarında uygulanan devlet teşvik politikalarının liman etkinlik düzeyleri üzerindeki etkilerini araştırmak ve bu politikaların hedeflerine ulaşip ulaşmadığını değerlendirmektir. Çalışmada, 1999 ve 2000 yıllarına ait veriler kullanarak Leixões, Aveiro, Lizbon, Setúbal ve Sines limanları incelenmiştir. Sonuçlar, teşvik düzenlemelerinin genel olarak limanların etkinliğini artırmada etkili olduğunu, ancak bazı limanlarda, özellikle Aveiro'da, istenen etkinlik

artışının sağlanamadığını göstermektedir. Bu bulgular, devletin teşvik politikalarının yeniden gözden geçirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Park ve De (2004) tarafından yapılan araştırmada, 2001 yılında Kore Denizcilik ve Balıkçılık Bakanlığı'nın yayınladığı istatistik yıllıklarından toplanan veriler kullanılarak 11 Kore limanı incelenmiştir. Araştırma sonucunda, VZA yönteminin limanların etkinliğini ölçmede, özellikle de üretim kapasitesi, karlılık, pazarlanabilirlik ve genel etkinlik gibi farklı aşamaları ayrı ayrı incelemede etkili bir araç olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Sonuçlar, Kore limanlarının çoğunun DRS (ölçeğe göre azalan getiri) gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durumda liman işletmelerinin, mevcut ölçeğini arttırmadan etkinliği arttırmaya ve maliyetleri azaltmaya odaklanması gerektiği anlaşılmaktadır.

Barros ve Athanassiou (2004) tarafından yapılan çalışmada, VZA yöntemi kullanılarak Yunanistan ve Portekiz'deki liman etkinliklerinin karşılaştırmalı olarak analiz edilmesi, böylece Avrupa limanlarının en iyi uygulamalarının belirlenmesi ve performansı düşük limanların performansının artırılması için uluslararası bir kıyaslama yöntemi sunulması amaçlanmıştır. Çalışmada, 1998-2000 yılları arasında Yunanistan'dan 2 büyük liman olan Pire ve Selanik ile Portekiz'den 4 büyük liman olan Lizbon, Leixões, Setúbal ve Sines incelenmiştir. Analizde, Yunanistan ve Portekiz limanlarının çoğunun etkin; ancak Selanik limanının etkinsiz olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. VZA sonuçlarına göre, Selanik limanının hem yük hem de konteyner taşımacılığı kapasitesini artırması ve iş gücünü ve sermaye miktarını azaltması gerektiği vurgulanmaktadır.

Bayar (2005) tarafından yapılan çalışmada, VZA yöntemi kullanılarak Türk limanlarının etkinliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında, TCDD'ye ait 5 limanın (Haydarpaşa, Mersin, İzmir, Derince ve İskenderun) 2004 yılı verileri üzerinden konteyner elleçleme etkinliği analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, İzmir ve Mersin limanlarının etkin olduğunu, Haydarpaşa, Derince ve İskenderun limanlarının ise etkinsiz olduğunu göstermiştir. Etkinsiz limanların etkinliklerini artırmak için gerekli önlemler, analiz sonucunda belirlenmiş ve potansiyel iyileştirmeler hesaplanarak öneriler sunulmuştur.

Cullinane ve Wang (2006) tarafından yapılan çalışmada, konteyner limanları etkinliğinin analiz edilmesi için VZA tekniğinin uygulanabilirliği incelenmiştir. Çalışmada, 1992-1999 yılları arasında dünyanın en büyük 25 konteyner limanını kapsayan bir örneklem kullanılmıştır. Sonuçlar, örneklemdeki konteyner limanlarının hizmet üretim sürecinde önemli bir israf yaşandığını göstermektedir. Örneğin, girdi odaklı CCR modeli ile yapılan

analizler sonucunda konteyner limanlarının ortalama etkinliği %58 olarak hesaplanmıştır. Bu da incelenen limanların aynı çıktı seviyelerine, mevcut girdilerini %42 azaltarak ulaşabileceği anlamına gelmektedir. Söz konusu sonuçlar, kaynakların etkinsiz kullanımı nedeniyle optimize edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Fung Ng ve Lee (2007) tarafından yapılan araştırmada, Malezya'da faaliyet sürdüren 6 konteyner limanının 2000-2005 yılları arasındaki etkinliği, VZA yöntemi kullanılarak ölçölmektedir. Çalışmada, Malezya'daki limanların etkinliğinin Singapur limanı ile karşılaştırıldığında düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca çalışmada Malezya limanları arasında iş birliğinin artırılması ve kargo taşımacılığı sektöründe rekabetin güçlendirilmesi için öneriler yer almaktadır.

Al-Eraqi vd., (2008) tarafından yapılan çalışmada, Orta Doğu ve Doğu Afrika bölgelerindeki 22 limanın 2000-2005 yılları arasındaki etkinliği, VZA yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. VZA yönteminin iki farklı yaklaşımı (geleneksel VZA ve pencere analizi) uygulanarak limanların etkinlikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Sonuç olarak çalışmada, Orta Doğu ve Doğu Afrika'daki liman etkinliklerinin çoğunlukla değişken olduğu ve büyük limanların genel olarak küçük limanlara göre daha az etkin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada, PTP (Tanjung Pelepas Limanı) ve Johor Limanı'nın 2005 yılında, Orta Doğu ve Doğu Afrika bölgelerindeki en etkin limanlar olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Dias vd., (2009) tarafından yapılan araştırmada, VZA yöntemi kullanılarak etkinlik açısından ana İber konteyner terminallerinin karşılaştırmalı bir analizi sunulmaktadır. Bu çalışmada, 2007 yılı için 10 İber konteyner terminalinin performans ölçömleri değerlendirilmiştir. Karşılaştırmalı bir yaklaşım kullanılarak çalışma, çeşitli etkinlik seviyelerinde de olsa, incelenen terminallerin çoğunluğunun etkin olduğunu ortaya koymaktadır. En yüksek etkinlik seviyelerine sahip İber konteyner terminallerinin Terminal XXI, Alicante, TC Leixões- N ve Algeciras olduğu, Bilbao konteyner terminalinin ise en düşük etkinlik seviyesini gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmada, bu bulguların politika yapıcılar, liman yetkilileri ve araştırmacılar için yol gösterici olduğu vurgulanmakta ve ilgili kuruluşların, özellikle de liman ve lojistik yetkililerinin, performans değerlendirmesinde kullanılan temel performans göstergelerini ve iyileştirme önerilerini dikkate alması gerektiği belirtilmiştir.

Cullinane ve Wang (2010) tarafından yapılan araştırmada, 1992 ile 1999 yılları arasında dünyanın en büyük 25 konteyner limanı, yıllık veriler kullanılarak, zamana bağlı pencere

VZA yaklaşımı ile incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın amacı, zaman içinde hem teknik etkinlikteki hem de teknolojik gelişmedeki değişiklikleri hesaba katan dinamik bir analiz sağlayarak, statik etkinlik analizine ilişkin dezavantajları bertaraf etmektir. Çalışmada, örneklemedeki çoğu konteyner limanının hizmet üretiminde önemli bir etkinsizlik olduğu ortaya konulmuş; liman rekabetinin etkinlik üzerindeki önemli etkisi vurgulanarak güçlü yerel rekabet ortamında faaliyet sürdüren limanların genellikle daha yüksek etkinlik skorlarına sahip olduğu belirtilmiştir.

Wanke vd., (2011) tarafından yapılan araştırmanın amacı, Brezilya'daki büyük liman terminallerinde yaşanan etkinsizliğin nedenlerini incelemektir. Bu amaçla, 2008 yılında 25 farklı liman terminalinden toplanan veriler üzerinden analiz yapılmıştır. Sonuçlar, Brezilya terminallerinin çoğunun ölçek ekonomisinden yararlanarak ve sevkiyat konsolidasyonunu artırarak etkinliklerini artırabileceğini göstermektedir. Ayrıca, özel sektör tarafından işletilen terminallerin ve dökme yük terminallerinin daha etkin olduğu, demiryolu bağlantısının ve kamyonların planlanmasının etkinliği olumlu yönde etkilediği ileri sürülmüştür.

Jiang vd., (2012) tarafından yürütülen çalışmada, VZA yöntemi kullanılarak 2008 yılı verileri doğrultusunda, 24 büyük Asya konteyner limanının göre etkinliği analiz edilmiştir. Çalışmada, geleneksel etkinlik sınırına ek olarak güçlü etkin sınır ve güçlü etkinsiz sınır kavramları tanıtılmış ve her bir limanın hem en iyi performans gösterenlerden hem de en kötü performans gösterenlerden ne kadar uzakta olduğunun ölçülmesi hedeflenmiştir. Sonuçlar, Singapur ve Hong Kong limanlarının en etkin limanlar olduğunu, Dubai ve Tokyo'nun ise göreceli olarak daha az etkin olduğunu ortaya koymuştur.

Schøyen ve Odeck (2013) tarafından yapılan çalışmada, Norveç konteyner limanlarının etkinlik düzeyi, diğer İskandinav ve Birleşik Krallık limanlarıyla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, 2002-2008 yılları arasında 6'sı Norveç, 4'ü İsveç, 4'ü Danimarka (İsveç ile ortak kullanılan Kopenhag/Malmö limanı dahil), 5'i Finlandiya, 1'i İzlanda ve 5'i Birleşik Krallık'tan olmak üzere toplam 24 limanın etkinliği, VZA yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Sonuç olarak, Norveç limanlarının teknik etkinlik açısından diğer İskandinav ve Birleşik Krallık limanlarıyla aynı düzeyde olduğu, ancak ölçek etkinliği açısından biraz daha düşük performans gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, Norveç limanlarının ölçek etkinliğini artırmak için operasyonel ölçeklerini büyütme gerektiği vurgulanmıştır.

Lee vd., (2014) tarafından yapılan çalışmada, liman şehirlerinin çevresel etkinliğinin analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada, dünyanın en işlek 11 liman şehri (Singapur, Hong Kong, Busan, Rotterdam, Tianjin, Kaohsiung, Hamburg, Antwerp, Los Angeles, New York ve Cidde) 2011 yılı verileriyle incelenmiştir. Çevresel etkinin ölçülebilmesi amacıyla, istenmeyen çıktı değişkenleri olarak azot oksit, kükürt oksit ve karbondioksit emisyonları modele dahil edilmiştir. Çalışma sonucunda Singapur, Busan, Rotterdam, Kaohsiung, Antwerp ve New York'un çevresel açıdan en etkin liman şehirleri olduğu, Tianjin, Cidde, Los Angeles, Hamburg ve Hong Kong'un ise nispeten daha az etkin olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada, liman şehirlerinin çevresel performanslarının değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi için önemli bilgiler sunulmakta ve yeşil liman politikalarının ve uygulamalarının önemi vurgulanmaktadır.

Almawsheki ve Shah (2015) tarafında yapılan araştırmada, Orta Doğu bölgesindeki konteyner terminallerinin teknik etkinliğinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Araştırmacılar, 2012 yılında 15 ülkede bulunan 19 konteyner terminalinin etkinliklerini değerlendirmiştir. Elde edilen bulgular, Jebel Ali, Salalah ve Beyrut terminallerinin bölgedeki en etkin terminaller olduğunu göstermektedir. Aden terminalinin ise bölgede en az etkin terminal olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, Orta Doğu bölgesindeki terminal yöneticilerine, etkinliklerini artırabilmeleri için kaynakları nasıl optimize edeceklerine dair öneriler sunulmaktadır.

Van Dyck (2015) tarafından yapılan araştırmada, VZA pencere analizi yöntemi kullanılarak Batı Afrika'daki belli başlı limanların etkinliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. 2006-2012 yılları arasındaki veriler kullanılarak Batı Afrika'daki 12 limandan konteyner elleçleme hacmi 100.000 TEU'nun üzerinde olan 6 büyük limanın göreceli etkinliği analiz edilmiştir. Bu limanlar Tema, Abidjan, Dakar, Lomé, Cotonou ve Lagos limanlarıdır. Modelin sonuçları, Gana'daki Tema Limanı'nın Abidjan ve Lomé limanlarını takiben örneklemdaki en etkin liman olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan çalışmada, Cotonou Limanı'nın en az etkin liman olduğu ve belirtilen yıllar boyunca üretimde önemli bir israf sergilediği bulgusuna ulaşılmıştır. Lagos Limanı Kompleksi'nin performansı, daha büyük limanların daha etkin olduğu yönündeki görüşlere gölge düşürmektedir. Çalışmada, Batı Afrika için potansiyel bir merkez liman seçimiyle ilgili olarak öneriler de sunulmaktadır.

Esmail (2016) tarafından yapılan araştırmada, VZA yöntemi kullanılarak Suudi Arabistan'daki limanların, özellikle de Cizan Limanı'nın gelişme olanakları

değerlendirilmiştir. Çalışmada, 2014 yılı için Suudi Arabistan liman istatistiklerinden elde edilen verileri kullanılmış ve Cizan Limanı da dahil olmak üzere çeşitli limanlarda etkinsizlik olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada, etkinliği ve ekonomik büyümeyi artırmak için, özel sektör yatırımlarının teşvik edilmesi, liman altyapılarının iyileştirilmesi ve işletme düzenlemelerinin gözden geçirilmesini içeren politika önerileri sunulmuştur. Araştırmacı, ulaştırma sektörünün, özellikle de limanların ekonomik büyümeyi, istihdamı ve ticareti desteklemede oynadığı önemli rolü vurgulamaktadır. Ayrıca, Suudi Arabistan'ın tek gelir kaynağı olan petrole olan bağımlılığını azaltma ihtiyacının ve limanları geliştirmenin ülkenin ekonomik çeşitliliğini sağlamadaki öneminin altını çizmektedir.

Barros vd., (2016) tarafından yapılan araştırmada, 2002-2012 yılları arasında 33 Çin limanının teknik etkinliğinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada, Çin limanlarının heterojen bir yapı sergilediği ve limanların etkinliklerini belirleyen en önemli faktörlerin liman büyüklüğü ve uzaklık olduğu sonucuna varılmıştır. Büyük limanlar ölçek ekonomisinden faydalanarak daha etkin çalışırken, uzak limanlar lojistik maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle daha düşük etkinlik göstermektedir. Çalışmanın sonuçları, Çin hükümetinin liman sektörüne yönelik politikalar geliştirirken limanların heterojen yapısını dikkate alması ve etkinlik artırıcı politikaların limanların özelliklerine göre farklılaştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Wiegman ve Dekker (2016) tarafından yapılan çalışma, Hamburg-Le Havre (HLH) liman aralığındaki derin deniz limanlarının performansının karşılaştırılması ve hangilerinin daha etkin olduğunun araştırılmasını konu almaktadır. 2007 yılı için Amsterdam, Antwerp, Bremen, Dunkirk, Ghent, Hamburg, Le Havre, Rotterdam, Vlissingen, Wilhelmshaven ve Zeebrugge limanları incelenmiştir. Sonuç olarak, Hollanda limanlarının HLH aralığında en etkin limanlar olduğu görülmüştür. Araştırmada, daha küçük limanların genellikle daha büyük limanlardan daha etkin olduğu ve konteyner elleçlemenin liman etkinliğinde önemli bir faktör olduğu bulgusuna varılmıştır.

Zahran vd., (2017) tarafından yapılan çalışmada, limanların kaynaklarını, tesislerini ve altyapılarını gelire dönüştürme etkinliğini değerlendirmek için VZA yöntemi kullanılarak 2012 yılında dünya genelinde 18 farklı liman analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, limanların çoğunun etkinsiz olduğu ve gelirlerini artırmak için operasyonel iyileştirmeler yapmaları gerektiği bulunmuştur. Ayrıca, liman büyüklüğünün etkinlik üzerinde istatistiksel olarak

anlamalı bir etkisinin olmadığını, bunun yerine stratejik planlama ve yönetim uygulamalarının daha belirleyici olduğu sonucuna varılmıştır.

Nguyen vd., (2018)'ne ait araştırmada, Vietnam'daki 43 limanın etkinliği bölgesel bir perspektiften incelenmiştir. Çalışmada, meta-sınır analizi kullanılarak farklı bölgelerdeki limanların farklı teknolojiler kullandığı ve bunun etkinlik düzeylerini etkilediği ortaya konulmuştur. Bulgular, kargo elleçleme tesisleri ve bilgi teknolojisinin Vietnam limanlarının performansını belirleyen en önemli faktörler olduğunu göstermektedir. Çalışma ayrıca, Kuzeydeki limanların en etkin, Orta bölgedeki limanların ise en düşük etkinliğe sahip olduğunu göstermektedir. Araştırmacılar limanların, özellikle de Orta bölgedeki limanların etkinliklerini artırmak için yeniden yapılandırılmasını ve reform yapılmasını, altyapıya, kargo elleçleme ekipmanlarına, depolama tesislerine ve bilgi teknolojisine yatırım yapılmasını ve daha etkin limanların referans alınarak liman performanslarının geliştirilmesini önermektedir.

Kalgora vd., (2019) tarafından yapılan çalışma, 2005 ile 2016 yılları arasında, Batı Afrika'daki 5 büyük ticari liman olan Abidjan (Fildişi Sahili), Cotonou (Benin), Lagos (Nijerya), Lomé (Togo) ve Tema (Gana) limanlarının göreceli etkinliğini ölçmeyi amaçlamaktadır. Araştırmada hem teknik etkinliği hem de ölçek etkinliğini değerlendirmek için Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) ve Banker, Charnes ve Cooper (BCC) modeli kullanılmıştır. Sonuçlar, Lagos, Lomé ve Tema limanlarının teknik etkinlik ve ölçek etkinliği açısından en iyi uygulamayı temsil ederek CCR modeli altında etkin olduğunu göstermiştir. Abidjan ve Cotonou limanları ise kaynak kullanımında teknik olarak -BCC modeli altında- etkin ancak ölçek bakımından etkinsiz bulunmuştur, bu da operasyonlarının ölçeğini ayarlamaları gerektiğini göstermektedir. Ayrıca analiz terminal alanı, rıhtım vinçleri, istifleme araçları ve yıllık konteyner elleçleme kapasitesi gibi belirli girdi değişkenleri ile konteyner elleçleme miktarı arasında güçlü bir pozitif korelasyon olduğunu göstermiştir.

Périco ve da Silva (2020) tarafında yapılan çalışmada, 2010-2017 yılları arasında Brezilya'daki en büyük 24 limanın etkinliğinin, VZA yöntemi ile değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bulgular, Brezilya limanlarının çoğunun düşük etkinlik seviyelerine sahip olduğunu ve bunun başlıca nedenlerinin yetersiz altyapı ve yetersiz rekabet olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar, liman etkinliğini artırmak için altyapı yatırımlarının artırılması, bürokratik süreçlerin kolaylaştırılması ve rekabet ortamının iyileştirilmesi gibi bir dizi öneri

sunmaktadır. Araştırmada, Brezilya'nın dünyanın en büyük tarımsal ürün üreticilerinden biri olduğu ve bu ürünlerin çoğunun dökme yük olarak taşındığına dikkat çekilerek, liman etkinliğinin artırılmasının, ülkenin ekonomik büyümesi ve kalkınmasında kritik öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır.

Huang vd., (2021) tarafından yürütülen çalışmada, dünyanın en büyük 50 limanı arasında yer alan ve 21. Yüzyıl Deniz İpek Yolu üzerinde bulunan 9 limanın göreceli etkinliğini belirlemek amacıyla VZA yöntemi kullanılmıştır. 2013-2017 yılları arasında Çin'deki Qingdao, Ningbo Zhoushan, Shenzhen ve Şanghay Yangshan limanları ile Singapur, Yunanistan (Piraeus), Almanya (Hamburg), Hollanda (Rotterdam) ve Sri Lanka'daki (Colombo) limanlar olmak üzere toplam 9 liman incelenmiştir. Çalışmada, Qingdao Limanı'nın etkin bir liman olduğu ve bu limanı Ningbo Zhoushan ile Şanghay Yangshan limanlarının takip ettiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan Shenzhen, Rotterdam, Hamburg ve Colombo limanlarının etkinsiz olduğu belirlenmiş ve özellikle Rotterdam Limanı'nda girdi fazlalığı ve çıktı yetersizliği sorunlarının olduğuna dikkat çekilmiştir.

Kammoun ve Abdennadher (2022) tarafından yürütülen çalışmada, Kuzey ve Güney Avrupa limanlarının etkinlik ve rekabet gücü, 2005-2018 yılları arasında 9 Avrupa ülkesinde bulunan en büyük 30 konteyner limanı üzerinden değerlendirilerek incelenmiştir. Yöntem olarak, limanların teknik etkinliğini ölçmek için CCR girdi odaklı Pencere Analizi kullanılmıştır. Sonuçlar, elleçleme maliyetlerinin rekabet gücü için en etkili faktör olduğunu göstermektedir. Çalışma, dünyadaki başlıca liman bölgelerinden biri olan Kuzey Avrupa'daki limanların çoğunun rekabet gücü açısından başarılı olurken, etkinlik açısından başarısız olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun nedeni olarak, yapılan yatırım ile etkinlik artışı arasında geçen uzun süre gösterilmektedir.

Agüero-Tobar vd., (2023) tarafından yapılan araştırmada, konteyner limanlarının denizcilik operasyonları bakımından etkinliğini değerlendirmek için VZA yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, Şili'deki 12 terminal limanının 2019 yılı verileri kullanılarak gerçekleştirilen ampirik çalışmayla bu yöntemin nasıl uygulanacağı gösterilmiştir. Sonuçlar, analiz edilen limanların %33'ünün ölçek ekonomilerinden yararlandığını ve aynı zamanda teknik etkinliğe sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Kaleibar ve Krnac (2024) tarafından yapılan çalışmada, gelişmiş bir VZA yaklaşımı kullanılarak Adriyatik Denizi konteyner limanlarının performans etkinliği ve sıralaması değerlendirilmiştir. Çalışmada, 2021 yılında 4 İtalyan limanı (Trieste, Venedik, Ravenna ve

Ancona), 2 Hırvat limanı (Rijeka ve Ploce), 1 Sloven limanı (Koper) ve 1 Karadağ limanı (Bar) olmak üzere 8 konteyner limanından elde edilen veriler kullanılmıştır. Sonuçlar, Koper limanının hem etkinlik hem de çapraz etkinlik açısından en etkin liman olduğunu göstermektedir. Diğer limanlar etkinsiz bulunmuş ve performanslarını iyileştirmek için atılması gereken adımlar önerilmiştir.

Açıklanan çalışmalarda hangi girdi-çıktı değişkenlerinin kullanıldığı, çalışmanın yılı ve yazarı gibi bilgiler Tablo 6’da gösterilmektedir.

Tablo 6. Liman Literatüründeki Girdi-Çıktı Değişkenleri

SN.	Kaynak	Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri
1	Roll ve Hayuth (1993)	• İş Gücü Sayısı • Sermaye • Yük Karakteristiği	• Elleçlenen Yük Miktarı • Hizmet Seviyesi • Kullanıcı Memnuniyeti • Gemi Sefer Sayısı
2	Tongzon (1995)	• Rıhtım Uzunluğu • Vinç Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı
3	Poitrass (1996)	• Vinç sayısı • Gemi Sefer Sayısı • Liman ücret • Elleçlenen Konteyner/Vinç Saati	• Elleçlene Konteyner/Saat • Elleçlenen Yük Miktarı
4	Martinez vd., (1999)	• İş Gücü Giderleri • Amortisman • Diğer Giderler	• Elleçlenen Yük Miktarı • Tesis Kira Gelirleri
5	Tongzon (2001)	• Vinç Sayısı • Rıhtım Sayısı • Römorkör Sayısı • Terminal Alanı • Bekleme Süresi • İş Gücü Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı • Konteyner Elleçleme/Saat
6	Valentine ve Gray (2001)	• Genel Rıhtım Uzunluğu • Konteyner Rıhtım Uzunluğu	• Elleçlenen Yük Miktarı (Ton) • Elleçlenen Yük Miktarı (Teu)
7	Itoh (2002)	• Terminal Alanı • Rıhtım Sayısı • Vinç Sayısı • İş Gücü Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu)

SN.	Kaynak	Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri
8	Barros (2003)	• İş Gücü Sayısı • Sermaye	• Elleçlenen Yük Miktarı (Ton) • Elleçlenen Yük Miktarı (Teu) • Hasılat • Gemi Sefer Sayısı • Pazar payı
9	Park vd., (2004)	• Yanaşma Kapasitesi • Gemi Sefer Sayısı • Yük Elleçleme Kapasitesi (Ton)	• Elleçlenen Yük Miktarı (Ton) • Gemi Sefer Sayısı • Hasılat • Kullanıcı Memnuniyeti
10	Barros ve Athanassiou (2004)	• İş Gücü Sayısı • Sermaye	• Gemi Sefer Sayısı • Elleçlenen Yük Miktarı (Ton ve Teu)
11	Bayar (2005)	• Rıhtım Uzunluğu • Vinç Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu)
12	Cullinane ve Wang (2006)	• Rıhtım Uzunluğu • Terminal Alanı • Vinç Sayısı • Forklift Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu)
13	Fung Ng ve Lee (2007)	• Rıhtım Uzunluğu • Vinç Sayısı • Depolama Alanı	• Gemi Sefer Sayısı • Elleçlenen Yük Miktarı (Teu)
14	Al-Eraqi vd., (2008)	• Rıhtım Uzunluğu • Depolama Alanı • Elleçleme Ekipman Sayısı	• Gemi Sefer Sayısı • Elleçlenen Yük Miktarı (Ton)
15	Dias vd., (2009)	• Vinç Sayısı • İş Gücü Sayısı • Terminal Alanı • Römorkör Sayısı • Elleçleme Ekipman Sayısı • Rıhtım Uzunluğu	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu) • Konteyner Hareketi/Gemi Sefer Sayısı
16	Cullinane ve Wang (2010)	• Rıhtım Uzunluğu • Terminal Alanı • Vinç Sayısı • Taşıyıcısı Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu)
17	Wanke vd., (2011)	• Terminal Alanı • Kamyon Park Alanı • Rıhtım Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Ton) • Sevkiyat Sayısı

SN.	Kaynak	Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri
18	Jiang vd., (2012)	• Terminal Alanı • Rıhtım Uzunluğu • Depolama Alanı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu) • Konteyner Gemi Sayısı
19	Schøyen ve Odeck (2013)	• Rıhtım Uzunluğu • Terminal Alanı • Saha Vinçleri Sayısı • Taşıyıcı Sayısı • Kamyon Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu)
20	Lee vd., (2014)	• İş Gücü Sayısı	• Hasılat (İstenen) • Elleçlenen Yük Miktarı (Teu) (İstenen) • Nitrojenoksit (İstenmeyen) • Kükürtdioksit (İstenmeyen) • Karbondioksit (İstenmeyen)
21	Almawshaki ve Shah (2015)	• Rıhtım Uzunluğu • Rıhtım Derinliği • Vinç Sayısı • Terminal Alanı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu)
22	Van Dyck (2015)	• Rıhtım Uzunluğu • Vinç Sayısı • Reach Stacker	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu)
23	Esmail (2016)	• Liman İthalatı • Boşaltılan Gemi Sayısı • Rıhtım Sayısı	• Liman İhracatı • Yüklenen Gemi Sayısı
24	Barros vd., (2016)	• İş Gücü Giderleri • Sermaye	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu) • Yolcu Sayısı • Dış Ticaret Kargo (Ton)
25	Wiegman ve Dekker (2016)	• İş Gücü Sayısı • Amortisman • Malzeme/Hizmet Maliyetleri	• Elleçlenen Yük Miktarı (Ton) • Gemi Sefer Sayısı • Hasılat • Kâr
26	Zahran vd., (2017)	• Elleçlenen Yük Miktarı (Ton) • Gemi Sefer Sayısı • Yolcu Sayısı • Depolama Alanı • Rıhtım Sayısı • Elleçleme Ekipmanı Sayısı	• Hasılat

SN.	Kaynak	Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri
27	Nguyen (2018)	• Rıhtım Uzunluğu • Terminal Alanı • Depolama Alanı • Elleçleme Ekipmanı • BT Ekipmanları	• Elleçlenen Yük Miktarı (Ton)
28	Kalgora vd., (2019)	• Rıhtım Uzunluğu • Terminal Alanı • Vinç Sayısı • İstifleme Araçları • Rıhtım Derinliği • Elleçleme Kapasitesi (Teu)	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu)
29	Périco ve da Silva (2020)	• Rıhtım Sayısı • Rıhtım Uzunluğu • Depolama Alanı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Ton)
30	Huang vd., (2021)	• Rıhtım Uzunluğu • Terminal Alanı • Vinç Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu)
31	Kammoun ve Abdennadher (2022)	• Rıhtım Uzunluğu • Vinç Sayısı (Portal V.) • Terminal Alanı • İş Gücü Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Ton)
32	Agüero-Tobar vd., (2023)	• Rıhtım Derinliği • Rıhtım Uzunluğu • Rıhtım Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Teu) • Gemi Sefer Sayısı
33	Kaleibar ve Krmac (2024)	• Rıhtım Uzunluğu • Rıhtım Derinliği • Terminal Alanı • Ekipman Sayısı	• Elleçlenen Yük Miktarı (Ton) (İstenen) • CO2 Emisyonu (İstenmeyen)

Tablo 6’da 1993-2024 yılları arasında limanların etkinliğini ölçmek ve karşılaştırmak için VZA yönteminin kullanıldığı 33 araştırmanın kaynağı ve girdi-çıktı değişkenleri listelenmiştir. Söz konusu araştırmalarda, limanların kullandığı iş gücü, sermaye, altyapı ve üstyapı girdi değişkenleri ile elleçledikleri yük miktarı, elde ettikleri hasılat ve müşteri memnuniyeti gibi çıktı değişkenleri analiz edilmiş; hangi limanların daha etkin olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmaların sonuçları, limanların etkinlik düzeylerinin; büyüklükleri, konumları, yönetim yapıları ve teknolojik gelişmişlikleri gibi faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişebildiğini göstermektedir. Ayrıca, etkinsiz bulunan limanlara

ölçek ekonomisinden yararlanma, teknolojik yenilikleri benimseyerek altyapıya yatırım yapma ve lojistik bağlantıları geliştirme gibi iyileştirme önerileri sunulmuştur.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, çevresel performansın da etkinlik kapsamında değerlendirilmesi gerektiği ve "yeşil liman" uygulamalarının önemi vurgulanmaktadır (Kaleibar ve Krmac 2024).



İKİNCİ BÖLÜM

PERFORMANS ÖLÇÜMÜNDE KULLANILAN KAVRAM VE YÖNTEMLER

Denizyolu taşımacılığı, ticari taşımacılık türleri arasında en önemli rolü oynamaktadır. Denizyolu taşımacılığının en temel yapı taşı ise limanlardır. Limanlar; deniz, kara, hava ve demiryolu taşımacılık türleri arasında taşıma modu değişimi sağlamakta, böylelikle “intermodal” bir işlev görmektedir. Dünya genelinde ve ülkemizde denizyolu ile taşınan ticari mal hacmi; kara, demir ve havayolu ile taşınan toplam mal hacminden daha fazladır (Altın vd., 2017).

Denizyolu taşımacılığının tüm taşıma türleri arasında %90’lık bir paya sahip olduğu ve limanların tüm taşıma modlarının düğümlendiği kritik bir merkez olduğu gerçeği dikkate alındığında liman işletmelerinde meydana gelecek bir aksaklığın, verimlilik ve etkinlik kaybının sadece denizyolu taşımacılığında değil tüm taşımacılık alanında olumsuz bir etki yaratacağı açıktır.

Ticari taşımacılıkta, yukarıda bahsi geçen olumsuz sonuçların yaşanmaması, liman işletmelerinin iktisadi büyüme ve sürekliliğinin sağlanabilmesi için limanların kurumsal verimlilik ve etkinliklerinin rasyonel bir yaklaşımla ele alınması ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu başlık altında, bahsi geçen performans değerlendirmesi çalışmalarında sıklıkla kullanılan performans, etkinlik ve verimlilik gibi temel kavramlar ile performans ölçüm yöntemlerine değinilecektir.

2.1. Performans

Performans, bireyin, örgütün ya da işletmenin, belirlenen hedefe ulaşabilme derecesini ifade etmektedir. Belirlenen hedefe ne derece ulaşılabilirdi ise faaliyetlerin “nitel” ve/veya “nicel” bakımdan değerlendirilmesi ile anlaşılabilir (Aydın, 2024).

Erdil ve Kalkan (2005) ise performans kavramını, öncelikleri belirlenmiş bir hedef doğrultusunda, belirli bir süre zarfında sonuç üretebilme kabiliyeti olarak tanımlamaktadır. Günümüz dünyasında yaşanan yoğun rekabet ortamı, işletmeleri daha rekabetçi olmaya zorlamakta ve böylelikle performans kavramı, en önemli göstergelerden biri haline gelmektedir. Rekabette başarılı olabilmek için performansı başarıyla yönetmek; performansı yönetmek için ise öncelikle ölçmek gerekmektedir.

Performans kavramı, liman işletmeleri bağlamında ele alındığında ise performans ölçümü için kullanılabilecek üç ana performans göstergesinden söz etmek mümkündür (Trujillo ve Nombela, 1999):

1. **Fiziksel Göstergeler:** Limanın iş hacmini ve hızını yansıtır. Bu kapsamda, elleçlenen kargo miktarı, gemi hizmet hızı ve diğer taşıma modlarına konteyner transfer hızı gibi unsurlar incelenir. Gemi döngü zamanı, bekleme süresi, rıhtım doluluk oranı, rıhtımda çalışma zamanı ve kargo bekleme süresi gibi zaman odaklı metrikler de bu kategoriye dahildir.
2. **Faktör Verimlilik Göstergeler:** Bu göstergeler, limanın operasyonel verimliliğini, özellikle de gemi yükleme/boşaltma süreçlerindeki işgücü ve sermaye kullanımını değerlendirir. Saatte çalışan başına elleçlenen yük, vinç başına elleçlenen yük, palamar yerinde elleçlenen yük ve günlük gemi elleçleme sayısı gibi ölçümler kullanılır.
3. **Ekonomik ve Finansal Göstergeler:** Limanın mali performansını ve sürdürülebilirliğini gösterir. Bu göstergeler, elleçlenen ton veya brüt sicil tonajı (GRT)/net sicil tonajı (NRT) başına fazla mesai, ton veya GRT/NRT başına toplam gelir ve TEU başına ücret gibi maliyet ve gelir kalemlerini içerir ve liman otoriteleri gibi düzenleyici kurumlar için kapsamlı bir mali tablo sunar.

2.2. Etkinlik

Etkinlik (efficiency) kavramı sadece işletme ve iktisat alanında değil birçok farklı disiplin ve alanda kullanılmaktadır. İktisadi bakımdan ele alındığında etkinlik kavramı “en az çaba ve maliyetle, en yüksek fayda ve sonuç elde etme kapasitesi” şeklinde tanımlanabilmektedir (Çoban, 2007).

Üretim faktörlerinin ve kaynakların, mal veya hizmet üretim sürecindeki dağılımının bazı bireylerin refah seviyesini azaltmaksızın diğer bireylerin refahını arttıracak şekilde kullanılması ekonomik etkinlik ya da “Pareto Etkinlik” olarak tanımlanmaktadır. Zira bireylerin bir kısmının refahını arttırırken diğer bir kısmının refahını azaltan bir kaynak tahsisinde, ekonomik etkinlikten yani “Pareto Etkin” bir durumdan bahsedilemez (Tekdemir, 2019).

İşletme disiplini bakımından ele alındığında ise etkinlik kavramı; işletmenin sahip olduğu işgücü, hammadde, demirbaş ve malzeme gibi girdi faktörlerini belirlenen amaçlara uygun olarak kullanabilme kapasitesidir. Etkinlik, aynı zamanda fiili (gerçekleşen) çıktının, standart (olması gereken) çıktıya ne kadar yaklaştığını gösteren bir ölçüttür. Bu ölçüt, belirlenen standart performansın gerçekleşen performansa oranlanmasıyla hesaplanır (Yükçü ve Atağan, 2009):

Örneğin, bir liman işletmesinde belirli miktarda bir yükün elleçlenebilmesi için gerekli standart süre 3 saat olsun. Ancak, kullanılan vinçle ve istifleyicilerin eski olması ve düzenli bakımının yapılmaması sebebiyle işçiler, söz konusu işi 4 saate tamamlayabiliyorsa, yani gerçekleşen (fiili) performans 4 saat ise, İşletmede etkinlik derecesi = $3/4 = 0,75$ olarak hesaplanır. Yani hizmet üretiminin, olması gereken standarda göre %25 daha az etkin olduğu anlaşılmaktadır (Yükçü ve Atağan, 2009). Bu da işletmedeki kaynak kullanımının, potansiyel üretimin altında kaldığını gösterir. Sonuç olarak, liman yönetiminin ekipmanlarını yenilemek ve düzenli bakımını sağlamak gibi adımlar atarak etkinliği artırması ve hedeflenen üretim kapasitesine ulaşması gerekmektedir.

Özellikle hizmet sektöründe, elde edilen sonuç ile bu sonucu elde etmek için harcanan kaynaklar arasındaki ilişkiye sıklıkla etkinlik denir. Etkinlik, temelde, bir organizasyonun amaçlarına ulaşma derecesiyle alakalıdır. Bu sebeple, etkinlik kavramı organizasyonun çıktılarına odaklanır. Genel bir tanımla etkinlik, bir organizasyonda gerçekleşen çıktı miktarının planlanan çıktı miktarına oranı olarak ifade edilmektedir (Gülcü ve Tutar, 2004). Etkinlik oranının 1’den daha küçük bir değer alması, işletme etkinliğinin standartların

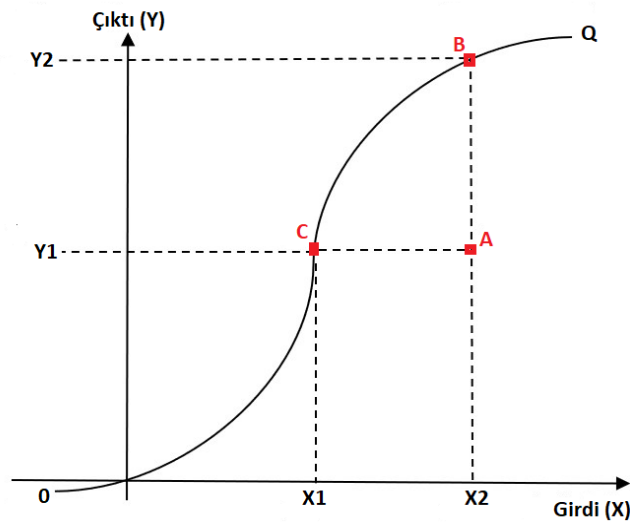
altında kaldığını gösterirken, 1'den daha büyük bir değer alması ise standartların üzerinde bir etkinlik elde edildiğini göstermektedir. Etkinlik türleri; teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve toplam etkinlik olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Bal, 2013):

2.2.1. Teknik Etkinlik

Altın (2014)'e göre, girdiye yönelik teknik etkinlikte, çıktı bileşeni sabitken girdi kullanımının minimum düzeye indirilmesi hedeflenmekte; çıktıya yönelik teknik etkinlikte ise girdi miktarı sabit tutularak çıktı miktarının maksimum düzeye çıkarılması hedeflenmektedir.

Bir başka tanıma göre ise teknik etkinlik; işletmenin, sabit girdi bileşeni ile mümkün olan en yüksek çıktı düzeyinde üretime yapabilme kapasitesi şeklinde tanımlanmaktadır (Deliktaş, 2002).

Teknik etkinlik, iktisadi açıdan, girdi ve çıktı bileşenleri arasında en az kaynak israfına olanak tanıyan bileşenle üretim yapmaktır. Başka bir deyişle, teknik olarak etkin bir bileşende, girdiler sabit tutulurken çıktıların artırılması mümkün değildir. Üretim sürecinde herhangi bir israfın olmaması, teknik etkinliğin göstergesidir (Aydın, 2020). Dolayısıyla, teknik etkinlik, girdi bileşimini en etkin şekilde kullanarak mümkün olan en yüksek çıktıyı elde etme yeteneği olarak tanımlanabilir. Bu, girdi dağılımında değişiklik yapılarak bir çıktıdan ödün vermeden diğer çıktının miktarının artırılamayacağı anlamına gelir.



Şekil 9. Üretim Sınırı Eğrisi

Şekil 9'da A, B ve C noktaları, üç ayrı firmanın girdi-çıktı bileşenlerini göstermektedir. OQ eğrisi üzerindeki noktalar, her bir girdi seviyesi için elde edilebilir en yüksek çıktı seviyesini

belirtmektedir. Her bir girdi seviyesi için maksimum çıktı düzeyini gösteren bu eğriye “üretim sınırı” adı verilmektedir. 0Q (üretim sınırı) eğrisi üzerinde yer alan firmalar üretim faaliyetlerinde teknik etkin olarak kabul edilirken, eğri altında kalan firmalar teknik etkinsiz olarak kabul edilmektedir. B ve C noktalarında üretim yapan firmalar teknik etkin durumda iken A noktasında üretim yapan firmanın teknik olarak etkinsiz olduğu görülmektedir. A noktasında -yani eğrinin altında- yer alan firmanın daha fazla girdi kullanmadan mevcut çıktısını AB kadar arttırabilmesi ya da mevcut çıktısını azaltmadan girdilerini AC kadar azaltabilmesi mümkündür. 0Q eğrisi üzerinde tanımlı noktaların eğimi, teknik olarak etkinlik düzeyini ifade etmektedir. Bu sebeple, eğri üzerinde eğim arttıkça etkinlik de artış gösterecektir. A noktasında üretim yapan firma şayet B noktasına kayarsa teknik etkinliği artacaktır; C noktasına kaydığına ise eğimin maksimum olduğu noktada konumlanacağı için etkinliği de maksimum düzeye çıkacaktır.

2.2.2. Ölçek Etkinliği

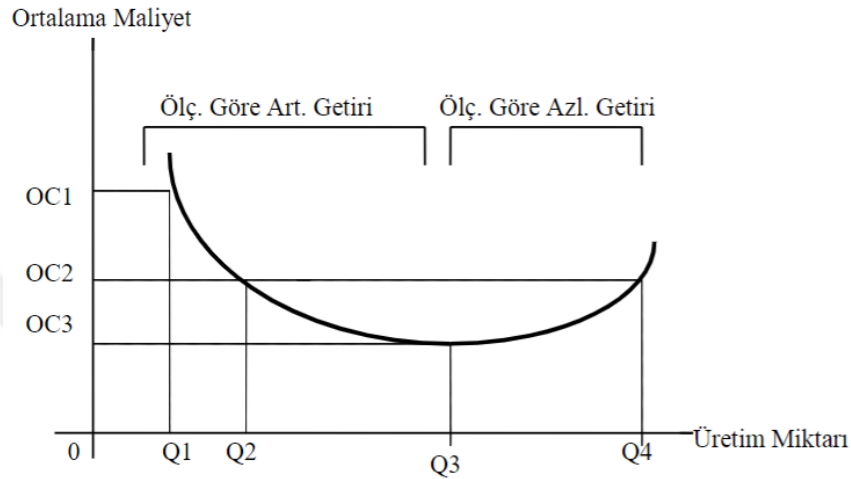
İşletmenin üretim faaliyetini en uygun, en verimli ölçek büyüklüğü ile gerçekleştirmesi “ölçek etkinliği” olarak adlandırılmaktadır (Webster vd., 1998). Ölçek etkinliği kavramının doğru ve tam anlaşılabilmesi amacıyla, ilk olarak “ölçeğe göre getiri” kavramı ve türlerinden bahsedilmektedir.

Uzun dönemde üretim faktörlerinin, yani üretimde kullanılan girdilerin hiçbiri sabit değildir. Ölçeğe göre getiri kavramı; uzun dönemde üretim faktörlerinin (girdilerin) artış oranı ile üretim miktarının (çıktıların) artış oranı arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Uzun dönemde, üretim faktörlerinin artış oranı, üretim miktarındaki artış oranını 3 farklı şekilde etkilemektedir (Küçük, 2011):

1. **Ölçeğe Göre Sabit Getiri:** İşletmenin girdi bileşenlerindeki oransal artışın, çıktı bileşenlerinde de aynı oranda artışa neden olmasıdır (Constant Returns Sale-CRS).
2. **Ölçeğe Göre Artan Getiri:** İşletmenin girdi bileşenlerindeki oransal artışın, çıktı bileşenlerinde daha yüksek oranda artışa neden olmasıdır (Increasing Returns to Scale- IRS).
3. **Ölçeğe Göre Azalan Getiri:** İşletmenin girdi bileşenlerindeki oransal artışın, çıktı bileşenlerinde daha düşük oranda artışa neden olmasıdır (Decreasing Returns to Scale) (DRS).

Uzun dönemde genel olarak ölçek büyüdükçe (üretim faktörü kullanımı arttıkça) işletme öncelikle artan getiri, sonra sabit getiri ve en sonunda azalan getiri durumuna gelmektedir.

Ölçeğin büyümesi, birim başına ortalama maliyeti doğrudan etkilemektedir. Şekil 10’da ölçek büyüklüğünün, birim başına ortalama maliyet üzerindeki etkisi, grafik üzerinde gösterilmektedir (Polat, 2002):



Şekil 10. Uzun Dönem Ortalama Maliyet Eğrisi

Şekil 10’da görüldüğü üzere, üretim miktarı Q1 ile iQ3 arasında artarken, ölçeğe göre artan getiri durumu söz konusu olup bu aralıkta ortalama maliyetler azalma göstermektedir. Üretim miktarı Q3 seviyesine geldiğinde ise uzun dönem ortalama maliyetler minimum değerini almaktadır. Üretim miktarı Q3 seviyesinden daha büyük değerler almaya başladığında ise ortalama maliyetler artmaya başlamaktadır.

Sonuç itibariyle, ölçek etkinliği; firmaların uzun dönemde minimum ortalama maliyetle üretim yapabilmesine imkân sağlayan ölçek büyüklüğüdür.

Ölçek etkinliği, Şekil 10’da gösterilen üretim miktarının Q3; ortalama maliyetin ise OC3 değerini aldığı “optimum ölçek büyüklüğü” ile sağlanmaktadır.

2.2.3. Toplam Etkinlik

Teknik etkinlik skoru ile ölçek etkinliği skorunun çarpımı sonucu elde edilir. Bir karar verme biriminin (KVB) toplam etkin olabilmesi ancak teknik ve ölçek etkinliğinin birlikte sağlanması ile mümkündür (Altın, 2014).

2.3. Verimlilik

Verimlilik (productivity), üretilen ürün veya hizmet miktarı ile bu üretim için harcanan kaynaklar arasındaki oranı ifade eder. Diğer bir ifadeyle verimlilik, bir üretim ya da hizmet sisteminde üretilen çıktının, bu çıktıyı elde etmek için kullanılan girdiye oranıdır (Çakmak vd., 2009).

Başka bir deyişle, verimlilik çıktının girdiye bölünmesiyle hesaplanır. Çıktı, üretilen mal veya hizmetin miktarını temsil ederken, girdi ise üretim sürecinde kullanılan işgücü, sermaye, enerji, hammadde gibi tüm kaynakları kapsar. Bu kaynaklar fiziksel veya parasal olarak ölçülebilir. Verimliliğin temel amacı, daha az kaynak tüketerek daha fazla ürün veya hizmet üretmektir. Kısacası, verimlilik kaynakların etkin ve ekonomik kullanımıyla daha fazla çıktı elde etmeyi hedefler.

Literatürde, verimliliğin artırılmasına yönelik beş temel yaklaşım belirlenmiştir (Golany ve Yu, 1997):

1. Aynı çıktı miktarını, daha az girdi ile üretmek,
2. Aynı girdi miktarı ile daha fazla çıktı üretmek,
3. Daha az girdi ile daha fazla çıktı üretmek,
4. Girdi miktarındaki artış oranının, daha büyük oranda bir çıktı artışı sağlaması,
5. Girdi miktarındaki azalış oranının daha düşük oranda bir çıktı azalışıyla sonuçlanması.

VZA terminolojisine göre, yukarıda bahsedilen beş verimlilik göstergesinden ilk üçü **teknik etkinliğin**, son ikisi ise **ölçek etkinliğinin** gelişimine katkıda bulunur.

Verimlilik, üretim sürecinde elde edilen çıktılar ile kullanılan girdiler arasındaki oran olarak tanımlandığından verimlilik ölçümü, ilk bakışta statik bir değerlendirme gibi görünse de aslında üretimin tüm aşamalarında kaynakların etkin kullanımını kapsayan dinamik bir süreçtir. Ekonomik açıdan bakıldığında, verimlilik artışı, kaynakların rasyonel bir şekilde kullanımı ile maliyetlerin düşürülmesini sağlayan ve işletmelerin rekabet gücünü arttırmayı amaçlayan bir kavramdır (Acer, 2016).

Bir liman işletmesinin verimliliği ise, belirlenen süre ve uygun koşullar altında yük taşıma hizmetinin ne kadar etkili bir şekilde sunulduğuna bağlıdır. Burns (2018), liman verimliliğinin değerlendirilmesinde hem operasyonel hem de finansal göstergelerin

kullanılması gerektiğini savunur. Operasyonel göstergeler arasında çevrim süresi ve çalışan verimliliği gibi üretim faktörleri yer alırken hasılat gibi finansal göstergeler de değerlendirilmelidir.

Verimlilik kavramı tüm işletmeler için olduğu gibi liman işletmeleri için de oldukça önemlidir. Limanların verimliliklerinin ölçülerek değerlendirilmesi ve verimsizlik tespit edilmesi halinde gerekli önlemlerin alınarak iyileştirme yapılması önem taşımaktadır. Verimlilik ölçümünün liman işletmelerine sağlayacağı bir dizi fayda bulunmaktadır (Gülcü ve Tutar, 2024). Bir liman işletmesine ilişkin performans ölçümünün olumlu katkıları şu şekilde açıklanabilir:

- Liman işletmesinin, rakip liman işletmeleri ile karşılaştırılabilmesini ve doğru strateji belirleyebilmesini,
- Liman işletmesinin iç birimlerinin performansını kontrol ederek geliştirebilmesini,
- Hizmet kapasitesi ve kaynak ihtiyacının tespit edilerek maliyet ve çıktı tahminlerinin yapılabilmesini,
- Bütçenin işletme amaçlarına uygun kullanımının denetlenebilmesini sağlar.

2.4. Performans Ölçüm Yöntemleri

Bir firmanın rekabet ortamındaki konumunu ve mevcut kaynaklarını ne kadar verimli kullandığını anlamak için performans ölçümü önemli bir araçtır. Performans ölçümünde kullanılacak yöntemlerin SMART kısaltması ile ifade edilen belirli (specific), ölçülebilir (measurable), ulaşılabilir (achievable), gerçekçi (realistic) ve zamana bağlı (time-bound) nitelikte olması önem arz etmektedir (Coşkun, 2006). Literatürde performans ölçümüne yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde, kullanılan yöntemlerin genellikle iki ana başlık altında toplandığı görülmektedir: oran analizi ve sınır etkinliği analizi. Sınır etkinliği analizi ise kendi içinde parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır (Bektaş, 2013).

Her bir yöntemin kendine özgü güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Bu başlık altında, bu yöntemlerin temel mantığı, avantajları ve dezavantajları kısaca özetlenmektedir.

2.4.1. Oran Analizi

Etkinlik analizinde, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemlerin yanı sıra, oran analizi de tercih edilebilmektedir. Bu yaygın yöntem, tek bir çıktının tek bir girdiye oranını hesaplayarak ve bu oranın zaman içindeki değişimini izleyerek uygulanır (Güzelçay, 2019).

Oran analizinin basitliği ve kolay yorumlanabilirliği onu popüler hale getirmiştir, ancak bu yöntemin önemli bir dezavantajı da mevcuttur. Çok sayıda girdi ve çıktının birlikte incelendiği durumlarda, tek bir orana dayanarak karar vermek ve etkinliği değerlendirmek eksik bir analiz sunar. Bu eksikliği gidermek için genellikle birden fazla oran aynı anda incelenir. Ancak bu durum da farklı bir sorunu ortaya çıkarır: İncelenen oranların anlamlı bir bütün oluşturması ve birlikte yorumlanabilmesi bu teknikte olanaksızdır (Seyrek vd., 2010).

Tek bir çıktı ve tek bir girdiye dayalı bu yöntem, birden fazla girdi ve çıktının olduğu durumlarda yetersiz kalmaktadır. Ayrıca, oran analizinin bir diğer dezavantajı da anlamlı bir değerlendirme için bir karşılaştırma noktasına (geçmiş veriler, sektör ortalaması vs.) ihtiyaç duyulmasıdır.

2.4.2. Parametrik Yöntemler

Etkinliği ölçülen bir faaliyetin, matematiksel bir fonksiyon ile temsil edilebildiği durumlarda, parametrik yöntemler devreye girer. Bu yöntemler, fonksiyonun şeklini önceden bildiğimizi varsayar ve odak noktasını, bu fonksiyonu tanımlayan parametre değerlerini, veri kullanarak tahmin etmeye yönlendirir. Başka bir deyişle, elimizdeki veriler ışığında, bilinen bir matematiksel yapıyı en iyi temsil eden parametreleri bulma amacı söz konusudur. Bu yaklaşım, ekonometrik yöntemler olarak da bilinir ve girdi-çıkı ilişkilerini modellemek, üretim süreçlerini anlamak ve etkinliği ölçmek için güçlü bir araç sunar. Her bir birimin etkinliği, bu matematiksel modele (sınırı) olan uzaklığı ölçülerek değerlendirilir. Parametrik yöntemler, tek girdili-tek çıktılı veya çok girdili-çok çıktılı yapılarda faaliyetleri modellemek için kullanılabilir (Çakmak vd., 2008).

2.4.2.1. Stokastik Sınır Analizi (Stochastic Frontier Approach-SFA)

Stokastik Sınır Analizi, maliyet, kâr ve üretim gibi ekonomik faaliyetlerin sınırlarını belirlemek için kullanılan ekonometrik bir yöntemdir. Bu yöntem, herhangi bir gözlemin ideal durumdan sapmasının iki temel nedene bağlı olduğunu varsayar: Rassal hatalar ve etkinsizlik. SFA'nın temel özelliği, bu iki unsuru birbirinden ayırarak model sonuçlarının güvenilirliğini artırmaya çalışmasıdır. Rassal hatalar, genellikle organizasyonların kontrolü dışında gelişen ve simetrik bir dağılım gösteren faktörleri temsil eder. Örneğin, beklenmedik hava koşulları veya ani piyasa dalgalanmaları rassal hatalara örnek olarak gösterilebilir. Diğer yandan etkinsizlik, organizasyonların kendi kontrolleri altında olan ve asimetrik bir dağılım sergileyen faktörleri ifade eder. Örneğin, kaynakların verimsiz kullanımı veya yetersiz yönetim kararları etkinsizliğe yol açabilir. SFA, etkinsizliğin genellikle yarı-normal bir dağılım gösterdiğini varsayar, çünkü etkinsizlik sıfırdan küçük olamaz. Rassal hatalar ise genellikle standart-normal bir dağılım gösterir (Berger ve Humphrey, 1997).

SFA, geleneksel parametrik yöntemlerden farklı olarak, gözlemlenen sapmaların tamamını etkinsizliğe bağlamaz. Bunun yerine, sapmaları rassal hatalar ve etkinsizlik olmak üzere iki bileşene ayırır. Bu ayırım, organizasyonların gerçek performanslarını daha doğru bir şekilde değerlendirme imkânı sunar. Zira rassal hatalar kontrol edilemezken, etkinsizlik organizasyonların alabileceği önlemlerle azaltılabilecek bir unsurdur. Bu nedenle SFA, organizasyonların performanslarını iyileştirme potansiyellerini ortaya koymak ve daha etkili stratejiler geliştirmelerine yardımcı olmak için değerli bilgiler sunar (Kale, 2009).

2.4.2.2. Serbest Dağılım Yaklaşımı (Distribution Free Approach)

Serbest Dağılım Yaklaşımı (SDY) yöntemi, panel verilerinin kullanımı ile uygulanmaktadır. Bu yöntem, her bir KVB'nin (örneğin, firma, okul, hastane vb.) uzun vadede istikrarlı bir etkinlik seviyesinde faaliyet gösterdiğini varsayar. Başka bir deyişle, zaman içinde bazı dalgalanmalar olsa da genel etkinlik seviyesi nispeten sabit kalır. SDY'nin temel varsayımları şunlardır (Berger ve Humphrey, 1997).

- Etkinlik zaman içinde nispeten sabittir,
- Etkinsizliğin boyutu negatif olmayan bir dağılım gösterir,
- Rassal hataların ortalaması sıfırdır.

Bu, KVB'lerin genellikle belirli bir etkinlik seviyesinde faaliyet gösterdiği ve zaman içindeki sapmaların geçici olduğu anlamına gelir. SDY yöntemi, her bir firmanın en iyi uygulamadan ortalama sapmasını inceleyerek çalışır (Şenol ve Gençtürk, 2017).

2.4.2.3. Kalın Sınır Yaklaşımı (Thick Frontier Approach)

Kalın sınır yaklaşımı, firmaların maliyet etkinliğini analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, firmalar ortalama maliyetlerine göre "en düşük" ve "en yüksek" maliyetli olmak üzere iki gruba ayrılır. En düşük maliyetli grup "kalın sınır" olarak adlandırılır ve nispeten en etkin grup olarak kabul edilir. Diğer grup ise 'kalın sınır'a göre daha az etkin olarak değerlendirilir. Bu yaklaşımda, her iki grup için de maliyet tahminleri yapılır. Grup içi maliyet farklılıklarının rastgele olduğu varsayılır. Ancak, iki grup arasındaki ortalama maliyet farkının hem rastgele faktörlerden hem de etkinsizlikten kaynaklandığı düşünülür. Bu durum, kalın sınır ile diğer grup arasında bir karşılaştırma yapmayı mümkün kılar (Atılğan, 2012).

Kalın Sınır yaklaşımını, Stokastik Sınır Analizi ve Serbest Dağılım Yaklaşımı gibi diğer yöntemlerden ayıran temel özellik, dağılım varsayımlarındaki farklılıktır. Stokastik Sınır Analizi ve Serbest Dağılım Yaklaşımı, etkinsizliği ve rastgele hatayı temsil eden değişkenlerin belirli dağılımlar izlediğini varsayar. Kalın Sınır Yaklaşımı ise bu tür bir varsayımda bulunmaz. Sadece, gözlemlenen ve beklenen değerler arasındaki en büyük ve en küçük farkların rastgele hatayı, geri kalan farkların ise etkinsizliği temsil ettiğini varsayar (Berger ve Humphrey, 1997).

2.4.3. Parametrik Olmayan Yöntemler

Parametrik olmayan etkinlik ölçümü, üretim süreçlerinin etkinliğini değerlendirmek için esnek ve güçlü bir yöntem sunarak parametrik yöntemlere göre bazı avantajlar sağlar. Geleneksel parametrik yaklaşımların aksine, bu yöntemler üretim fonksiyonunun belirli bir matematiksel modele uyma zorunluluğunu ortadan kaldırır. Bu esneklik, özellikle çok sayıda girdi ve çıktı içeren ve belirli bir dağılıma uymayan karmaşık üretim ortamlarında değerlidir. Girdi-çıkıtların ölçü birimlerinden bağımsız olması, firmaların farklı boyutları ile karşılaştırılmasına olanak tanır (Yetik vd., 2011).

Doğrusal programlama temeline dayanan parametrik olmayan yöntemlerle yapılan analizlerde en etkin karar birimleri “etkinlik sınırını” oluşturur. Bu yaklaşım, karar birimlerinin etkinlik sınırına olan uzaklığını ölçmeyi amaçlar. Etkinlik sınırına olan uzaklıkla, etkinlik değeri arasında ters yönlü bir ilişki vardır (Alrashidi, 2015).

Parametrik olmayan yöntemler; “Serbest Atılabilir Zarf Modeli” ve VZA olmak üzere ikiye ayrılmakta iken parametrik olmayan yöntemler arasında en sık kullanılanı VZA yöntemidir (Başkaya, 2005).

2.4.3.1. Serbest Atılabilir Zarf Modeli (Free Disposal Hull)

Üretim birimlerinin veya KVB’lerinin etkinliğini ölçmede kullanılan parametrik olmayan bir yöntem olan Serbest Atılabilir Zarf Modeli (SAZM), VZA ile bazı benzerlikler gösterse de kendine özgü bir yaklaşıma sahiptir. VZA, gözlemleri birleştiren bir sınır oluşturarak etkinlik sınırını belirlerken “SAZM” gözlem noktalarını ve bu noktaların "güneydoğu" yönündeki tüm alanı kapsayan bir "serbest atılabilir bölge" tanımlar. Serbest atılabilir bölge, analitik düzlemde gözlem noktasını dikey eksene paralel kesen bir doğrunun sağ ile yatay eksene paralel kesen bir doğrunun altında kalan bölgedir. SAZM’nin VZA’ya göre daha esnek bir yöntem olduğu söylenebilir. Araştırmacıların bir kısmı SAZM’yi VZA’nın özel bir durumu olarak kabul etmekte iken, kimi araştırmacılar ise SAZM’yi tamamen bağımsız bir parametrik olmayan yöntem olarak değerlendirmektedir (Berger ve Humphrey, 1997).

2.4.3.2. Veri Zarflama Analizi (VZA)

Parametrik bir yaklaşım olan regresyon analizi, girdi ve çıktı verilerini kullanarak bir üretim fonksiyonu oluşturmamıza olanak sağlasa da etkinlik ölçümünde bazı kısıtlamalar taşır. Regresyon denklemi, belirli bir girdi düzeyi için ortalama çıktıyı belirlemekte iken, etkinlik analizi belirli bir girdi ile maksimum çıktı potansiyeline odaklanır. Bu nedenle, En Küçük Kareler yöntemi gibi parametrik yaklaşımlar, etkinlik değerlendirmesi için yetersiz kalabilir. İşte bu noktada, Charnes, Chooper ve Rhodes (1978) tarafından önerilen parametrik olmayan bir yöntem olan VZA yöntemi devreye girer. Doğrusal programlamaya dayanan VZA, çok girdili ve çok çıktılı üretim süreçlerini analiz etme ve üretim ekonomisi teorisiyle uyumlu etkinlik skorlarını ve etkinleştirme önerilerini belirleme imkânı sunar (Yaşar, 2019).

VZA, çok sayıda girdi ve çıktının olduğu karmaşık sistemlerin etkinliğini değerlendirmek için güçlü bir yöntemdir. Bu yöntem, her girdi ve çıktıya belirli ağırlıklar atayarak çok boyutlu yapıyı tek bir girdi ve tek bir çıktıya indirger. Böylece, çoklu girdi kullanarak çoklu çıktı üreten farklı birimlerin performansları, "en iyi uygulama" sınırını temsil eden etkinlik sınırı ile karşılaştırılarak değerlendirilir. VZA'nın en önemli avantajlarından biri, geleneksel yöntemlerin aksine, bir üretim fonksiyonu tanımlama ihtiyacını ortadan kaldırmasıdır. Bu da VZA'yı karmaşık ve dinamik üretim ortamları için ideal bir analiz aracı haline getirir (Aypek ve Üzgün, 2022).

VZA hakkında daha detaylı bilgiler, çalışmanın üçüncü bölümünde ele alınmıştır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

İKİ AŞAMALI VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YÖNTEMİ

Bu bölümde, geleneksel (tek aşamalı) VZA yönteminin tanımı ve bu yöntemin tarihsel gelişiminden bahsedilmekte, ardından yöntemin alt modelleri ve uygulama aşamaları açıklanmaktadır. VZA yönteminin ardından İki Aşamalı VZA yöntemi sunulmaktadır.

3.1. Veri Zarflama Analizinin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi

VZA yöntemi, kurumsal performans ve etkinlik ölçüm yöntemleri arasında en sık kullanılan yöntemdir. VZA, birbirinden farklı ölçü birimleri ile ölçülmüş birden fazla girdi ve çıktı değişkenine sahip homojen KVB'lerin göreceli performans ölçümünün yapılmasına olanak sağlayan ve fonksiyonel bir forma ihtiyaç duymayan, **doğrusal programlama** temelli bir yöntemdir. Bu yöntemde, analize konu olan KVB'lerin aynı girdi ve çıktı değişkenlerini kullanarak aynı mal veya hizmetleri üretmesi, yani “homojen” olması gerekmektedir (Charnes vd., 1978).

VZA yönteminde etkinliği incelenen birimler “Karar Verme Birimi (KVB)” olarak adlandırılmaktadır. KVB; benzer girdiler kullanarak benzer çıktılar üreten, yani homojen niteliğe sahip işletmeler ya da kurumlar olarak tanımlanmaktadır. Etkinlik sınırı ise optimal girdi bileşeniyle ulaşılabilecek azami üretim düzeyinin oluşturduğu teorik sınırdır (Oruç, 2008).

VZA yönteminin tarihsel temellerinin Farrell (1957)'a dayandığı bilinmektedir. Farrell (1957), birden çok girdisi ve bir adet çıktısı olan KVB'lerin etkinlik değerlerini incelemiş ve bu çalışma ile etkinlik ölçümünde ilk defa doğrusal programlama modeli uygulamıştır (Güneş, 2006).

VZA yöntemi ile ilişkili bir diğer önemli kavram da “radyal ölçüm”dür. Radyal ölçüm, ekonomik etkinliği analiz etmek için geliştirilmiş ve yaygın olarak kabul gören bir

yöntemdir. İlk olarak Debreu (1952) ve Farrell (1957) tarafından ortaya atılan bu ölçüm, teknik etkinsizliği ortadan kaldırmak için girdi (maliyet) ve çıktı (gelir) odaklı müdahale biçimlerini incelemektedir. Girdi odaklı yaklaşımda, gelir sabit tutulurken maliyetlerin ne kadar azaltılabileceği ölçülür. Çıktı odaklı yaklaşımda ise maliyetler sabit tutulurken gelirlerin ne kadar artırılabilceği incelenir (Büyükbaşaran, 2005).

Girdi ya da çıktı odaklı ölçümleri konu alan “radyal ölçümler”in yanı sıra girdiyi azaltırken çıktıyı arttırma amacına odaklanan “radyal olmayan ölçüm” yöntemleri de mevcuttur (Deniz, 2009).

Farrell (1957) tarafından geliştirilen ve birden fazla girdinin bir tek çıktı ile incelenebildiği etkinlik ölçüm yöntemi, birden fazla çıktı üreten firmaların etkinliğini değerlendirebilme imkânı sunmamaktaydı. Yöntemin söz konusu yetersizliği, Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen, adını araştırmacı isimlerinin baş harflerinden alan CCR yöntemi ile giderilmiştir. CCR yöntemi birden fazla girdi kullanarak, birden fazla çıktı elde eden, değişkenleri tek bir ölçü birimi ile ifade edilemeyen KVB’lerin performansını doğrusal programlama ile ölçen bir VZA modelidir.

VZA yöntemi başlarda kâr amacı gütmeyen kurum ve kuruluşların performansını ölçmek amacıyla kullanılmakta iken daha sonraları özel sermayeli iktisadi kurum ve kuruluşlar için de kullanılmaya başlanmıştır. VZA yöntemi günümüzde, sağlık, eğitim, banka ve finans kurumları, taşıma ve ulaştırma sektörü, banka ve finans kuruluşları, otel ve konaklama işletmeleri, emniyet ve silahlı kuvvetler, ar-ge projeleri gibi birçok farklı alanda, özel ve kamu kuruluşlarında performans ölçümü için kullanılmaktadır (Güneş, 2006).

VZA yönteminde KVB’ler, etkinlik sınırı üzerinde yer alan KVB’lere göre değerlendirilmektedir. Diğer KVB’lere göre en iyi performansı gösteren -yani etkinlik sınırı üzerinde yer alan- KVB’lerin etkinlik skoru 1 olarak elde edilirken, bunun haricindeki (etkinsiz) KVB’lerin etkinlik skoru 0 ile 1 arasında (0,1) değer almaktadır (Oruç, 2008).

VZA yönteminde bir KVB’nin etkin duruma gelebilmesi için aşağıdaki iki şartın sağlanması gerekmektedir (Özyiğit vd., 2011):

- 1- Bir veya daha fazla çıktının azaltılmadan ya da bir veya daha fazla girdinin arttırılmadan bir çıktı değerinin arttırılamaması,
- 2- Bir veya daha fazla girdinin arttırılmadan ya da bir veya daha fazla çıktının azaltılmadan bir girdi değerinin azaltılamaması.

3.2. Veri Zarflama Analizi Modelleri

VZA yöntemine ait alt modellere ilişkin birçok farklı sınıflandırma yapılmıştır. İlk olarak Charnes vd., (1978) tarafından girdi ve çıktı odaklı, ölçeğe göre sabit getiri (Constant Return to Scale-CRS) varsayımı altında etkinlik ölçümü yapan CCR modeli öne sürülmüş; ardından Banker vd., (1984) tarafından, ölçeğe göre değişken getiri (Variable Return to Scale-VRS) varsayımı altında etkinlik ölçümü yapan BCC yöntemi geliştirilmiştir. Temel olarak VZA yöntemi altında kullanılan 2 farklı model şunlardır (Günay, 2015).

1- CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) Yöntemi

2- BCC (Banker-Charnes-Cooper) Yöntemi

Bu iki yöntemde model yönelimi bakımından girdi ve çıktı odaklı olma durumu dikkate alınarak doğrusal programlama dönüşümü uygulanabilmektedir (Göktolga ve Artut, 2014).

Araştırmada kullanılacak VZA modeline karar verirken “ölçeğe göre getiri” varsayımı belirleyici rol oynamaktadır. Eğer KVB’lerin “ölçeğe göre sabit getiri” ile faaliyet yürüttüğü varsayılıyorsa CCR model tercih edilebilir. Şayet KVB’lerin “ölçeğe göre değişken getiri” varsayımı ile faaliyette bulunduğu varsayılıyor ve sadece “teknik etkinlik” ölçümü yapılmak isteniyorsa BCC model kullanılabilir. CCR ve BCC modellerin her ikisi için de girdi odaklı ve çıktı odaklı analizler yapılabilir. Girdi yönelimli bir analizde çıktı değişkenleri üzerinde kontrol imkânı yoktur ya da azdır. Bu sebeple, girdi yönelimli modellerde amaç, mevcut çıktı miktarını en az girdi bileşimi ile üretebilmektir. Çıktı yönelimli modellerde ise firmanın girdi değişkenleri üzerinde kontrol imkânı yoktur ya da azdır. Bu nedenle, çıktı yönelimli analizlerde, mevcut girdi düzeyi ile en yüksek çıktı bileşenini elde etmek amaçlanır (Özden, 2008).

CCR ve BCC Modellere ilişkin ayrıntılı açıklamalar aşağıda verilmiştir.

3.2.1. CCR Modeli

Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilmiş ilk VZA modelidir. CCR modeli, ölçeğe getiri bakımından “ölçeğe göre sabit getiri” durumunu varsayan, yönelim bakımından ise “girdi yönelimli” ve “çıktı yönelimli” olmak üzere iki farklı yaklaşıma sahip bir modeldir.

CCR modeli, teknik etkinlik ile ölçek etkinliğin çarpımından oluşan “toplam etkinlik” düzeyinin ölçümüne odaklanmaktadır (Özcan, 2007).

3.2.1.1. Girdi Yönelimli CCR Modeli

Girdi yönelimli modeller, çıktı düzeyi sabitken kullanılabilecek en düşük girdi bileşimini araştırmaktadır (Oruç, 2008).

Yapılan analizde **n** adet KVB’den her birinin **m** adet girdi kullanmak suretiyle **s** adet çıktı ürettiği varsayılmaktadır. **j**’inci KVB’nin kullandığı **i**’inci girdi miktarı $x_{ij} \geq 0$ ve **j**’inci KVB tarafından üretilen **r**’inci çıktı miktarı da $y_{rj} \geq 0$ olmak üzere, etkinliği incelenen 0’ıncı KVB’nin girdi yönelimli CCR modeli amaç fonksiyonunun kesirli formu aşağıda gösterilmektedir (Charnes vd. 1978).

Amaç:

$$E_0 = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0}} \quad (3.1)$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij}} \leq 1 \quad (3.2)$$

$$v_i u_r \geq \epsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

n: KVB sayısı **j= 1,2,...,n**

s: Çıktı sayısı **r=1,2,...,s**

m: Girdi sayısı **i= 1,2,...,m**

u_{r0} : 0’ıncı KVB’nin **r**’inci çıktısına verilen ağırlık değeri

v_{i0} : 0’ıncı KVB’nin **i**’inci girdisine verilen ağırlık değeri

u_{rj} : **j**’inci KVB’nin **r**’inci çıktısına verilen ağırlık değeri

v_{ij} : **j**’inci KVB’nin **i**’inci girdisine verilen ağırlık değeri

y_{r0} : 0’ıncı KVB’nin **r**’inci çıktı miktarı

x_{i0} : 0'inci KVB'nin i'inci girdi miktarı

y_{rj} : j'inci KVB'nin r'inci çıktı miktarı

x_{ij} : j'inci KVB'nin i'inci girdi miktarı

ϵ : 0'a çok yakın (oldukça küçük) bir sayı ($\epsilon \leq 10^{-6}$)

Söz konusu model, kesirli modelden doğrusal programlama modeline dönüştürülür.

Doğrusal programlama modeli aşağıdaki gibi gösterilir (Oruç, 2008):

Amaç:

$$E_0 = \max \sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0} \quad (3.3)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0} = 1 \quad (3.4)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} \quad (3.5)$$

$$v_i u_r \geq \epsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

ϵ : 0'a çok yakın (oldukça küçük) bir sayı ($\epsilon \leq 10^{-6}$)

3.2.1.2. Çıktı Yönelimli CCR Modeli

Çıktı yönelimli CCR modelinde, belirli miktarda girdi kullanarak en fazla üretilebilecek çıktı miktarı araştırılmaktadır (Kıyıldı ve Karaşahin, 2006).

Bu modele ait matematiksel formül aşağıda verilmektedir (Oruç, 2008):

Amaç:

$$E_0 = \min \frac{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0}}{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0}} \quad (3.6)$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_{ij}x_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_{rj}y_{rj}} \geq 1 \quad (3.7)$$

$$v_i u_r \geq \epsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Modelin doğrusal programlama formu aşağıdaki gibidir:

Amaç:

$$E_0 = \min \sum_{i=1}^m v_{i0}x_{i0} \quad (3.8)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_{r0}y_{r0} = 1 \quad (3.9)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rj}y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_{ij}x_{ij} \quad (3.10)$$

$$v_i u_r \geq \epsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

3.2.2. BCC Modeli

VZA'nın ilk modeli olan ve ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanan CCR modeli Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından önerilmiş ve ardından Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından ölçeğe göre değişken getiri varsayımına uygun olarak kullanılabilen BCC modeli geliştirilmiştir. BCC modeli ile yapılabilen “teknik etkinlik” ölçümü sayesinde, CCR modeli ile elde edilen toplam etkinlik skoru, “teknik etkinlik” ve “ölçek etkinliği” olmak üzere, Model 3.11’de gösterildiği gibi ayrıştırılabilmektedir:

$$\text{CCR} = \text{Toplam Etkinlik} = \text{Teknik Etkinlik} \times \text{Ölçek Etkinliği} \quad (3.11)$$

$$\text{BCC} = \text{Teknik Etkinlik}$$

$$\frac{\text{CCR}}{\text{BCC}} = \frac{\text{Teknik Etkinlik} \times \text{Ölçek Etkinliği}}{\text{Teknik Etkinlik}} = \text{Ölçek Etkinliği}$$

Yukarıda verilen CCR ve BCC modeli denklemlerinde görüldüğü üzere CCR ve BCC skoru bilinen bir KVB'nin teknik ve ölçek etkinlik skorları ayrıştırılarak tespit edilebilmektedir (Bircan, 2011).

BCC modelleri de tıpkı CCR modellerinde olduğu gibi girdi ve çıktı yönelimli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Kabak, 2017).

3.2.2.1. Girdi Yönelimli BCC Modeli

Girdi yönelimli CCR modelinde de olduğu gibi, çıktı düzeyi sabitken uygulanabilir minimum girdi bileşeninin araştırıldığı bir modeldir. Girdi yönelimli BCC modelinin matematiksel gösterimi aşağıda verilmiştir (Çidem, 2019).

Amaç:

$$E_0 = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0}} \quad (3.12)$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij}} \leq 1 \quad (3.13)$$

$$v_i u_r \geq \epsilon > 0 \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \quad u_0 \text{ işareti kısıtlanmamıştır.}$$

n: KVB sayısı $j = 1, 2, \dots, n$

s: Çıktı sayısı $r = 1, 2, \dots, s$

m: Girdi sayısı $i = 1, 2, \dots, m$

u_{rk} : **k**'inci KVB'nin **r**'inci çıktısına verilen ağırlık değeri

v_{ik} : **k**'inci KVB'nin **i**'inci girdisine verilen ağırlık değeri

x_{ik} : **k**'inci KVB'nin **i**'inci girdi miktarı

y_{rk} : **k**'inci KVB'nin **r**'inci çıktı miktarı

u_{rj} : **j**'inci KVB'nin **r**'inci çıktısına verilen ağırlık değeri

v_{ij} : **j**'inci KVB'nin **i**'inci girdisine verilen ağırlık değeri

x_{ij} : **j**'inci KVB'nin **i**'inci girdi miktarı

y_{rj} : j 'inci KVB'nin r 'inci çıktı miktarı

y_{r0} : 0 'ıncı KVB'nin r 'inci çıktı miktarı

u_0 : 0 . KVB'ye ait serbest işaretli değişken

Yukarıda kesirlik olarak verilen Girdi Yönelimli BCC modelinin doğrusal programlama formu aşağıda gösterilmiştir:

Amaç:

$$E_0 = \max \sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0} - u_0 \quad (3.14)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0} = 1 \quad (3.15)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj} - u_0 \leq \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} \quad (3.16)$$

$$v_i u_r \geq \epsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

u_0 işareti kısıtlanmamıştır.

3.2.2.2. Çıktı Yönelimli BCC Modeli

Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında girdi bileşeni sabitken çıktı bileşenini arttırmayı amaçlayan bir modeldir. Modelin matematiksel formülü aşağıda verilmiştir (Çidem, 2019):

Amaç:

$$E_0 = \min \frac{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0} - w_0}{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0}} \quad (3.17)$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} - w_0}{\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj}} \geq 1 \quad (3.18)$$

$$v_i u_r \geq \epsilon > 0 \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

w_0 işareti kısıtlanmamıştır.

w_0 : 0. KVB'ye ait serbest işaretli değişken

Yukarıda yer alan kesirli programlama formu, aşağıda gösterildiği şekilde doğrusal programlama modeli formuna dönüştürülebilir:

Amaç:

$$E_0 = \min(\sum_{i=1}^m v_{i0}x_{i0} - w_0) \quad (3.19)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_{r0}y_{r0} = 1 \quad (3.20)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rj}y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_{ij}x_{ij} - w_0 \quad (3.21)$$

$$v_i u_r \geq \epsilon > 0 \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

3.3. Veri Zarflama Analizi Uygulama Aşamaları

VZA yöntemi ile yapılan kurumsal performans ve etkinlik analizlerinde sonuçların elde edilebilmesi için bir dizi işlemin adım adım uygulanması gerekmektedir. Söz konusu işlem adımları aşağıda verilmiştir (Beridze, 2020):

1. KVB'lerin seçilmesi,
2. Girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi,
3. Analizde kullanılacak verilerin elde edilmesi,
4. Analizde kullanılacak modelin seçilmesi,
5. KVB etkinlik değerlerinin ölçülmesi,
6. Referans birimlerin (referans kümesinin) belirlenmesi,
7. Sonuçların Değerlendirilmesi.

3.3.1. Karar Verme Birimlerinin Seçilmesi

VZA yöntemi ile yapılacak etkinlik değerlendirmesi için ilk adım olarak analizde kullanılacak KVB'ler belirlenmelidir. Analizde kullanılacak KVB'lerin aynı tür girdileri kullanarak aynı tür çıktıları üreten birimler olması -yani homojen olması- gerekmektedir (Golany ve Roll, 1989).

VZA yöntemiyle anlamlı sonuçlar elde ederek değerlendirmeler yapabilmek için seçili KVB'lerin homojen olmasının yanı sıra, KVB sayısının yeterli büyüklükte olması da gerekmektedir. KVB sayısı arttıkça, modelin etkin birimleri ayırt ederek etkinlik sınırını belirleyebilme gücü artmakta iken KVB sayısı azaldıkça etkin birimlerin ayırt edilebilirliği azalmaktadır (Ahn, 1987).

Sherman ve Gold (1985) tarafından sağlık sektöründe yapılan bir çalışmada KVB sayısının, girdi ve çıktı değişkenleri sayısının toplamından daha fazla olması gerektiği öne sürülmüştür. Norman ve Stoker (1991) ise analizde kullanılacak KVB sayısının, girdi ve çıktı sayısı dikkate alınarak en az 20 olması gerektiğini ileri sürmüştür.

KVB sayısı ile girdi-çıkıtı değişkeni sayısı arasında nasıl bir ilişki kurulması gerektiğine yönelik öne çıkan iki farklı yaklaşım aşağıda verilmiştir. Girdi sayısı (m), çıktı sayısı (s), KVB sayısı (N) olmak üzere;

1. $N \geq 3(m + s)$ (Banker vd., (1989), Bowlin (1998)).
2. $N \geq 2(m + s)$ (Golany ve Roll (1989), Dyson vd., (2001)).

3.3.2. Girdi ve Çıkıtı Değişkenlerinin Belirlenmesi

VZA'da kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri, KVB'ler arasındaki etkinlik karşılaştırmasının kıstası niteliğindedir. Bu sebeple, analizde kullanılacak girdi-çıkıtı değişkenlerinin dikkatlice seçilmesi önem taşımaktadır.

Hizmet sürecini en iyi şekilde ifade edebilecek girdi ve çıktıları belirlemek için iki aşamalı bir yöntem izlenir. İlk aşamada, hizmet sunumu ile ilgili olabilecek tüm aday girdi ve çıktılar listelenir. İkinci aşamada ise bu adaylar arasındaki ilişkiler analiz edilir; üretime doğrudan etkisi olanlar seçilirken, diğerleri elenir. Bu eleme sürecinde, literatür taraması yapılarak alanda sıkça kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri de göz önünde

bulundurulmalıdır. Böylece, seçilen girdi ve çıktılar üretim sürecini daha doğru ve anlamlı bir şekilde temsil edecektir (Erkorol, 2009).

3.3.3. Analizde Kullanılacak Verilerin Elde Edilmesi

VZA için KVB'ler ve girdi-çıktı değişkenleri belirlendikten sonra, değişkenlere ait verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Herhangi bir KVB'ye ait verilerin elde edilememesi halinde söz konusu KVB'nin veri setinden çıkarılması söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle, veri setini oluşturan girdi-çıktı değişkenleri belirlenirken verilerine ulaşılabilir değişkenlerin seçilmesi önem taşımaktadır. Ancak, klasik VZA uygulamaları için bu durum geçerli olsa da "Bulanık VZA" uygulamalarında bir KVB'ye ait tüm girdi-çıktı değişkenlerinin bilinmesi zorunlu değildir. Bir KVB'nin girdi-çıktılarına ait gözlem değerinin eksik olması halinde söz konusu veri "kayıp veri" olarak adlandırılmakta ve analize dâhil edilebilmektedir (Deniz, 2009).

Verilerin temin edilebilirliği ve toplanmasının yanı sıra verilerin "güvenilirliği" de önemlidir. VZA yönteminin, KVB'lerin etkinliğini görel olarak ölçen bir yöntem olması sebebiyle bir tane KVB'nin dahi verilerinin güvenilir olmaması, diğer KVB'lerin etkinlik ölçümünü de etkileyebilmektedir (Kocakalay ve Işık, 2003).

3.3.4. Analizde Kullanılacak Modelin Seçilmesi

VZA yöntemi uygulanırken, "*ölçeğe göre getiri*" yöntemlerinden hangisinin (sabit veya değişken) kullanılacağı ve hangi modelin seçileceği belirlenmelidir. "*Ölçeğe göre sabit getiri*" yaklaşımında, KVB'lerin ölçek büyüklüğü ile etkinliği arasında bir bağlantı olmadığı varsayılır (Afonso ve Santos, 2005). İşletmelerin kurumsal performansı, işlem ölçeğinden etkilenmiyorsa ölçeğe göre sabit getirili modeller tercih edilmeli iken performans ile işlem ölçeği arasında bir ilişki olması durumunda, ölçeğe göre değişken getirili modellerin tercih edilmesi daha uygun olabilmektedir (Özsoy ve Örkücü, 2021).

Analizde hangi modelin seçileceğini belirleyen unsurlardan biri "*ölçeğe göre getiri varsayımı*" iken bir diğer unsur da analizde kullanılacak "*girdi-çıktı yönelimi*"dir. Firmaların, girdi-çıktı değişkenlerinin hangisi üzerinde daha fazla kontrol gücü bulunduğu hususu, model seçerken göz önünde bulundurulmalıdır. Girdi değişkenlerinin birincil faktör olarak kabul edilmesi nedeniyle etkinlik analizlerinde genellikle "*girdi odaklı*" modeller

tercih edilmektedir. Ancak, bazı sektörlerde firmalar sabit üretim faktörleri ile faaliyet yürüttüklerinden, girdi faktörleri veri iken mümkün olan en yüksek çıktı düzeyinde üretim yapmayı amaçlarlar. Bu tür durumlarda, “*çıktı odaklı*” modeller daha uygun bir seçenek haline gelmektedir (Deliktaş, 2006).

3.3.5. KVB Etkinlik Değerlerinin Ölçülmesi

KVB’lerin göreceli etkinlik ölçümünün, doğrusal programlama modeline dayanması sebebiyle bu matematiksel modeli çözümleyebilmek amacıyla Gams, Lindo, Excel Solver vb. optimizasyon araçlarından/programlarından faydalanılmaktadır (Bayar, 2005).

Analiz için oluşturulan matematiksel modelin her bir KVB için çözümü yapıldıktan sonra yine her bir KVB için 0 (%0) ile 1 (%100) arasında bir etkinlik skoru elde edilir. Etkinlik skoru 1’e eşit olan KVB’ler, “etkin” olarak kabul edilmekte iken, etkinlik değeri 1’den küçük olanlar “etkin olmayan” KVB’ler olarak kabul edilmektedir (Behdioğlu ve Özcan, 2009).

3.3.6. Referans Kümesinin Belirlenmesi

VZA ile etkin olmadığı belirlenen KVB’lerin etkin hale gelebilmeleri için, etkin KVB’lerden oluşan bir referans kümesi oluşturulmaktadır. Bir referans kümesinde yer alan etkin KVB’ler, etkin olmayan KVB’lere ne kadar çok referans gösteriliyorsa, o kadar güçlü bir KVB’dir (Ahn, 1987).

3.3.7. Sonuçların Değerlendirilmesi

Etkin KVB’lerden oluşan “referans kümesi” birimlerinin etkin olmayan birimlere hangi oranda referans olduğuna bakılarak bu birimler için mümkün olan iyileştirme potansiyeli ve politikaları belirlenir. Bu aşama, VZA yönteminin son aşamasını oluşturmaktadır (Ayan, 2016).

Ancak, etkin olmayan birimler için referans kümesindeki birimlerin referans alınarak etkin hale getirilmesi, yani performans iyileştirmesi yapılabilmesi, fiziki kısıtlar ya da kontrol edilemeyen girdi faktörleri sebebiyle, kısa vadede mümkün olmayabilmektedir. Öyle ki iyileştirme hedeflerinin belirlendiği tarih t iken, iyileştirme hedeflerine ulaşabilmenin doğru

politikalarla ancak $t+1$ zamanında mümkün olduğunu, dolayısıyla t zamanında etkinliğin sabit olduğunu unutmamak gerekmektedir (Özcan, 2007).

3.4. VZA'nın Güçlü ve Zayıf Yönleri

Firmaların kurumsal performans ölçümü amacıyla kullanmış olduğu VZA yönteminin güçlü/avantajlı yönleri olduğu gibi zayıf/dezavantajlı yönleri de bulunmaktadır:

3.4.1. VZA'nın Güçlü Yönleri

Liman işletmelerinde etkinlik ölçümü için sıklıkla kullanılmakta olan VZA yönteminin güçlü yönleri aşağıda sıralanmıştır (Çağlar, 2012):

1. VZA yöntemi ile KVB'lerin girdi ve çıktı değişkenleri birbirinden farklı (metre, metrekare, ton, teu, adet vs.) ölçü birimleri ile ifade edilse de etkinlik ölçümü yapılabilmektedir. Bu sayede, değişkenler üzerinde herhangi bir varsayım ya da dönüşüm işlemi gerekmemektedir.
2. Regresyon yöntemi kullanılarak birden çok girdi ile sadece tek bir çıktı analiz edilebilirken, VZA yöntemi; birden çok girdi kullanarak birden çok çıktı elde eden KVB'lerin etkinliğini ölçebilmektedir.
3. VZA yöntemi ile yapılan ölçümlerde, girdi değişkenleri ile çıktı değişkenleri arasında tanımlanmış fonksiyonel bir ilişkiye ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu özellik, yöntemin “*parametresiz*” bir yöntem olmasına dayanmaktadır.
4. VZA yönteminin güçlü yönlerinden bir diğeri “*nesnel*” bir yöntem olmasıdır. VZA yönteminde, KVB'lerin sayısal verileri kullanılarak doğrusal programlama modeli ile etkinlik ölçümü yapılmakta ve bu sayede göreceli etkinlik skorları belirlenebilmektedir. Yani etkinlik ölçümünde, kişisel görüşler değil KVB'lerin objektif verileri kullanılmaktadır.
5. VZA yöntemi ile göreceli olarak etkin olmadığı belirlenen KVB'lerin etkin hale getirilebilmesi amacıyla, referans kümesi dikkate alınarak hedef değerler tespit edilmektedir.
6. VZA yönteminde, etkinlik ölçümünün temeli, KVB'ler arasında yer alan “en iyi gözlemler”e dayanmaktadır. Yani, etkinlik analizi, merkezi eğilim ölçüleri arasında

yer alan “ortalama fonksiyon”a göre değil “en iyi gözlemler” tarafından oluşan “sınır fonksiyonu”na göre yapılmaktadır. Bu durum, VZA yöntemi ile yapılan etkinlik ölçümlerinin en etkin birimlerin referans alınarak yapılmasını; dolayısıyla yöntemin, iyileştirme önerileri bakımından daha güçlü hale gelmesini sağlamaktadır.

3.4.2. VZA'nın Zayıf Yönleri

1. VZA yönteminde analize dâhil edilecek girdi ve çıktı değişkenleri titiz bir şekilde seçilmelidir. Üretim sürecinde önem teşkil eden bir girdi-çıktı değişkeninin modelde yer almaması ya da önemsiz bir girdi-çıktı değişkeninin modele dâhil edilmesi, elde edilecek ölçüm sonuçlarının hatalı olmasına yol açabilmektedir (Özden, 2008).
2. Analizde kullanılacak modelin, analizin amacına ve varsayımlarına uygun olarak (girdi-çıktı yönelimli, ölçeğe göre sabit-değişken getirili) tercih edilmesi gerekmektedir. Model tercihinde hata yapılması, analiz sonuçlarının başarısız olmasına yol açacaktır.
3. VZA'nın, KVB'lerin göreceli etkinliğini ölçen bir yöntem olması sebebiyle analize konu olan KVB'lerin homojen olması önem taşımaktadır. Gözlem kümesine dâhil edilecek aykırı gözlemler, etkinlik sınırının bozulmasına sebebiyet verecektir (Tepe, 2006).
4. VZA ile yapılan etkinlik analizlerinde, etkinlik sınırının ayırt edilebilir bir şekilde saptanabilmesi için KVB sayısının, toplam girdi-çıktı değişken sayısının en az 3 katına eşit olması gerektiği öne sürülmektedir. Aksi takdirde çok sayıda KVB, etkin birimler arasında yer alacaktır (Çağlar, 2012).
5. Etkinlik sınırı üzerinde yer alan, yani etkin olan KVB'lerin diğerlerine göre üstünlüğü nisbî(göreceli)dir. Bu sebeple, göreceli analiz sonucunda “etkin” olduğu belirlenen birimlerin kendi başına değerlendirildiklerinde başarılı olup olmadıkları bilinmemektedir. Dolayısıyla, VZA ile elde edilen etkinlik ölçümlerinin mutlak olarak değil görecelik çerçevesinde değerlendirilmesi gerekmektedir (Charnes vd., 1978).

3.5. İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi

İki aşamalı VZA modelleri arasında yer alan; Toplamsal iki aşamalı VZA modeli, Seri iki aşamalı VZA modeli ve Paralel iki aşamalı VZA modelleri incelenecektir.

Önceki bölümde, geleneksel VZA yönteminin alt modelleri olan CCR-BCC modelleri ve girdi-çıkıtı yönelimli modellerden bahsedilmiştir. Zamanla, VZA yöntemine ilişkin birçok farklı model önerilmiştir; fakat söz konusu geleneksel VZA yöntemlerinde KVB'ler, girdileri kullanarak nihai çıktılar elde eden ve alt aşamaları göz ardı edilen bir “kara kutu” olarak ele alınmaktadır. Oysaki birçok firma karmaşık üretim ve organizasyon yapısına sahiptir ve çoğu KVB’de girdiler kullanılarak öncelikle ara ürünler; daha sonra o ara ürünler kullanılarak nihai çıktılar elde edilmekte ya da birbirinden bağımsız olarak kendi girdilerini kullanıp kendi çıktılarını üreten birden fazla paralel alt süreçle faaliyet yürütülmektedir. Yani girdi faktörleri ile tek aşamada nihai çıktı elde edilmesi çoğu zaman olanaksızdır. Bu sebeple, alt süreçlerden oluşan sistemlerde etkinlik değerlendirmesi yapabilmek için İki Aşamalı VZA geliştirilmiştir. İki Aşamalı VZA ile etkinliği değerlendirilen süreçlerde ara ürünler, alt aşamalardan birinin çıktısı iken diğerinin girdisi niteliğindedir ve aşamalar arasında ilişki kurulmasını sağlamaktadır (Fukuyama ve Mirdehghan, 2012).

Alt aşamalardan oluşan üretim süreçlerinin etkinliğini, alt aşamaları analiz etmek suretiyle inceleyen ve ölçümleyen İki Aşamalı VZA yöntemi, Färe ve Grosskopf (1996) tarafından “*The American Economic Review*” isimli kitapla tanıtılmıştır. Önerilen bu model, daha sonra birçok yazarın katkısıyla genişletilmiştir (Tone ve Tsutsui, 2009).

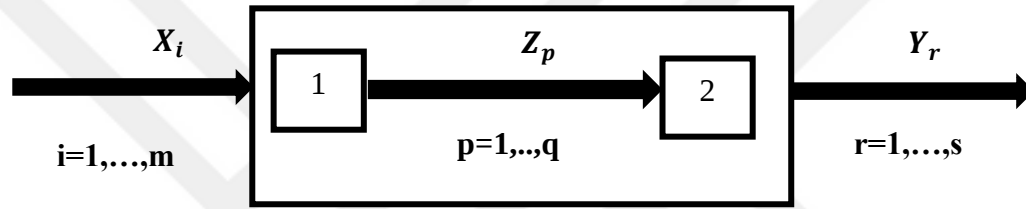
İki Aşamalı VZA yönteminin Färe ve Grosskopf (1996) tarafından tanıtılmasının ardından Lewis ve Sexton (2004) geliştirdikleri çok aşamalı bir model ile İki Aşamalı VZA’nın gelişimine katkı sağlamış; Tone ve Tsutsui (2009) ise ara ürünleri biçimsel olarak inceleyebilen ve SBM (slacks-based measure) olarak bilinen aylak tabanlı İki Aşamalı VZA modelini önermiştir. Kao (2009) tarafından yapılan çalışmada ise network yapılı süreçleri analiz etmek için seri ve paralel olmak üzere iki farklı network yapı üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada, sistemin etkinliğini ölçmek için alt aşamalar ilişkisel bir şekilde ele alınmıştır.

Färe ve Grosskopf (2000) tarafından durağan model, dinamik model ve paralel model olmak üzere üç model halinde sınıflandırılan İki Aşamalı VZA yöntemi, Kao (2009) tarafından; seri olarak birbirine bağlı birden fazla süreçten oluşan seri yapı, birden fazla paralel süreçten oluşan paralel yapı ve son olarak hem seri hem paralel süreçlerden oluşan seri ve paralel yapı şeklinde ele alınmıştır.

Paralel iki aşamalı VZA süreçleri, çalışmalarda incelenmekle birlikte literatürde çoğunlukla seri yapıli İki Aşamalı VZA süreçleri üzerinde etkinlik ölçümü yapılmaktadır (Yang ve Liu, 2012).

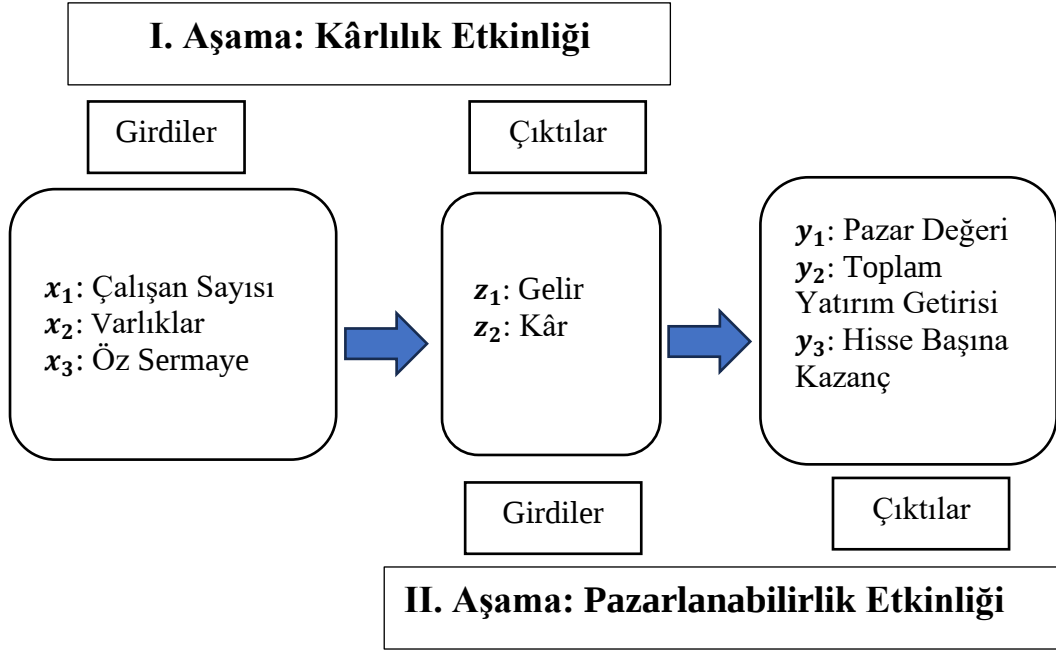
Geleneksel VZA'nın hâlihazırda çeşitli alanlarda çok sayıda uygulaması bulunmaktadır; öte yandan İki aşamalı VZA yöntemine ait uygulamalar da çeşitli alanlarda giderek artma eğilimi göstermektedir. İki aşamalı VZA kullanılarak ulaşım sektörü (Yu, 2010; Zhu, 2011), bankacılık sektörü (Seiford ve Zhu, 1999; Fukuyama ve Weber, 2010; Fukuyama ve Matousek, 2010), kamu sektörü (Tone ve Tsutsui, 2009) ve spor alanlarında (Lewis vd., 2009) etkinlik değerlendirmeleri yapılmaya başlanmıştır (Lozano vd., 2013).

Temel iki aşamalı network VZA yapısı Şekil 11'de gösterildiği gibidir (Özsoy vd., 2020):



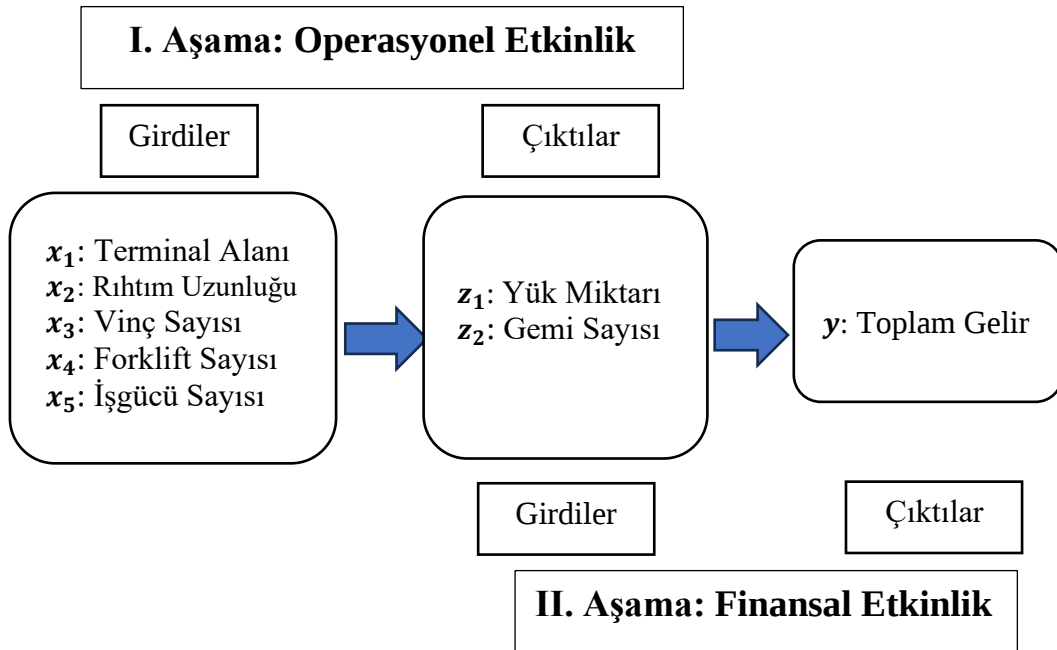
Şekil 11. Temel İki Aşamalı Network Yapısı

Seiford ve Zhu (1999), banka şubelerinin etkinliğini değerlendirmek için İki aşamalı VZA yöntemini uygulamıştır. Bu çalışmada, çalışan sayısı, varlıklar ve özsermaye birinci aşamanın girdileri iken; gelir ve kâr ise birinci aşamanın çıktılarıdır. Birinci aşamada çıktı olarak elde edilen gelir ve kâr değişkenleri aynı zamanda ikinci aşamada girdi olarak kullanıldığından “ara değişken” niteliğindedir. Gelir ve kâr ara değişkenlerinin girdi olarak kullanıldığı ikinci aşamanın çıktıları ise pazar değeri, toplam yatırım getirisi ve hisse başına kazanç değişkenlerinden oluşmaktadır. Söz konusu çalışmada 55 ABD ticari bankasının birinci aşamada “kârlılık etkinliği”, ikinci aşamada “pazarlanabilirlik etkinliği” ve son olarak genel etkinlik değerleri üç bağımsız VZA modeli kullanılarak ölçülmüştür. İki aşamalı VZA yaklaşımı, alt süreçleri ayrıştırarak incelediğinden, etkinsizliğin kaynağının daha net ve doğru bir şekilde tespit edilmesine yardımcı olmuştur (Seiford ve Zhu, 1999). Bahsi geçen araştırmanın 1. aşama (kârlılık) etkinliği ile 2. aşama (pazarlanabilirlik) etkinliği değişkenleri, Şekil 12’de gösterildiği gibidir:



Şekil 12. İki Aşamalı VZA ile Banka Etkinlik Analizi

Güner (2015) tarafından yapılan araştırmada ise iki aşamalı VZA yöntemi ile Türkiye’deki limanların göreceli etkinliği analiz edilmiştir. Çalışmanın birinci alt aşamasında limanların operasyonel etkinliği, ikinci alt aşamasında ise finansal etkinliği değerlendirilmiştir. Böylelikle etkin olmayan limanların genel etkinsizliğinde hangi alt sürecin daha fazla pay sahibi olduğu ve hangi alt aşamada daha fazla iyileştirme yapılması gerektiği belirlenebilmiştir. Söz konusu analize ait değişkenler Şekil 13’te gösterildiği gibidir:



Şekil 13. İki Aşamalı VZA ile Liman Etkinlik Analizi

3.5.1. Toplamsal İki Aşamalı (Aritmetik Ortalamalı) VZA Modeli

Kao ve Hwang (2008) tarafından önerilen geometrik ortalamalı NVZA modeli, sadece ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımına uygun yapıda iken Chen, Cook, Li ve Zhu (2009), hem ölçeğe göre sabit getiri (CRS) hem de ölçeğe göre değişken getiri (VRS) varsayımına uygun olan toplamsal iki aşamalı (aritmetik ortalamalı) VZA modelini önermiştir. Bu modelde genel etkinlik skoru E_k 'nın elde edilebilmesi için alt süreç etkinlik skorları E_1 ve E_2 sırasıyla a_1 ve a_2 gibi ağırlık değerleri ile çarpılarak toplanmaktadır. Böylece genel etkinlik skoru E_k , alt aşamaların ağırlıklı toplamı ($E_k = a_1 \cdot E_1 + a_2 \cdot E_2$) ile elde edilmektedir. Genel etkinlik skoru E_k 'nın hesaplanmasında kullanılan kesirli model aşağıdaki gibidir:

$$E_k = \max \left(\alpha_1 \cdot \frac{\sum_{p=1}^q w_p z_{pk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} + \alpha_2 \cdot \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{p=1}^q w_p z_{pk}} \right) \quad (3.22)$$

$$\frac{\sum_{p=1}^q w_p z_{pj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.23)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{p=1}^q w_p z_{pj}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.24)$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \epsilon, \quad i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, s; \quad p = 1, \dots, q$$

Sistemin alt aşamalarına atanan a_1 ve a_2 ağırlıklarının değerleri, ilgili alt aşamalara verilen ağırlığı ve önem derecesini ifade etmektedir. Söz konusu a_1 ve a_2 ağırlıkları için $a_1 + a_2 = 1$ eşitliğini sağlanır. a_1 ve a_2 ağırlıkları, karar verici tarafından bir varsayım doğrultusunda belirlenebileceği gibi matematiksel modeller ile de atanabilmektedir. Örneğin Bichou (2011) tarafından yürütülen çalışmada birinci ve ikinci aşama ağırlıklarının $a_1 = 0,5$ ve $a_2 = 0,5$ olduğu varsayılmış; Chen vd. (2009)'nin çalışmasında ise a_1 ve a_2 ağırlıkları, sistemin genel etkinliğine olan katkıları oranında matematiksel çözümleme ile belirlenmiştir. Yazarlar, a_1 'in birinci aşamadaki kaynak kullanım oranına; a_2 'nin ise ikinci aşamadaki kaynak kullanım oranına eşit olduğunu ileri sürmüştür. Bahsi geçen a_1 ve a_2 ağırlıkları model (3.25) ve (3.26)'da gösterildiği gibidir:

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} + \sum_{p=1}^q w_p z_{pk}} \quad (3.25)$$

$$a_2 = \frac{\sum_{p=1}^q w_p z_{pk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} + \sum_{p=1}^q w_p z_{pk}} \quad (3.26)$$

Burada a_1 ve a_2 ağırlıkları, sabit değerler değil, karar değişkenlerinin fonksiyonlarıdır ve incelenen KVB'ye göre değişir. Model (3.25) ve (3.26)'da gösterilen ağırlıklar, Model (3.22)'de yerine konulduğunda, Model (3.27)'deki gibi bir kesirli programlama modeli elde edilir:

$$E_k = \max \frac{\sum_{p=1}^q w_p z_{pk} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} + \sum_{p=1}^q w_p z_{pk}} \quad (3.27)$$

$$\frac{\sum_{p=1}^q w_p z_{pj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.28)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{p=1}^q w_p z_{pj}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.29)$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \epsilon, \quad i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, s; \quad p = 1, \dots, q$$

Model (3.27)'de ara ürünlerin, amaç fonksiyonunun hem pay hem de payda kısmında yer aldığı görülmektedir. Bu durum, ara ürünlerin eş zamanlı bir şekilde hem girdi hem de çıktı olarak kullanılması ile açıklanmaktadır. Bilindiği üzere, ara ürünler sistemin birinci aşamasında çıktı niteliğinde iken ikinci aşamasında girdi olarak kullanılmaktadır. Model (3.27)'deki toplamsal modelin kesirli programlama yapısı, Charnes-Cooper (1962) dönüşümü kullanılarak doğrusallaştırılmış ve Model (3.30)'da gösterilen doğrusal programlama modeline dönüştürülmüştür:

$$E_k = \max \left(\sum_{p=1}^q w_p z_{pk} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \right) \quad (3.30)$$

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} + \sum_{p=1}^q w_p z_{pk} = 1$$

$$\sum_{p=1}^q w_p z_{pj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - \sum_{p=1}^q w_p z_{pj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \epsilon, \quad i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, s; \quad p = 1, \dots, q$$

Model (3.30)'daki toplamsal model, genel etkinlik skoru E_k 'yı sağlar. Alt süreçlerin etkinlik skorları olan E_k^1 ve E_k^2 'yi hesaplamak içinse, süreçlerden yalnızca birinin etkinlik skorunun belirlenmesi yeterlidir. İkinci aşama etkinlik ölçümü E_k^2 için kullanılan kesirli programlama modeli, Model (3.31)'de gösterilmiştir (Özsoy, 2019):

$$E_k^2 = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{p=1}^q w_p z_{pk}} \quad (3.31)$$

$$\frac{\sum_{p=1}^q w_p z_{pj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{p=1}^q w_p z_{pj}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$E_k = \frac{\sum_{p=1}^q w_p z_{pk} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + \sum_{p=1}^q w_p z_{pk}}$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \epsilon, \quad i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, s; \quad p = 1, \dots, q$$

Model (3.31)'de gösterilen ikinci aşama etkinlik modeli, Charnes-Cooper (C-C) dönüşümü uygulanarak Model (3.32)'deki gibi doğrusal bir modele dönüştürülmüştür:

$$E_k^2 = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (3.32)$$

$$\sum_{p=1}^q w_p z_{pk} = 1$$

$$\sum_{p=1}^q w_p z_{pj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{p=1}^q w_p z_{pj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$E_k = \sum_{p=1}^q w_p z_{pk} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - E_k \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \epsilon, \quad i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, s; \quad p = 1, \dots, q$$

E^k ve E_k^2 etkinlik skorlarının belirlenmesi ile birlikte birinci aşama etkinlik skoru;

$$E_k^1 = \frac{E_k - a_2 E_k^2}{a_1} \text{ eşitliği kullanılarak elde edilir (Özsoy, 2019).} \quad (3.33)$$

Toplamsal modelde ölçeğe göre değişken getiri (VRS) varsayımı altında E_k^1 , E_k^2 ve E_k etkinlik skorlarının hesaplanmasında kullanılan modeller aşağıda verilmiştir (Özsoy, 2019):

- E_k^1 birinci aşama etkinlik ölçümü için kullanılacak kesirli model:

$$E_k^1 = \max \frac{\sum_{p=1}^q w_p z_{pk} + u^A}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad (3.34)$$

$$\frac{\sum_{p=1}^q w_p z_{pj} + u^A}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

- E_k^2 ikinci aşama etkinlik ölçümü için kullanılacak kesirli model:

$$E_k^2 = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + u^B}{\sum_{p=1}^q w_p z_{pk}} \quad (3.35)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + u^B}{\sum_{p=1}^q w_p z_{pj}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \epsilon, \quad u^A \text{ ve } u^B \text{ işaret olarak serbest}$$

- E_k genel etkinlik ölçümü için kullanılacak kesirli model:

$$E_k = \max \frac{\sum_{p=1}^q w_p z_{pk} + u^A + \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + u^B}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + \sum_{p=1}^q w_p z_{pk}} \quad (3.36)$$

$$\frac{\sum_{p=1}^q w_p z_{pj} + u^A}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + u^B}{\sum_{p=1}^q w_p z_{pj}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$u_r, v_i, w_p \geq \epsilon, \quad u^A \text{ ve } u^B \text{ işaret olarak serbest}$

VRS varsayımına göre genel etkinlik, birinci aşama ve ikinci aşama etkinlik ölçümü için kullanılan kesirli modeller, Charnes-Cooper dönüşümü ile doğrusal programlama modellerine dönüştürülebilir. Bu dönüştürülmüş modeller, Model (3.37), Model (3.38) ve Model (3.39)'da gösterilmektedir:

- E_k genel etkinlik ölçümü için kullanılacak doğrusal model:

$$E_k = \max \sum_{p=1}^q w_p z_{pk} + u^A + \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + u^B \quad (3.37)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + \sum_{p=1}^q w_p z_{pk} = 1$$

$$\sum_{p=1}^q w_p z_{pj} + u^A - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + u^B - \sum_{p=1}^q w_p z_{pj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$u_r, v_i, w_p \geq \epsilon, \quad u^A \text{ ve } u^B \text{ işaret olarak serbest}$

- E_k^1 birinci aşama etkinlik ölçümü için kullanılacak doğrusal model:

$$E_k^1 = \max \sum_{p=1}^q w_p z_{pk} + u^A \quad (3.38)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$$

$$\sum_{p=1}^q w_p z_{pj} + u^A - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + u^B - \sum_{p=1}^q w_p z_{pj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$E_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + (1 - E_k) \sum_{p=1}^q w_p z_{pk} + u^A + u^B$$

$u_r, v_i, w_p \geq \epsilon$, u^A ve u^B işaret olarak serbest

- E_k^2 ikinci aşama etkinlik ölçümü için kullanılacak doğrusal model:

$$E_k^2 = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + u^B \quad (3.39)$$

$$\sum_{p=1}^q w_p z_{pj} + u^A - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{p=1}^q w_p z_{pk} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + u^B - \sum_{p=1}^q w_p z_{pj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

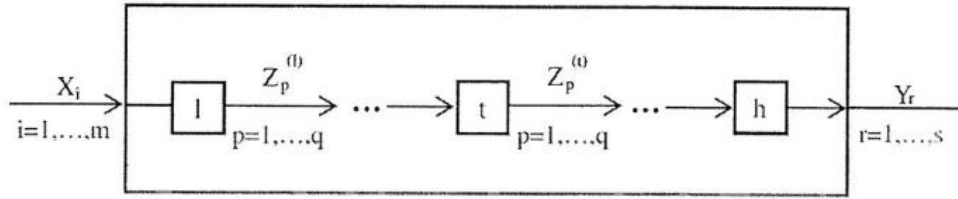
$$E_k = \sum_{p=1}^q w_p z_{pk} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - E_k \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + u^A + u^B$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \epsilon, \quad u^A \text{ ve } u^B \text{ işaret olarak serbest}$$

3.5.2. Seri İki Aşamalı VZA Modeli

Seri yapılı network modeller, temel iki aşamalı VZA modellerinin dizilimi ile oluşmaktadır. Seri yapılı VZA modelleri, ara değişkenler aracılığıyla birbirine bağlı ikiden fazla aşamaya sahip olan KVB'lerin etkinliğini incelemektedir. Temel iki aşamalı model ile seri yapılı model arasındaki en belirleyici fark, alt süreçlerin sayısıdır. Temel iki aşamalı modelde, birbirine bağlı iki alt süreç incelenmekte iken seri yapıya sahip modelde ikiden fazla alt sürecin art arda bağlandığı üretim faaliyetleri incelenmektedir. Ayrıca seri yapılı modellerde bazı girdiler herhangi bir aşamada sisteme dahil olabileceği gibi bazı ara ürünler bir sonraki aşama tarafından tamamen tüketilmeyebilmektedir (Halkos vd., 2014).

Seri yapılı bir NVZA modelinin gösterimi Şekil 14'teki gibidir (Kao, 2009):



Şekil 14. Seri Yapılı NVZA Modeli

Şekil 14'te görüldüğü üzere seri yapılı VZA modeline uygun bir sistemde h adet seri bağlı bir üretim sürecinde j'inci KVB'ye ait girdi değişkenlerinin X_{ij} ile; çıktı değişkenlerinin ise Y_{rj} ile temsil edildiğini varsayalım. Z_{pj}^t j'inci KVB için t adet ara süreç, 1. ara süreçten "h-1"inci ara sürece kadar $t=1,2,...,h-1$ şeklinde; p'inci ara ürün ise $p=1,2,...,q$ aralığında tanımlı olsun. t'inci ara sürecin çıktıları aynı zamanda t+1'inci ara sürecin girdileri olarak kullanılmaktadır. Şekil 14'e dikkat edildiğinde son süreç h'nin çıktıları aynı zamanda tüm sürecin çıktısıdır. Belirtilmesi gereken bir diğer önemli husus ise şudur; ara ürün sayısını temsil eden q her bir ara süreç için farklı sayıda olabilir. Modelin gösterimini basitleştirmek adına her bir aşamada q ile temsil edilen ara ürün sayısının eşit olduğu varsayılmıştır.

3.5.3. Paralel İki Aşamalı VZA Modeli

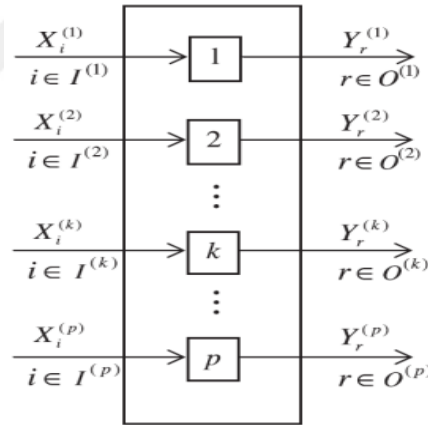
Network VZA modelleri arasında yer alan paralel iki aşamalı VZA modelinde, alt süreçler birbirine seri bir şekilde bağlanmak yerine birbirinden bağımsız bir şekilde işlemektedir.

Färe ve Primont (1984)'e ait çalışmada, bünyesinde çok sayıda tesis bulunduran firmaların etkinlik ölçümü yapılmıştır. Firmaların iç yapısını oluşturan çok sayıda tesisin her birinde birbirinden bağımsız girdi-çıkı süreçlerinin gerçekleştiği bilinmektedir. Bu sebeple söz konusu çalışmanın paralel yapı VZA uygulamalarına temel teşkil ettiği düşünülmektedir.

Paralel yapı VZA yönteminin bir diğer uygulamalı örneği ise Kao (1998) tarafından yapılan çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, Tayvan'da yer alan ve kendi içerisinde çok sayıda halka barındıran orman bölgelerinin etkinliği ölçülmüştür.

Paralel yapı VZA uygulamalarının tipik örneklerinden biri de üniversitelerdir. Üniversitelerdeki tüm sürece ilişkin etkinlik, bölümlerin etkinliği ile ölçülebilmektedir. Bir üniversitede tüm sürecin etkin olabilmesi, ancak ve ancak tüm bölümlerin ayrı ayrı etkin olması ile mümkündür. Bölümlerin girdi-çıkı faaliyetleri birbirinden bağımsız paralel süreçler olarak incelenmeli ve paralel ağ yapısı ile tüm sürecin başarısı ölçülmelidir (Kao ve Hwang, 2010).

Paralel yapı NVZA modelinin gösterimi Şekil 15'teki gibidir:



Şekil 15. Paralel Yapılı NVZA Modeli

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

Bu bölümde, Türkiye'de faaliyet sürdüren 19 limanın 2023 yılı kurumsal etkinlikleri, Bölüm 3.3.'te ifade edilen VZA aşamaları dikkate alınarak İki Aşamalı Toplamsal VZA yöntemi ile analiz edilmektedir.

4.1. Liman İşletmelerinin Seçilmesi

Çalışmada KVB'lerin homojen nitelikte, benzer girdi-çıktı profillerine sahip olması gözetilmiştir. Bu nedenle etkinlik analizi için, TÜRKLİM derneğine üye 23 liman arasından tüm verilerine ulaşılabilen 19 liman işletmesi seçilmiştir (TÜRKLİM, 2024).

4.2. Çalışmada Kullanılacak Değişkenlerin Belirlenmesi

Liman işletmeleri, girdileri tek aşamada çıktıya dönüştüren basit yapılı birimler değildir. Aksine, birbiriyle bağlantılı alt süreçlerden oluşan karmaşık organizasyonlardır (Güner, 2015). Bu nedenle, 19 liman işletmesinin etkinlik analizi, ara değişkenlerle ilişkilendirilen iki aşamalı yöntem ile gerçekleştirilecektir. Çalışmada, değişkenler “girdi değişkenleri”, “ara değişkenler” ve “çıktı değişkenleri” olmak üzere üç grupta ele alınacaktır.

4.2.1. Girdi Değişkenleri

Çalışmada yer verilen girdi değişkenleri, liman faaliyetlerinde kullanılan bazı alt ve üstyapı kaynaklarından oluşmaktadır. Çalışmanın girdi değişkenleri aşağıda açıklanmıştır.

4.2.1.1. Rıhtım Sayısı

Rıhtımlar, gemilerin yüklenip boşaltıldığı ve liman-kara bağlantısını sağlayan kritik alanlardır. Rıhtım sayısı ile gemilerin bekleme ve döngü sürelerini minimize etmek ve hizmet verimliliğini arttırmak limanlar için önemli bir hedeftir (Sarioğlu ve Özdemir, 2018).

Tablo 6’da görüldüğü üzere Tongzon (2001), Itoh (2002), Wanke vd., (2011), Esmail (2016), Périco ve da Silva (2020), Agüero-Tobar vd., (2023), Kaleibar ve Krmac (2024) tarafından yapılan çalışmalarda “rıhtım sayısı” liman etkinliği analizinde girdi değişkeni olarak tercih edilmiştir. Liman literatüründe sıklıkla kullanılan bir girdi değişkeni olması nedeniyle “rıhtım sayısı” bu çalışmada da yer almıştır.

4.2.1.2. Rıhtım Uzunluğu

Bir limandaki optimum rıhtım uzunluğu; aylık ortalama gemi sayısı ve eş zamanlı yanaşma sıklığına bağlıdır. Yetersiz rıhtım uzunluğu gemi bekleme sürelerini artırırken, aşırı uzunluk ise ekipman, aktarma araçları ve elleçleme gereksinimlerini yükseltir (Acer, 2016).

Tongzon (1995), Notteboom vd., (2000), Valentine ve Gray (2001), Cullinane vd., (2002), Wang vd., (2003), Bayar (2005), Cullinane ve Wang (2006), Fung Ng ve Lee (2007), Al-Eraqi vd., (2008), Dias vd., (2009), Cullinane ve Wang (2010), Schøyen ve Odeck (2013), Almawsheki ve Shah (2015), Van Dyck (2015), Nguyen (2018), Kalgora vd., (2019), Périco ve da Silva (2020), Huang vd., (2021), Kammoun ve Abdennadher (2022), Agüero-Tobar vd., (2023), Kaleibar ve Krmac (2024) tarafından yapılan çalışmalarda “rıhtım uzunluğunun” girdi değişkeni olarak tercih edildiği, Tablo 6’da görülmektedir. Liman etkinliğinde kritik öneme sahip bir girdi olduğu düşünülen rıhtım uzunluğunun liman literatüründe birçok çalışmada kullanıldığı görülmektedir. Söz konusu değişken bu nedenle, bu çalışmada analize dahil edilmiştir.

4.2.1.3. Rıhtım Derinliği

Modern konteyner gemilerinin artan boyutları ve kapasiteleri, limanların rıhtım derinliği gereksinimlerini de değiştirmiştir. Bir limanın, varış noktası veya aktarma merkezi olarak cazip olması için yeterli rıhtım derinliği sunması esastır. Yetersiz derinlik, yeni nesil gemilerin limana yanaşmasını engelleyerek özellikle transit taşımalarda limanın kullanımını

kısıtlar. Rıhtım derinliği ayrıca, limanın aynı anda kaç gemiye hizmet verebileceğini de belirler (Acer, 2016).

Liman etkinliğine ilişkin literatür incelendiğinde Almawsheki ve Shah (2015), Cabral vd, (2018), Kalgora vd., (2019), Agüero-Tobar vd., (2023) tarafından yapılan çalışmalarda “rıhtım derinliğinin” girdi değişkeni olarak kullanıldığı, Tablo 6’da görülmektedir. Rıhtım derinliği; limana yanaşan gemi boyutu ve sayısını etkileyen önemli bir altyapı faktörü olduğundan ve limanların etkinliğinde rol oynadığından dolayı bu çalışmada girdi değişkeni olarak kullanılmıştır.

4.2.1.4. Toplam Liman Sahası

Konteyner terminal alanı, liman verimliliği ve etkinliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve dönüm, hektar veya metrekare gibi çeşitli birimlerle ifade edilebilir. Terminal alanının büyüklüğü; konteyner elleçleme hacmini, konteyner depolama kapasitesini ve genel operasyon akışını etkileyerek limanın performansını belirler (Acer, 2016).

Itoh (2002), Cullinane ve Wang (2006), Dias vd., (2009), Cullinane ve Wang (2010), Wanke vd., (2011), Jiang vd., (2012), Schøyen ve Odeck (2013), Almawsheki ve Shah (2015), Acer (2016), Nguyen (2018), Kalgora vd., (2019), Huang vd., (2021), Kammoun ve Abdennadher (2022), Kaleibar ve Krmac (2024) tarafından yapılan liman etkinliği araştırmalarında “toplam liman sahası” değişkeninin girdi değişkeni olarak kullanıldığı, Tablo 6 incelendiğinde görülmektedir. Toplam liman sahası, liman etkinliğinde kritik öneme sahip olması ve araştırmalarda sıklıkla tercih edilmesi nedeniyle bu çalışmada girdi değişkeni olarak modelde yer almıştır.

4.2.1.5. Vinç Sayısı

Etkin konteyner elleçleme, liman verimliliği için kritiktir ve bu da uygun vinç kapasitesine bağlıdır. Mobil (MHC/MGC) ve gantry (SSG/STS) vinçler, bu kapasiteyi sağlayan temel ekipmanlardır. Yüksek yatırım maliyetleri nedeniyle genellikle yüksek TEU’lu limanlarda bulunan bu vinçlerin sayısı, VZA analizlerinde önemli bir girdi değişkenidir (Tongzon ve Heng, 2005).

Tongzon (1995), Tongzon (2001), Itoh (2002), Bayar (2005), Cullinane ve Wang (2006), Fung Ng ve Lee (2007), Dias vd., (2009), Cullinane ve Wang (2010), Schøyen ve Odeck

(2013), Almawsheki ve Shah (2015), Van Dyck (2015), Kalgora vd., (2019), Huang vd., (2021), Kammoun ve Abdennadher (2022) tarafından yapılan liman etkinliği araştırmalarında “vinç sayısı” değişkeninin girdi değişkeni olarak kullanıldığı Tablo 6’da gösterilmiştir. Vinç sayısı, konteyner elleçleme faaliyetlerindeki önemi ve etkinlik analizlerinde sıklıkla kullanılan bir değişken olması nedeniyle bu çalışmada girdi değişkeni olarak yer almıştır. Vinçlerin kapasite ve operatör performansı gibi faktörler ise basitleştirme amacıyla göz ardı edilmiştir.

4.2.1.6. İstifleyici Ekipman Sayısı

Konteyner istifleyicileri, liman etkinliğinde kritik bir rol oynar. Yeterli sayıda ve doğru tipte istifleyici, konteynerlerin hızlı ve verimli bir şekilde taşınmasını, istiflenmesini ve depolanmasını sağlayarak gemi bekleme sürelerini azaltır ve liman kapasitesini artırır. Bu da operasyonel maliyetlerin düşürülmesine ve rekabet avantajı elde edilmesine katkı sağlar (Sağlam, 2013).

Cullinane vd., (2004), Schyeyen ve Odeck, (2013), Cullinane vd., Acer (2016), Kammoun, (2018), Kalgora vd., (2019) tarafından yapılan liman etkinliği araştırmalarında “istifleyici sayısı” girdi değişkeni olarak tercih edilmiştir. Elleçleme ekipmanları arasında önemli bir yere sahip olması nedeniyle “istifleyici sayısı” bu çalışmada da yer almıştır.

4.2.2. Ara Değişken

Ara değişkenler, çok aşamalı süreçlerde önemli bir rol oynar. Birinci aşamada çıktı olarak elde edilen ve ikinci aşamada girdi olarak kullanılan bu faktörler, alt aşamaları birbirine bağlama özelliği gösterir. Ara değişkenlerin kullanımı sayesinde genel etkinsizliğin daha çok hangi aşamadan kaynaklandığı belirlenebilmektedir (Memiş, 2023).

Bu çalışmada, iki aşamalı VZA yöntemi kullanılarak limanların göreliliği incelenmiştir. Birinci aşamada; rıhtım (sayı, uzunluk, derinlik), liman sahası, vinç ve istifleyici sayısı gibi girdiler kullanılarak oluşturulan konteyner elleçleme kapasitesi (ara değişken) analiz edilmiştir. İkinci aşamada ise bu kapasite girdi olarak kullanılarak fiilen elleçlenen konteyner miktarı analiz edilmiştir.

Konteyner elleçleme kapasitesi ($\times 1000\text{Teu/Yıl}$), limanların mevcut kaynakları ile bir yıllık dönem içerisinde elleçleyebileceği maksimum yük miktarının TEU cinsinden değerini

belirtir, verimlilik ve kârlılık için kritik öneme sahiptir. Doğru kapasite hesabı büyük önem taşır, çünkü bu kapasite; altyapı, üstyapı, elleçleme ekipmanı, işgücü gibi fiziki ve operasyonel faktörlere bağlıdır ve alt sistemlerinin en düşük kapasitesi ile sınırlıdır (Çağlar, 2012).

Wang vd. (2022) tarafından yapılan araştırmada da "konteyner elleçleme kapasitesi" iki aşamalı VZA yönteminde ara değişken olarak kullanılmıştır. Bu durum, konteyner elleçleme kapasitesinin, limanların alt ve üstyapı kaynakları ile oluşturduğu potansiyeli temsil etmesi ve aynı zamanda elleçlenen yük miktarının da belirleyicisi olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada da "konteyner elleçleme kapasitesi" ara değişken olarak seçilmiştir.

4.2.3. Çıktı Değişkeni

Bu çalışmada çıktı değişkeni olarak kullanılan elleçlenen konteyner miktarı ($\times 1000$ Teu/Yıl), limanların bir yıl boyunca elleçlemiş olduğu yük miktarının TEU cinsinden değerini ifade etmektedir (Ateş vd., 2013).

Roll ve Hayuth (1993), Tongzon (1995), Poitras (1996), Martinez vd., (1999), Tongzon (2001), Valentine ve Gray (2001), Itoh (2002), Barros (2003), Barros ve Athanassiou (2004), Cullinane ve Wang (2006), Fung Ng ve Lee (2007), Dias vd., (2009), Cullinane ve Wang (2010), Jiang vd., (2012), Schøyen ve Odeck (2013), Lee vd., (2014), Almawsheki ve Shah (2015), Van Dyck (2015), Barros vd., (2016), Kalgora vd., (2019), Huang vd., (2021), Agüero-Tobar vd., (2023) tarafından yapılan araştırmalarda limanların göreceli etkinliği analiz edilirken çıktı değişkeni olarak “elleçlenen konteyner miktarı” tercih edilmiştir.

“Elleçlenen konteyner miktarı”, konteyner terminali işleten limanların kaynak etkinliği araştırmalarında sıklıkla kullanılan bir çıktı değişkenidir. Sıklıkla kullanılan bir performans göstergesi olması ve verilerinin kolaylıkla elde edilebilir olması gibi nedenlerle bu çalışmada elleçlenen konteyner miktarı, çıktı değişkeni olarak tercih edilmiştir.

4.3. Analizde Kullanılacak Verilerin Elde Edilmesi

Tablo 7, çalışmada kullanılan girdi, ara ve çıktı değişkenlerini göstermektedir. TÜRKLİM üyesi 19 limanın 2023 yılına ait verileri ise Tablo 8'de sunulmuştur. Söz konusu veriler,

TÜRKLİM 2024 Faaliyet Raporu ve ilgili liman işletmelerinin kurumsal web sitelerinden elde edilmiştir.

Tablo 7. Çalışmada Kullanılan (Girdi-Ara-Çıktı) Değişkenler

Girdi Değişkenleri	Ara Değişkenler	Çıktı Değişkenleri
x_1 : Rıhtım sayısı (adet)	z : Konteyner elleçleme kapasitesi ($\times 1000\text{teu/yıl}$)	y : Konteyner elleçleme miktarı ($\times 1000\text{teu/yıl}$)
x_2 : Rıhtım uzunluğu (metre)		
x_3 : Rıhtım derinliği (metre)		
x_4 : Toplam liman sahası (metrekare)		
x_5 : Vinç sayısı (adet)		
x_6 : İstifleyici sayısı (adet)		

Bu çalışmada, tabloda tanımlanan girdi değişkenlerinden rıhtım sayısı (x_1), rıhtım uzunluğu (x_2), rıhtım derinliği (x_3) ve toplam liman sahası (x_4) değişkenleri “**altyapı kaynakları**” olarak; vinç sayısı (x_5) ve istifleyici sayısı (x_6) değişkenleri ise “**üstyapı kaynakları**” olarak ele alınmaktadır.

Tablo 8. Liman İşletmelerine Ait Değişken Değerleri

S.No.	Liman İşletmeleri	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	z	y
1	Mip Mersin	21	3370	15,8	1240	56	36	2.600	1.950
2	Asya Port	6	2010	18	300	45	9	2.500	1.719
3	Marport	5	2026	17	434	56	18	2.300	1.473
4	Kumport	6	2238	16,5	473	38	20	2.100	1.275
5	Yılport Gebze	6	1455	30	345	35	9	1.000	640
6	Dp World	2	922	16	460	32	1	1.200	613
7	Evyap	6	1286	18,5	279	35	1	855	600
8	Nemport	8	1689	21,5	285	25	18	1.750	589
9	Gemport	13	2050	36	1250	38	22	2.000	584
10	Ege Gübre	2	784	28	485	15	10	1.000	565
11	Mardaş	2	1115	16,5	238	24	17	2.000	442
12	Socar Terminal	2	850	14,5	420	13	6	1.500	405
13	Limak İskenderun	8	1652	15,5	1000	18	7	1.000	255
14	Assan	2	682	16,5	227	4	12	1.000	136
15	Roda Port	9	1200	14,5	211	13	6	200	128
16	Beldeport	1	450	16,5	600	19	9	550	125
17	Samsunport	12	1756	11	445	13	8	300	114
18	Borusan	6	1373	14,5	520	22	6	450	97
19	Qterminals Akdeniz	9	1178	9,5	204	8	12	350	85

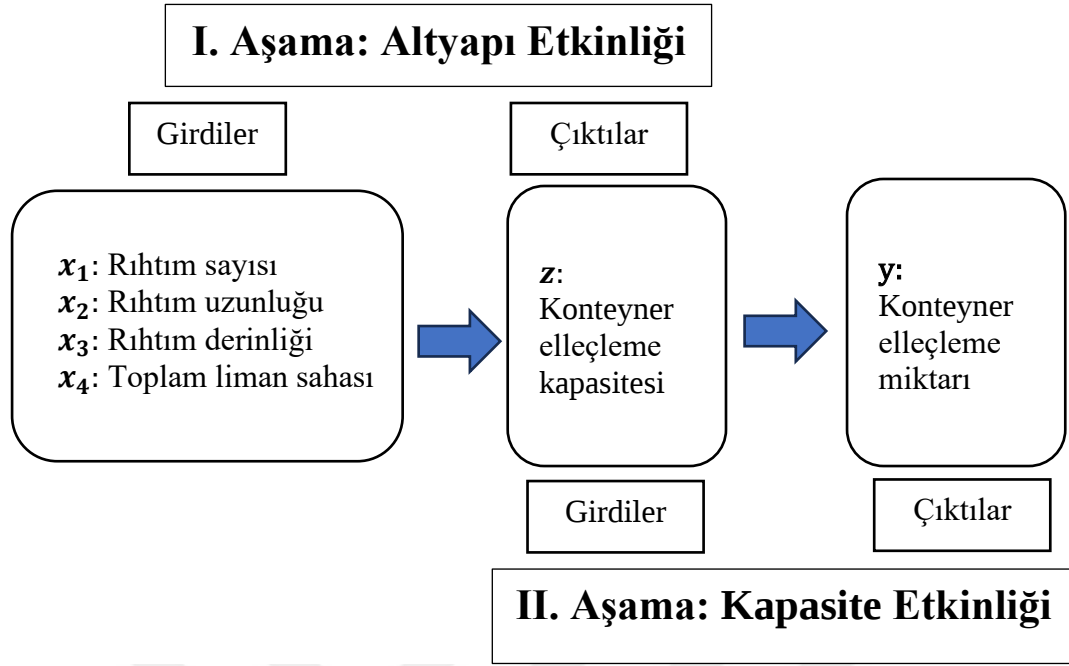
4.4. Analizde Kullanılacak Modelin Seçilmesi

Liman işletmeleri gibi iç süreçleri karmaşık olan firmalarda, geleneksel (tek aşamalı) VZA yöntemi yetersiz kalır. Bu yaklaşım, alt süreçleri dikkate almadığı için limanların iç yapısını ele alan bir etkinlik değerlendirmesi yapılamaz. Çalışmada, hizmet sürecini ilişkisel olarak inceleyen iki aşamalı VZA yöntemi kullanılmış ve böylece daha kapsamlı bir analiz imkânı sağlanmıştır. Bu yöntemin yapısı gereği, birinci aşamanın çıktıları aynı zamanda ikinci aşamaya girdi olarak yönlendirilmektedir. Etkinlik analizinde, iki aşamalı VZA'nın Chen vd., (2009)'ne ait aritmetik ortalamalı modeli tercih edilmiştir. Her aşamaya ağırlık atayabilen aritmetik ortalamalı model sayesinde hem aşama etkinlik skorları hem de aşama ağırlıkları değerlendirmeye dahil edilmiştir.

4.5. Liman İşletmelerinin Etkinlik Değerlerinin İki Aşamalı Toplamsal Model Kullanılarak Ölçülmesi

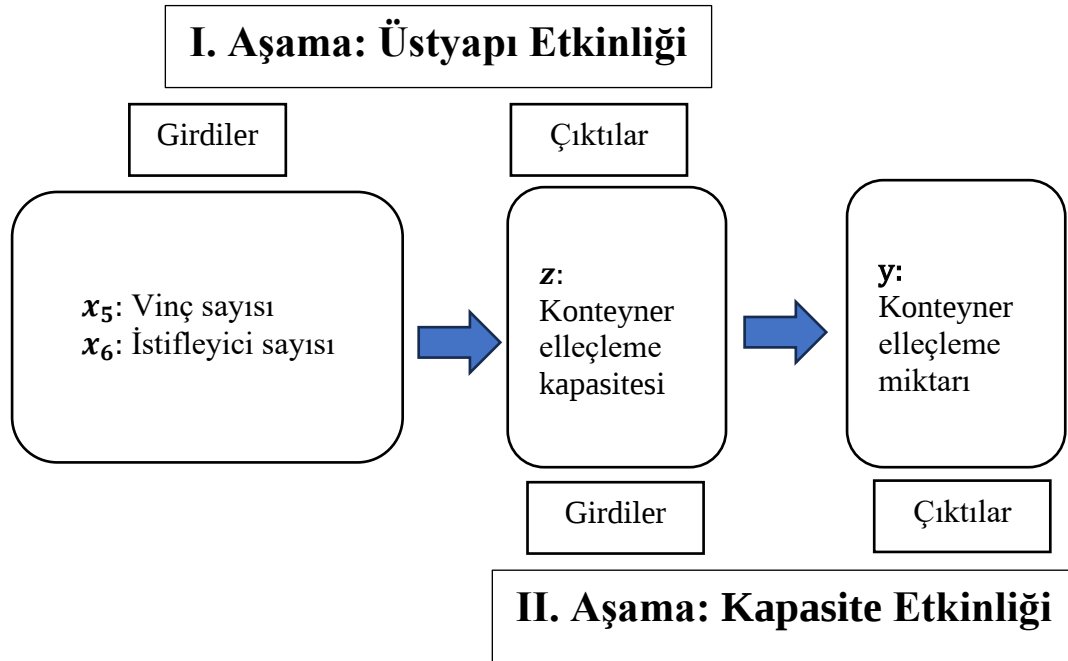
TÜRKLİM üyesi 19 liman işletmesinin kurumsal etkinlik değerleri, iki aşamalı toplamsal (aritmetik ortalamalı) model kullanılarak incelenmektedir. Analizde öncelikle altyapı kaynaklarının, akabinde ise üstyapı kaynaklarının genel ve alt süreç etkinlikleri ve aşama ağırlıkları değerlendirilecektir.

İki aşamalı altyapı etkinlik analizinde; birinci aşamada rıhtım sayısı (x_1), rıhtım uzunluğu (x_2), rıhtım derinliği (x_3), toplam liman sahası (x_4) gibi altyapı kaynaklarının elleçleme kapasitesi oluşturmada ne derece etkin kullanıldığı incelenirken ikinci aşamada söz konusu kapasitenin yük elleçleme faaliyetinde ne derece etkin kullanıldığı incelenmektedir. Bahsedilen iki aşamalı model, Şekil 16'da gösterildiği gibidir:



Şekil 16. Altyapı Kaynak Etkinliği

İki aşamalı üstyapı etkinlik analizinde ise birinci aşamada vinç sayısı (x_5) ve istifleyici sayısı (x_6) gibi üstyapı kaynaklarının elleçleme kapasitesi oluşturmada ne derece etkin kullanıldığı incelenirken ikinci aşamada söz konusu kapasitenin yük elleçleme faaliyetinde ne derece etkin kullanıldığı incelenmektedir. Bahsedilen iki aşamalı model, Şekil 17’de gösterildiği gibidir:



Şekil 17. Üstyapı Kaynak Etkinliği

TÜRKLİM üyesi 19 limanının iki aşamalı altyapı ve üstyapı etkinliği analiz sonuçları (genel skorlar, alt aşama skorları ve ağırlıkları) Tablo 9’da yer almaktadır.

Tabloda yer alan değişkenler aşağıda belirtildiği gibidir:

E_0 : Genel Etkinlik Skoru

E_1 : Birinci Aşama Etkinlik Skoru

E_2 : İkinci Aşama Etkinlik Skoru

α_1 : Birinci Aşama Ağırlığı

α_2 : İkinci Aşama Ağırlığı

Tablo 9. Limanların İki Aşamalı Altyapı-Üstyapı Etkinlik Skorları ve Aşama Ağırlıkları

Sıra No	Limanlar	Altyapı Kaynakları					Üstyapı Kaynakları				
		E_0	E_1	E_2	α_1	α_2	E_0	E_1	E_2	α_1	α_2
1	Mıy Mersin	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5000	0,5417	0,3714	1,0000	0,7292	0,2708
2	Asya Port	0,9584	1,0000	0,9168	0,5000	0,5000	0,8616	0,8165	0,9168	0,5505	0,4495
3	Marport	0,9258	0,9976	0,8539	0,5006	0,4994	0,5808	0,4562	0,8539	0,6867	0,3133
4	Kumport	0,8627	0,9112	0,8095	0,5232	0,4768	0,5744	0,4651	0,8095	0,6825	0,3175
5	Yılport Gebze	0,5134	0,3832	0,8533	0,7230	0,2770	0,4951	0,3645	0,8533	0,7329	0,2671
6	Dp World	0,7069	0,7256	0,6811	0,5795	0,4205	0,8406	1,0000	0,6811	0,5000	0,5000
7	Evyap	0,5318	0,3789	0,9357	0,7252	0,2748	0,8054	0,7125	0,9357	0,5839	0,4161
8	Nemport	0,6117	0,7307	0,4488	0,5778	0,4222	0,5094	0,5423	0,4488	0,6484	0,3516
9	Gemport	0,4894	0,5439	0,3893	0,6477	0,3523	0,4197	0,4328	0,3893	0,6979	0,3021
10	Ege Gübre	0,7286	0,7111	0,7533	0,5844	0,4156	0,6059	0,5280	0,7533	0,6545	0,3455
11	Mardaş	0,6473	1,0000	0,2947	0,5000	0,5000	0,5094	0,6486	0,2947	0,6066	0,3934
12	Socar Terminal	0,6745	0,9838	0,3600	0,5041	0,4959	0,6800	1,0000	0,3600	0,5000	0,5000
13	Limak İskenderun	0,4293	0,4714	0,3400	0,6796	0,3204	0,4718	0,5434	0,3400	0,6479	0,3521
14	Assan	0,5313	0,8174	0,1813	0,5502	0,4498	0,5907	1,0000	0,1813	0,5000	0,5000
15	Roda Port	0,1880	0,1129	0,8533	0,8986	0,1014	0,2180	0,1333	0,8533	0,8824	0,1176
16	Beldeport	0,5281	0,6814	0,3030	0,5947	0,4053	0,2602	0,2495	0,3030	0,8003	0,1997
17	Samsunport	0,2334	0,1833	0,5067	0,8451	0,1549	0,2371	0,1868	0,5067	0,8426	0,1574
18	Borusan	0,2449	0,2350	0,2874	0,8097	0,1903	0,2590	0,2519	0,2874	0,7988	0,2012
19	Qterminals Akdeniz	0,2744	0,2615	0,3238	0,7927	0,2073	0,2704	0,2567	0,3238	0,7958	0,2042
Aritmetik Ortalama		0,5832	0,6384	0,5838	0,6335	0,3665	0,5122	0,5242	0,5838	0,6758	0,3242

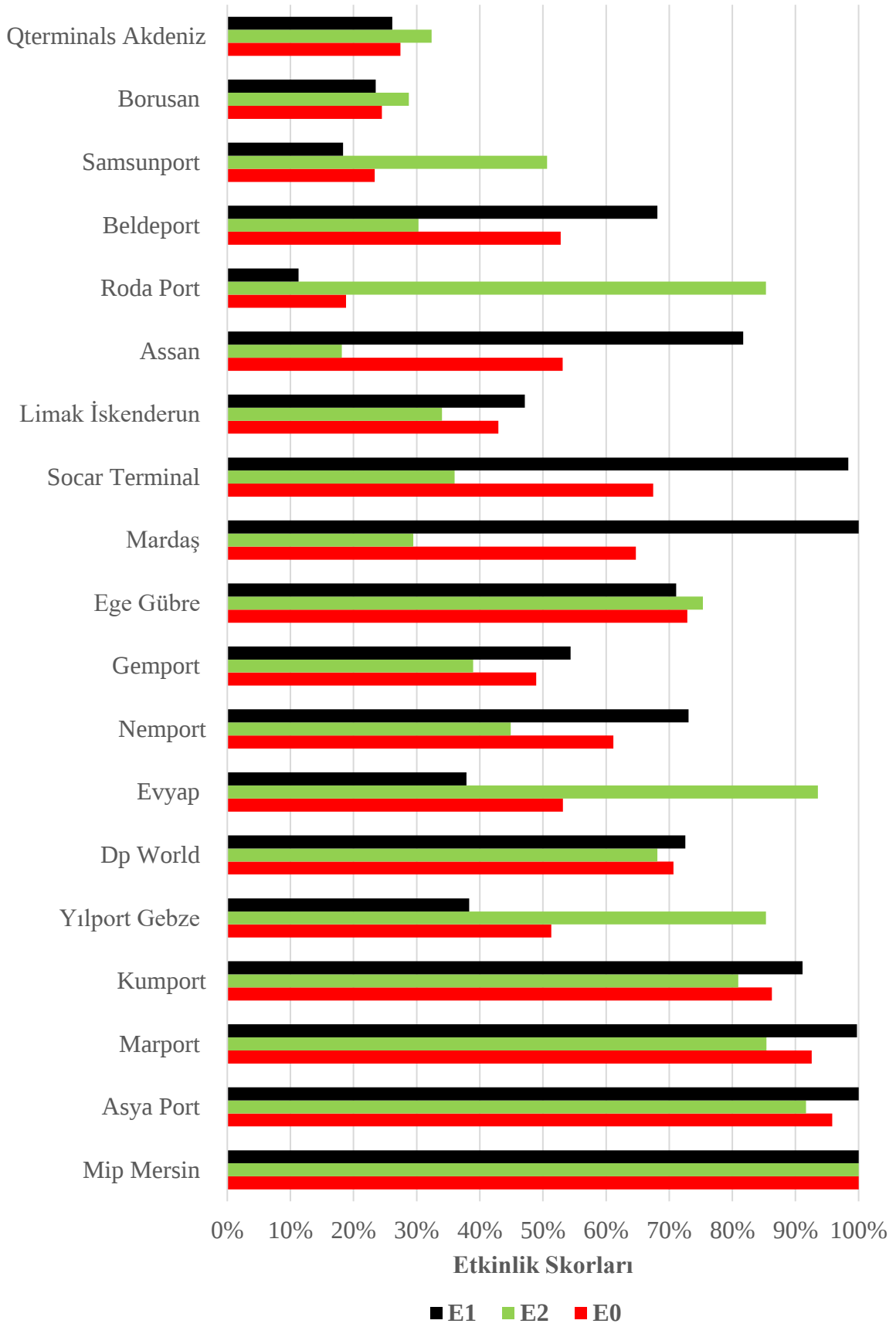
4.6. Sonuçların Değerlendirilmesi

Liman işletmelerinin altyapı ve üstyapı etkinliği analiz edilerek Tablo 9’da sunulmuştur. Tablo 9’dan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, limanların altyapı etkinliği Şekil 18’de, üstyapı etkinliği ise Şekil 19’da iki aşamalı olarak incelenmektedir. Şekildeki sütunlar, her bir liman işletmesi için genel etkinlik ve alt süreç etkinlik skorlarını temsil etmektedir.

4.6.1. İki Aşamalı Altyapı Etkinliği Değerlendirmesi

Şekil 18’deki sütunlar, limanların altyapı etkinliklerini birinci aşama (E_1), ikinci aşama (E_2) ve genel etkinlik (E_0) olarak göstermektedir.

- **E_1 (Altyapıdan Kapasiteye: Altyapı Kaynak Etkinliği):**
 E_1 sütunları, limanların sahip oldukları altyapı kaynakları (rıhtım sayısı, uzunluğu, derinliği, terminal alanı) ile ne kadar elleçleme kapasitesi oluşturabildiklerini göstermektedir. Yani, altyapının kapasiteye dönüşüm etkinliğini yansıtmaktadır (1. Aşama).
- **E_2 (Kapasiteden Elleçlemeye: Altyapı Kapasite Etkinliği):**
 E_2 sütunları ise, altyapı kaynakları ile yaratılan elleçleme kapasitesinin elleçleme miktarına ne derece etkin dönüştürülebildiğini göstermektedir. Bir başka deyişle, kapasitenin ne kadar etkin kullanılmakta olduğunu ifade etmektedir (2. Aşama).
- **E_0 (Genel Altyapı Etkinliği):** E_0 sütunları ise, altyapı kaynaklarının genel etkinlik skorlarını, yani her iki aşamanın ağırlıklı birleşimini göstermektedir.



Şekil 18. Limanların İki Aşamalı Altyapı Etkinlik Grafiği

Limanların altyapı kaynaklarını elleçleme kapasitesine dönüştürme etkinliğinin incelendiği birinci aşamada %100'lük bir skor elden eden Mersin, Asyaport, Marport ve Mardaş limanları birinci aşamanın etkin limanları olarak öne çıkmaktadır. Bu limanlar, rıhtım sayısı, uzunluğu, derinliği ve toplam liman sahası gibi kaynaklarını optimum bir şekilde kullanarak maksimum kapasite oluşturmayı başarmışlardır.

%64 olan birinci aşama etkinlik ortalamasına bakıldığında ise sektör genelinde altyapı kaynaklarının elleçleme kapasitesine dönüştürülmesinde iyileştirme potansiyeli olduğu görülmektedir.

Rodaport (%11), Samsunport (%18), Borusan (%24) ve QTerminals (%26) gibi birinci aşamada ortalama etkinliğin oldukça altında kalan limanlar, altyapı kaynaklarının kullanımında önemli yetersizlikler yaşamaktadır. Söz konusu limanların birinci aşamada rıhtım sayısı, uzunluğu, derinliği, terminal alanı gibi altyapı kaynaklarını, konteyner elleçleme kapasitesi oluşturmada yeterince etkin kullanamadıkları anlaşılmaktadır.

Birinci aşamada Assan (%82), Socar Terminal (%98) ve Mardaş (%100) limanlarının göreceli etkinlik skorlarının yüksek olduğu, yani bu limanların altyapı kaynaklarını görece başarılı bir şekilde optimize ederek yüksek düzeyde elleçleme kapasitesi oluşturabildikleri görülmektedir. Ancak söz konusu liman işletmelerinin hizmet sürecinin ikinci aşamasında sırasıyla (%18), (%36), (%29) etkinlik skorları elde ettiği ve aynı performansı bu aşamada sergileyemedikleri fark edilmektedir. Söz konusu limanlar birinci aşamadaki yüksek kaynak etkinliğine rağmen genel etkinlikte sırasıyla (%53), (%67) ve (%65) gibi düşük skorlar elde etmişlerdir. Bahsi geçen ve birinci aşamada kaynak etkinliği bakımından başarılı olan liman işletmelerinin genel etkinlik bakımından da başarılı olabilmeleri için mevcut elleçleme kapasiteleri ile daha fazla konteyner elleçleyebilmeleri gerekmektedir. Yani hizmet sürecinin ikinci alt aşaması için optimizasyon çözümlerine odaklanmaları önem taşımaktadır.

Oluşturulan konteyner elleçleme kapasitesinin fiili yük elleçlemede ne derece başarılı kullanıldığını gösteren ikinci aşamada ise Rodaport (%85) mevcut kapasitesini yüksek etkinlikle kullanmasına rağmen, birinci aşamada %11 düzeyinde gerçekleşen düşük etkinlik skoru sebebi ile genel altyapı etkinliğinde %19 etkinlik göstererek yetersiz kalmaktadır.

Benzer durum, Yılport Gebze ve Evyap limanları için de söz konusudur. Öyle ki hizmet sürecinin ikinci aşamasında elleçleme kapasitesini %85 etkin kullanabilen Yılport Gebze limanı aynı başarıyı birinci aşamada gösterememiş ve %38'lik bir etkinlik elde edebilmiştir.

Birinci aşamadaki düşük etkinlik sebebi ile Yılport Gebze limanı genel hizmet sürecinde %51'lik skorla yetersiz bir performans göstermiştir.

Evyap Limanı da altyapı etkinliğinin ikinci aşamasında %94 etkinlik sağlarken birinci aşamada kaynaklarını sadece %38 etkin kullanabilmiş ve bu nedenle genel etkinlikte ancak %53'lük bir skor elde edebilmiştir. Yani birinci aşamada yaşanan etkinsizlik, hizmet sürecinde genel etkinsizliğe yol açmıştır.

İkinci aşamada elleçleme kapasitesini yüksek etkinlikle kullanarak konteyner elleçleyen Rodaport, Yılport Gebze ve Evyap limanlarının genel etkinlik sağlayabilmeleri için birinci aşamanın çıktısı olan elleçleme kapasitelerini arttırmaları gerekmektedir. Elleçleme kapasitesinin arttırılması ise hem altyapı hem de üstyapı kaynaklarının etkin kullanımına bağlıdır. Altyapı kaynakları açısından bakıldığında, çağdaş gemi boyutlarına uygun rıhtım uzunluğu ve derinliği sağlanarak daha büyük gemiler ağırlanmalı ve bekleme süreleri minimize edilmelidir. Terminal sahası içindeki depolama alanlarının verimliliği, alan optimizasyon teknikleri kullanılarak maksimize edilmelidir. Ayrıca, liman içi ulaşım ağının iyileştirilmesi ve akıllı trafik yönetim sistemlerinin entegrasyonu ile konteyner hareketleri hızlandırılmalıdır. Intermodal taşımacılığın teşvik edilmesi ve limanın iç bölgelere erişiminin kolaylaştırılması için demiryolu ve karayolu bağlantıları güçlendirilmelidir. Bu iyileştirmeler, limanların altyapı kaynaklarını daha etkin kullanarak elleçleme kapasitelerini arttırmalarına ve operasyonel etkinliklerini geliştirmelerine olanak sağlayacaktır.

Birinci aşamada oluşturulan elleçleme kapasitesi, ikinci aşamada ortalama %58 etkinlikle elleçleme faaliyetine dönüştürülmektedir. Bu skor, limanların mevcut potansiyellerini yük elleçleme hizmetinde yeterince etkin kullanmadığını ve elleçlenen yük miktarındaki iyileştirme potansiyelini ortaya koymaktadır.

İkinci aşamada *-kapasite kullanım etkinliği bakımından-* en başarısız liman işletmesinin ise %18'lik etkinlik skoru ile Assan limanı olduğu görülmektedir. Söz konusu limanın genel hizmet sürecinde etkin olabilmesi için birinci aşamadaki (%82) etkinliğini ikinci aşamada da gösterebilmesi ve mevcut elleçleme kapasitesi ile daha fazla konteyner elleçleyebilmesi gerekmektedir.

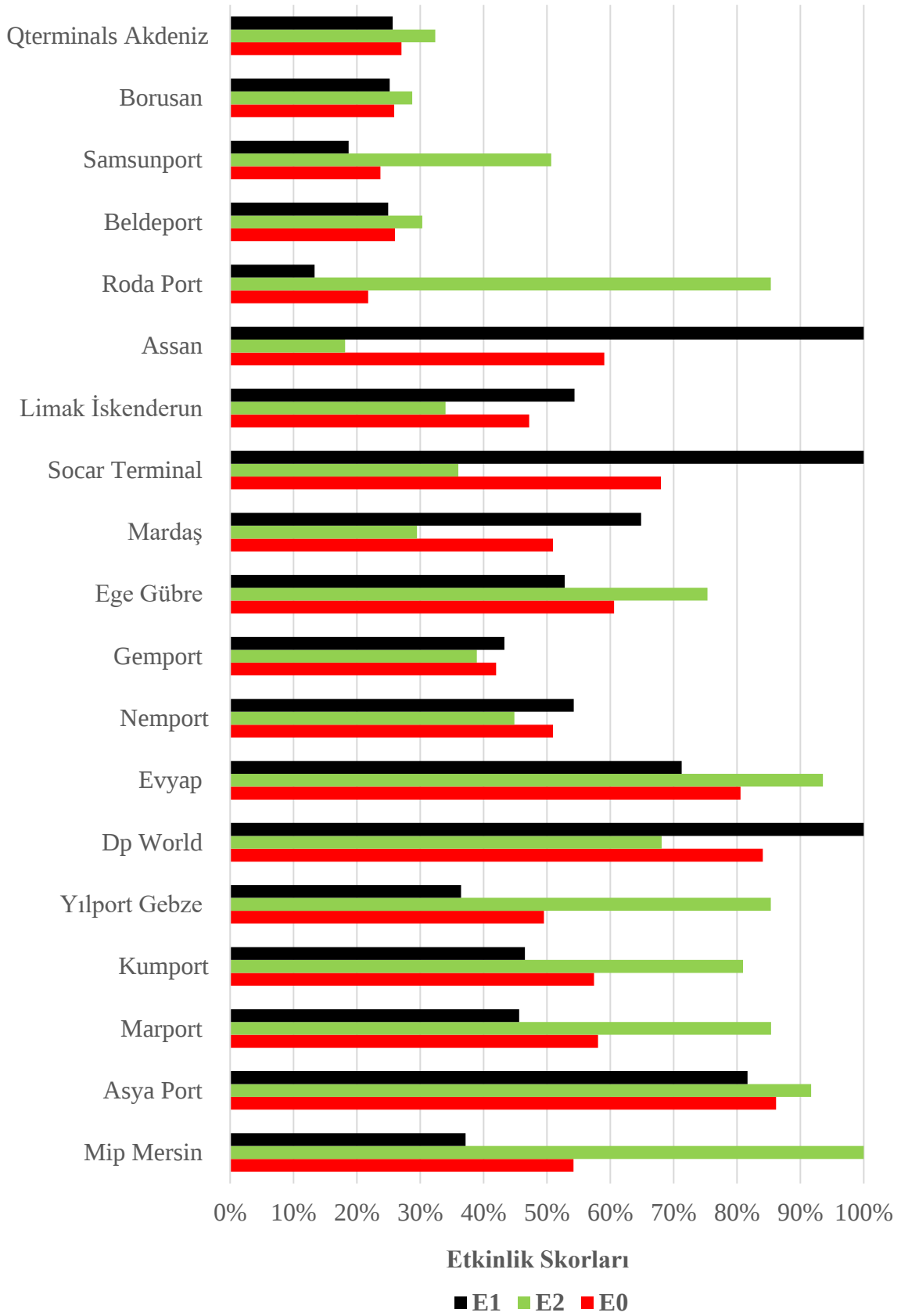
Limanların genel altyapı etkinlikleri incelendiğinde ise oluşan skorlar iki alt sürecin ağırlıklı ortalamasını yansıtmakta; Mersin (%100), Asyaport (%96), Marport (%93) ve Kumport (%86) genel altyapı etkinliği bakımında sektör liderleri olarak öne çıkmaktadır. Buna karşılık Rodaport (%19), Samsunport (%23), Borusan (%24) ve QTerminals Akdeniz'in

(%27) genel altyapı etkinliği bakımından performans iyileştirmelerine odaklanmaları gerektiği görülmektedir. Ayrıca genel altyapı etkinliği skorlarının ortalama %58 düzeyinde olması, limanların genel anlamda altyapı performansı bakımından etkin olmadığını göstermektedir.

4.6.2. İki Aşamalı Üstyapı Etkinliği Değerlendirmesi

Şekil 19'daki sütunlar, limanların üstyapı etkinliklerini birinci aşama (E_1), ikinci aşama (E_2) ve genel etkinlik (E_0) olarak göstermektedir.

- **E_1 (Üstyapıdan Kapasiteye: Üstyapı Kaynak Etkinliği):** E_1 sütunları, limanların sahip oldukları üstyapı kaynakları (vinç ve istifleyici) ile ne kadar elleçleme kapasitesi oluşturabildiklerini göstermektedir. Yani, üstyapının kapasiteye dönüşüm etkinliğini yansıtmaktadır (1. Aşama).
- **E_2 (Kapasiteden Elleçlemeye: Üstyapı Kapasite Etkinliği):** E_2 sütunları ise, üstyapı kaynakları ile yaratılan elleçleme kapasitesinin fiili elleçleme miktarına ne derece etkin dönüştürülebildiğini göstermektedir. Bir başka deyişle, kapasitenin ne kadar etkin kullanılmakta olduğunu ifade etmektedir (2. Aşama).
- **E_0 (Genel Üstyapı Etkinliği):** E_0 sütunları ise, üstyapı kaynaklarının genel etkinlik skorlarını, yani her iki aşamanın ağırlıklı birleşimini göstermektedir.



Şekil 19. Limanların İki Aşamalı Üstyapı Etkinlik Grafiği

Vinç ve istifleyici gibi üstyapı kaynaklarının kapasite oluşturma etkinliğine odaklanan birinci aşamada DP World, Socar Terminal ve Assan %100 skorla öne çıkarken, Marport (%46), Gempport (%43), Mersin (%37), Yılport Gebze (%36), QTerminals (%26), Borusan (%25), Beldeport (%25), Samsunport (%19) ve Rodaport (%13) gibi limanlar birinci aşama etkinlik ortalamasının (%52) altında kalarak kapasite iyileştirmesine ihtiyaç duymaktadırlar.

Birinci aşamada düşük etkinlik gösteren limanların birinci aşama etkinliklerini arttırabilmeleri için vinç ve istifleyiciler gibi kritik ekipmanların optimizasyonu önem arz etmektedir. Kapasite artırımı için mevcut vinç ve istifleyicilerin daha yüksek kaldırma kapasiteli ve daha hızlı yeni nesil modelleriyle değiştirilmesi değerlendirilmelidir. Vinçlerin erişim mesafelerinin arttırılması, daha geniş bir çalışma alanını mümkün kılarak limanların elleçleme kapasitesini yükseltme potansiyeline sahiptir. Otomasyon ve robotik sistemlerin entegrasyonu, insan kaynaklı hataları minimize ederken operasyon hızı ve verimliliğini arttırmakta ve kesintisiz çalışma imkânı sunmaktadır. Düzenli ve önleyici bakım programları uygulamak, vinç ve istifleyicilerin çalışma sürelerini maksimize ederek olası kapasite kayıplarını önlemek için gereklidir. Uzaktan kumanda sistemleri ise hem operatör güvenliğini arttırmakta hem de elleçleme hızına olumlu katkı sağlamaktadır. Netice itibariyle, vinç ve istifleyici odaklı bu iyileştirmeler, limanların üstyapı kaynaklarını daha etkin kullanarak elleçleme kapasitelerini önemli ölçüde arttırmaları için değerlendirilebilir önlemler arasında yer almaktadır.

Vinç ve istifleyicilerden oluşan elleçleme ekipmanlarını %100 etkinlikle elleçleme kapasitesine dönüştürmeyi başaran DP World, Socar Terminal ve Assan Limanları sahip oldukları kapasiteyi, elleçlenen yük miktarına aynı performansla yansıtamamışlardır. DP World, Socar Terminal ve Assan Limanı ikinci aşamada sırasıyla elleçleme kapasitesini %68, %36 ve %18 etkinlikle kullanarak yük elleçleyebilmiştir. Birinci aşamada üstyapı kaynaklarını görece etkin bir şekilde elleçleme kapasitesine dönüştüren söz konusu limanların genel etkinsizliği, hizmet sürecinin ikinci aşamasında sergiledikleri düşük performanstan kaynaklanmaktadır. Bahsi geçen limanların genel etkinlik sağlayabilmesi için mevcut elleçleme kapasitesi ile daha fazla miktarda konteyner elleçleyebilmesi gerekmektedir.

Hizmet sürecinin ikinci aşaması, birinci aşamada oluşturulan üstyapı kapasitesinin yük elleçlemedeki kullanım etkinliği ile değerlendirilmektedir. Mersin (%100), Evyap (%94), Asyaport (%92), Yılport Gebze (%85) ve Rodaport (%85) gibi limanlar bu aşamada yüksek

performans gösterirken, Assan (%18), Mardaş (%30) ve Beldeport (%30) gibi limanlar mevcut kapasitelerini etkin kullanamamaktadır. İkinci aşamada yüksek performansla yük elleçleyen Mersin (%100), Yılport Gebze (%85) ve Rodaport Limanları (%85) üstyapı kaynaklarını kapasiteye dönüştürebilme bakımından *-birinci aşamada-* düşük performans (sırasıyla %37, %36, %13) sergilemiş ve birinci aşamadaki etkinsizlikleri nedeniyle genel üstyapı etkinliğinde de düşük (%54, %50, %22) skorlar elde etmiştir. Söz konusu limanları genel üstyapı etkinliğinde başarılı hale gelebilmesi için daha çok birinci alt süreçte kaynak optimizasyonuna ihtiyaç duyduğu anlaşılmaktadır.

Limanların genel üstyapı etkinliği, iki alt sürecin ağırlıklı toplamına dayalı skorlarla değerlendirilmektedir. Asyaport (%86), DP World (%84) ve Evyap (%81) genel üstyapı etkinliğinde sektör liderleri olarak öne çıkarken, QTerminals Akdeniz (%27), Beldeport (%26), Borusan (%26), Samsunport (%24) ve Rodaport (%22) gibi limanların hizmet sürecinde genel etkin olabilmeleri için her iki alt süreçte de performans iyileştirmesi yapmaları gerekmektedir.

%51'lik ortalama üstyapı genel etkinlik skoru ise limanların genel üstyapı performansının yetersiz olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, birinci alt süreçte üstyapı kaynakları ile elleçleme kapasitesi oluşturulmasında elde edilen ortalama %52'lik etkinlik skoru ve ikinci alt süreçte kapasitenin konteyner elleçleme faaliyetine dönüştürülmesinde elde edilen ortalama %58'lik etkinlik skoru, düşük ortalama genel etkinlik skoruyla (%51) tutarlıdır. Bu durum sektör genelinde üstyapı kaynakları bakımından her iki alt süreçte de performans iyileştirmesi gerektiğini ve özellikle birinci alt sürecin düşük etkinliğinin genel etkinliği önemli ölçüde sınırladığını göstermektedir.

4.6.3. Aşama Ağırlıklarının Genel Etkinlik Üzerindeki Etkisi ve Ağırlıktan Bağımsız Bir Yaklaşım

İki aşamalı toplamsal VZA yöntemi, karmaşık süreçlerin etkinliğini değerlendirmede güçlü bir araçtır. Ancak bu yöntemde aşama ağırlıkları subjektif bir şekilde belirlenebilmektedir. Bu başlık altında, farklı aşama ağırlıklarının genel etkinlik üzerindeki etkisi incelenmekte ve ardından Guo vd., (2017) tarafından önerilen ağırlıktan bağımsız, aşama etkinliklerinin aritmetik ortalamasına dayalı yeni bir genel etkinlik analizi sunulmaktadır. Aşama ağırlıklarından bağımsız bu yaklaşım, Guo vd. (2017)'ne göre ağırlık seçiminden kaynaklanan olası keyfiliği ortadan kaldırarak daha tutarlı ve objektif bir etkinlik

değerlendirmesi yapılabilmesini; böylece süreç performanslarının daha doğru bir şekilde anlaşılmasını ve iyileştirme alanlarının belirlenmesini amaçlamaktadır.

Tablo 10’da liman işletmelerinin iki aşamalı altyapı kaynak etkinliği analizinde birinci aşama ağırlığı a_1 ile gösterilmektedir. a_1 değeri 0,1’den başlayıp 0,9’a kadar artan değerler alırken ikinci aşama ağırlığı (a_2) 0,9’dan başlayıp 0,1’e kadar azalan değerler almaktadır. Böylece, her bir aşama ağırlığının altyapı genel etkinlik skoruna etkisi Tablo 10’da incelenmektedir.

E_1 : Birinci Aşama Etkinlik Skoru

E_2 : İkinci Aşama Etkinlik Skoru

E_k : Genel Etkinlik Skoru

α_1 : Birinci Aşama Ağırlığı

α_2 : İkinci Aşama Ağırlığı

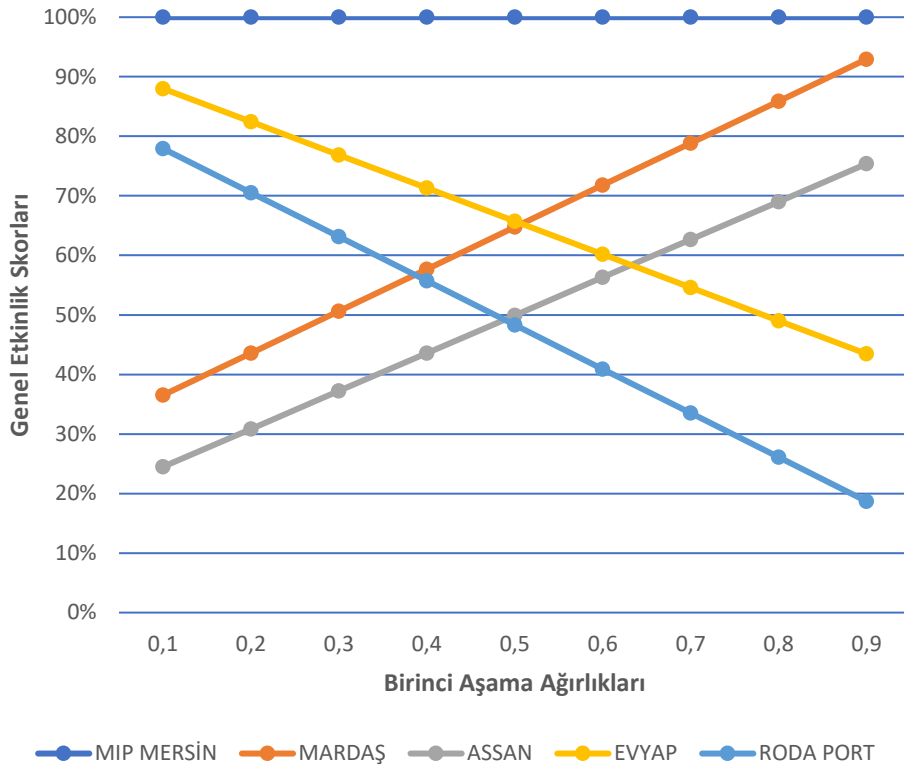
Genel etkinlik skoru aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$E_k = E_1 \times \alpha_1 + E_2 \times \alpha_2 \quad (4.1)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1$$

Tablo 10. İki Aşamalı Altyapı Genel Etkinliğinin Aşama Ağırlıklarına Duyarlılığı

SN	Limanlar	E_1	E_2	E_0	$E_{a_1(0,1)}$	$E_{a_1(0,2)}$	$E_{a_1(0,3)}$	$E_{a_1(0,4)}$	$E_{a_1(0,5)}$	$E_{a_1(0,6)}$	$E_{a_1(0,7)}$	$E_{a_1(0,8)}$	$E_{a_1(0,9)}$
1	Mip Mersin	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	Asya Port	1,000	0,917	0,958	0,925	0,933	0,942	0,950	0,958	0,967	0,975	0,983	0,992
3	Marport	0,998	0,854	0,926	0,868	0,883	0,897	0,911	0,926	0,940	0,954	0,969	0,983
4	Kumport	0,911	0,810	0,863	0,820	0,830	0,840	0,850	0,860	0,871	0,881	0,891	0,901
5	Yılıp. Gebze	0,383	0,853	0,513	0,806	0,759	0,712	0,665	0,618	0,571	0,524	0,477	0,430
6	Dp World	0,726	0,681	0,707	0,686	0,690	0,694	0,699	0,703	0,708	0,712	0,717	0,721
7	Evyap	0,379	0,936	0,532	0,880	0,824	0,769	0,713	0,657	0,602	0,546	0,490	0,435
8	Nemport	0,731	0,449	0,612	0,477	0,505	0,533	0,562	0,590	0,618	0,646	0,674	0,703
9	Gemport	0,544	0,389	0,489	0,405	0,420	0,436	0,451	0,467	0,482	0,498	0,513	0,528
10	Ege Gübre	0,711	0,753	0,729	0,749	0,745	0,741	0,736	0,732	0,728	0,724	0,720	0,715
11	Mardaş	1,000	0,295	0,647	0,365	0,436	0,506	0,577	0,647	0,718	0,788	0,859	0,929
12	Socar Ter.	0,984	0,360	0,675	0,422	0,485	0,547	0,610	0,672	0,734	0,797	0,859	0,921
13	Limak İsk.	0,471	0,340	0,429	0,353	0,366	0,379	0,393	0,406	0,419	0,432	0,445	0,458
14	Assan	0,817	0,181	0,531	0,245	0,309	0,372	0,436	0,499	0,563	0,627	0,690	0,754
15	Rodaport	0,113	0,853	0,188	0,779	0,705	0,631	0,557	0,483	0,409	0,335	0,261	0,187
16	Beldeport	0,681	0,303	0,528	0,341	0,379	0,417	0,454	0,492	0,530	0,568	0,606	0,644
17	Samsunport	0,183	0,507	0,233	0,474	0,442	0,410	0,377	0,345	0,313	0,280	0,248	0,216
18	Borusan	0,235	0,287	0,245	0,282	0,277	0,272	0,266	0,261	0,256	0,251	0,245	0,240
19	Qterm. Akd.	0,262	0,324	0,274	0,318	0,311	0,305	0,299	0,293	0,286	0,280	0,274	0,268
A. Ortalama		0,638	0,584	0,583	0,589	0,595	0,600	0,606	0,611	0,617	0,622	0,627	0,633



Şekil 20. İki Aşamalı Altyapı Genel Etkinliğinin Aşama Ağırlıkları ile İlişkisi

Tablo 10’da aşama ağırlıklarındaki değişimin, limanların altyapı genel etkinlik skorlarına nasıl etki ettiği incelenmektedir. Şekil 20’de ise Mersin, Mardaş, Assan, Evyap ve Rodaport limanlarına ait genel etkinliğin, aşama ağırlıklarındaki değişime ne derece duyarlı olduğu ve ne yönde tepki verdiği görülmektedir.

Assan Limanı örneğinde, aşama etkinlikleri sabit kalmasına rağmen (%81 ve %18) sadece aşama ağırlıklarının (a_1 ve a_2) değiştirilmesiyle genel etkinlik skoru önemli ölçüde değişmektedir. Örneğin a_1 değeri 0,1 iken %24 olan genel etkinlik skoru, a_1 değeri 0,9’a kadar arttırıldığında %75’e çıkmaktadır. Şekil 20 incelendiğinde Mardaş limanı için de benzer bir durum söz konusudur. Mardaş limanı $a_1=0,1$ iken %36’lık bir genel etkinlik skoru elde etmektedir; ancak $a_1=0,9$ olduğunda söz konusu limanın genel etkinlik skoru %93’e kadar yükselmektedir. Ayrıca Tablo 10 incelendiğinde Socar Terminal, Beldeport, Nemport, Gemport, Limak İskenderun, Marport, Kumport, Asya Port ve DP World limanlarında da a_1 değeri arttıkça genel etkinlik skoru artış göstermektedir. Genel etkinlik skorları ile birinci aşama ağırlıkları arasında doğru yönlü bir ilişkinin olması, söz konusu limanların altyapı genel etkinliği bakımından birinci aşamada daha etkin olduğunu, ikinci aşamada ise daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır.

Şekil 20 incelendiğinde bazı limanlar için ise a_1 değeri arttıkça genel etkinlik skorunun azaldığı fark edilmektedir. Örneğin $a_1=0,1$ iken genel etkinlik skoru %88 olan Evyap limanının $a_1=0,9$ olduğunda genel etkinliği %43'e kadar gerilemektedir. Rodaport limanının $a_1=0,1$ iken %78 olan genel etkinlik skoru ise $a_1=0,9$ olduğunda %19'a kadar düşmekte ve aşama etkinlikleri değişmemesine rağmen, aşama ağırlığındaki değişim sonucunda Rodaport limanı da genel etkinliğini önemli ölçüde kaybetmektedir. Ayrıca Ege Gübre, Borusan, Qterminals Akdeniz, Yılport Gebze ve Samsunport limanları incelendiğinde de a_1 değeri arttıkça altyapı genel etkinlik skorlarının azaldığı görülmektedir. Bahsi geçen limanların altyapı genel etkinlik skorları ile birinci aşama ağırlıkları arasında ters yönlü bir ilişki olması, limanların altyapı genel etkinliği bakımından ikinci aşamada daha etkin olduğunu ve bu nedenle birinci aşamada daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Şekilde 20'de yer alan limanlardan Mersin limanının her bir a_1 değeri için genel etkinlik skoru sabit kalmaktadır. Bunun nedeni ise Mersin limanının aşama ağırlıklarından bağımsız olarak her iki alt süreçte de etkin olmasıdır.

Şekil 20 incelendiğinde, a_1 (birinci aşama ağırlığı) 0,1'den 0,9'a kadar arttıkça Mardaş ve Assan gibi bazı limanların genel etkinlik skorlarının monoton olarak arttığı; Evyap ve Rodaport gibi bazı limanlara ait genel etkinlik skorlarının ise monoton olarak azaldığı anlaşılmaktadır. Aşama ağırlıklarından etkilenmeyen tek liman ise altyapı etkinliği bakımından her iki alt süreçte de etkin olan Mersin limanıdır.

Şekil 20'deki veriler *-aşama etkinlikleri sabit kalmasına rağmen-* genel etkinlik skorlarının aşama ağırlıklarındaki değişime duyarlı olabildiğini göstermektedir. Aşama ağırlıklarının subjektif kriterlere göre belirlenebilmesi, Guo vd., (2017)'ne göre iki aşamalı toplamsal genel etkinlik değerlendirmesinin objektifliğini tartışmalı hale getirebilmektedir. Bu nedenle Guo vd., (2017), iki aşamalı toplamsal modeldeki ağırlık parametresini (a_1 ve a_2) göz ardı ederek, sadece aşama etkinliklerini kullanan bir genel etkinlik yaklaşımı önermektedir. Söz konusu yaklaşım, iki alt sürece ait etkinlik skorlarının aritmetik ortalamasını kullanarak -*diğer bir ifadeyle her iki aşama ağırlığını da eşit (0,5) varsayarak-* genel etkinlik skorlarını belirlemektedir.

$$E_k = \frac{E_1 + E_2}{2} \quad (4.2)$$

Liman işletmelerinin altyapı kaynakları bakımından, Guo vd., (2017)'ne ait aşama ağırlıklarından bağımsız (Model 4.2) etkinlik skorları ile Chen vd., (2009)'ne ait aşama ağırlıklı (Model 3.22) etkinlik skorları karşılaştırmalı olarak Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. Aşama Ağırlıklı ve Ağırlıktan Bağımsız Altyapı Genel Etkinlik Analizi Sonuçları

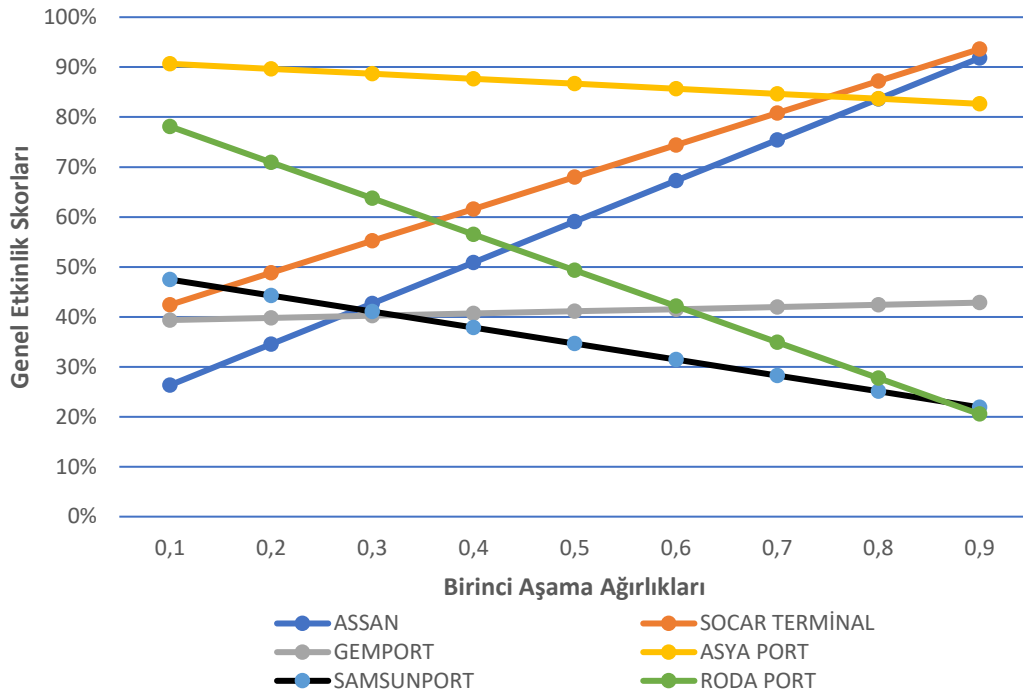
Sıra No	Limanlar	Altyapı Kaynakları			
		E_1	E_2	Model (3.22) E_0	Model (4.2) E_k
1	Mip Mersin	1,000	1,000	1,000	1,000
2	Asya Port	1,000	0,917	0,958	0,958
3	Marport	0,998	0,854	0,926	0,926
4	Kumport	0,911	0,810	0,863	0,860
5	Yılport Gebze	0,383	0,853	0,513	0,618
6	Dp World	0,726	0,681	0,707	0,703
7	Evyap	0,379	0,936	0,532	0,657
8	Nemport	0,731	0,449	0,612	0,590
9	Gemport	0,544	0,389	0,489	0,467
10	Ege Gübre	0,711	0,753	0,729	0,732
11	Mardaş	1,000	0,295	0,647	0,647
12	Socar Terminal	0,984	0,360	0,675	0,672
13	Limak İskenderun	0,471	0,340	0,429	0,406
14	Assan	0,817	0,181	0,531	0,499
15	Roda Port	0,113	0,853	0,188	0,483
16	Beldeport	0,681	0,303	0,528	0,492
17	Samsunport	0,183	0,507	0,233	0,345
18	Borusan	0,235	0,287	0,245	0,261
19	Qterm. Akd.	0,262	0,324	0,274	0,293
A. Ortalama		0,638	0,584	0,583	0,611

Tablo 11'e göre, Chen vd., (2009) modeli kullanılarak (Model 3.22), aşama etkinliklerinin ağırlıklandırılmasıyla hesaplanan altyapı genel etkinlik skorlarının (E_0) ortalaması %58 olarak bulunmuştur. Buna karşılık, aşama ağırlıklarının dikkate alınmadığı, Guo vd., (2017)'nin önerdiği Model 4.2 ile hesaplanan altyapı genel etkinlik skorlarının (E_k) ortalaması ise %61'dir. Bu durum, ağırlıklı modelle karşılaştırıldığında %3'lük bir artışa işaret etmektedir. Söz konusu %3'lük fark ise Model 3.22'de elde edilen ağırlıkların homojen dağılımı ile ilişkilidir.

Tablo 12’de üstyapı kaynakları bakımından genel etkinlik skorlarının, farklı alt aşama ağırlıklarına duyarlılığı incelenmektedir.

Tablo 12. İki Aşamalı Üstyapı Genel Etkinliğinin Aşama Ağırlıklarına Duyarlılığı

SN.	Limnlar	E_1	E_2	E_0	$E_{a_1(0,1)}$	$E_{a_1(0,2)}$	$E_{a_1(0,3)}$	$E_{a_1(0,4)}$	$E_{a_1(0,5)}$	$E_{a_1(0,6)}$	$E_{a_1(0,7)}$	$E_{a_1(0,8)}$	$E_{a_1(0,9)}$
1	Mıp Mersin	0,371	1,000	0,542	0,937	0,874	0,811	0,749	0,686	0,623	0,560	0,497	0,434
2	Asya Port	0,817	0,917	0,862	0,907	0,897	0,887	0,877	0,867	0,857	0,847	0,837	0,827
3	Marport	0,456	0,854	0,581	0,814	0,774	0,735	0,695	0,655	0,615	0,576	0,536	0,496
4	Kumport	0,465	0,810	0,574	0,775	0,741	0,706	0,672	0,637	0,603	0,568	0,534	0,500
5	Yılport Gebze	0,365	0,853	0,495	0,804	0,756	0,707	0,658	0,609	0,560	0,511	0,462	0,413
6	Dp World	1,000	0,681	0,841	0,713	0,745	0,777	0,809	0,841	0,872	0,904	0,936	0,968
7	Evyap	0,713	0,936	0,805	0,913	0,891	0,869	0,846	0,824	0,802	0,779	0,757	0,735
8	Nemport	0,542	0,449	0,509	0,458	0,468	0,477	0,486	0,496	0,505	0,514	0,524	0,533
9	Gemport	0,433	0,389	0,420	0,394	0,398	0,402	0,407	0,411	0,415	0,420	0,424	0,428
10	Ege Gübre	0,528	0,753	0,606	0,731	0,708	0,686	0,663	0,641	0,618	0,596	0,573	0,551
11	Mardaş	0,649	0,295	0,509	0,330	0,365	0,401	0,436	0,472	0,507	0,542	0,578	0,613
12	Socar Term.	1,000	0,360	0,680	0,424	0,488	0,552	0,616	0,680	0,744	0,808	0,872	0,936
13	Limak İsk.	0,543	0,340	0,472	0,360	0,381	0,401	0,421	0,442	0,462	0,482	0,503	0,523
14	Assan	1,000	0,181	0,591	0,263	0,345	0,427	0,509	0,591	0,673	0,754	0,836	0,918
15	Roda Port	0,133	0,853	0,218	0,781	0,709	0,637	0,565	0,493	0,421	0,349	0,277	0,205
16	Beldeport	0,250	0,303	0,260	0,298	0,292	0,287	0,282	0,276	0,271	0,266	0,260	0,255
17	Samsunport	0,187	0,507	0,237	0,475	0,443	0,411	0,379	0,347	0,315	0,283	0,251	0,219
18	Borusan	0,252	0,287	0,259	0,284	0,280	0,277	0,273	0,270	0,266	0,263	0,259	0,255
19	Qterm. Akd.	0,257	0,324	0,270	0,317	0,310	0,304	0,297	0,290	0,284	0,277	0,270	0,263
A. Ortalama		0,524	0,584	0,512	0,578	0,572	0,566	0,560	0,554	0,548	0,542	0,536	0,530



Şekil 21. İki Aşamalı Üstyapı Genel Etkinliğinin Aşama Ağırlıkları ile İlişkisi

Tablo 12’de aşama ağırlıklarındaki değişimin, limanların üstyapı genel etkinlik skorlarına nasıl etki ettiği incelenmektedir. Şekil 21’de ise Assan, Gempport, Socar Terminal, Samsunport, Rodaport ve Asyaport limanlarına ait üstyapı genel etkinliğinin, aşama ağırlıklarındaki değişime ne derece duyarlı olduğu ve hangi yönde tepki verdiği grafiklerle gösterilmektedir.

Şekil 21’de incelenen limanlardan Gempport, Assan ve Socar limanlarına ait birinci aşama ağırlıkları arttıkça üstyapı genel etkinlik skorları da artmaktadır. Örneğin Gempport limanı için $a_1=0,1$ iken %39’luk bir üstyapı genel etkinlik skoru elde etmektedir; fakat $a_1=0,9$ (yani $a_2=0,1$) değerini aldığı anda üstyapı genel etkinlik skoru (E_k) %43 düzeyine çıkmaktadır. Assan Limanı örneğinde, $a_1=0,1$ iken üstyapı genel etkinlik skoru %26’dır; fakat $a_1=0,9$ ($a_2=0,1$) değerini aldığı anda üstyapı genel etkinlik skoru (E_k) %92 düzeyine çıkmaktadır. Socar Terminal Limanı için de benzer durum söz konusudur. Socar Terminal Limanı için $a_1=0,1$ iken üstyapı genel etkinlik skoru (E_k) %42’lik bir değer almakta; fakat $a_1=0,9$ ($a_2=0,1$) olduğunda üstyapı genel etkinlik skoru %94 düzeyine çıkmaktadır. Mardaş, Limak İskenderun, DP World, Nempport limanlarında da a_1 değeri arttıkça üstyapı genel etkinlik skoru artış göstermektedir. Üstyapı genel etkinlik skorları ile birinci aşama ağırlıkları arasında doğru yönlü bir ilişkinin olması, söz konusu limanların üstyapı genel etkinliği

bakımından birinci aşamada daha etkin olduğunu, ikinci aşamada daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Liman işletmelerinin bir kısmında ise birinci aşama ağırlıkları (a_1) arttıkça üstyapı genel etkinlik skorları azalmaktadır. Örneğin Samsunport Limanı için $a_1 = 0,1$ 'den $0,9$ 'a kadar arttığında, üstyapı genel etkinlik skoru %48'den %22'ye kadar azalmaktadır. Benzer biçimde Rodaport Limanı birinci aşama ağırlığı $0,1$ 'den $0,9$ 'a kadar arttıkça, üstyapı genel etkinlik skoru %78'den %20'ye kadar azalma göstermektedir. Bahsi geçen limanlar için a_1 değerinin artmasına bağlı olarak üstyapı genel etkinlik skorlarının azalma göstermesinin sebebi, ikinci aşama etkinliklerinin (E_2 'nin) birinci aşama etkinliklerinden (E_1 'den), daha yüksek olmasıdır. Öyle ki Samsunport ve Rodaport Limanlarının alt aşama etkinlik skorları sırasıyla Samsunport Limanı: $E_1 = \%19$ ve $E_2 = 51$; Rodaport Limanı: $E_1 = \%13$ ve $E_2 = \%85$ düzeyindedir. Benzer biçimde Asya Port, Borusan, Beldeport, Qterminals Akdeniz, Evyap, Ege Gübre, Kumport, Marport, Yılport Gebze, MIP Mersin limanlarının da üstyapı genel etkinlikleri bakımından ikinci alt süreçleri, birinci alt süreçlerinden daha etkindir. Tablo 12'de de görüldüğü üzere, bahsi geçen limanların üstyapı genel etkinliği bakımından birinci alt süreçlerinde daha fazla iyileştirmeye ihtiyaçlarının olduğu anlaşılmaktadır.

Yukarıda yapılan incelemelerde görüldüğü üzere alt aşama etkinlik skorları sabit kalmasına rağmen, a_1 ve bununla ilişkili a_2 aşama ağırlıkları değiştikçe, genel etkinlik skorları önemli düzeyde artabilmekte ya da azalabilmektedir. Bu durum, *-daha önce de belirtildiği üzere-* alt aşama etkinlikleri sabit kalsa bilse aşama ağırlıklarındaki değişime bağlı olarak genel etkinlik skorlarında önemli bir farklılık meydana gelebileceğini göstermektedir.

Liman işletmelerinin üstyapı kaynakları bakımından, Guo vd., (2017)'ne ait aşama ağırlıklarından bağımsız etkinlik skorları (Model 4.2) ile Chen vd., (2009)'ne ait aşama ağırlıklı etkinlik skorları (Model 3.22) karşılaştırmalı olarak Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 13. Aşama Ağırlıklı ve Ağırlıktan Bağımsız Üstyapı Genel Etkinlik Analizi Sonuçları

SN.	Limanlar	Üstyapı Kaynakları			
		E_1	E_2	Model (3.22) E_0	Model (4.2) E_k
1	Mip Mersin	0,371	1,000	0,542	0,686
2	Asya Port	0,817	0,917	0,862	0,867
3	Marport	0,456	0,854	0,581	0,655
4	Kumport	0,465	0,810	0,574	0,637
5	Yılport Gebze	0,365	0,853	0,495	0,609
6	Dp World	1,000	0,681	0,841	0,841
7	Evyap	0,713	0,936	0,805	0,824
8	Nemport	0,542	0,449	0,509	0,496
9	Gemport	0,433	0,389	0,420	0,411
10	Ege Gübre	0,528	0,753	0,606	0,641
11	Mardaş	0,649	0,295	0,509	0,472
12	Socar Terminal	1,000	0,360	0,680	0,680
13	Limak İskenderun	0,543	0,340	0,472	0,442
14	Assan	1,000	0,181	0,591	0,591
15	Roda Port	0,133	0,853	0,218	0,493
16	Beldeport	0,250	0,303	0,260	0,276
17	Samsunport	0,187	0,507	0,237	0,347
18	Borusan	0,252	0,287	0,259	0,270
19	Qterm. Akd.	0,257	0,324	0,270	0,290
A. Ortalama		0,524	0,584	0,512	0,554

Tablo 13'e göre, Chen vd., (2009)'nin önerdiği (Model 3.22) kullanılarak aşama etkinliklerinin ağırlıklandırılmasıyla hesaplanan üstyapı genel etkinlik skorlarının (E_0) ortalaması %51 olarak bulunmuştur. Buna karşılık, aşama ağırlıklarının dikkate alınmadığı, Guo vd, (2017) 'nin önerdiği (Model 4.2) ile hesaplanan üstyapı genel etkinlik skorlarının (E_k) ortalaması ise %55'tir. Bu sonuç, ağırlıklı modelle karşılaştırıldığında %4'lük bir artışa işaret etmektedir. Söz konusu %4'lük fark ise Model 3.22'de elde edilen ağırlıkların homojen dağılımı ile ilişkilidir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ

İşletmeler, büyüme ve süreklilik amacıyla faaliyet sürdüren ekonomik birimlerdir. İktisadi büyüme ve süreklilik ise işletmelerin kaynaklarını etkin ve verimli kullanımı ile mümkündür. Zira kıt kaynakların etkin kullanımı, hedefleri olan rekabet edebilir bir işletme için hayati önem taşımaktadır. “Ölçemezsen iyileştiremezsin” gerçeğinden hareketle işletmelerin kaynak etkinliğine yönelik iyileştirme potansiyellerinin belirlenebilmesi için öncelikle etkinlik ölçümüne ihtiyaç duyulmaktadır.

Liman işletmelerinin önemi açısından bakıldığında, denizyolu taşımacılığının ticari mal taşımacılığında vazgeçilmez bir rol oynadığı bilinmektedir. Öyle ki gerek ülkemizde gerekse dünyada ticari mal taşımacılığının %90’ı denizyolu ile yapılmaktadır. Ülkemiz, üç tarafının denizlerle çevrili olması, Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlaması sebebiyle önemli bir jeopolitik özelliğe sahiptir.

Bu çalışmada Türkiye’de faaliyet sürdüren, konteyner terminaline sahip 19 liman işletmesinin altyapı ve üstyapı kaynaklarını ne derece etkin kullanabildiği ve bahsi geçen jeopolitik avantajdan ne ölçüde yararlanabildiği ele alınmış ve iyileştirme potansiyelleri değerlendirilmiştir.

Liman işletmelerinin kurumsal kaynak etkinliği ölçümü ve değerlendirmesinde ise işletmelerin içyapısını (alt süreçlerini) dikkate alan ve alanyazında giderek popüler hale gelen iki aşamalı VZA yöntemi kullanılmıştır. Geleneksel (tek aşamalı) VZA yöntemi, işletmelerin içyapılarını, birbiri ile ilişkili alt süreçlerini değerlendirmeyen “kara kutu” yaklaşımı ile etkinlik analizi yapmaktadır. Ancak birden fazla ilişkisel alt süreçle hizmet yürüten liman işletmelerinin kaynak kullanım etkinliğinin ölçülebilmesinde geleneksel VZA yönteminin yeterince uygun bir araç olmadığı düşünülmektedir. Liman işletmelerinin karmaşık yapısına daha uygun olması ve alt süreçlerdeki kaynak etkinliğini ele alabilmesi nedeniyle tercih edilmiş olan iki aşamalı VZA yönteminde birinci alt süreçte kullanılan

girdiler ara ürüne dönüştürülmekte ve ikinci alt sürece girdi olarak yönlendirilmektedir, bu aşamanın sonunda ise tüm sürecin nihai çıktıları elde edilmektedir. Hizmet sürecini alt aşamalar halinde analiz eden bu yöntem sayesinde genel etkinsizlikten hangi alt sürecin daha fazla sorumlu olduğu tespit edilebilmiştir.

Bahsi geçen iki aşamalı VZA yöntemine ait modeller arasında geometrik ortalamalı (çarpımsal) model ve aritmetik ortalamalı (toplamsal) model olmak üzere iki farklı metot öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, iki aşamalı VZA yönteminin Chen vd., (2009)'ne ait aritmetik ortalamalı (toplamsal) modeli tercih edilmiştir. Her aşamaya ağırlık atayabilen aritmetik ortalamalı model sayesinde hem aşama etkinlik skorları hem de aşama ağırlıkları değerlendirmeye dâhil edilmiştir.

Etkinlik analizi, Türkiye'deki 19 liman işletmesinin altyapı ve üstyapı kaynaklarının elleçleme kapasitesine dönüştürülmesi (birinci aşama) ve bu kapasitenin yük elleçlemede kullanımı (ikinci aşama) olmak üzere iki alt sürece odaklanmıştır. Çalışmada kullanılan iki aşamalı aritmetik ortalamalı (toplamsal) VZA yönteminin yanı sıra, Guo vd., (2017) tarafından önerilen ağırlıktan bağımsız bir genel etkinlik yaklaşımı da kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Altyapı etkinlik analizinde, rıhtım sayısı (x_1), rıhtım uzunluğu (x_2), rıhtım derinliği (x_3) ve toplam liman sahası (x_4) gibi kaynakların elleçleme kapasitesine (z) dönüştürülme etkinliği (birinci aşama) ve bu kapasitenin yük elleçlemede (y) ne derece etkin kullanıldığı (ikinci aşama) incelenmektedir.

Birinci aşamada Mersin, Asyaport, Marport ve Mardaş limanları %100'lük skor elde ederek maksimum etkinlikle kapasite oluşturmuştur. %64'lük birinci aşama etkinlik ortalaması ise sektör genelinde altyapı kaynaklarının elleçleme kapasitesine dönüştürülmesinde önemli bir iyileştirme potansiyeli olduğunu göstermektedir.

Rodaport (%11), Samsunport (%18), Borusan (%24) ve QTerminals (%26), birinci aşama etkinliğinde sektör ortalamasının altında kalarak, rıhtım sayısı, uzunluğu, derinliği ve terminal alanı gibi altyapı kaynaklarını konteyner elleçleme kapasitesine etkin şekilde dönüştüremediklerini göstermektedir. Bahsi geçen limanların elleçleme kapasitesini artırmak için altyapı kaynaklarını iyileştirmesi şarttır. Bu iyileştirmeler arasında, modern gemileri karşılayabilecek rıhtım kapasitesinin (uzunluk ve derinlik) artırılması, bekleme sürelerinin azaltılması, depolama alanlarının optimizasyonu, liman içi ulaşım ağının ve akıllı

trafik yönetiminin iyileştirilmesi ve son olarak intermodal taşımacılığı (demiryolu/karayolu) destekleyerek hinterland bağlantısının güçlendirilmesi yer almaktadır.

Assan (%82), Socar Terminal (%98) ve Mardaş (%100), birinci aşamada yüksek göreceli etkinlik skorlarıyla altyapı kaynaklarını başarılı bir şekilde optimize etmiş ve yüksek elleçleme kapasitesi oluşturmuştur. Ancak, ikinci aşamadaki düşük etkinlik skorları (%18, %36 ve %29), bu performansın sürdürülemediğini göstermektedir. Sonuç olarak, genel etkinlik skorları (%53, %67 ve %65) de düşük kalmıştır. Bu limanların genel etkinliği artırması için, mevcut elleçleme kapasitelerini daha etkin kullanarak daha fazla konteyner elleçlemeleri ve ikinci aşama operasyonlarını optimize etmeleri gerekmektedir.

Üstyapı etkinlik analizinde ise vinç sayısı (x_5) ve istifleyici sayısı (x_6) gibi kaynakların elleçleme kapasitesine (z) dönüştürülme etkinliği (birinci aşama) ve bu kapasitenin yük elleçlemede (y) ne derece etkin kullanıldığı (ikinci aşama) incelenmektedir.

Üstyapı kaynaklarının (vinç ve istifleyici gibi ekipmanların) kapasite oluşturma etkinliği değerlendirildiğinde, DP World, Socar Terminal ve Assan %100 skorla öne çıkmaktadır. Marport (%46), Gempport (%43), Mersin (%37), Yılport Gebze (%36), QTerminals (%26), Borusan (%25), Beldeport (%25), Samsunport (%19) ve Rodaport (%13) ise %52 olan birinci aşama üstyapı etkinlik ortalamasının altında kalarak kapasite iyileştirme ihtiyacı göstermektedirler.

Üstyapı kaynaklarının etkinliğini artırmak, özellikle birinci aşamada düşük performans gösteren limanlar için kritik öneme sahiptir. Vinç ve istifleyici optimizasyonu bu bağlamda merkezi bir rol oynar. Daha yüksek kapasiteli ve hızlı yeni nesil ekipmanlara yatırım yapmak, vinç erişim mesafelerini artırmak, otomasyon ve robotik sistemleri entegre etmek, düzenli bakım programları uygulamak ve uzaktan kumanda sistemlerini kullanmak, limanların elleçleme kapasitesini arttırabilecek önlemler arasındadır. Bu iyileştirmeler, limanların mevcut üstyapı kaynaklarını daha etkin kullanmalarını ve kapasite kayıplarını önlemelerini sağlayacaktır.

DP World, Socar Terminal ve Assan Limanları, elleçleme ekipmanlarını ilk aşamada %100 etkinlikle kullanarak yüksek bir kapasite potansiyeli göstermiş olsalar da bu kapasiteyi elleçlenen yük miktarına tam olarak yansıtamamışlardır. İkinci aşamada ise etkinlikleri sırasıyla %68, %36 ve %18'e düşerek önemli bir performans kaybına neden olmuştur. Bu durum, üstyapı kaynaklarının etkin kullanımındaki başarının, hizmet sürecinin ikinci aşamasındaki aksaklıklar nedeniyle gölgelendiğini göstermektedir. Limanların genel üstyapı

etkinliğini arttırmaları için, mevcut elleçleme kapasitelerini daha yüksek miktarda konteyner elleçleyecek şekilde optimize etmeleri gerekmektedir.

İki aşamalı toplamsal VZA yöntemi ile yapılan değerlendirmelerde kullanılan aşama ağırlıklarının genel etkinlik skorlarına ne derece etki ettiği de önemli bir konudur. Bu çalışmada limanların alt aşama ağırlıklarına 0,1'den 0,9'a kadar artan değerler verilmiş ve her bir ağırlık değeri için limanların hem altyapı hem de üstyapı genel etkinlik skorunun nasıl değiştiği analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda aşama ağırlıklarının genel etkinlik skorları üzerinden önemli değişimlere yol açtığı görülmüştür. Örneğin Mardaş limanı birinci aşama ağırlığı 0,1 iken %36'lık bir altyapı genel etkinlik skoru elde etmiş; fakat birinci aşama ağırlığı 0,9 olarak belirlendiğinde söz konusu limanın genel etkinlik skoru %93'e yükselmiştir.

Aşama ağırlıklarının belirlenmesinde subjektif değerlendirmeler rol oynayabilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada Guo vd., (2017) tarafından önerilen ve iki aşamalı toplamsal VZA yöntemine kıyasla daha objektif olduğu ileri sürülen aşama ağırlıklarından bağımsız bir model de kullanılmıştır. Sonuç itibarıyla alt süreçlerin etkinlik skorlarının aritmetik ortalamasına dayalı olan, diğer bir ifadeyle her iki alt sürecin de ağırlığını eşit (0,5) kabul eden bu yaklaşımla limanların hem altyapı etkinliği hem de üstyapı etkinliği analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, Chen vd., (2009) modeli (Model 3.22) kullanılarak aşama etkinliklerinin ağırlıklı ortalamasıyla hesaplanan altyapı genel etkinlik skorlarının (E_0 'ın) ortalaması %58 olarak bulunurken, aşama ağırlıklarının göz ardı edildiği Model 4.2 ile hesaplanan altyapı genel etkinlik skorlarının (E_k 'nın) ortalaması %61 çıkmıştır. Bu, ağırlıklı olmayan modelin, ağırlıklı modele kıyasla %3 daha yüksek bir etkinlik skoru ürettiğini göstermektedir. Bu %3'lük fark, Model 3.22'de kullanılan ağırlıkların homojen dağılımından kaynaklanmaktadır.

Chen vd. (2009) modeli (Model 3.22) kullanılarak ve aşama etkinliklerini ağırlıklandırarak hesaplanan üstyapı genel etkinlik skorlarının (E_0 'ın) ortalaması ise %51 olarak karşımıza çıkmaktadır. Aşama ağırlıklarının dikkate alınmadığı Model 4.2 ile hesaplanan üstyapı genel etkinlik skorlarının (E_k 'nın) ortalaması ise %55'tir. Bu sonuç, ağırlıksız modelin, ağırlıklı modele göre %4 daha yüksek bir etkinlik skoru ürettiği anlamına gelmektedir. Bu %4'lük fark, Model 3.22'deki ağırlıkların homojen dağılımından kaynaklanmaktadır.

Unutulmamalıdır ki, bu çalışmada hesaplanan etkinlik skorları mutlak etkinliği değil, göreceli etkinliği yansıtmaktadır. Bu, analize dâhil edilen liman sayısının değişmesi (örneğin bir

limanın çıkarılması veya yeni bir limanın eklenmesi) veya kullanılan girdi-çıkıtı değişkenlerinin değiştirilmesi (bazı değişkenlerin çıkarılması veya yeni değişkenlerin eklenmesi) durumunda, elde edilen göreceli etkinlik skorlarının da değişebileceği anlamına gelmektedir. Analiz sonuçlarının ve dolayısıyla etkinlik skorlarının, karşılaştırma kümesine ve kullanılan değişkenlere bağlı olduğu dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada limanların göreceli etkinliğini analiz edebilmek için kullanılan değişkenler, eksik gözlem değeri içermeyen rıhtım sayısı, rıhtım uzunluğu, rıhtım derinliği, terminal sahası, vinç sayısı, istifleyici sayısı, elleçleme kapasitesi ve elleçleme miktarı değişkenleri olarak belirlenmiştir. Bahsi geçen değişkenler, liman literatüründe birçok çalışmada tercih edilmiştir; fakat araştırmalarda tercih edilen işgücü sayısı, hasılat ve kullanıcı memnuniyeti gibi değişkenlere ait tüm gözlem değerleri elde edilemediği için söz konusu değişkenler üzerinden bir etkinlik analizi yapılamamıştır.

Bu araştırmada, TÜRKLİM üyesi 19 liman işletmesinin altyapı ve üstyapı etkinliği, 2023 yılına ait kurumsal veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Gelecekteki araştırmalarla, bu limanların etkinliklerinin yıllara göre değişimini inceleyen dinamik ve karşılaştırmalı analizler yapılması mümkündür.

KAYNAKÇA

- Acer, A. (2016). *Liman konteyner terminal etkinliklerinin veri zarflama analizi ile belirlenmesi* (Tez No. 451566) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Afonso, A., & Santos, M. (2005). Students and teachers: A DEA approach to the relative efficiency of Portuguese public universities. *ISEG-UTL Economics Working Paper*, 07/2005/DE/CISEP. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.744464>
- Agüero-Tobar, M. A., González-Araya, M. C., & González-Ramírez, R. G. (2023). Assessment of maritime operations efficiency and its economic impact based on data envelopment analysis: A case study of Chilean ports. *Research in Transportation Business & Management*, 46, 100821. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100821>
- Ahn, T. S. (1987). *Efficiency and related issues in higher education: a data envelopment analysis approach*. (Tez No. 8806287) [Doktora tezi, The University of Texas at Austin].
- Al-Eraqi, A. S., Mustafa, A., Khader, A. T., & Barros, C. P. (2008). Efficiency of middle eastern and east African seaports: application of DEA using window analysis. *European Journal of Scientific Research*, 23(4), 597-612.
- Almawsheki, E. S., & Shah, M. Z. (2015). Technical efficiency analysis of container terminals in the middle eastern region. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 31(4), 477-486.
- Alrashidi, A. N. (2015). *Data envelopment analysis for measuring the efficiency of head trauma care in England and Wales*. (Tez no. 1405916) [Doktora tezi, University of Salford Manchester].
- Altın, F. G. (2014). *İşletmelerin finansal kriz öncesi ve sonrası performanslarının bulanık veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi* (Tez No. 399547) [Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

- Altın, F. G., Şahin, Y., Karaatlı, M., & Yıldız, Ö. (2017). Avrupa birliği ülkeleri ve Türkiye’deki limanların etkinliklerinin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(1), 21-30. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1001577>
- Ateş, A., Esmer, S., Çakır, E., & Balcı, K. (2013). Karadeniz konteyner terminallerinin göreceli etkinlik analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 5(1), 1-22. <https://dergipark.org.tr/en/pub/deudfd/issue/4580/62727>
- Ateş, A., Karadeniz, Ş. & Esmer S., (2010). Dünya konteyner taşımacılığı pazarında Türkiye’nin yeri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 2(2), 87- 88. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/53089>
- Atılğan, E. (2012). *Hastane etkinliğinin stokastik sınır analizi yöntemiyle değerlendirilmesi: T.C. Sağlık Bakanlığı Hastaneleri İçin Bir Uygulama* (Tez No. 315017) [Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Ayan, S. (2016). *Veri zarflama analizi ile imalat sanayi sektörünün finansal performans etkinliğinin ölçülmesi: Borsa İstanbul’da bir araştırma* (Tez No. 449662) [Yüksek Lisans tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Aydın, B.I. (2020). *Veri zarflama analizi ile bitkisel tarım etkinliği ölçümü: Türkiye’de il düzeyinde bir çalışma*. (Tez No. 650090) [Yüksek Lisans tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Aydın, N. (2024). Yetenek yönetimi, çalışan performansı ve iş tatmini ilişkisi. *Ekonomi İşletme ve Yönetim Dergisi*, 8(1), 119-142. <https://doi.org/10.7596/jebm.30062024.005>
- Aypek, N., & Üzgün, Y. O. (2022). Veri zarflama analizi ile firma değerlendirme yaklaşımı Borsa İstanbul gıda sektörü örneği. *Journal of Banking and Financial Research*, 9(1), 1-19. <https://doi.org/10.55026/jobaf.972215>
- Bal, V. (2013). Vakıf üniversitelerinde veri zarflama analizi ile etkinlik belirlenmesi. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 1-20. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/576866>

- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., Swarts, J., & Thomas, D. (1989). An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses. *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, 5(1), 125-163.
- Barros, C. P., & Athanassiou, M. (2004). Efficiency in European seaports with DEA: evidence from Greece and Portugal. *Maritime Economics & Logistics*, 6, 122-140. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100099>
- Barros, C. P., Chen, Z., & Wanke, P. (2016). Efficiency in Chinese seaports: 2002–2012. *Maritime Economics & Logistics*, 18, 295-316. <https://doi.org/10.1057/mel.2015.4>
- Barros, C.P. (2003). Incentive Regulation and Efficiency of Portuguese Seaport Authorities. *Maritime Economics & Logistics*, 5, 55-69. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100060>
- Başkaya, Z., & Akar, C. (2005). Sigorta şirketlerinin satış performanslarının veri zarflama analizi yöntemiyle belirlenmesi. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (15), 37-51. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/217334>
- Bayar, S. (2005). *Veri zarflama analizi kullanılarak liman verimliliğinin ölçülmesi: Türk limanlarından bir örnek*. (Tez No. 197425) [Yüksek Lisans tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Bayraktutan, Y., & Özbilgin, M. (2013). Limanların uluslararası ticarete etkisi ve Kocaeli limanlarının ülke ekonomisindeki yeri. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (26), 11-41. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/251857>
- Behdioğlu, S., & Özcan, A. G. G. (2009). Veri zarflama analizi ve bankacılık sektöründe bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 301-326. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/194640>
- Bektaş, H. (2013). Türk bankacılık sektöründe etkinlik analizi. *Sosyoekonomi*, 19(19). <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/197752>

- Berger, A. N., & Humphrey, D. B. (1997). Efficiency of financial institutions: International survey and directions for future research. *European Journal of Operational Research*, 98(2), 175-212. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(96\)00342-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00342-6)
- Beridze, J. (2020). *Gürcistan bankacılık sektöründe etkinlik ve verimlilik analizi: Veri zarflama analizi uygulaması* (Tez No. 615753) [Yüksek Lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Bichou, K. (2011). A two-stage supply chain DEA model for measuring container-terminal efficiency. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 3(1), 6-26. <https://doi.org/10.1504/IJSTL.2011.037817>
- 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.
- Bowlin, W. F. (1998). Measuring performance: An introduction to data envelopment analysis (DEA). *The Journal Of Cost Analysis*, 15(2), 3-27. <https://doi.org/10.1080/08823871.1998.10462318>
- Burns, M.G. (2015). *Port management and operations (1st ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9781315275215>
- Büyükbaşaran, T. (2005). *Ranking units by target-direction-set value efficiency analysis and mixed integer programming* (Tez No. 167237) [Yüksek Lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Cabral, A. M. R., & Ramos, F. S. (2018). Efficiency container ports in Brazil: A DEA and FDH approach. *The Central European Review of Economics and Management*, 2(1), 43-64. <https://doi.org/10.29015/cerem.579>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Chen, Y., Cook, W. D., Li, N., & Zhu, J. (2009). Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 1170-1176. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.011>

- Cong, L. Z., Zhang, D., Wang, M. L., Xu, H. F., & Li, L. (2020). The role of ports in the economic development of port cities: Panel evidence from China. *Transport Policy*, 90, 13-21. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.02.003>
- Coşkun, A. (2006). Büyük sanayi işletmelerinde kurumsal performans ölçüm ve yönetim uygulamaları. *Muhasebe ve Denetime Bakış*, 19, 119-136. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1869559>
- Cullinane, K, Song, DW, Ping, J and Wang, TF. 2004: An application of DEA windows analysis to container port production efficiency. *Review of Network Economics*, 3(2), 184–206. <https://doi.org/10.2202/1446-9022.1050>
- Cullinane, K., & Wang, T. (2010). The efficiency analysis of container port production using DEA panel data approaches. *OR Spectrum*, 32(3), 717-738. <http://dx.doi.org/10.1007/s00291-010-0202-7>
- Cullinane, K., & Wang, T. F. (2006). Data envelopment analysis (DEA) and improving container port efficiency. *Research in Transportation Economics*, 17, 517-566. [https://doi.org/10.1016/S0739-8859\(06\)17023-7](https://doi.org/10.1016/S0739-8859(06)17023-7)
- Cullinane, K., Song, D. W., & Gray, R. (2002). A stochastic frontier model of the efficiency of major container terminals in Asia: Assessing the influence of administrative and ownership structures. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36(8), 743-762. [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(01\)00035-0](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(01)00035-0)
- Çağlar, V. (2012). *Türk özel limanlarının etkinlik ve verimlilik analizi* (Tez No. 337555) [Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Çakmak, E. H., Dudu, H., & Öcal, N. (2008). *Türk Tarım Sektöründe Etkinlik*. Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı. https://www.tepav.org.tr/upload/files/1271232526r4017.Turk_Tarim_Sektorunde_Etkinlik_Yontem_ve_Hanehalki_Duzeyinde_Nicel_Analiz.pdf
- Çakmak, M., Öktem, M. K., & Ömürgönülşen, U. (2009). Türk kamu hastanelerinde teknik verimlilik sorunu: Veri zarflama analizi tekniği ile Sağlık Bakanlığı'na bağlı kadın doğum hastanelerinin teknik verimliliklerinin ölçülmesi. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 12(1), 1-36. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/84702>

- Çavmak, Ş. (2017). Sağlık hizmetlerinde veri zarflama analizi ve modelleri. *Sağlık Yönetimi Dergisi*, 1(1), 35-47. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/340276>
- Çetin, Ç. K., & Arabelen, G. (2012). Türkiye’de limancılık eğitimi üzerine bir değerlendirme. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 4(1), 75-81. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/53067>
- Çidem, Ş. (2019). *Etkinlik ölçümünde bulanık veri zarflama analizi: İç Anadolu bölgesinde bulunan ağız ve diş sağlığı merkezlerinde bir uygulama* (Tez No. 585839) [Yüksek Lisans tezi, Aksaray Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Çoban, O. (2007). Türk otomotiv sanayiinde endüstriyel verimlilik ve etkinlik. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (29), 17-36 <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/66488>
- Debreu, G. (1952). A social equilibrium existence theorem. *Proceedings of the national academy of sciences*, 38(10), 886-893. <https://doi.org/10.1073/pnas.38.10.886>
- Deliktaş, E. (2002). Türkiye özel sektör imalat sanayiinde etkinlik ve toplam faktör verimliliği analizi. *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 29 (3-4), 247-284. <https://open.metu.edu.tr/bitstream/handle/11511/92164/M0000605.pdf>
- Deliktaş, E. (2006). İzmir küçük, orta ve büyük ölçekli imalat sanayinde üretim etkinliği ve toplam faktör verimliliği analizi. *Working Papers in Economics*, 6(3), 1-49.
- Deniz, N. (2009). *Türkiye'deki illerin kaynak kullanımlarına göre göreceli etkinliklerinin klasik ve bulanık veri zarflama analizi yöntemleri ile belirlenmesi* (Tez No. 256346) [Yüksek Lisans tezi, Anadolu Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Denizcilik Genel Müdürlüğü. (2025). *Deniz Ticareti Yük İstatistikleri*. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. <https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/yuk-istatistikleri>
- Dias, Q. J. C., Azevedo, S. G., Ferreira, J., & Palma, S. F. (2009). A comparative benchmarking analysis of main Iberian container terminals: a DEA approach. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 1(3), 260-275. <https://doi.org/10.1504/IJSTL.2009.027534>

- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., & Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of operational research*, 132(2), 245-259. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1)
- Erdil, O. Kalkan, A. (2005). KOBİ'lere Sağlanan Desteklerin KOBİ'lerin Performanslarına Etkisi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(7), 103-122. <https://acikerisim.ticaret.edu.tr/bitstreams/86bcbaec-127a-4350-9be7-c1531ec22a75/download>
- Erkorol, G. (2009). *Veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü ve sektörel bir uygulama*. (Tez No. 236090) [Yüksek Lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Esmail, H. (2016). Efficiency Assessment of Jazan port based on data envelopment analysis. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 7(3), 320-327. Doi:10.5901/mjss.2016.v7n3s1p320
- Esmer, S. (2009). *Konteyner terminallerinde lojistik süreçlerin optimizasyonu ve bir simülasyon modeli* (Tez No. 253552) [Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Esmer, S. (2019). Liman ve terminal yönetimi. *T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını*, (3840). <https://ets.anadolu.edu.tr/storage/nfs/LOJ406U/ebook/LOJ406U-19V1S1-8-0-1-SV1-ebook.pdf>
- Färe, R., & Grosskopf, S. (1996). Productivity and intermediate products: A frontier approach. *Economics Letters*, 50(1), 65-70. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(95\)00729-6](https://doi.org/10.1016/0165-1765(95)00729-6)
- Färe, R., & Grosskopf, S. (2000). Theory and application of directional distance functions. *Journal of Productivity Analysis*, 13(2), 93-103. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A%3A1007844628920.pdf>
- Färe, R., & Primont, D. (1984). Efficiency measures for multiplant firms. *Operations Research Letters*, 3(5), 257-260. [https://doi.org/10.1016/0167-6377\(84\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0167-6377(84)90057-9)
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of The Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281. <https://doi.org/10.2307/2343100>

- Fukuyama, H., & Matousek, R. (2010). Efficiency of Turkish banking: two-stage network system. *Centre for EMEA Banking, Finance and Economics Working Paper Series*, 2010(05), 1-39. DOI10.1016/j.intfin.2010.08.004
- Fukuyama, H., & Mirdehghan, S. M. (2012). Identifying the efficiency status in network DEA. *European Journal of Operational Research*, 220(1), 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.01.024>
- Fukuyama, H., & Weber, W. L. (2010). A slacks-based inefficiency measure for a two-stage system with bad outputs. *Omega*, 38(5), 398-409. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2009.10.006>
- Fung Ng, A.S., Lee, C., X. (2007) Port Productivity Analysis By Using DEA: A Case Study in Malaysia, *Institute of Transport and Logistics Studies, University of Sydney, Australia, Working Paper*, ITLS-WP-07-1 <https://core.ac.uk/download/pdf/212695817.pdf>
- Golany, B., & Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237-250. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(89\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0305-0483(89)90029-7)
- Golany, B., & Yu, G. (1997). Estimating returns to scale in DEA. *European Journal of Operational Research*, 103(1), 28-37. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(96\)00259-7](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00259-7)
- Göktolga, Z., & Artut, A. (2014). İktisadi ve İdari Bilimler Fakülteleri'nin bulanık veri zarflama analizi ile verimlilik ölçümü. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 15(1), 55-75. <https://esjournal.cumhuriyet.edu.tr/en/download/article-file/48504>
- Guo, C., Shureshjani, R. A., Foroughi, A. A., & Zhu, J. (2017). Decomposition weights and overall efficiency in two-stage additive network DEA. *European Journal of Operational Research*, 257(3), 896-906. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.08.002>
- Gülcü, A., ve Tutar, H., 2004. Veri zarflama analizi yöntemiyle SSK Hastanelerinde görece verimlilik analizi: yönetim ve organizasyon ilkeleri açısından değerlendirme, *Milli Prodüktivite Merkezi Verimlilik Dergisi*, (1), 51-82. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/330898>
- Günay, B. (2015). BİST de işlem gören kobi gıda işletmelerinin veri zarflama analizi yöntemi ile etkinliklerinin ölçülmesi. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal*

Bilimler Dergisi, (47), 16-34. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/382925>

Güner, S. (2015). Liman etkinliği ölçümünde iki aşamalı bir model önerisi ve Türk limanları üzerinde bir uygulama. *Alphanumeric Journal*, 3(2), 099–106. <https://doi.org/10.17093/aj.2015.3.2.5000142149>

Güneş, T. (2006). *Bulanık veri zarflama analizi* (Tez No. 196316) [Yüksek Lisans tezi, Ankara Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Güzelçay, M. (2019). *Veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü: Bankacılık sektöründe bir uygulama* (Tez No. 598253) [Yüksek Lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Halkos, G. E., Tzeremes, N. G., & Kourtzidis, S. A. (2014). A unified classification of two-stage DEA models. *Surveys in Operations Research And Management Science*, 19(1), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.sorms.2013.10.001>

Haralambides, H. E. (2019). Gigantism in container shipping, ports and global logistics: a time-lapse into the future. *Maritime Economics & Logistics*, 21(1), 1-60. <https://doi.org/10.1057/s41278-018-00116-0>

Huang, T., Chen, Z., Wang, S., & Jiang, D. (2021). Efficiency evaluation of key ports along the 21st-Century maritime silk road based on the DEA–SCOR model. *Maritime Policy & Management*, 48(3), 378-390. <https://doi.org/10.1080/03088839.2020.1773558>

International Organization for Standardization. (2020). *Series 1 Freight Containers: Classification, Dimensions and Ratings*. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#!iso:std:76912:en>

Itoh, H. (2002) Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of data envelopment analysis. *Review of Urban & Regional Development Studies*, 14(2), 133–152. <https://doi.org/10.1111/1467-940X.00052>

Jiang, J. L., Chew, E. P., Lee, L. H., & Sun, Z. (2012). DEA based on strongly efficient and inefficient frontiers and its application on port efficiency measurement. *OR spectrum*, 34, 943-969. <https://doi.org/10.1007/s00291-011-0263-2>

- Kabak, M. (2017). *Makine imalat sektörü işletmelerinde ürün kalitesi etkinliğinin bulanık veri zarflama analizi modelleri ile karşılaştırmalı analizi* (Tez No. 460560) [Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kale, S. (2009). *Veri zarflama analizi ile banka şubelerinin performansının ölçülmesi* (Tez No. 230761) [Doktora tezi, Kadir Has Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kaleibar, M. M., Krmac, E. (2024). Ranking of adriatic sea container ports using DEA. *In Maritime Transport Conference*, (10), 1-9. <https://doi.org/10.5821/mt.12804>
- Kalgora, B., Goli, S. Y., Damigou, B., Abdoukarim, H. T., & Amponsem, K. K. (2019). Measuring West-Africa ports efficiency using data envelopment analysis. *Journal of Transportation Technologies*, 9(3), 287-308. <https://doi.org/10.4236/jtts.2019.93018>
- Kammoun, R. (2018). The technical efficiency of Tunisian ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis scores. *Logistics, Supply Chain, Sustainability and Global Challenges*, 9(2), 73-84. doi: 10.2478/jlst-2018-0011
- Kammoun, R., & Abdennadher, C. (2022). Seaport efficiency and competitiveness in European seaports. *Transport Policy*, 121, 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.04.003>
- Kao, C. (1998). Measuring the efficiency of forest districts with multiple working circles. *Journal of the Operational Research Society*, 49(6), 583-590. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600570>
- Kao, C. (2009). Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model. *European Journal of Operational Research*, 192(3), 949-962. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.10.008>
- Kao, C., & Hwang, S. N. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European journal of Operational Research*, 185(1), 418-429. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.11.041>
- Kao, C., & Hwang, S. N. (2010). Efficiency measurement for network systems: IT impact on firm performance. *Decision Support Systems*, 48(3), 437-446. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2009.06.002>

- Kıyıldı, R., & Karaşahin, M. (2006). Türkiye'deki hava alanlarının veri zarflama analizi ile altyapı performansının değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 391-397. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/193653>
- Kocakalay, Ş., & Işık, A. (2003). Veri zarflama analizi. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*, (005), 163-171. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/448837>
- Kozanhan, M. K. (2012). *Deniz yolu konteyner taşımacılığında güvenlik uygulamalar* (Tez No. 318755) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Küçük, O. (2011). Faktör esnekliği ve ölçeğe göre getiri: Kobi'lerde karşılaştırmalı bir cobb-douglas üretim fonksiyonu uygulaması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 353-362. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/32285>
- Lee, T., Yeo, G. T., & Thai, V. V. (2014). Environmental efficiency analysis of port cities: Slacks-based measure data envelopment analysis approach. *Transport Policy*, 33, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.02.009>
- Lewis, H. F., & Sexton, T. R. (2004). Network DEA: Efficiency analysis of organizations with complex internal structure. *Computers & Operations Research*, 31(9), 1365-1410. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(03\)00095-9](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(03)00095-9)
- Lewis, H. F., Lock, K. A., & Sexton, T. R. (2009). Organizational capability, efficiency, and effectiveness in Major League Baseball: 1901–2002. *European Journal of Operational Research*, 197(2), 731-740. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.07.002>
- Lozano, S., Gutiérrez, E., & Moreno, P. (2013). Network DEA approach to airports performance assessment considering undesirable outputs. *Applied Mathematical Modelling*, 37(4), 1665-1676. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.04.041>
- Martinez-Budria, E., Diaz-Armas, R., Navvaro-Ibanez, M., Ravelo-Mesa, T. (1999). A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities Using Data Envelopment Analysis. *International Journal of Transport Economics*, 26 (2), 237–253. <https://www.jstor.org/stable/42747746>

- Memiş, N. (2023). *İki aşamalı ağ veri zarflama analizi ile Türk bankacılık sektörünün etkinliğinin ölçülmesi* (Tez No. 784529) [Doktora tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Nehir, E. M. (2022). *Global liman işletmelerinde verimlilik ölçümü: Bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve bulanık veri zarflama analizi=Efficiency measurement in global port operations: Fuzzy analytical hierarchy process and fuzzy data envelopment analysis* (Tez No. 729551) [Yüksek Lisans tezi, Sakarya Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Nguyen, H. O., Nghiem, H. S., & Chang, Y. T. (2018). A regional perspective of port performance using metafrontier analysis: the case study of Vietnamese ports. *Maritime Economics & Logistics*, 20, 112-130. <https://doi.org/10.1057/s41278-017-0061-0>
- Norman, M., & Stoker, B. (1991). Data envelopment analysis: the assessment of performance. *The Journal of the Operational Research Society*, 43(9), 919-920. <https://doi.org/10.1057/jors.1992.130>
- Notteboom, T., Coeck, C., & Van Den Broeck, J. (2000). Measuring and explaining the relative efficiency of container terminals by means of Bayesian stochastic frontier models. *International Journal of Maritime Economics*, 2, 83-106. <https://doi.org/10.1057/ijme.2000.9>
- Oruç, K. O. (2008). *Veri zarflama analizi ile bulanık ortamda etkinlik ölçümleri ve üniversitelerde bir uygulama* (Tez No. 215698) [Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Özcan, G. (2007). *Veri zarflama analizi ve bankacılık sektöründe bir uygulama* (Tez No. 202806) [Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Özden, Ü. (2008). Veri zarflama analizi (VZA) ile Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin etkinliğinin ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(2), 167-185. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/98116>
- Özsoy, V. S. (2019). *Dinamik network veri zarflama analizi modellerinde bootstrap yaklaşımı* (Tez No. 599720) [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

- Özsoy, V. S., Örkücü, M., & Örkücü, H. (2020). Karma-tamsayılı iki aşamalı veri zarflama analizi modeli ile en etkin tedarikçi seçimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(4), 758-767. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1248487>
- Özsoy, V. S., & Örkücü, H. H. (2021). Structural and operational management of Turkish airports: a bootstrap data envelopment analysis of efficiency. *Utilities Policy*, 69, 101180. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2021.101180>
- Özyiğit, T., Serarslan, M. N., & Karsak, E. E. (2011). Türkiye'de elektrik üretimi için enerji kaynaklarının etkinliğinin değerlendirilmesi. *İTÜDERGİSİ/d: Mühendislik*, 7(5), 55-66. http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_d/article/view/265/224
- Park, R. K., & De, P. (2004). An alternative approach to efficiency measurement of seaports. *Maritime Economics & Logistics*, 6, 53-69. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100094>
- Pektaş, G. Ö. E., Mersin, K., & Ormanlı, F. (2018). Limanların bölgesel ve ekonomik etkileri: Tekirdağ-Ren nehri karşılaştırması. *Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(35), 757-775. DOI: 10.21550/sosbilder.390242
- Perçin, S., & Çakır, S. (2012). Demiryollarında süper etkinlik ölçümü: Türkiye örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1), 29-45. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/210964>
- Périco, A. E., & da Silva, G. R. (2020). Port performance in Brazil: A case study using data envelopment analysis. *Case Studies on Transport Policy*, 8(1), 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.01.002>
- Poitras, G., Tongzen, J., & Li, H. (1996). Measuring port efficiency: An application of data envelopment analysis. https://mpa.ub.uni-muenchen.de/113953/1/MPRA_paper_113953.pdf
- Polat, Ç. (2002). *Ölçek Ekonomileri; Küreselleşme ve küresel rekabet gücü olguları ile etkileşimi (Türkiye otomobil sektöründe ölçek ekonomilerinin analizi)* (Tez No. 125358) [Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Polat, Ç. (2017). *Boş konteyner trafiği yönetim modeli* (Tez No. 478312) [Yüksek Lisans tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

- Polishchuk, I. I., Dovhan, Y. V., & Korol, I. V. (2021). Logistics and marketing support improvement in the export supply chain. *Innovative Economy*, (5-6), 99-104. <http://dx.doi.org/10.37332/2309-1533.2021.5-6.14>
- Rodrigue, J-P., Comtois, C., & Slack, B. (2006). The Geography of Transport Systems. https://geonas.at.ua/_ld/0/34_The_Geography_o.pdf
- Rodrigue, J-P., Comtois, C., & Slack, B. (2013). *The geography of transport systems* (3rd ed.). https://transportgeography.org/wp-content/uploads/GTS_Third_Edition.pdf
- Roll, Y. and Hayuth, Y. (1993), “Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis (DEA)”, *Maritime Policy and Management*, 20(2), 153-161. <https://doi.org/10.1080/03088839300000025>
- Sağlam, B. B. (2013). *Konteyner terminali projelerinde yük operasyonlarının simülasyon yöntemi ile değerlendirilmesi* (Tez No. 337665) [Yüksek Lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Sarioğlu, D. (2017). *Konteyner terminallerinde rıhtım vinç operasyonlarının simülasyon yaklaşımı ile iyileştirilmesi* (Tez No. 472207) [Doktora tezi, Adnan Menderes Üniversitesi] Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Sarioğlu, D. Ö., & Özdemir, M. (2018). Konteyner Terminalinde Rıhtım Vinç Operasyonlarının Verimliliğinin İyileştirilmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 803-822. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.351367>
- Schøyen, H., & Odeck, J. (2013). The technical efficiency of Norwegian container ports: A comparison to some Nordic and UK container ports using Data Envelopment Analysis (DEA). *Maritime Economics & Logistics*, 15, 197-221. <https://doi.org/10.1057/mel.2013.3>
- Seiford, L. M., & Zhu, J. (1999). Profitability and marketability of the top 55 US commercial banks. *Management Science*, 45(9), 1270-1288. <https://doi.org/10.1287/mnsc.45.9.1270>
- Seyrek, İ. H., & Ata, H. A. (2010). Veri zarflama analizi ve veri madenciliği ile mevduat bankalarında etkinlik ölçümü. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 4(2), 67-84. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1352365>

- Sherman, H. D., & Gold, F. (1985). Bank branch operating efficiency: Evaluation with data envelopment analysis. *Journal of Banking & Finance*, 9(2), 297-315. [https://doi.org/10.1016/0378-4266\(85\)90025-1](https://doi.org/10.1016/0378-4266(85)90025-1)
- Steenken, D., Voß, S., & Stahlbock, R. (2004). Container terminal operation and operations research-a classification and literature review. *OR Spectrum*, 26, 3-49. <https://doi.org/10.1007/s00291-003-0157-z>
- Şenol, O., & Gençtürk, M. (2017). Veri zarflama analiziyle kamu hastaneleri birliklerinde verimlilik analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (29), 265-286. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2696676>
- Takım, A., & Ersungur, Ş. M. (2015). Taşıma şekillerine göre Türkiye’de dış ticaretin analizi: Mevcut durum, sorunlar ve beklentiler. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(3), 357-376. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/712095>
- Taner, M. E. (2012). *Konteynır terminallerinde yerleşim düzenlemelerinin simülasyon ile analizi* (Tez No. 326970) [Yüksek Lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Taşkolu, Ö. F. (2022). *2008 küresel krizi ve Covid-19 pandemisi krizinin hava kargo taşımacılığına etkilerinin karşılaştırmalı analizi* (Tez No. 725534) [Yüksek Lisans tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Tekdemir, N. (2019). *Türkiye’de çocuk yoksulluğu ve çocuk yoksulluğunun belirleyicilerinin AB ülkeleriyle karşılaştırmalı analizi* (Tez No. 544401) [Yüksek Lisans tezi, Ankara Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Tepe, M. (2006). *Kıyaslama çalışmasında veri zarflama analizi kullanımı* (Tez No. 223549) [Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Tone, K., & Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, 197(1), 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.027>
- Tongzon, J. (2001). Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 35(2), 107-122. [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(99\)00049-X](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(99)00049-X)

- Tongzon, J. L., (1995), "Determinants of port performance and efficiency", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 29(3), 245-252. [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(94\)00032-6](https://doi.org/10.1016/0965-8564(94)00032-6)
- Tongzon, J., & Heng, W. (2005). Port privatization, efficiency and competitiveness: Some empirical evidence from container ports (terminals). *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 39(5), 405-424. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2005.02.001>
- Trujillo, L., & Nombela, G. (1999). *Privatization and regulation of the seaport industry* (Vol. 2181). World Bank Publications.
- Tsinker, G. P. (Ed.). (2004). *Port engineering: planning, construction, maintenance, and security*. John Wiley & Sons.
- Tunalı, H., & Akarçay, N. (2022). Konteyner yük taşımacılığı, liman alt yapı yatırımları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin analizi: OECD ülkeleri örneği. *Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 102-118. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2459193>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). *Taşıma Şekillerine Göre İhracat İstatistikleri*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Dis-Ticaret-Istatistikleri-Aralik-2024-53538>
- Türkiye Liman İşletmecileri Derneği. (2024). *Türkiye Limancılık Sektörü Raporu*. Türkiye Liman İşletmecileri Derneği. <https://www.turklim.org/pdf/Turklim-2024-Sekt%C3%B6r-Raporu-4-Haziran.pdf>
- Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği. (2019). *Lojistik Sektörü Raporu 2019*. Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği. <https://www.utikad.org.tr/images/HizmetRapor/utikadlojistiksektoruraporu2019-29007.pdf>
- Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği. (2022). *Lojistik Sektörü Raporu 2022*. Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği. <https://www.utikad.org.tr/images/HizmetRapor/utikadlojistiksektoruraporu2022-857.pdf>
- Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği. (2023). *Lojistik Sektörü Raporu* 2023. <https://www.utikad.org.tr/images/HizmetRapor/utikadlojistiksektoruraporu2023-2472.pdf>

- UN Trade and Development. (2024). Review of Maritime Transport 2024, https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2024_en.pdf
- Valentine, V. F. and Gray, R. (2001), The Measurement of port efficiency using data envelopment analysis. *Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research*, 22-27.
- Van Dyck, G. K. (2015). Assessment of port efficiency in West Africa using data envelopment analysis. *American Journal of Industrial and Business Management*, 5(04), 208-218. <http://dx.doi.org/10.4236/ajibm.2015.54023>
- Vis, I. F., & De Koster, R. (2003). Transshipment of containers at a container terminal: An overview. *European Journal of Operational Research*, 147(1), 1-16. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00293-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00293-X)
- Wang, C., Dou, X., & Haralambides, H. (2022). Port centrality and the Composite Connectivity Index: Introducing a new concept in assessing the attractiveness of hub ports. *Maritime Economics & Logistics*, 24(1), 67-91. <https://doi.org/10.1057/s41278-022-00220-2>
- Wang, T. F., Song, D. W., & Cullinane, K. (2003). Container port production efficiency: a comparative study of DEA and FDH approaches. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 698-713.
- Wanke, P. F., Barbastefano, R. G., & Hijjar, M. F. (2011). Determinants of efficiency at major Brazilian port terminals. *Transport Reviews*, 31(5), 653-677. <https://doi.org/10.1080/01441647.2010.547635>
- Webster, R., Kennedy, S. ve Johnson L. (1998). Comparing Techniques for Measuring The Efficiency and Productivity of Australian Private Hospitals. *Working Paper Econometrics and Applied Statistic, Australian Bureau of Statistics, Canberra*.1998(3).
- Wiegmans, B., & Dekker, S. (2016). Benchmarking deep-sea port performance in the Hamburg-Le Havre range. *Benchmarking: An International Journal*, 23(1), 96-112. <https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2013-0050>
- Yang, C., & Liu, H. M. (2012). Managerial efficiency in Taiwan bank branches: A network DEA. *Economic Modelling*, 29(2), 450-461. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2011.12.004>

- Yaşar, F. (2019). *Veri zarflama analizi ile BIST100’de işlem gören imalat işletmelerinin etkinliklerinin ölçümü* (Tez No. 588433) [Doktora tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yazar, İ. G. (2021). *Denizyolu konteyner taşımacılığında Türk limanlarını kullanan armatörlerin lojistik yönlü transit süre analizi* (Tez No. 690809) [Yüksek Lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yetik, Ö., Köse, R., Özgür, M. A., & Arslan, O. (2011). Türkiye’deki termik santrallerin etkinlik analizi: Parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*, (024), 71-82. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/439928>
- Yu, M. M. (2010). Assessment of airport performance using the SBM-NDEA model. *Omega*, 38(6), 440-452. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2009.11.003>
- Yükçü, S., & Atağan, G. (2009). Etkinlik, etkililik ve verimlilik kavramlarının yarattığı karışıklık. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(4), 1-13. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/29717>
- Zahran, S. Z., Alam, J. B., Al-Zahrani, A. H., Smirlis, Y., Papadimitriou, S., & Tsioumas, V. (2017). Analysis of port authority efficiency using data envelopment analysis. *Maritime Economics & Logistics*, 19, 518-537. <https://doi.org/10.1057/mel.2015.33>
- Zhu, J. (2011). Airlines performance via two-stage network DEA approach. *Journal of CENTRUM Cathedra: The Business and Economics Research Journal*, 4(2), 260-269. <https://ssrn.com/abstract=1931862>

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ TEZ DEĞERLENDİRME FORMU		
Öğrencinin Adı Soyadı: Mehmet GEZEN		EVET
Kapak		
1	Tez başlığı, tutanaktaki başlıkla aynı mı?	
2	Kapakdaki ay ve yıl savunmaya girilen tarihle tutarlı mı?	
3	Kapak format kılavuzdaki kapak formatına uygun mu?	
4	Kapakta yazılan tüm yazılar doğru olarak verilmiş mi?	
İçindekiler		
5	Sayfa numaraları tam verilmiş mi?	
6	Şekil, çizelge vb. listeleri verilmiş mi? Sıralaması doğru mu?	
7	Özet, abstract, giriş, sonuçlar vb. bölümler var mı?	
8	Yazım hataları kontrolü yapıldı mı?	
Giriş		
9	Hazırlanan tezin önemini anlatıyor mu?	
10	İkinci ve üçüncü dereceden başlık içermemeli kuralına uyuldu mu?	
Özet/Abstract		
11	Kılavuza uygun mu?	
12	Ay ve yıl savunmaya girilen tarihle tutarlı mı?	
13	Özet; tek sayfa, tek aralık, tek paragraf kuralına uygun olarak yazıldı mı?	
14	Bilim kodu, sayfa adedi, anahtar kelimeler ve tez danışmanı yazıldı mı?	
Kaynakça		
15	Kaynakların tamamına metin içinde atıf yapıldı mı?	
16	Kaynak formatı kılavuzdaki kaynak formatına uygun olarak hazırlanmış mı?	
17	Atıf formatı kılavuzdaki atıf formatına uygun mu?	
Atıf Yöntemi APA 7 ☐ CMS ☐ İSNAD ☐		
Genel Değerlendirme		
18	Etik beyan açıklaması okundu, uyuldu ve imzalandı mı?	
19	Kabul/Onay sayfası kılavuzdaki formata uygun olarak düzenlenmiş mi?	
20	Kabul /Onay sayfasında belirtilen oy birliği/oy çokluğu seçeneklerinden uygun olanı savunmayla tutarlı olacak şekilde belirlenmiş mi?	
21	Sayfa kenar boşlukları ve sayfa numaraları kılavuzdaki formatına uygun mu?	
22	Paragraf boşlukları ve metin satır aralığı kılavuza uygun olacak şekilde düzenlenmiş mi?	
23	Başlık yazımları kılavuzdaki başlık formatlarına uygun mu?	
24	Yazı tipi ve boyutu kılavuzdaki yazı tipi ve boyutu formatına uygun mu?	
25	Şekil, çizelge vb. açıklama ve numaralandırmaları kılavuzdaki formata uygun olarak yazılmış mı?	

İmza:

Danışman Adı SOYADI

Doç. Dr. Volkan Soner ÖZSOY