

Akdeniz Havzası Konteyner Limanları Verimlilik Analizi

Efficiency Analysis of Container Ports in The Mediterranean Basin

Davut PEHLİVAN^{1*}, Taha Talip TÜRKİSTANLI², Orçun GÜNDOĞAN³

Öz

Akdeniz Havzası, Doğu-Batı hatları ve Asya-Afrika pazarlarına yakınlığıyla küresel konteyner taşımacılığında kritik bir konuma sahiptir. Artan trafik, bölgedeki limanlar arasında verimlilik odaklı rekabeti hızlandırmıştır. Bu çalışma, Akdeniz'deki 25 büyük konteyner limanının 2023 yılı performansını, girdi-yönelimli CCR Veri Zarflama Analizi (VZA) ile değerlendirmektedir. Girdiler terminal alanı (ha), rıhtım uzunluğu (m) ve rıhtım derinliği (m); çıktı ise elleçlenen TEU miktarıdır. Sonuçlar, Tanger Med, Piraeus ve Algeciras limanlarının tam etkin ($\theta = 1,000$) olduğunu; geri kalan limanların etkinlik skorlarının 0,84-0,04 aralığında ve genel ortalama θ 'nın 0,53 olduğunu göstermektedir. Özellikle 11 limanın $\theta < 0,500$ değeri, mevcut altyapıya kıyasla düşük elleçleme kapasitesine işaret etmektedir. Bulgular, altyapının etkin kullanımını artırmak için operasyon akışlarının hızlandırılması, kara/demiryolu bağlantılarının güçlendirilmesi ve talebe duyarlı kapasite planlamasının önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Konteyner limanı, Verimlilik, Akdeniz, VZA.

Abstract

The Mediterranean Basin, situated along key East-West corridors and close to Asian and African markets, occupies a pivotal position in global container shipping. Rising traffic has intensified efficiency-driven competition among the region's ports. This study assesses the 2023 performance of 25 major Mediterranean container ports using an input-oriented CCR Data Envelopment Analysis (DEA). The inputs are terminal area (ha), quay length (m), and quay depth (m); the output is the number of TEUs handled. The results reveal that Tanger Med, Piraeus, and Algeciras are fully efficient ($\theta = 1.000$), whereas the remaining ports record efficiency scores between 0.84 and 0.04, with an overall mean θ of 0.53. Notably, 11 ports with $\theta < 0.500$ demonstrate low handling capacity relative to their existing infrastructure. The findings underscore the need to accelerate operational flows, strengthen road and rail connections, and adopt demand-responsive capacity planning to enhance infrastructure utilization.

Keywords: Container port, Efficiency, Mediterranean, DEA.

^{1,2}Mersin Üniversitesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: davutpehlivan@mersin.edu.tr

1. Giriş

Akdeniz bölgesi hem denizcilik hem de uluslararası ticaret ağındaki rolü itibarıyla stratejik bir öneme sahiptir (Arvis vd., 2018; Fancello vd, 2022a). Bu önem, bir taraftan Doğu-Batı güzergâhları üzerindeki kilit pozisyonundan ve Atlantik ile Kuzey Avrupa pazarlarına kıyasla merkezi konumundan, diğer taraftan ise Asya ve Afrika pazarlarına olan yakınlığından kaynaklanmaktadır. Avrupa, Asya ve Afrika arasında doğal bir geçiş yolu işlevi gören benzersiz coğrafi konumu Süveyş Kanalı ve Cebelitarık Boğazı gibi kritik geçiş noktalarının varlığıyla daha da pekişmektedir (Grifoll vd., 2018; Fancello vd, 2022a; Fancello vd., 2022b). Bu nedenle ana ticaret yolları üzerinde yer alan Akdeniz limanları, küresel konteyner ticaret hacminin de büyük bir bölümünü yönetmektedir (UNCTAD, 2020; UNCTAD, 2024).

Akdeniz bölgesinin liman altyapısı sürekli gelişirken, konteynerlerin artan kullanımı da Akdeniz limanlarında çeşitli değişimlere yol açmıştır (Arvis vd., 2018; Sellari, 2024). Liman süreçleri ve deniz ile kara içi taşımacılık bağlantılarının kolaylaştırması gibi çeşitli teknik ve ekonomik üstünlükler sayesinde konteyner taşımacılığı giderek daha merkezi bir konuma erişmiştir (Rodrigue ve Notteboom, 2013; Guerrero ve Rodrigue, 2014; Grzelakowski, 2019). Bu genel eğilim Akdeniz bölgesinde de karşılık bulmuş ve konteyner taşımacılığını Akdeniz limanları özelinde devamlı bir büyüme sergilemiştir (Medda ve Carbonaro, 2007; Morata Fernández, 2017; Fancello vd., 2022a). Akdeniz'in tarihsel süreçte bir emtia taşıma koridoru olarak oynadığı rol, bu sayede artan bir önem kazanarak, kilit bir jeostratejik deniz sahası olma statüsünü sağlamlaştırmıştır (Fancello vd., 2021; Fancello vd., 2022b). Buna bağlı olarak da Akdeniz bölgesinde veya limanların yaşanabilecek herhangi bir aksama, kapasite yetersizliği veya tıkanıklık, uluslararası ticareti doğrudan etkileyebilecek dalgalanmalara yol açabilmektedir. Örneğin Mart 2021'de Ever Given adlı konteyner gemisinin Süveyş Kanalı'nı yaklaşık altı gün kapatması, büyük sıkışıklıklara ve deniz ticaretinde aksamalara yol açmıştır.

Akdeniz limanları, 2010 yılında 40,5 milyon TEU (Twenty-foot Equivalent) olan işlem hacmini 2020'de 59 milyon TEU'ya yükselterek, on yılda %46'lık bir büyüme kaydetmiştir (UNCTAD, 2020; Fancello vd., 2022b). Genel bir değerlendirmeye, Avrupa'nın Akdeniz kıyılarındaki toplam konteyner trafiği, özellikle 2000'li yıllardan sonra deniz ticaretindeki canlanmaya paralel olarak son yirmi yılda çarpıcı bir ivme kazanmıştır (Medda ve Carbonaro, 2007; Morata Fernández, 2017; Fancello vd., 2021). 2021 verilerine göre, Akdeniz konteyner limanları yalnızca birer geçiş noktası olmanın ötesine geçerek, ulusal ve bölgesel kalkınmayı besleyen temel ekonomik unsurlar haline gelmiştir (Medda ve Carbonaro, 2007; Gianfranco vd., 2014).

Konteyner trafiğindeki artışın beraberinde getirdiği hareketlilik ve yapısal değişimler, Akdeniz limanları arasında artan bir rekabet ortamı yaratmıştır. Limanlar yeni talepleri karşılamak ve pazar

paylarını yükseltmek amacıyla işlevselliklerini ve verimliliklerini geliştirmek durumunda kalmışlardır (Fancello vd., 2018; Fancello vd., 2022b). Bunların yanı sıra, gemi boyutlarındaki devamlı artış da bu gemilere hizmet verebilecek altyapıya sahip liman sayısının sınırlı olması nedeniyle liman operasyonlarını doğrudan etkilemektedir (Notteboom, 2016). Küresel dinamiklere de bağlı olarak yeni ticaret rotalarının gelişmesi, çeşitli belirsizlikler ve güvenlik sorunları da dahil olmak üzere evrilen unsurlar da ticaret akışlarını ve liman kullanım alışkanlıklarını değiştirebilmekte ve limanların çeşitli tedbirler almasını zorunlu kılmaktadır (Gianfranco vd., 2014; Fancello vd., 2021).

Limanlar; coğrafi konumları, sundukları hizmetin kalitesi, fiyatlandırma stratejileri ve bağlantı potansiyelleri gibi pek çok unsura dayanan rekabetçi pozisyonlarını güçlendirme çabasıdır. Bölgedeki liman rekabeti ise piyasayı dengeleyici unsurlar sağlayabilmekte ve liman performanslarını artırabilmektedir (Lam ve Yap, 2006; Elbayoumi ve Dawood, 2016; Hales vd., 2016; Parola vd., 2017). Her bir limanın varlığını sürdürebilmesinin temel koşulları, değişen koşullara uyum sağlayabilmesine ve operasyonel verimliliğine bağlıdır. Bu nedenle verimliliğin konteyner limanları arasındaki rekabette oldukça önemli bir rolü bulunmaktadır (Notteboom, T., ve Yap, 2012; Mustafa vd., 2021; Kuo vd., 2020; Ju vd., 2023). Yoğun rekabet ortamında ayakta kalabilmek ve rekabet avantajı elde edebilmek için ise limanlarının operasyonel, idari ve altyapısal yetkinliklerini güçlendirecek adımlar atması gereklidir.

Rekabetçi bir sistemde liman verimliliğinin ölçümü, potansiyel bir araç olarak öne çıkmakta ve aynı zamanda bölgesel ve ulusal düzeyde liman planlaması ile operasyonlarının geliştirilmesi için bir zemin hazırlamaktadır (Bichou, 2006; Fancello vd., 2021). Çalışmalar ise liman yönetimi ve operasyonel süreçlerdeki devam eden verimsizliklere işaret etmekte ve bu durumun rekabet üzerinde olumsuz bir etki yarattığını ifade etmektedir (Polyzos ve Niavis, 2013; Elsayeh, 2015). Kurum içi eksikliklerden küresel eğilimlere kadar uzanan karmaşık ve birbiriyle bağlantılı baskılar da bu rekabeti artırmaktadır. Akdeniz limanlara ve ulaştırma altyapılarına yönelik teşvik edilen yatırımlara sahip olabilen limanlar da denizcilik şirketlerinin de liman seçiminde göz önünde bulundurduğu derinlik, rıhtım uzunluğu, konteyner depolama sahası gibi fiziki liman özelliklerini geliştirme imkânı yakalamakta ve bu rekabette öne çıkabilmektedir (Medda ve Carbonaro, 2007; Liu ve Medda, 2009; Arvis vd., 2018). Ayrıca, güvenilir ve yüksek kapasiteli bir liman altyapısı, özellikle uluslararası ticarete büyük ölçüde bağımlı olan imalat ve lojistik sektörlerinde doğrudan yabancı yatırımları çekmek için önemli bir cazibe faktörüdür. Bu nedenle, Akdeniz konteyner limanlarının operasyonel verimliliği ve gelişim stratejileri, yalnızca lojistik bir mesele olmaktan ziyade, sanayi politikalarını, ticaret stratejilerini ve genel ekonomik çeşitlendirme çabalarını şekillendiren stratejik ekonomik araçlar olarak değerlendirilmelidir.

Bu çalışmanın amacı, Akdeniz bölgesindeki büyük konteyner limanlarının görece verimliliğini girdi yönelimli CCR-VZA ile ölçmek ve iyileştirme potansiyellerini nicelleştirmektir. Modelde girdiler terminal/istif alanı, rıhtım uzunluğu ve rıhtım derinliği; çıktı toplam TEU'dur. Literatürde bu yöntemi kullanan çok sayıda araştırma bulunmakla birlikte, bu çalışma; güncel bir karşılaştırma yılına dayalı olması, Akdeniz ölçeğinde odaklı bir çerçeve sunması, altyapı odaklı değişken setiyle fiziksel kapasite kullanımını doğrudan izole etmesi ve her liman için ölçülebilir girdi azaltım hedefleri sunması ile literatüre katkıda bulunmaktadır.

2. Literatür Taraması

Son dönemde, liman rekabetçiliği konusuna literatürde giderek artan bir ilgi gösterildiği görülmektedir. Limanların rekabet düzeyleri, parametrik ve parametrik olmayan analiz yöntemleriyle değerlendirilebilmektedir. Konteyner limanlarının verimliliği üzerine yapılan önceki çalışmaların incelendiği derlemeler, liman performansının ve verimliliğinin ölçülmesi ve karşılaştırılması amacıyla Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Stokastik Sınır Analizi (SSA) yöntemlerinin kullanımının yaygınlaştığını ortaya koymaktadır (Iyer ve Nanyam, 2020; Julien vd., 2018; Kutin vd., 2017; Fancello vd., 2021; Moschovou ve Kapetanakis, 2023; Martínez-Moya vd., 2024). VZA yöntemi, SSA ile birlikte liman performansını ve verimliliğini ölçme ve kıyaslama amacıyla sıklıkla başvurulan yöntemlerdendir (Schøyen ve Odeck, 2013). Özellikle VZA, Akdeniz bölgesindeki konteyner limanlarına yönelik çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir tekniktir.

Cullinane ve Wang (2006), Akdeniz limanları da dâhil olmak üzere 69 Avrupa konteyner limanını VZA ile incelemiştir. Ortalama verimlilik skorlarına göre de terminallerin mevcut girdilerle çıktısı 2,4 kat artırabileceğini göstermiştir. Caldeirinha ve arkadaşları (2009), 43 Avrupa limanından oluşan bir örneklem temelinde, performans ile limanın konumu, büyüklüğü, altyapısı, uzmanlık alanı ve sunulan denizcilik hizmetleri gibi karakteristik özellikleri arasında güçlü bir bağ olduğunu ortaya koymuştur. Moschovou ve Kapetanakis (2023), verimlilik, kapasite ve rekabetçilik hakkında önemli bilgiler sunan temel çalışmaları öne çıkarmaktadır. Elsayeh (2015), 1998-2012 yılları arasında 22 Akdeniz konteyner limanının teknik verimliliğini ve rekabetçiliğini VZA ile birlikte kesit ve panel veri analizleri kullanarak incelemiştir. Çalışma, ortalama teknik verimliliğin %50'nin altında olduğunu ortaya koymuş, altyapı ve üstyapı yatırımlarıyla önemli iyileştirme potansiyeli olduğunu göstermiştir. Ayrıca, artan piyasa oyuncularını nedeniyle oligopolistik bir piyasa yapısından daha rekabetçi bir yapıya geçiş gözlemlenmiş, bu da liman içi rekabeti ve verimliliği artırmıştır. Polyzos ve Niavis (2013), 30 Akdeniz limanını VZA ile değerlendirerek geniş bir verimlilik skoru yelpazesi bulmuştur. Valencia ve Port Said yüksek verimli olurken, Cagliari ve Napoli gibi limanlar düşük skorlu olarak tespit edilmiştir.

Liman sektöründe VZA'nın kullanımında liman verimliliği; iş hacmi, hizmet kalitesi, liman kullanıcılarının memnuniyet düzeyi ve gemi uğrak frekansı, ana hatlara uzaklık, rıhtım vinçlerinin sayısı ve depolama sahasının genişliği gibi çeşitli ölçütler üzerinden değerlendirmeler gerçekleştirilmektedir. Yaygın olarak kullanılan girdiler arasında rıhtım uzunluğu, terminal alanı ve vinç adedi yer alırken, tipik çıktılar ise konteyner işlem hacmi ve gemi uğrak sayılarıdır.

Bu değişkenlerden ilki, bir limanın sabit varlıklarını temsil eden Altyapı ve Sermaye Girdileridir. Bu kategoride, Fancello ve diğerleri (2021) ile Moschovou ve Kapetanakis (2023) tarafından kullanılan ve konteyner elleçleme ile depolama için elverişli arazi miktarını gösteren Terminal Alanı ya da Saha Alanı yer almaktadır. Bir diğer önemli altyapı girdisi, Moschovou ve Kapetanakis (2023), Wu ve diğerleri (2010) ve Polyzos ve Niavis (2013) tarafından dikkate alınan, gemilerin yanaşması için uygun rıhtım mesafesini belirten Rıhtım Uzunluğu veya Rıhtım Boyudur. Ayrıca, Wu ve diğerleri (2010) tarafından değinilen ve TEU cinsinden ifade edilen Depolama Kapasitesi de bu grupta değerlendirilen bir başka girdidir.

İkinci grup girdi değişkenleri, limanın operasyonel kaynaklarını temsil eden ekipman ve sermaye dışı girdilerden oluşmaktadır. Bu bağlamda, Fancello ve arkadaşları (2021), Moschovou ve Kapetanakis (2023) ile Polyzos ve Niavis (2013) tarafından vurgulandığı üzere, limanın konteyner gemilerine yönelik yükleme ve boşaltma kapasitesinin en kritik göstergelerinden biri rıhtım vinci sayısıdır. Ayrıca, Moschovou ve Kapetanakis'in (2023) belirttiği gibi, terminal sahasında konteynerlerin istiflenmesi ve hareket ettirilmesinde kullanılan RTG veya RMG vinçlerin sayısı da önemli bir ekipman girdisi olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanında, Wu ve diğerleri (2010) tarafından ele alınan ve bazen ton cinsinden ölçülen genel kargo elleçleme kapasitesi, bu kategori kapsamında değerlendirilen bir diğer değişkendir.

Daha az sıklıkla ele alınmakla birlikte, limanların doğal avantajlarını veya dezavantajlarını yansıtabilen Coğrafi veya Konumsal girdiler de bulunmaktadır. Bu konuda Fancello ve diğerleri (2021), limanın Süveyş-Cebelitarık eksenine olan mesafesini, liman verimliliği üzerindeki olası etkisini irdelemek amacıyla yenilikçi bir girdi olarak kullanmıştır. Bu yaklaşım, aktarma limanlarının cazibesinde kilit bir coğrafi faktörü doğrudan verimlilik hesaplamasına dahil ederek, bu hayati koridora olan yakınlıklarına göre limanlar için farklı bir referans noktası oluşturmaktadır. Dolayısıyla, bu eksene daha uzak konumda bulunan limanların verimli kabul edilebilmeleri için diğer kaynaklarını istisnai derecede verimli kullanmaları gerektiği örtük bir şekilde ifade edilmektedir.

Girdi değişkenlerinin yanı sıra, Akdeniz konteyner limanlarının performansını değerlendirmede yaygın olarak kullanılan çıktı değişkenleri de mevcuttur. Bu çıktılar genellikle Fiziksel Üretim Hacmi temelinde ele alınır. Fiziksel üretim hacmi bağlamında, en yaygın kullanılan çıktı ölçütü, Fancello ve diğerleri (2021), Moschovou ve Kapetanakis (2023), Wu ve diğerleri (2010) ve Polyzos ve Niavis (2013) tarafından da belirtildiği üzere, limanın elleçlediği toplam yirmi fitlik eşdeğer birim (TEU)

sayısını ifade eden TEU Cinsinden Konteyner Hacmidir. Buna alternatif olarak, Moschovou ve Kapetanakis (2023) tarafından kullanılan, elleçlenen konteynerlenmiş yüklerin toplam ağırlığını gösteren Ton Cinsinden Konteyner Hacmi de bir diğer önemli çıktı ölçüsüdür.

3. Metodoloji ve Uygulama

VZA, girdi ve çıktı sayısının çok olabildiği parametrik olmayan bir etkinlik ölçme yöntemidir (Talluri, 2000). Temelleri 1960'lı yıllara dayansa da VZA olarak 1970 li yılların sonlarında (Charnes vd, 1978) ortaya çıkan bu yöntem günümüzde halen sıklıkla kullanılmaktadır. VZA yardımı ile her bir karar biriminin (DMU) veri grubu içerisindeki etkinliğini ve etkin olmayanların miktarı matematiksel olarak gösterilebilmektedir. Bu sayede verimliliği düşük çıkan birimlerin girdilerinde ne kadar değişiklik yapılması gerektiği hesaplanabilmektedir (Charnes vd, 1981). Genel anlamda göreceli verimlilik, ağırlıklandırılmış toplam çıktının, ağırlıklandırılmış toplam girdiye oranı üzerinden ifade edilmektedir. Denklem 1'de formüle edilmiş gösterimi mevcuttur.

$$\text{Görece Etkinlik Değeri} = \frac{\text{ağırlıklandırılmış toplam çıktı}}{\text{ağırlıklandırılmış toplam girdi}} = \frac{h_1d_1 + h_2d_2 + \dots + h_nd_n}{a_1p_1 + a_2p_2 + \dots + a_mp_m} \quad (1)$$

Denklem 1'de belirtilen n , toplam çıktı sayısını, m ise toplam girdi sayısını belirtmektedir. h , ağırlıklandırılmış çıktı birimini, a ise ağırlıklandırılmış girdi birimini temsil eder. d , çıktı birimin miktarını, p ise girdi biriminin miktarını belirtmektedir.

VZA, kullanım amacına göre farklı yaklaşımların kullanıldığı bir yöntemdir. Bu yaklaşımlar; CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes, (1978)) and BCC (Banker, Charnes ve Cooper, (1984)) olmak üzere analizin kullanım amacına göre değişiklik gösteren yaklaşımlar olarak tanımlanabilir. CCR yaklaşımı sabit getiri varsayımına dayanır ve DMU'ların teknik etkinliğini değerlendirirken ölçek etkinliğini dikkate almaz. Diğer VZA yaklaşımı olan BCC'de ise değişen getiri varsayımı temel alınır. Bu modellerle birlikte saf teknik etkinliklerin ölçülmesi mümkün kılınır (Cooper vd, 2011). Her iki model de hem girdi yönelimli hem de çıktı yönelimli olarak formüle edilebilir. Girdi yönelimli modellerde amaç, aynı çıktı düzeyini koruyarak girdileri en aza indirmek iken; çıktı yönelimli modellerde ki amaç, mevcut girdilerle en fazla çıktıyı elde etmektir.

VZA, uygulama esnekliği ve sonuçların açık yorumlanabilirliği gibi avantajlar sunmakta ve verimliliğini kıyaslamada detaylı skorlama sistemiyle tam hiyerarşik sıralama, verimsiz birimlerin idealden sapma derecesini belirleme ve çoklu girdi ile çıktıları analiz etmekte avantaj sağlamaktadır (Chang vd., 2015). Ancak VZA'nın sınırlılıkları da bulunmaktadır. Bu yöntem özellikle aykırı verilere duyarlıdır ve sonuçlar analize dâhil edilen girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimine bağlıdır.

Değişkenler arasındaki potansiyel korelasyonların dikkate alınmaması ek yöntemlerin kullanılmasını gerektirebilmektedir (Fancello vd., 2021). Buna karşın VZA ile elde edilen liman verimlilik skorlarının göreceli ve dinamik bir yapıda olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapılan bu çalışmada, dünya taşımacılığının bağlantı noktalarından biri olan ve Avrupa, Afrika ve Asya'yı birbirine bağlayan Akdeniz bölgesindeki konteyner limanlarının verimlilik analizi gerçekleştirilmiştir. Akdeniz bölgesinde toplam 77 adet konteyner limanı bulunmaktadır. Bu bağlamda çalışmaya dâhil edilen 25 liman, Lloyd's List'in (2024) One Hundred Container Ports raporunda yer alan ve 2023 yılı itibarıyla Akdeniz Havzası'nda en yüksek TEU hacmine ulaşan konteyner limanlarından seçilmiştir. Seçilen bu 25 liman bölgesel toplam elleçleme hacminin yaklaşık %80'ini temsil etmektedir. Dolayısıyla, bu limanların incelenmesi hem Akdeniz konteyner trafiğinin büyük bölümünü kapsamakta hem de literatürde yer alan benzer verimlilik çalışmalarının (örn. Cullinane ve Wang, 2006; Fancello vd., 2021) yöntemsal yaklaşımıyla uyum sağlamaktadır. Bu çalışmada, en çok kullanılan 25 Akdeniz konteyner limanının 2023 yılındaki yaptıkları toplam elleçleme miktarı üzerinden verimlilik analizi yapılmıştır. CCR-VZA modeli kullanılırken konteyner depolama ve terminal alanı, rıhtım uzunluğu ve rıhtım derinliği bilgileri girdi (input) olarak, toplam elleçlenen toplam TEU miktarı çıktı (output) olarak dikkate alınmıştır.

Bu çalışma, limanların fiziksel altyapıyı çıktıya dönüştürme etkinliğini ölçen bir kapasite kullanım sınırı kurmayı amaçlamaktadır. Bu nedenle giriş değişkenleri yalnızca liman yönetiminin doğrudan kontrol edebildiği altyapı temelli göstergelerle tanımlanmıştır.

Ekipman sayıları ile emek gibi operasyonel değişkenler talebe eş zamanlı tepki vermekte ve çoğu durumda çıktıyla birlikte ortak belirlenmektedir. Bu değişkenlerin modele dahil edilmesi, altyapı göstergeleriyle yüksek doğrusal ilişki nedeniyle ağırlıkların kararsızlaşmasına ve etkinlik sınırının yukarı doğru kaymasına yol açabilmektedir (Pham vd., 2021). Ayrıca ekipman göstergelerinde tanım ve ölçüm farklılıkları (örneğin ekipman türü, kapasite, yaş, kullanım oranı) ile veri eksiklikleri uluslararası karşılaştırılabilirliği zayıflatmaktadır (Kırmacı ve Kaleibar, 2025).

Coğrafi göstergeler ise karar birimlerinin kontrolü dışındaki çevresel faktörlerdir. Bunların verimliliği etkilediği kabul edilmekle birlikte doğrudan eklenmesi, yönetsel verimsizlik ile çevresel üstünlükleri birbirine karıştırma riski taşır (Kırmacı ve Kaleibar, 2025). Bu çalışma özellikle altyapı kullanım etkinliğini izole etmeyi hedeflediği için söz konusu çevresel etkileri araştırma sınırları dışında bırakmıştır.

Konteyner depolama ve terminal alanı, limanın alabileceği konteyner miktarını etkilediği için diğer verimlilik analizi çalışmalarında da sıklıkla kullanılmaktadır (Wu ve Goh, 2010 ; Hung vd., 2010; Cheon vd., 2010; Bottasso vd., 2010; Wanke, 2011; Wilmsmeier vd., 2013; Schøyen ve Odeck, 2013; Yuen vd., 2013; Munisamy ve Jun, 2013; Kang, 2015; Carine, 2015; Güner, 2015; Baran ve Górecka, 2015; Almawshaki ve Shah, 2015; Wiegman ve Witte, 2017; Kutin vd., 2017; Hlali, 2018;

Kalgora vd., 2019; Birafane ve Abdi, 2019; Pehlivan, 2019; Mustafa vd., 2021; Danladi vd., 2024). Bir diğer girdi birimi olan rıhtım uzunluğu ise hem yaşayabilecek gemi büyüklüğünü etkilemesi hem de aynı anda birden fazla gemiye hizmet verilebilmesini etkilediği için kullanılmıştır (Jiang ve Li, 2009; Wu ve Goh, 2010; Hung vd, 2010; Cheon vd, 2010; Schøyen ve Odeck, 2013; Polyzos ve Niavis, 2013; Yuen vd, 2013; Munisamy ve Jun, 2013; Song ve Cui, 2014; Kang, 2015; Carine, 2015; Güner, 2015; Baran ve Górecka, 2015; Almawsheki ve Shah, 2015; Acer ve Timor, 2017; Wiegman ve Witte, 2017; Kutin vd, 2017; Hlali, 2018; Kalgora vd, 2019; Birafane ve Abdi, 2019; Pehlivan, 2019; Park vd, 2022; Wang vd, 2023). Rıhtım derinliği ise yaşayabilecek olan gemilerin draftını etkilemesinden dolayı çalışmalarda kullanılmıştır (Kalgora vd, 2019; Gökçek ve Şenol, 2018; Pehlivan, 2019; Danladi vd, 2024). Çıktı birimi olarak ele alınan toplam yük elleçleme miktarı ise, daha fazla yük elleçleme ve gelir elde etme amacını doğrudan belirtmesinden dolayı, tüm çalışmalarda çıktı verisi olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Lloyd's List'in yayınladığı "One hundred Container Ports 2024" raporundan temin edilmiştir. Veri setinin özellikleri Tablo 1'de gösterildiği gibidir.

Tablo 1. Veri setinin özelliği (25 konteyner limanı)

	Değişken	Birim	Ortalama	Taban	Tavan	Standart Sapma
Girdi	Terminal Alanı (TA)	hektar	83	15	240	56,80
	Rıhtım Uzunluğu (RU)	metre	2528	626	6769	1382,95
	Derinlik (D)	metre	15	10	18	2,24
Çıktı	Elleçleme (H) (x1000)	TEU	2371	179	8614	1968,28

Çalışmada kullanılan veriler, VZA'nde kullanılmak üzere Rafael Benítez, Vicente Bolós ve Vicente Coll tarafından geliştirilen "deaR: Data Envelopment Analysis in R" (url1) uygulamasına aktarılmıştır. Bu çalışma, diğer VZA uygulamalarından farklı olarak çıktı miktarının değişimi üzerinden verimlilik analizi yapmak yerine, girdilerin daha etkin ve doğru yönlendirilmesini esas almaktadır. Bu nedenle, girdi yönelimli CCR modeli tercih edilmiştir. Araştırmanın temel amacı, mevcut çıktı düzeyleri korunurken altyapı gibi fiziksel girdilerin ne ölçüde azaltılabileceğini belirlemek ve böylece altyapı kullanım etkinliğini değerlendirmektir ve bu bağlamda girdi yönelimli yaklaşım uygun bir yöntem sunmaktadır. Ayrıca, CCR modeli sabit getiri varsayımı altında toplam teknik etkinliği ölçmekte ve farklı ölçeklerdeki limanların girdilerine göre göreceli verimliliklerini ortaya koymaktadır. Örnekleme yer alan limanlar altyapı bakımından geniş bir yelpazeye sahip olduğundan, analizin önceliği altyapının etkin kullanımını değerlendirmektir. Tüm bu gerekçeler doğrultusunda, çalışmada CCR modeli kullanımı uygun bulunmuştur.

4. Tartışma

Akdeniz bölgesinde bulunan en aktif 25 konteyner limanının verimlilik analizinin gerçekleştirildiği bu çalışmada CCR-VZA kullanılmıştır. Modelin uygulanması sonucunda elde edilen veriler Tablo 2’de gösterildiği gibidir.

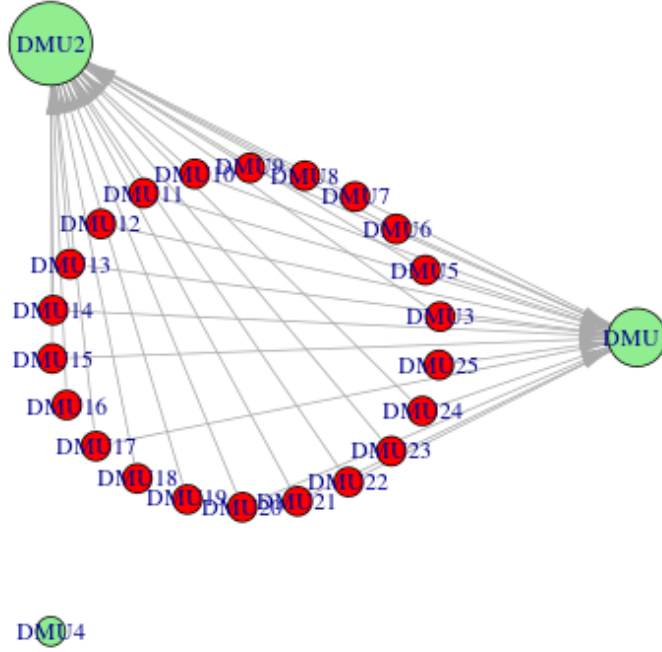
Tablo 2. Verimlilik Sonuçları

Ülke	DMU	Verimlilik	Etkinlik Durumu	Sıralama
Fas	Tanger Med	1,000	Etkin	1
Yunanistan	Piraeus	1,000	Etkin	1
İspanya	Algeciras	1,000	Etkin	1
Slovenya	Koper	0,835	Etkin Değil	4
Mısır	Port Said	0,758	Etkin Değil	5
Türkiye	Mersin	0,728	Etkin Değil	6
İspanya	Valencia	0,726	Etkin Değil	7
İtalya	La Spezia	0,678	Etkin Değil	8
Malta	Marsaxlokk	0,654	Etkin Değil	9
İspanya	Barcelona	0,563	Etkin Değil	10
Türkiye	Kocaeli	0,557	Etkin Değil	11
Mısır	Damietta	0,542	Etkin Değil	12
Cezayir	Djazair	0,540	Etkin Değil	13
İtalya	Gioia Tauro	0,535	Etkin Değil	14
Türkiye	Tekirdağ	0,440	Etkin Değil	15
İtalya	Genoa	0,407	Etkin Değil	16
Hırvatistan	Rijeka Bakar	0,361	Etkin Değil	17
Fransa	Marseille	0,324	Etkin Değil	18
Lübnan	Tripoli	0,317	Etkin Değil	19
Türkiye	Ambarlı	0,296	Etkin Değil	20
Mısır	Alexandria	0,275	Etkin Değil	21
İsrail	Haifa	0,240	Etkin Değil	22
Türkiye	İzmir	0,239	Etkin Değil	23
Lübnan	Beirut	0,185	Etkin Değil	24
Libya	Misurata	0,044	Etkin Değil	25

Bu sonuçlar sadece 25 liman arasındaki görece verimliliği, limanların alt yapılarına oranla elleçledikleri yıllık toplam yük miktarına kıyasla, göstermektedir. Yani, daha fazla yük elleçleyen liman değil, alt yapısını en verimli şekilde kullanan limanın verimlilik değerinin yüksek çıktığı görülmektedir. Tablo 2’de görüldüğü üzere Tanger Med, Piraeus ve Algeciras limanları diğer 22 limandan daha etkin oldukları görülmüştür. Verimlilik değerinin 0,700 üstünde olan limanların görece verimliliğinin iyi olduğu, 0,700 ile 0,500 arasındaki limanların gelişmeye açık olması ve kaynaklarını daha verimli kullanması gerektiği görülmektedir. Görece verimlilik puanı 0,500 altında kalan 11 limanın ise altyapı kaynaklarına oranla elleçleme miktarlarının veri setindeki diğer limanlara kıyasla yeterli olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

VZA, veri setindeki karar birimlerinin üzerinden verimlilik analizini gerçekleştirmektedir. Bu hesaplamaları gerçekleştirirken görece verimli olan limanların, görece verimli olmayan limanlara

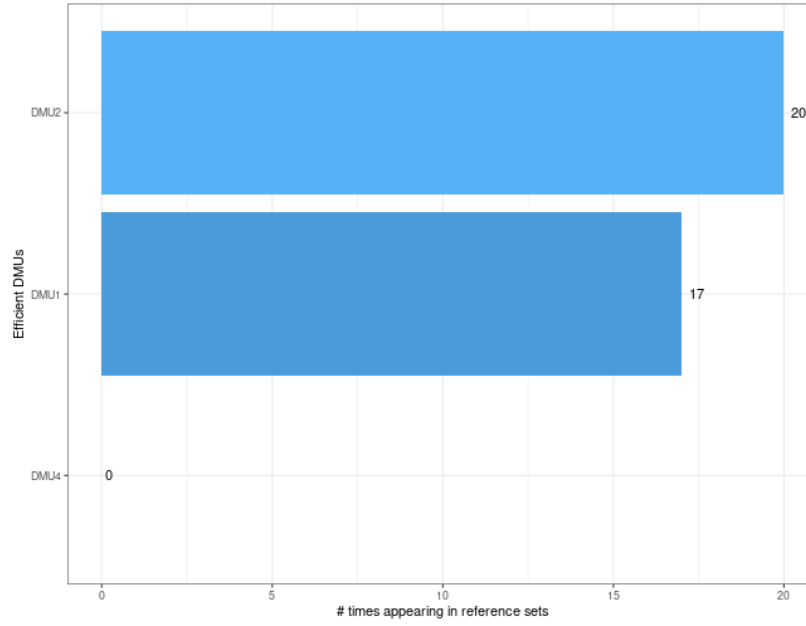
etkisi dikkate alınır. Şekil 1, bu çalışmadaki veri setinin etkinlik açısından birbirine etkisini göstermektedir.



Şekil 1. Veri seti etkileşim grafiği

Şekil 1’de görüldüğü üzere DMU1 (Tanger Med) ve DMU2 (Piraeus) limanlarının girdi ve çıktı miktarları hesaplama yapılırken DMU4 (Algeciras) limanı hariç tüm limanları etkilemektedir. Bu etkiyi görece verimi az olan limanların, modelleme de karşılaştırma yapılırken verimliliğinin daha az çıkmasının nedeni olarak göstermek mümkündür. DMU4 (Algeciras) limanı ise diğer hiçbir limandan ne etkilenmektedir ne de etki etmektedir. Şekil 2, karar birimlerinin etkilenme sayılarını göstermektedir.

Şekil 2’de de görüldüğü üzere Piraeus limanı diğer 20 limanı etkilerken, Tanger Med limanı 17 limanı etkilemektedir. Algeciras limanı ise herhangi bir limanı etkilememektedir. Bu limanların birbirlerine etkiledikleri oranları belirten referans tablosu Tablo 3’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2. DMU etkileşim grafiği

Tablo 3. Verimlilik Etkileşim Oranları

DMU	Tanger Med	Piraeus
Valencia	0,2131	0,5807
Port Said	0,4972	0,0304
Gioia Tauro	0,3930	0,0322
Barcelona	0,3697	0,0226
Ambarlı	0	0,6500
Marsaxlokk	0,1205	0,3456
Genoa	0,1843	0,2261
Kocaeli	0,1003	0,2580
Damietta	0,2057	0
Mersin	0,1690	0,0970
Tekirdağ	0,1058	0,1583
Alexandria	0,0429	0,0870
Marseille	0	0,2610
Misurata	0,0035	0,0291
Tripoli	0	0,1124
Djazair	0	0,1480
La Spezia	0,0341	0,1852
Haifa	0,0172	0,1152
Beirut	0,0079	0,1487
İzmir	0	0,0578
Koper	0,0153	0,1832
Rijeka Bakar	0,0513	0

Tablo 3, veri setindeki DMU'ların, etkileşimlerini belirten referans değerlerini göstermektedir. Örneğin, Valencia limanı, Tanger Med limanının verilerinden %21,31 etkilenirken, Piraeus limanı verilerinden %58,07 etkilenmektedir. Geriye kalan %20,62 ise limanın diğer liman verilerinden etkilenmediği kısımdır.

Cullinane ve Wang (2006), Avrupa'daki 69 limanı inceledikleri çalışmalarında, limanların mevcut altyapıları ile çıktığı yaklaşık 2,4 kat artırabileceklerini ortaya koymuştur. Yapılan bu çalışmada ise Akdeniz limanlarının ortalama etkinlik skorunun 0,53 olması, benzer şekilde önemli bir verimlilik açığının hâlen var olduğunu göstermektedir. Fancello vd. (2021) ise liman verimliliğini yalnızca altyapı kapasitesi üzerinden değil; ekipman (örneğin rıhtım vinçleri, RTG/RMG sayıları), coğrafi konum (Süveyş–Cebelitarık hattına uzaklık) ve hinterland bağlantıları gibi faktörleri de hesaba katarak çok boyutlu bir perspektiften analiz etmiştir. Bu sayede limanların düşük verimliliğinin sadece fiziksel kapasite yetersizliğinden değil, aynı zamanda operasyonel organizasyon ve stratejik konumlanmadan da kaynaklanabileceğini göstermektedir. Yapılan bu çalışmada ise altyapı değişkenlerine odaklanmakla birlikte, ulaşılan sonuçlar Fancello vd. (2021) ile örtüşmektedir. Örneğin, Fancello vd. (2021) birçok Akdeniz limanında teknik kapasiteye kıyasla düşük çıktı elde edildiğini vurgulamıştır. Yapılan bu çalışmada da elde edilen bulgulara 11 limanın $\theta < 0,50$ değerine sahip olduğunu ve mevcut altyapıya rağmen kapasite kullanımının sınırlı kaldığını göstermektedir. Bulgular, altyapı planlamasında rıhtım uzunluğu ve terminal/istif alanının etkin kullanımını artıracak nicel hedeflerin belirlenmesini gerekli kılmaktadır; Türkiye limanlarında bu iki girdideki görece fark, Avrupa limanlarına kıyasla verimlilik kaybının ana kaynakları arasındadır (Pehlivan, 2020). Dolayısıyla, bu çalışma Fancello vd. (2021)'in ortaya koyduğu çok boyutlu verimlilik sorunlarını desteklemekte; fakat özellikle altyapı odaklı bir analizle bu sorunların fiziki temellerine ışık tutmaktadır.

Bununla birlikte, limanların yalnızca fiziksel altyapı etkinliği değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik boyutları da dikkate alınmalıdır. Özellikle hinterland entegrasyonu ve yeşil liman uygulamaları, verimlilik tartışmalarını daha geniş bir çerçeveye taşımaktadır. Bu noktada, yer seçimi ve kentsel etkileşim boyutlarını içeren AHS bulguları yol gösterici niteliktedir. Çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik göstergelerinin, coğrafi ve doğal koşullarla birlikte yüksek ağırlıklar taşıması, liman-şehir mesafesi, temiz enerji kullanımı, hava kalitesi tedbirleri ve demiryolu bağlantılarının yatırım öncelikleri arasında konumlandırılmasını desteklemektedir (Altınpınar, 2025). Ayrıca, iklim değişikliğine uyumun planlanması, yalnızca teknik altyapı yatırımlarına indirgenemeyecek kadar kapsamlıdır. Bu bağlamda, uyum düzenlemelerinin ve finansman araçlarının ana akımlaştırılması; mevzuatta uyum planlarının zorunlu hale getirilmesi, kamu-özel ortaklıkları yoluyla yeşil yatırımların teşvik edilmesi ve dirençlilik ile emisyon azaltımını merkeze alan politika yaklaşımlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Bu tür stratejiler, güncel literatürde de vurgulandığı üzere (Türkistanlı vd., 2025), hem çevresel hem de operasyonel düzeyde liman etkinliğinin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

5. Sonuç

Küreselleşme ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle ticaret küresel bir nitelik kazanmış, tüketicilerin dünyanın herhangi bir noktasında üretilen ürünlere erişimi çeşitli ulaştırma modları aracılığıyla kolaylaşmıştır. Bu modlar arasında yüksek taşıma kapasitesi ve ekonomik avantajlarıyla denizyolu taşımacılığı öne çıkmakta, dünya ticaret hacminin çok büyük bir kısmının bu yolla gerçekleşmesi, söz konusu modun küresel ekonomi için stratejik önemini ortaya koymaktadır. Denizyolu taşımacılığının temel unsurları olan limanlar, kara ve deniz ulaşım ağlarının kesişim noktaları olarak yüklerin depolanması, gemilere yüklenip boşaltılması gibi lojistik faaliyetlerin yürütüldüğü stratejik alanlar olup, yalnızca aktarma noktası değil aynı zamanda ekonomik kalkınmayı destekleyen kritik altyapılar olduğu bilinmektedir. Limanların ekonomik katkısının en üst düzeye çıkarılabilmesi konum, terminal sahası ve depolama alanları gibi altyapı kapasiteleri ile su derinliği, rıhtım uzunluğu ve vinç sayısı gibi teknik özelliklere bağlıdır. Bu unsurlar, limanların elleçleme kapasitesi ve operasyonel verimliliğini belirleyerek rekabet gücü ve ekonomik işlevselliğinde belirleyici rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, konteyner limanlarının etkinliği, yıllık ithalat ve ihracat hacmini yansıtan toplam elleçleme miktarı (TEU bazında) esas alınarak analiz edilmiştir. Etkinlik analizinde, limanların altyapı özellikleri dikkate alınmış ve bu çerçevede üç temel girdi değişkeni kullanılmıştır: liman alanı (hektar), rıhtım uzunluğu (metre) ve rıhtım derinliği (metre). Liman alanı, depolanabilecek konteyner kapasitesini belirleyici bir unsur olarak değerlendirilirken; rıhtım uzunluğu ve derinliği, limana yanaşabilecek gemi sayısı ile gemi boyutlarını doğrudan etkileyen faktörler olarak dikkate alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre, Tanger Med, Piraeus ve Algeciras limanlarının göreceli olarak yüksek etkinlik düzeylerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Buna karşılık, incelenen diğer 22 limanın çeşitli yapısal ve operasyonel nedenlerle daha düşük etkinlik skorlarına sahip olduğu görülmüştür.

Etkinlik skorlarının düşük olmasının başlıca nedeni, bazı limanların sahip oldukları altyapı kapasitesine kıyasla yeterli düzeyde elleçleme faaliyetini gerçekleştirememesidir. Bu duruma etki eden başlıca faktörler arasında limanın coğrafi konumu, ulusal ve uluslararası ulaşım ağlarıyla olan bağlantı düzeyi ile jeopolitik koşullar yer almaktadır. Etkinsizlikle ilişkilendirilen bir diğer husus ise, fiziksel altyapı olanaklarının yüksek olmasına rağmen, bu kapasitenin operasyonel olarak etkin biçimde kullanılamamasıdır. Bu kapsamda, bazı limanların ihtiyaç fazlası terminal alanlarına ve rıhtım uzunluklarına sahip olmaları, kaynakların verimsiz kullanımına işaret etmektedir.

Liman yatırımlarının yüksek maliyetli ve uzun vadeli süreçler gerektirmesi göz önünde bulundurulduğunda, bu tür altyapı fazlalıklarının yanlış yatırım kararlarından kaynaklandığı ve liman yöneticileri tarafından stratejik planlama eksikliklerinin bulunduğu sonucuna varılabilir. Mevcut fiziksel yapıların küçültülmesinin mümkün olmaması nedeniyle, bu limanların operasyonel

verimliliklerini artırmak amacıyla altyapı dışında da çeşitli iyileştirme çalışmaları yürütmeleri gerekmektedir.

Bu kapsamda önerilebilecek stratejiler arasında; gemi elleçleme süreçlerinin hızlandırılması suretiyle limanda geçirilen sürenin azaltılması, limanların karayolu ve demiryolu bağlantılarının güçlendirilerek hinterland erişilebilirliğinin artırılması ve gemi işletmecilerini cezbedebilecek ekonomik teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi yer almaktadır. Söz konusu önlemler, mevcut altyapının daha etkin kullanılmasına katkı sağlayarak limanların genel verimlilik düzeylerinin artırılmasına olanak tanıyacaktır.

Literatürde, ekipman, emek ve coğrafi göstergelerin modele dahil edilmesinin bulguları etkileyebileceği belirtilmektedir. Ancak bu çalışma, kapsam tercihi gereği yalnızca altyapı temelli ve kontrol edilebilir girdilere odaklanmış; söz konusu değişkenleri kapsam dışında bırakmıştır. Gelecekte yapılacak araştırmalarda, aynı örneklem üzerinde kontrol edilemeyen değişkenlerle VZA ya da iki aşamalı modeller aracılığıyla çevresel etkilerin büyüklüğü ayrıca değerlendirilebilir. Bu doğrultuda, altyapı kullanım verimsizliklerinin giderilmesini ve yeşil liman-hinterland bütünleşmesini aynı planlama zemini üzerinde ele alan, ölçülebilir hedeflere dayalı bir politika paketi önerilmektedir. Politika tasarımının dirençlilik ve emisyon azaltımını güçlendiren düzenleyici çerçeveler ve kurumlar arası iş birliğiyle desteklenmesi, uygulama başarısı açısından kritik önemdedir.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

Acer, A., and Timor, M. (2017). The Evaluation of Turkish Container Terminal Efficiency Using Data Envelopment Analysis (DEA). *Alphanumeric Journal*, 5(2), 340–352.

- Almawsheki, E. S., and Shah, M. Z. (2013). Technical efficiency analysis of container terminals in the Middle Eastern region. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 31(4), 477–486.
- Altınpınar, İ. (2025). Green Port and City Integration: Sustainable Approaches in Location Selection. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 10(2), 132–138.
- Arvis, J. F., Vesin, V., Carruthers, R., and Ducruet, C. (2018). Maritime Networks, Port Efficiency, and Hinterland Connectivity in the Mediterranean. World Bank Publications.
- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078–1092.
- Baran, J., and Górecka, A. (2015). Seaport efficiency and productivity based on Data Envelopment Analysis and Malmquist Productivity. *Sustainable Transport*, 6(1), 25–33.
- Bichou, K. (2006). Review of port performance approaches and a supply-chain framework to port performance benchmarking. *Research in Transportation Economics*, 17, 567–598.
- Birafane, M., and Abdi, M. E. (2019). Efficiency of Moroccan seaports: application of DEA using window analysis. *Engineering*, 11(2), 107–118.
- Bottasso, A., Conti, M., and Ferrari, C. (2011). Efficiency and productivity growth in a sample of Italian container terminals. *International Journal of Transport Economics*, 38(2), 107–122.
- Caldeirinha, V., Felício, J. A., and Coelho, J. O. A. N. A. (2009). The influence of characterizing factors on port performance, measured by operational, financial and efficiency indicators. *Recent Advances in Environment, Energy Systems and Naval Science*, pp. 58–70.
- Carine, F. (2015). Analyzing the operational efficiency of container ports in Sub-Saharan Africa. *Open Journal of Social Sciences*, 3(10), 10–17.
- Chang, S. M., Wang, J. S., Yu, M. M., Shang, K. C., Lin, S. H., and Hsiao, B. (2015). An application of centralized DEA in resource allocation in container terminal operations. *Maritime Policy and Management*, 42(8), 776–788.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1981). Evaluating program and managerial efficiency: an application of DEA to Program Follow-Through. *Management Science*, 27(6), 668–697.
- Cheon, S., Dowall, D. E., and Song, D. (2010). Evaluating impacts of institutional reforms on port efficiency changes. *Transportation Research Part E*, 46(4), 546–561.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Zhu, J. (2011). Data envelopment analysis: history, models, and interpretations. In *Handbook on Data Envelopment Analysis* (pp. 1–39).
- Cullinane, K. P., and Wang, T. F. (2006). The efficiency of European container ports: a cross-sectional DEA. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 9(1), 19–31.
- Danladi, C., Tuck, S., Tziogkidis, P., Tang, L., and Okorie, C. (2024). Efficiency analysis and benchmarking of container ports operating in lower-middle-income countries. *Journal of Shipping and Trade*, 9(1), 7.
- Elbayoumi, O., and Dawood, A. (2016). Analysis of the competition of ports in the Middle East using HHI. *Journal of Shipping and Ocean Engineering*, 6(6), 339–347.
- Elsayeh, M. E. (2015). The Impact of Port Technical Efficiency on Mediterranean Container Port Competitiveness (Doctoral dissertation, University of Huddersfield).
- Fancello, G., Schintu, A., and Serra, P. (2018). An experimental analysis of Mediterranean supply chains through cost KPIs. *Transportation Research Procedia*, 30, 137–146.
- Fancello, G., Serra, P., Aramu, V., and Vitiello, D. M. (2021). Evaluating the efficiency of Mediterranean container ports using DEA. *Competition and Regulation in Network Industries*, 22(3–4), 163–188.
- Fancello, G., Serra, P., Vitiello, D. M., and Aramu, V. (2022a). Investigating competitive factors of Mediterranean ports: DEA and PCA. *ICCSA 2022* (pp. 124–139). Springer.
- Fancello, G., Vitiello, D. M., and Serra, P. (2022b). The impact of globalization on Mediterranean container terminals. *International Maritime Transport and Logistic Journal*, 11(1), 86–95.
- Gianfranco, F., Claudia, P., Patrizia, S., and Paolo, F. (2014). Port cooperation policies in the Mediterranean Basin: an experimental approach. *Transportation Research Procedia*, 3, 700–709.
- Gökçek, V., and Şenol, Y. E. (2018). Efficiency analysis of Mediterranean container ports. *Journal of ETA Maritime Science*, 6(2), 129–140.
- Gökmen, D., Cin, M., ve Koçer, T. (2022). Limanların bölgesel kalkınmaya etkisi: Türkiye üzerine ampirik analiz. *Ulaştırma ve Lojistik Kongreleri*.
- Grifoll, M., Karlis, T., and Ortego, M. I. (2018). Evolution of container-traffic share in the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Science and Engineering*, 6(4), 121.

- Grzelakowski, A. S. (2019). Global container shipping market development and its impact on mega logistics systems. *TransNav*, 13(3), 529–535.
- Guerrero, D., and Rodrigue, J. P. (2014). The waves of containerization. *Journal of Transport Geography*, 34, 151–164.
- Güner, S. (2015). Investigating infrastructure, superstructure and financial efficiency in Turkish seaports using DEA. *Transport Policy*, 40, 36–48.
- Hales, D., Lee Lam, J. S., and Chang, Y. T. (2016). The balanced theory of port competitiveness. *Transportation Journal*, 55(2), 168–189.
- Hlali, A. (2018). Efficiency analysis with different models: the case of container ports. *Journal of Marine Science: Research and Development*, 8(2).
- Hung, S., Lu, W., and Wang, T. (2010). Benchmarking the operating efficiency of Asia container ports. *European Journal of Operational Research*, 203(3), 706–713.
- Iyer, K. C., and Nanyam, V. N. (2021). Technical efficiency analysis of container terminals in India. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 37(1), 61–72.
- Jiang, B., and Li, J. (2009). DEA-based performance measurement of seaports in Northeast Asia. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 25(2), 219–236.
- Ju, S., Xie, J., and Tang, H. (2023). Competition and operational efficiency of ports: evidence from China. *Research in Transportation Business and Management*, 46, 100939.
- Julien, S. A., Cowie, J., and Monios, J. (2020). DEA vs. econometric estimation in Caribbean ports. *Maritime Economics and Logistics*, 22, 239–264.
- Kalgora, B., Goli, S. Y., Damigou, B., and Abdoukarim, H. T. (2019). Measuring West-Africa Ports Efficiency Using Data Envelopment Analysis, *The Journal of Transportation Technologies*, 9, 287–308.
- Kang, T.-W. (2015). Seaport efficiency in China: a Malmquist TFP perspective. *Journal of Distribution and Management Research*, 18, 45–52.
- Krmac, E., and Kaleibar, M. M. (2025). On assessing input congestion in container terminals. *Maritime Economics and Logistics*, 1-26.
- Kuo, K. C., Lu, W. M., and Le, M. H. (2020). Competitiveness of Vietnam's port industry using DEA. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 36(3), 136–144.
- Kutin, N., Nguyen, T. T., and Vallée, T. (2017). Relative efficiencies of ASEAN container ports. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(2), 67–77.
- Lam, J. S., and Yap, W. Y. (2006). Cost competitiveness of container ports in Southeast Asia. *Transportation*, 33, 641–654.
- Liu, Q., and Medda, F. (2009). Port infrastructure efficiency: the Europe-Mediterranean case. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 1(4), 361–385.
- Martínez-Moya, J., Mestre-Alcover, A., Sala-Garrido, R., and Furió-Pruñonosa, S. (2024). Are transshipment ports more efficient in the Mediterranean? *Journal of Transport Geography*, 116, 103866.
- Medda, F., and Carbonaro, G. (2007). Growth of container seaborne traffic in the Mediterranean basin. *Transport Reviews*, 27(5), 573–587.
- Morata Fernández, M. (2017). Concentration Evolution of the Container Throughput on the Mediterranean Ports (Master's thesis). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Moschovou, T. P., and Kapetanakis, D. (2023). Efficiency of Mediterranean container ports: a DEA approach. *CivilEng*, 4(3), 726–739.
- Munisamy, S., and Jun, O. B. (2013). Efficiency of Latin-American container seaports using DEA. *3rd Asia-Pacific Business Research Conference*.
- Mustafa, F. S., Khan, R. U., and Mustafa, T. (2021). Technical-efficiency comparison of container ports in Asia and the Middle East. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 37(1), 12–19.
- Notteboom, T. (2016). The adaptive capacity of container ports in an era of mega vessels. *Journal of Transport Geography*, 54, 295–309.
- Notteboom, T., and Yap, W. Y. (2012). Port competition and competitiveness. In *The Blackwell Companion to Maritime Economics* (pp. 549–570).
- Park, J., Lee, B. K., and Low, J. M. (2022). A two-stage parallel network DEA for container terminals. *Maritime Policy and Management*, 49(1), 118–139.
- Parola, F., Risitano, M., Ferretti, M., and Panetti, E. (2017). Drivers of port competitiveness: a critical review. *Transport Reviews*, 37(1), 116–138.
- Pehlivan, D. (2020). Comparative container-port efficiency: Turkey and Europe. *Mersin University Journal of Maritime Faculty*, 2(1), 1–6.

- Pham, T. Q. M., Park, G. K., and Choi, K. H. (2021). The efficiency analysis of world top container ports using two-stage uncertainty DEA model and FCM. *Maritime Business Review*, 6(1), 2-21.
- Polyzos, S., and Niavis, S. (2013). Evaluating port efficiency in the Mediterranean. *International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies*, 5(1), 84–100.
- Rodrigue, J. P., and Notteboom, T. E. (2013). Containerization and global supply chains: port ve liner integration. *Port Management* (pp. 5–28).
- Schøyen, H., and Odeck, J. (2013). Technical efficiency of Norwegian container ports. *Maritime Economics and Logistics*, 15(2), 197–221.
- Sellari, P. (2024). The Mediterranean Between Centrality and Resilience. In *Global Security and International Relations*. (pp. 308–323). IIPE.
- Song, B., and Cui, Y. (2014). Productivity changes in Chinese container terminals, 2006–2011. *Transport Policy*, 35, 377–384.
- Talluri, S. (2000). Data envelopment analysis: models and extensions. *Production/Operations Management Decision Line*, 8–11.
- Türkistanlı, T. T., Özispa, N., Tuğdemir Kök, G., Özdemir, Ü., and Pehlivan, D. (2025). Exploring Research Trends on Climate Change: Insights into Port Resilience and Sustainability. *Sustainability*, 17(8), 3542.
- UNCTAD. (2020). Review of Maritime Transport 2020. United Nations.
- UNCTAD. (2024). Review of Maritime Transport 2024: Navigating Maritime Chokepoints. United Nations.
- URL1. deaR: Data Envelopment Analysis in R. <https://rbensua.shinyapps.io/deaR/>. (Erişim tarihi: 05.05.2025).
- Wang, M., Li, H., Chiu, Y. H., Deng, K., ve Deng, M. (2023). Carbon-emission-reduction potential of ports in China's Yangtze River Delta. *SAGE Open*, 13(4).
- Wiegmans, B., and Witte, P. (2017). Efficiency of inland-waterway container terminals. *Transportation Research Part A*, 106, 12–21.
- Wu, J., Yan, H., and Liu, J. (2010). DEA models for identifying sensitive performance measures in container-port evaluation. *Maritime Economics and Logistics*, 12, 215–236.
- Wu, Y. J., and Goh, M. (2010). Container-port efficiency in emerging and advanced markets. *Transportation Research Part E*, 46(6), 1030–1042.