

VERİMLİLİK DERGİSİ



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

Cilt: 57 | Sayı: 2

Enerjide Dışa Bağımlılık ve Ekonomik Büyümenin Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkileri: Türkiye Örneği
İsmail KAVAZ, Hatice Kübra KÖROĞLU

Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizmasının Türkiye - AB-27 Dış Ticaret İlişkisi Üzerine Olası Etkisi
Behzat Ecem KOÇ, Selahattin KAYNAK

Verimlilik Analizlerinde Tatmin Seviyesi Tayin Edilmemiş EATWIOS Mu? OCRA Mı?: Sağlık Turizmi Üzerine Bir Araştırma
Ahmet Serhat ULUDAĞ, Ebru ŞAHİN

İstihdam, Reel Ücret ve Emek Verimliliği: Türkiye İmalat Sektörü Üzerine Bir Araştırma
Tuna KÖSE, Mehmet AVCI

Mülkiyet Yapılarına Göre Türk Bankacılık Sektörünün Yönetim Yeterliliği Performansının Entropi-MARCOS Yöntemiyle Analizi
Ferhat DEMİRCİ

Türk Bankacılık Sektöründe Personelin Cinsiyet Çeşitliliğinin Kredi Riskine ve Kârlılığa Etkisi
Abdullah PİLATİN

Modelling Strategy of Airline Tankering with Nonlinear Programming
Niyazi Cem GÜRİSOY, Nesrin ALPTEKİN

Son Kilometre Koli Teslimatı Literatür Taraması: Yükselen Eğilim ve İlgili Teknolojilere Bir Bakış
Zehra Burçin KANIK, Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN, Mehmet SOYSAL

JOURNAL OF PRODUCTIVITY



VERİMLİLİK DERGİSİ

Journal of Productivity

T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

Stratejik Araştırmalar ve Verimlilik
Genel Müdürlüğü'nün Yayınıdır

ISSN: 1013-1388 e-ISSN: 2757-6973

Cilt: 57 Sayı: 2

Yayın Türü
Yerel-Sürel / Türkçe-İngilizce

Sahibi
T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI
STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
adına
Genel Müdür

Prof. Dr. İlker Murat AR

Editör
Doç. Dr. Önder BELGİN

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Nazlı SAYLAM BÖLÜKBAŞ

Grafik Tasarım ve Uygulama
Şeniz KOBAL

Dil Editörleri
Nazlı SAYLAM BÖLÜKBAŞ
Şirin Müge KAVUNCU

Yönetim Yeri
T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI
STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Adres: Mustafa Kemal Mahallesi Dumlupınar Bulvarı
(Eskişehir Yolu 7. Km) 2151. Cadde No: 154/A
Çankaya 06510 ANKARA
Tel: 0 312 201 65 02
verimlilikdergisi@sanayi.gov.tr
https://dergipark.org.tr/tr/pub/verimlilik

Baskı Yeri
Elma Teknik Basım Matbaacılık
Adres: İvedik OSB Matbaacılar Sitesi 1516/1 Sk. No: 35
Yenimahalle 06378 ANKARA
Tel: 0 312 229 92 65 - Fax: 0 312 231 67 06 elma@elmateknikbasim.com.tr

Baskı Tarihi
28.04.2023

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

Doç. Dr. Önder BELGİN - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Alp Eren YURTSEVEN - Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu
Dr. Cangül TOSUN - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Cihan YALÇIN - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Kağan KARADEMİR - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. M. Hürol METE - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Murat MAHMUTOĞLU - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Onur AYTAR - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Sinan BORLUK - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Yücel ÖZKARA - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı

DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Adil BAYKASOĞLU - Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Ali SINAĞ - Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Birdoğan BAKI - Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN - İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Cory SEARCY - Toronto Metropolitan University
Prof. Dr. Dirk CZARNITZKI - KU Leuven University
Prof. Dr. Ekrem TATOĞLU - Gulf University for Science and Technology & İbn Haldun Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan Murat ERTUĞRUL - Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Halit KESKİN - Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. İskender PEKER - Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. İsmail EROL - Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. Marina DABIC - University of Zagreb
Prof. Dr. Metin DAĞDEVİREN - Yükseköğretim Denetleme Kurulu
Prof. Dr. Mike DILLON - World Confederation of Productivity Science
Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN - Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Muammer ZERENLER - Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa Zihni TUNCA - Süleyman Demirel Üniversitesi
Prof. Dr. Necati ARAS - Boğaziçi Üniversitesi
Prof. Dr. Özlem ATAY - Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Ramazan AKTAŞ - TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Prof. Dr. Selçuk PERÇİN - Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Serpil EROL - Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Süphan NASIR - İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Türkay DERELİ - Hasan Kalyoncu Üniversitesi
Prof. Dr. Yusuf Tansel İÇ - Başkent Üniversitesi
Doç. Dr. Dursun BALKAN - Türk Hava Kurumu Üniversitesi
Dr. Kamran MOOSA - PIQC Institute of Quality

Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan yazılarda belirtilen görüşler yazarlarına aittir. Dergide yayımlanan yazılardan, Verimlilik Dergisi'nin adı ve sayısı anılarak alıntı yapılabilir.

Verimlilik Dergisi'nin her sayısının, PDF formatında düzenli bir şekilde e-posta adresinize gönderilmesini istiyorsanız, konu alanına "Verimlilik Dergisi" yazarak verimlilikdergisi@sanayi.gov.tr adresine e-posta gönderebilirsiniz.

Verimlilikle ilgili tüm disiplinlerden gelecek makalelere açık olan *Verimlilik Dergisi*, 2004 yılından itibaren "Hakemli Dergi" statüsü ile yayımlanmaya başlamıştır. *Verimlilik Dergisi*, 2008 yılından bu yana TÜBİTAK TR Dizin Sosyal ve Beşeri Bilimler Veri Tabanı'nda taranmaktadır. *Verimlilik Dergisi*'nde yayınlanması istenen çalışmalara ilişkin süreç yönetimi, TÜBİTAK ULAKBİM DergiPark aracılığıyla yürütülmektedir.

İÇİNDEKİLER

253 272	Enerjide Dışa Bağımlılık ve Ekonomik Büyümenin Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkileri: Türkiye Örneği <i>The Effects of Foreign Energy Dependency and Economic Growth on Energy Efficiency: The Case of Türkiye</i> İsmail KAVAZ, Hatice Kübra KÖROĞLU
273 288	Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizmasının Türkiye - AB-27 Dış Ticaret İlişkisi Üzerine Olası Etkisi <i>The Possible Effect of the Carbon Border Adjustment Mechanism on Turkey - EU-27 Foreign Trade Relationship</i> Behzat Ecem KOÇ, Selahattin KAYNAK
289 312	Verimlilik Analizlerinde Tatmin Seviyesi Tayin Edilmemiş EATWIOS Mu? OCRA Mı?: Sağlık Turizmi Üzerine Bir Araştırma <i>EATWIOS without Satisfaction Level Assigned or OCRA in Productivity Analyses?: A Research on Health Tourism</i> Ahmet Serhat ULUDAĞ, Ebru ŞAHİN
313 326	İstihdam, Reel Ücret ve Emek Verimliliği: Türkiye İmalat Sektörü Üzerine Bir Araştırma <i>Employment, Real Wage and Labor Productivity: A Research on Turkish Manufacturing Sector</i> Tuna KÖSE, Mehmet AVCI
327 342	Mülkiyet Yapılarına Göre Türk Bankacılık Sektörünün Yönetim Yeterliliği Performansının Entropi-MARCOS Yöntemiyle Analizi <i>Analysis of the Management Competence Performance of the Turkish Banking Sector According to Ownership Structures by Entropy-MARCOS Method</i> Ferhat DEMİRCİ
343 364	Türk Bankacılık Sektöründe Personelin Cinsiyet Çeşitliliğinin Kredi Riskine ve Kârlılığa Etkisi <i>The Effect of Gender Diversity on Credit Risk and Profitability in the Turkish Banking Sector</i> Abdulmuttalip PİLATİN
365 392	Modelling Strategy of Airline Tankering with Nonlinear Programming <i>Doğrusal Olmayan Programlama ile Havayolu Fazladan Yakıt Taşıma Stratejisinin Modellenmesi</i> Niyazi Cem GÜRSOY, Nesrin ALPTEKİN
393 424	Son Kilometre Koli Teslimatı Literatür Taraması: Yükselen Eğilim ve İlgili Teknolojilere Bir Bakış <i>A Literature Review on the Last-Mile Parcel Delivery: An Overview of the Emerging Trend and Associated Technologies</i> Zehra Burçin KANIK, Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN, Mehmet SOYSAL

Enerjide Dışa Bağımlılık ve Ekonomik Büyümenin Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkileri: Türkiye Örneği

İsmail KAVAZ¹, Hatice Kübra KÖROĞLU²

ÖZET

Amaç: Çalışmanın temel amacı, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı ve ekonomik büyümesinin ülkedeki enerji verimliliği düzeyi üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

Yöntem: Çalışmada, 1980-2020 yılları arasındaki dönem ele alınırken, ekonometrik model olarak, ARDL Sınır Testi yöntemi kullanılmaktadır. Ampirik sonuçlar kısa ve uzun dönem için ayrı ayrı elde edilmiştir.

Bulgular: Elde edilen bulgular, kısa vadede gelir düzeyindeki artışın enerji verimliliğini artırdığı, enerjide dışa bağımlılığı ise azalttığı yönündedir. Uzun dönemde ise enerjide dışa bağımlılık istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla, dışa bağımlılık enerji verimliliğini sadece kısa dönemde etkilemektedir. Ayrıca, gelir düzeyindeki bir artış, kısa vadede olduğu gibi uzun vadede de enerji verimliliğini desteklemektedir.

Özgünlük: Bu çalışmada, enerjide dışa bağımlılık, GSYH ve enerji verimliliği arasındaki ilişki değerlendirilmektedir. Literatürde Türkiye için bu değişkenlerin ilişkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla, çalışmanın ilgili alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Verimliliği, Dışa Bağımlılık, Ekonomik Büyüme, ARDL Sınır Testi, Türkiye.

JEL Kodları: C51, F43, O13, Q40.

The Effects of Foreign Energy Dependency and Economic Growth on Energy Efficiency: The Case of Türkiye

ABSTRACT

Purpose: The main purpose of this study is to analyze the effects of foreign energy dependency and economic growth on energy efficiency level of Türkiye.

Methodology: In the study, while the period between 1980-2020 is discussed, the ARDL Bounds Test method is used as an econometric model. The empirical results were obtained for the short- and long-term, separately.

Findings: The obtained findings present that in the short-term, while a rise in the income level increases energy efficiency, the foreign energy dependency decreases it. In the long term, on the other hand, foreign energy dependency is found as statistically insignificant, which means that the foreign dependency effects energy efficiency only in the short term. Furthermore, a growth in income level increases the energy efficiency in the long term likewise that of the short term.

Originality: In this study, the relationship among foreign energy dependency, GDP and energy efficiency is evaluated. There is no study examining the relationship of these variables for Türkiye in the literature. Therefore, it is thought that the study will contribute to the related field.

Keywords: Energy Efficiency, Foreign Dependency, Economic Growth, ARDL Bound Test, Türkiye.

JEL Codes: C51, F43, O13, Q40.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Bölümü, Elazığ, Türkiye, i.kavaz@firat.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3044-795X (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Bilim Uzmanı, Ankara, Türkiye, hatice.kubraa44@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4531-7477.

DOI: 10.51551/verimlilik.1176428

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 19.09.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 02.03.2023

Atf: Kavaz, İ. ve Köroğlu, H.K. (2023). "Enerjide Dışa Bağımlılık ve Ekonomik Büyümenin Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkileri: Türkiye Örneği", *Verimlilik Dergisi*, 57(2), 253-272.

EXTENDED ABSTRACT

In the modern world, the searches for new and alternative energy sources are increasing gradually. One of the most important concepts among these searches is energy efficiency. Efficiency is critical for the sustainability of development at the point of raising the living standards of individuals and increasing their welfare level. In this context, energy efficiency is a concept that lies at the heart of the economy.

In Türkiye, studies on energy efficiency have started to be given more importance after the 2000s. The country's foreign dependency, especially in terms of fossil fuels, leads Türkiye to develop alternative strategies for energy. In this sense, energy efficiency has the ability to be the most important equity for Türkiye.

The main purpose of this study is to examine the effect of foreign energy dependency and economic growth on the level of energy efficiency in Türkiye. Energy dependency and economic growth appear as two important factors to analyze the efficiency issue.

The reasons of choosing these variables are first, the foreign energy dependency is considered as a serious risk factor in terms of ensuring continuous and sustainable energy supply security. Therefore, the effect of this variable on energy efficiency should be analyzed carefully. The second variable addressed in the study is economic growth. Economic growth is seriously affected by changes in energy consumption. Therefore, energy, which is a production input, is accepted as an indicator of economic growth.

In this study, the effects of foreign energy dependency and economic growth on energy efficiency are examined in the period between 1980-2020 for Türkiye. For this purpose, the ARDL Bounds Test approach is used as an econometric model.

The empirical results are obtained for the short and long-term, separately. In the short term, foreign dependency in energy positively affects energy intensity, and thus, a 1% increase in foreign dependency reduces energy efficiency by 0,82%. In addition, a 1% increase in income reduces/increases energy intensity/efficiency by 0,90%. According to these findings, while foreign dependency in energy affects energy efficiency negatively, there is a positive effect of the economic growth on energy efficiency for the short term. In the long run, a 1% increase in GDP growth reduces energy intensity by 0,97%. On the other hand, the effect of foreign energy dependency on energy efficiency is statistically insignificant.

Empirical findings of the study reveal that economic growth has a positive effect on energy efficiency in each period. In fact, the increases in energy efficiency are almost at the level of the economic growth trend. On the other hand, dependence on external suppliers in energy resources has a serious negative effect on energy efficiency, especially in the short term. As a result, the economic growth should be sustained, and foreign dependency should be reduced for the development of energy efficiency in Türkiye.

In Türkiye the supply and demand stability issue is extremely crucial for ensuring the economic growth and increasing the welfare. In this sense, energy security and increasing the production potential by using domestic resources are considered important. Therefore, the priority in energy policies in Türkiye is to use energy effectively and efficiently, to benefit from the advantages of geostrategic location and to reduce foreign dependency in energy. In this context, one of the most important implications of the study is to change the dependent structure of the country's economy on foreign resources in energy.

Finally, although there is a very large literature on energy efficiency in the international arena, the number of scientific studies examining energy efficiency economically for Türkiye is quite low when compared to the world. Therefore, there is a serious lack of literature in the country in the context of academic studies investigating energy efficiency from an economic perspective. In this sense, it is aimed to contribute to the gap in the mentioned literature with the related study. Moreover, in terms of the variables examined in the study, no other research was found that examined the relationship among energy efficiency, foreign dependency in energy and GDP. In this context, the study can be developed using a wider data set and different econometric methods by adding variables such as technological development to the model.

1. GİRİŞ

Enerji, ekonomideki en önemli girdilerden biri niteliğindedir. Sanayiden ulaşıma, ticaretten üretime kadar neredeyse her alanda kullanılan enerji kaynakları esas itibarıyla günümüz dünyasının vazgeçilemez unsurları arasında sayılmaktadır. Bu bağlamda enerji kaynaklarına olan gereksinim giderek artan bir eğilim izlemektedir. Bahse konu olan enerji kaynakları arasında ise kullanım açısından en büyük pay yaklaşık %80 ile fosil yakıtlara aittir (EnerData, 2022). Buna karşın fosil kaynakların kullanım ömürlerinin giderek azalması, artan tüketim eğilimini tehlikeye sokmaktadır. Öyle ki mevcut durumda fosil yakıt rezervlerinden petrolün 55 yıl, doğal gazın 48 yıl ve kömürün 280 yıl sonra tükeneceği öngörülmektedir (BP, 2022). Buradan hareketle, küresel enerji piyasalarında yeni ve alternatif kaynak arayışlarının giderek artması dikkat çekmektedir.

Söz konusu arayışlar arasında öne çıkan en önemli kavramlardan biri verimliliktir. Verimlilik, bireylerin yaşam standartlarının yükselmesi ve refah düzeylerinin artması noktasında kalkınmanın sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, verimlilik, ekonominin temelinde yer alan bir kavramdır.

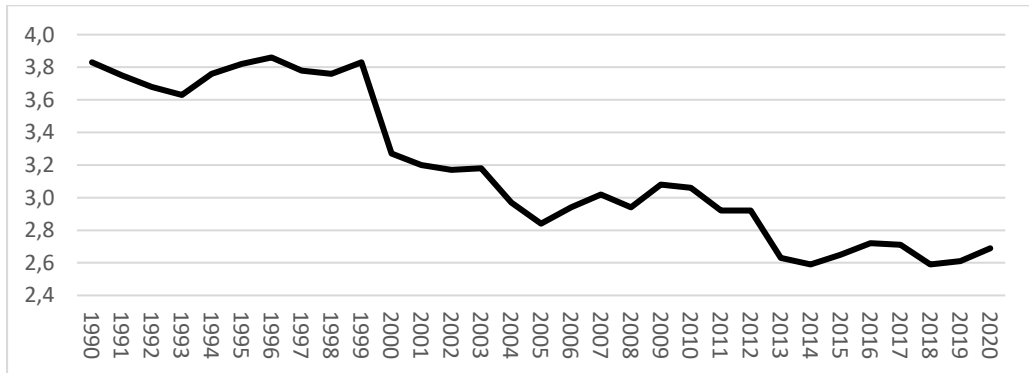
Enerji verimliliği alanında pozitif bir ivme yakalanması, kaynakların daha efektif ve düşük miktarlarda tüketilmesine, enerjide arz güvenliğinin sağlanmasına, mal ve hizmetlerin tasarrufu önceleyecek şekilde ve düşük maliyetli olarak üretilmesine ve enerji kullanım miktarlarındaki azalma neticesinde çevre tahribatının kısıtlanmasına katkı sunmaktadır (Patterson, 1996). Ekonomik ve sosyal gelişmelerin önemli bir parçası olan enerji verimliliği, daha az (veya aynı) kaynak kullanılarak, aynı (veya daha çok) çıktı miktarı elde edilmesi bağlamında hassasiyetle değerlendirilmesi gereken kavramlar arasında sayılmaktadır.

Ekonomik büyüme ve sürdürülebilir kalkınma açısından bakıldığında enerjinin rolü oldukça mühimdir. Bu sebeple enerji kaynaklarına erişim süreci ülkelerin uluslararası politikalarına yön vermektedir. Yukarıda da bahsedildiği üzere, dünya üzerindeki enerji kaynaklarının giderek azalması ülkeleri enerji ile ilgili alternatif politikalar geliştirmeye zorlamaktadır. Bu politikaların odak noktası ise ekonomik büyüme ve artan nüfus ile enerjeye olan ihtiyacın eşgüdümlü bir şekilde ilerlemesi ve sürecin sürdürülebilir olmasıdır. Dolayısıyla, uluslararası rekabet, enerji kaynaklarına sahip olma ve bu kaynakları verimli kullanma yönünde evrilmektedir.

Türkiye'de ise enerji verimliliği ile ilgili çalışmalara 2000'li yıllardan sonra daha fazla önem verilmeye başlanmıştır. Özellikle fosil yakıtlar açısından dışa bağımlı yapısı ülkeyi enerji konusunda alternatif stratejiler geliştirmeye yöneltmektedir. Bu kapsamda enerji verimliliği hususu Türkiye'nin üzerinde ciddiyle durması gereken bir başlıktır. Zira, enerji verimliliği Türkiye açısından en önemli öz kaynak olma yetisine sahiptir.

Türkiye'nin enerji verimliliği alanındaki ilerlemesini daha net bir şekilde görmek için ülkenin enerji yoğunluğu indeksini incelemek yerinde olacaktır. Söz konusu indeks birim GSYH başına tüketilen enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır (Zaim ve Aras, 2020). Ayrıca bu indeks enerji verimliliği ile ters orantılı olduğundan dolayı buradaki düşüşler enerji verimliliği noktasında artış yaşanması anlamına gelmektedir.

Şekil 1'den söz konusu indeksin zaman içerisindeki değişimine bakıldığında, Türkiye'de bu değer 2,5 ile 4 aralığında olduğu görülmektedir. Başka bir deyişle, Türkiye'de 1 birim GSYH üretmek için 2,5 ila 4 birim değerleri arasında enerji tüketimi yapılmak durumundadır. Bu göstergelerle Türkiye dünya ortalamasının üzerine çıkarken, İrlanda, İsviçre, Danimarka ve Lüksemburg gibi gelişmiş ülkelere daha düşük bir pozisyona sahiptir (Dünya Bankası, 2022a).



Şekil 1. Türkiye'nin birincil enerji yoğunluğu (MJ/ \$2017 SGP GSYH, Dünya Bankası, 2022a)

Küresel anlamda enerji verimliliğinde ortaya çıkan ortak temalardan biri genel olarak yıllar içinde enerji yoğunluğunun azaldığı ve enerji verimliliğinin arttığıdır. Türkiye için de böylesi bir tespiti yapmak

mümkündür. Şekil 1'den de görülebileceği üzere Türkiye'de yıllar içinde enerji yoğunluğunun azaldığı ve/veya enerji verimliliğinin arttığı gözlemlenmektedir.

Bu bilgiler ışığında Türkiye'de enerji verimliliğindeki artışlar ve/veya yoğunluğundaki azalmalar yavaş olsa bile, ülkenin enerji yoğunluğu performansının küresel ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, bu durum ilerleyen dönemlerde Türkiye'nin katılacağı küresel iklim müzakerelerinde sunulacak taahhütlerin ağırlığını sınırlama adına bir fırsat olarak görülmektedir.

Enerji verimliliği alanında daha iyi bir performans sergileyebilmek için Türkiye'de kamusal ve yasal düzenlemeler yapılmaktadır. Bu doğrultuda hayata geçirilen ilk düzenlemelerden birisi Tablo 1'den de görülebileceği üzere 2007 yılında yapılan *5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu* olmuştur. Sonrasında ise binalar ve ulaşımda enerji verimliliği ile ilgili farklı düzenlemeler yapılmıştır. 2010 yılında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından düzenlenen *Türkiye İklim Değişikliği Strateji Belgesi* ile enerji verimliliği, iklim ve çevre sorunları konusunda yapılacaklar değerlendirilmiştir. Devamında *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2013* ve *Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı* Türkiye'de gerçekleştirilen enerji verimliliği çalışmalarının omurgasını oluşturmuştur. 2017'de kamuoyuna tanıtılan *Milli Enerji ve Maden Politikası* ve yine aynı yıl ortaya koyulan *Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı* ile enerji alanındaki verimliliğin artırılması konusunda yapılacak yatırımlar ve izlenilecek yol haritası belirlenmiştir. Ayrıca 2018'de yayımlanan *Enerji Verimliliği Denetim Yönetmeliği* sayesinde yukarıda bahsedilen yatırım ve stratejiler bağlamındaki yasal zemin güçlendirilerek kontrol mekanizmasının işlevliliği artırılmıştır. Yakın geçmişte ortaya koyulan *11. Kalkınma Planı* ve *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı* belgelerinde enerji verimliliğine ayrı bir başlık açılarak bu alandaki düzenlemelerin devlet politikası olduğu vurgulanmıştır.

Tablo 1. Türkiye'de enerji verimliliği konusunda yapılan düzenlemeler

Yıl	Düzenleme
2007	5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu
2008	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği
2008	Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik
2010	Türkiye İklim Değişikliği Strateji Belgesi
2011	Enerji Kaynaklarının ve Enerji Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik
2012	Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2013
2012	Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı
2017	Milli Enerji ve Maden Politikası
2017	Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
2018	Enerji Verimliliği Denetim Yönetmeliği
2019	11. Kalkınma Planı
2020	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı (2019-2023)

Kaynak: Yazarlar tarafından derlenmiştir.

Yapılan bu çalışmalar ile enerji verimliliği konusunun Türkiye'nin enerji politikalarında oldukça önemli bir konuma geldiği görülmektedir. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı ile birlikte Türkiye'nin potansiyeli bakımından gerçekçi hedefler belirlenmektedir. ETKB tarafından yapılan hesaplamalara göre enerji verimliliği için 2023 yılına kadar yaklaşık 10 milyar dolar yatırım yapılarak, 2033 yılında üç kat daha fazla tutarda tasarruf sağlanması hedeflenmektedir (ETKB, 2017).

Elbette ki enerji verimliliğini tek başına ele alıp buna göre değerlendirmelerde bulunmak yeterli değildir. İktisadi olarak enerji verimliliğini etkileyen etmenlerin de söz konusu değerlendirmeye dahil olması daha bütüncül bir yaklaşımı beraberinde getirecektir. Bu anlamda dışa bağımlılık ve ekonomik büyüme iki önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'deki enerjide dışa bağımlılık ve ekonomik büyümenin ülkedeki enerji verimliliği düzeyi üzerindeki etkisinin incelenmesidir.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ilk olarak enerji verimliliği, enerjide dışa bağımlılık ve ekonomik büyümenin iktisat politikalarındaki yeri kavramsal açıdan değerlendirilmektedir. Sonrasında literatürde konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelenerek, bu çalışmaların konusu, kullandıkları yöntem ve ulaştıkları sonuçlar özetlenmektedir. Ardından, çalışmada kullanılan veri seti ve metodoloji tanıtılıp elde edilen ampirik bulgulara yer verilmektedir. Bu bağlamda ekonomik büyüme ve enerjide dışa bağımlılık olgularının enerji verimliliği üzerindeki etkilerinin yönü, şiddeti ve anlamlılığı kısa ve uzun dönemler için ayrı ayrı ele alınmaktadır. Son olarak sonuç bölümünde yapılan analizde değişkenlerin enerji verimliliğini nasıl ve ne derece etkilediği üzerinde durulmaktadır. Ayrıca, çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda birtakım politika önerileri sunulmaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Enerji kavramını bir sistemin iş yapabilme kapasitesi olarak tanımlanmak mümkündür. Dolayısıyla, enerji üretim için olduğu gibi modern insan yaşamı için de fazlasıyla gerekli bir unsurdur. İnsanlar hayatın olağan akışı içinde birçok alanda enerjiden faydalanmaktadır. Bu bağlamda enerji günümüz dünyasının vazgeçilmez bir unsuru olarak sınıflandırılabilir.

Enerji verimliliği ise kullanılan enerji miktarının üretim sürecindeki kaliteyi ve çıktı miktarını azaltmadan, ekonomik büyüme ve refah üzerinde olumsuz bir etkiye sebep olmadan azaltılması şeklinde ifade edilmektedir (Uzun ve Değirmen, 2018). Dolayısıyla, söz konusu kavramın hem “tüketim” hem de “üretim” boyutları ile ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir. Arz tarafındaki enerji verimliliği, enerjinin üretimi, iletimi veya dağıtımını esnasında meydana gelen kayıpları önleme ile ilgilidir ve bu sürecin enerji sürdürülebilirliği açısından muhakkak önemli katkıları bulunmaktadır. Ancak, genelde enerji iktisadi literatürü, özelde ise bu çalışma, tüketimde enerji verimliliği üzerine odaklanmaktadır.

Diğer taraftan, toplam enerji tüketimindeki azalışı, enerji verimliliğinde bir artış olarak görmek de doğru değildir. Tüketilen toplam enerji miktarındaki azalışı ifade eden kavram “enerji korunumu” (*energy conservation*) kavramıdır ve bu kavram çerçevesindeki birincil amaç toplam enerji talebinin azaltılmasıdır. Buna mukabil, enerji verimliliğindeki artışlar, bir enerji hizmeti sunulurken tüketilen enerjinin azaltılması ile ilgilidir (Ryan ve Campbell, 2012). Dolayısıyla, enerji sürdürülebilirliğine katkıda bulunması beklenen, enerji korunumu değil, enerji verimliliğidir. Zira, herhangi bir ekonomik aktivitede bulunulmadığında enerji tüketimi gerçekleşmeyeceğinden, enerji tüketimi azaltılmış ve enerji korunumu sağlanmış olur. Ancak, bunun neticesinde ortaya çıkartılan herhangi bir ekonomik değer yoktur. Öte yandan, ısıtma, soğutma, aydınlatma, ulaştırma, imalat gibi bir enerji hizmeti sunulurken, yani bir ekonomik değer oluşturulurken, daha az enerjinin kullanılması, enerji verimliliğinde bir artış ifade eder ve bu durum, sürdürülebilir kalkınma ve refah artışı açısından arzu edilen bir sonuçtur.

Enerji verimliliğinin makro düzeyde ölçülmesinde kullanılan temel gösterge ise enerji yoğunluğudur (*energy intensity*). Enerji yoğunluğu, genel olarak, bir ülkede bir dönemde gerçekleşen toplam enerji tüketiminin aynı dönemdeki Gayrisafi Yurtiçi Hasıla'ya (GSYH) bölünmesiyle elde edilir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ve Avrupa Çevre Ajansı (EEA) gibi pek çok uluslararası kurum ülkeler için enerji verimliliğinin düzeyini izlerken bu göstereyi kullanır.

Enerji verimliliğinin artmasının bireysel, endüstriyel, ulusal ve uluslararası düzeyde pek çok etkileri bulunmaktadır. İktisat perspektifinden değerlendirildiğinde, enerji verimliliğinin etkilediği önemli değişkenlerden birisi ekonomik büyümedir. Enerji verimliliği-ekonomik büyüme ilişkisi ile ilgili yapılan deneysel çalışmalar, farklı ülkelere ait farklı zaman dilimlerini kapsayan verileri kullanarak çeşitli yöntemlerle analizler yapmıştır. Burada belirtilmelidir ki, enerji verimliliği-ekonomik büyüme ilişkisinin; karşılıklı-bağımlı, karmaşık dinamik sistemlerden oluşan bir ekonomide, neden-sonuç ilişkisi çerçevesinde tespit edilmesi deneysel olarak oldukça zordur (Gillingham ve diğerleri, 2016). Söz konusu ilişkinin tahmin edildiği deneysel çalışmalarda iki farklı yaklaşımın kullanıldığı görülmektedir. Bunlar makroekonomik tahminlemeler ve hesaplanabilir genel denge modelleri olarak sınıflandırılmaktadır. Her iki yöntemin de kendine has avantajları ve avantajları vardır. Bu yöntemler kullanılarak yapılan deneysel analizlerin genel sonucu, enerji verimliliğindeki artışların üretimi artırdığı, işsizliği azalttığı ve ekonomik büyümeye pozitif katkıda bulunduğudur. Sürdürülebilir kalkınma perspektifinden ele alındığında, ulaşılan bu sonuçlar oldukça önemlidir ve karar alıcılar tarafından politika yapımında dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmanın incelediği bir diğer değişken olan enerjide dışa bağımlılık kavramı; bir ülkenin enerjide kendi kendine yetememesi ve ihracat yapabilmek için gerçekleşen üretimin başka ülkelere bağlı olması anlamına gelmektedir. Yerel kaynakların kullanımının artırılması, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması için öncelikli bir unsurdur. Ülkeler enerji gereksinimleri için ilk olarak ulusal kaynaklara yönelmektedir. Ulusal kaynakların yetersiz olduğu durumda enerji ihtiyaçları dış tedarikçiler vasıtasıyla karşılanmaktadır. Bu da enerjide dışa bağımlılık durumuna neden olmaktadır. Dolayısıyla, enerji arz güvenliğinin sürekli ve sürdürülebilir olarak sağlanması noktasında enerji kaynaklarında dışa bağımlılık durumu ciddi bir risk unsuru olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmada ele alınan son değişken ise ekonomik büyümedir. Genel itibarıyla ekonomideki mal ve hizmet üretimindeki artış olarak tanımlanan bu kavram, işgücü, beşerî sermaye, teknoloji ve sermaye mallarındaki artış şeklinde değerlendirilmektedir. Ekonomik büyüme, GSYH ile elde edilen çıktının toplam piyasa değerindeki artışı şeklinde ölçülmektedir. Bunların yanı sıra, ekonomik büyüme, enerji tüketimindeki değişimlerden ciddi ölçüde etkilenmektedir. Dolayısıyla, üretim girdisi olan enerji, ekonomik büyümenin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Enerji ekonomisi literatürü, enerji verimliliği hakkında oldukça üretken olup diğer alt disiplinlerle karşılaştırıldığında hatırı sayılır ölçüde zengin ve karmaşıktır. İlgili alandaki literatür genel olarak incelendiğinde, enerji verimliliğinin ölçülmesinde enerji yoğunluğu indeksi kullanılarak birçok çalışmanın yapıldığı dikkat çekmektedir. Zira, çalışmanın önceki bölümlerinde de belirtildiği üzere enerji yoğunluğu enerji verimliliğinin ölçülmesi noktasında temel bileşenlerden biridir. Bunun yanı sıra, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki bağlamında da enerji verimliliği sıklıkla değerlendirilmektedir.

Söz konusu ilişki incelenirken Türkiye özelinde yapılan çalışmalar genel olarak iki ana grup altında toplanmaktadır. Bunları nedensellik çalışmaları ve ilişki çalışmaları olarak sınıflandırmak mümkündür. Nedensellik çalışmalarında enerji tüketimi ile ekonomik değişkenler arasındaki istatistiksel nedensellik araştırılırken, ilişki çalışmalarında söz konusu nedenselliğin yanı sıra bahse konu olan ilişkinin boyutu analiz edilmektedir.

Literatürdeki nedensellik çalışmaları, nedenselliğin yönü bakımından farklılıklar göstermektedir. Bazı çalışmalarda enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir (Mucuk ve Uysal, 2009; Altınay ve Karagöl, 2005; Altıntaş ve Koçbulut, 2014; Karakaya, 2017). Bunun yanı sıra nedensellik ilişkisinin ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru olduğunu savunan çalışmalar da bulunmaktadır (Soytaş ve Sarı, 2007; Kar ve Kınık, 2008; Özata, 2010; Yenilmez ve Erdem, 2018). Bir takım çalışmalarda, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü ilişkinin olduğu yani her iki değişkenin de birbirini etkilediği öne sürülmektedir (Şengül ve Tuncer, 2006; Akpolat ve Altıntaş, 2013; Karhan, 2016; Doğan, 2016). Son olarak, Türkiye ile ilgili literatürde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir nedensellik ilişkisinin olmadığını savunan çalışmalara da rastlanmaktadır (Altınay ve Karagöl, 2004; Aydın ve Esen, 2016; Kızılkaya, 2018).

Değişkenler arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalarda ise enerji verimliliği ile ekonomik göstergeler birlikte değerlendirilerek, söz konusu ilişki hakkında yorumlar yapılmaktadır. Bu bağlamda, genel eğilim enerji verimliliği konusunda sağlanan ilerlemelerin ekonomi için olumlu sonuçlar doğuracağı yönündedir. Özellikle Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynakları alanındaki yatırımların artması ve bu kaynakların kullanımlarının yaygınlaşmasının enerji verimliliği açısından ciddi avantajlara neden olacağı vurgusu yapılmaktadır (Koç ve Şenel, 2013; Apergis ve Danuletiu, 2014; Doğan ve Yılankırkan, 2015; Aslan ve Öcal, 2016; Alper, 2018).

Enerji tüketimi ve enerji verimliliği ile ilgili Türkiye'yi konu alan literatürdeki çalışmalara bakıldığında genel itibarıyla enerji tüketimiyle ekonomik aktiviteler arasında doğrudan bir ilişki olduğu, enerji verimliliğinin ekonomik büyüme üzerinde etkili olduğu, yüksek teknoloji ve yenilenebilir enerji yatırımlarının verimliliği olumlu yönde etkileme potansiyeli bulunduğu ve özellikle sanayi sektöründe enerji maliyetlerinin yüksek olmasının verimli enerji kullanımı yoluyla azaltılabileceği sonuçlarına ulaşılmaktadır (Özbek, 2023). Ayrıca, Türkiye gibi özellikle fosil enerji kaynaklarında yoğun bir şekilde dışa bağımlı olan ülkelerde uluslararası enerji fiyatlarının yükselmesi, kişi başına gelirin artması ve yeni keşfedilen yerli enerji kaynakları ile birlikte enerji verimliliğinin arttığı çıkarımı yapılmaktadır (Akal, 2016). Yerli kaynakların kullanılmasıyla enerji verimliliği ve kaynakları etkin tüketme arasında pozitif bir ilişki bulunurken, toplam enerji etkinliğinin artmasında elektrik üretimi aşamasında faydalanılan kömür kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir (Kasap ve diğerleri, 2020). Diğer taraftan, kömür ve petrol gibi fosil yakıtların enerji verimliliğinin olumsuz etkilediği; hidro, rüzgâr, güneş ve biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir kaynakların ise verimliliği olumlu etkilediği şeklinde çalışmalar da bulunmaktadır (Naimoğlu ve Akal, 2022; Fisher-Vanden ve diğerleri, 2004). Buna ek olarak, Türkiye gibi ülkeler açısından enerji portföylerinde fosil yakıtların yoğunlukta olması enerjide dışa bağımlılık ve enerji arz güvenliği bağlamında ciddi bir risk unsuru olarak değerlendirilmektedir (Koç ve Şenel, 2013; Apergis ve Danuletiu, 2014; Doğan ve Yılankırkan, 2015; Alper, 2018; Özbek, 2023).

Çalışmanın konusu ile ilgili literatür özeti Tablo 2'de sunulmaktadır. Literatürde Türkiye için enerjide dışa bağımlılık ve ekonomik büyüme ile enerji verimliliği değişkenleri arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Başka bir ifadeyle, verimlilik ve büyümenin yanında enerjide dışa bağımlılık değişkeninin de modele dahil edildiği daha bütüncül bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bakımdan, çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Tablo 2. Literatür özeti

<i>Yazar(lar)</i>	<i>Dönem</i>	<i>Yöntem</i>	<i>Bulgular</i>
Altınay ve Karagöl (2004)	1950-2000	Granger Nedensellik	Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında ilişki olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.
Fisher-Vanden ve diğerleri (2004)	1997-1999	Regresyon Tahmini	Çin'de sanayi sektöründe kullanılan kömür miktarlarının azaltılması enerji verimliliğini artırmaktadır.
Altınay ve Karagöl (2005)	1950-2000	Granger Nedensellik	Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Şengül ve Tuncer (2006)	1960-2000	Granger Nedensellik	Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik olduğu ortaya konmuştur.
Soytaş ve Sarı (2007)	1968-2002	Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik	Elektrik tüketiminden üretim sektöründeki katma değere doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi vardır.
Kar ve Kınık (2008)	1975-2005	Johansen Eşbütünleşme ve Vektör Hata Düzeltme Modeli	Nedenselliğin yönü enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğrudur.
Mucuk ve Uysal (2009)	1960-2006	Granger Nedensellik	Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Özata (2010)	1970-2008	Granger Nedensellik ve VECM	Ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Akpolat ve Altıntaş (2013)	1961-2010	Johansen Eşbütünleşme ve VECM	Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik olduğu ortaya konmuştur.
Koç ve Şenel (2013)	2001-2011	Veri Analizi	Sürdürülebilir bir kalkınma sağlamak açısından enerji kaynaklarının daha verimli bir biçimde tüketilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir.
Altıntaş ve Koçbulut (2014)	1947-2011	Granger Nedensellik, ARDL Eşbütünleşme	Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Apergis ve Daniletiu (2014)	1990-2012	Panel Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik	Kısa vade: Yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru nedensellik. Uzun vade: Ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru nedensellik
Doğan ve Yılankıran (2015)	2005-2014	Veri Analizi	Enerji verimliliği, ülke ekonomisi ve çevrenin korunması bakımından ciddi katkı sağlayabilecek bir enstrümandır.
Karhan (2016)	1960-2011	Granger Nedensellik	Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Akal (2016)	1980-2011	Otoregresif Nedensellik Etki Modeli	Yüksek enerji fiyatları, yüksek kişi başına düşen gelir ve yeni yerli enerji kaynakları enerji verimliliğini artırmaktadır.
Aslan ve Öcal (2016)	1990-2009	ARDL	Yenilenebilir enerji tüketimi ile birlikte kaynakların verimli bir şekilde kullanılması özellikle gelişmekte olan ülkelere önemli avantajlar sağlayacaktır.

Tablo 2. (Devamı)

Aydın ve Esen (2016)	1975-2013	Eşik Regresyon Analizi	Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir nedensellik ilişkisi yoktur.
Doğan (2016)	1988-2012	Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik	Yenilenebilir olmayan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi mevcuttur.
Kavaz ve Özbuğday (2016)	1971-2009	Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik	Enerji üretiminde dışa bağımlılık azaldıkça enerji kullanımındaki verimliliğin de azalacağı sonucuna ulaşılmıştır.
Karakaya (2017)	1961-2017	Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik	Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Kızılkaya (2018)	1960-2015	Bayer-Hanck Eşbütünleşme ve Hacker-Hatemi-J Nedensellik	Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında nedensellik ilişkisi yoktur.
Alper (2018)	1990-2017	Bayer-Hanck Eşbütünleşme ve Toda-Yamamoto Nedensellik	Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır.
Yenilmez ve Erdem (2018)	1986-2016	Toda-Yamamoto Nedensellik Testi	Doğal gazdan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Kasap ve diğerleri (2020)	2009-2018	Parametrik Olmayan Doğrusal Programlama Metodu	Ülkedeki toplam enerji etkinliğinin artmasında elektrik üretimi aşamasında faydalanılan kömür kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir.
Naimoğlu ve Akal (2022)	1990-2018	Driscoll ve Kraay Dirençli Tahmincisi	Hidro kaynağında meydana gelen %1'lik artış enerji verimliliğini %0,18 artırmakta iken rüzgâr, güneş vd. kullanımında meydana gelen %1'lik artış enerji verimliliğini %0,01 oranında artırmaktadır.
Özbek (2023)	1990-2018	PMG, MG ve DFE	Uzun dönemde fosil enerji kaynaklarının kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, endüstrileşme, enerji fiyatları ve şehirleşmenin enerji ithalatçısı geliştirmekte olan ülkelerde enerji verimliliğini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

4. METODOLOJİ ve VERİ SETİ

Çalışmanın bu bölümünde, analizde kullanılan ADF, KPSS ve PP birim kök testlerinden kısaca bahsedilmektedir. Sonrasında, Gecikmesi Dağıtılmış Ototregresif Sınır Testi (ARDL Sınır Testi) yöntemi açıklanmaktadır. Ardından, çalışmada kullanılan veri seti tanıtılmaktadır.

4.1 Birim Kök Testleri

Zaman serileri analizlerinde sonuçların tutarlı olmaları bakımından beklenen en önemli özelliklerden biri serinin durağan olmasıdır. Bu bağlamda serilerin durağan olması birim kök içermediği anlamı taşımaktadır. Başka bir ifadeyle durağan olmayan veri setlerinin trend içermesi nedeniyle herhangi bir dönüşüme uğramadan regresyona eklenmeleriyle sonuçlar gerçeği yansıtmayabilmektedir. Diğer taraftan, verilerin durağan olduğu durumda kurulan modeller daha yansız sonuçlar vermektelerdir. Bu nedenle modellerde kullanılan değişkenlerin durağan olması gerekmektedir. Zaman serisi verilerinde durağanlık analizi genel olarak birim kök testleri kullanılarak yapılmaktadır. Birim kök testinin ana modeli Eşitlik 1'deki gibidir:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \mu_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad (1)$$

Bu denklemde Y değişkeninin şimdiki dönem (t) ile bir önceki dönem ($t - 1$) arasındaki bağıntısını ifade eden bir model kurulmuştur. Denklemdeki μ_t hata terimidir. Söz konusu denklemde eğer Y_{t-1} değişkeninin katsayısı olan (ρ) bir olarak tahmin edilirse birim kök problemi meydana gelir. Farklı bir

ifadeyle, seride durağanlığın olmadığı söylenebilir. Bu süreç durağanlık olgusunun incelenmesinde faydalanılan birim kök testlerinin ana fikri şeklinde nitelendirilebilir (Gujarati, 2003: 814). Bahsedilen model Eşitlik 2 ve Eşitlik 3'te verilmektedir.

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + \mu_t = (\rho)Y_{t-1} + \mu_t \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \mu_t \quad (3)$$

Eşitlik 3'te $\delta = (\rho - 1)$, Δ birinci dereceden fark uygulayıcısı ve t ise trend olarak tanımlanmaktadır. Burada (1) numaralı eşitliği hesaplamak yerine (3) numaralı eşitlik analiz edilir ve sıfır hipotezi olan $\delta = 0$ değerlendirilir. Eğer δ ve ρ parametreleri sırasıyla sıfır ve bir olarak tahmin edilirse modelde birim kök durumunun varlığından bahsedilebilir. Başka bir deyişle, incelenen zaman serisinin durağan olmadığı kanaatine varılır. Öte yandan, eğer Y_t değişkeninin parametresi olan $\delta < 0$ olarak hesaplanırsa seri durağandır sonucuna varılır.

İlk farkının alınmasından sonra durağan hale gelen bir zaman serisi birinci dereceden bütünleşik olarak yani $I(1)$ şeklinde tanımlanmaktadır. Aynı şekilde, zaman serisi iki kez farkı alındıktan sonra durağan hale geliyor ise bu durum serinin ikinci dereceden $I(2)$ durağan olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla, eğer bir seri durağan hale gelmeden önce n kez farkı alınırsa, n 'inci dereceden durağan $I(n)$ olduğu söylenebilir (Verbeek, 2004: 267).

Çalışmada kullanılan Genişletilmiş Dickey ve Fuller (ADF) birim kök testi bir zaman serisinin durağan olup olmadığını anlamak için ilk olarak Eşitlik 1'de ρ katsayısının bire eşit olup olmadığını veya Eşitlik 3'te δ katsayısını aşağıdaki hipotez aracılığıyla test edilerek Y_t değişkeninin durağan olup olmadığını analiz etmektedir.

$$H_0: \delta = 0 \quad \text{Seri } (Y_t) \text{ durağan değildir.}$$

$$H_1: \delta < 0 \quad \text{Seri } (Y_t) \text{ durağandır.}$$

Eşitlik 3'te otokorelasyon problemi olması durumunda bunu gidermek için eşitliğe bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri eklenir ve Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi yapılır. Dolayısıyla ADF, bütünleşme derecesini tahmin etmek için en etkili testlerden biridir. ADF testinin denklemi Eşitlik 4'te verilmiştir.

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Burada ε beyaz gürültü hata terimidir, $\Delta Y_{t-1} = (Y_{t-1} - Y_{t-2})$, $\Delta Y_{t-2} = (Y_{t-2} - Y_{t-3})$, ... ADF testinde $\delta = 0$ sıfır hipotezi sınanır. Eğer sıfır hipotez reddedilirse, ΔY_t değişkeninin durağan olduğu söylenir (Gujarati, 2003: 817).

Serilerin durağan olup olmadığının analiz edilmesi amacıyla uygulanan ikinci yöntem Phillips ve Perron (1988) birim kök testidir. Bu test, ADF testine benzemek ile beraber, zaman serilerinin durağanlığının ölçülmesinde ADF testinde oluşabilecek otokorelasyon sorununa karşı geliştirilmiştir. Bu iki testin farkı ise korelasyon ve hatalarda değişen varyans süreciyle ilgili çözüm oluşturma yöntemleridir. Buradan hareketle, PP testinin ADF birim kök testine kıyasla daha güçlü sonuçlar verdiği söylenebilir. Phillips-Perron testinin denklemleri Eşitlik 5-7'de verilmektedir.

$$y_t = \hat{\alpha} y_{t-1} + \hat{\mu}_t \quad (5)$$

$$y_t = \hat{\mu} + \hat{\alpha} y_{t-1} + \hat{\mu}_t \quad (6)$$

$$y_t = \hat{\mu} + \hat{\beta} \left(t - \frac{1}{2} T \right) + \hat{\alpha} y_{t-1} + \hat{\mu}_t \quad (7)$$

Denklemlerdeki T gözlem sayısını, μ hata terimlerinin dağılımını ifade etmektedir. Burada hatalar ve homojenlik arasında seri korelasyon varsayımlarının geçerliliği test edilmemektedir. Phillips-Perron (PP) testinin boş ve alternatif hipotezleri ile kritik değerleri ADF testi ile aynıdır. Phillips-Perron birim kök testinin hipotezi şu şekildedir:

$$H_0: \alpha = 0 \quad \text{Seri durağan değildir (seride birim kök var).}$$

$$H_1: \alpha < 0 \quad \text{Seri durağandır (seride birim kök yok).}$$

Son olarak Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) birim kök testi açıklanacaktır. Bu testte temel amaç, gözlemlenen serilerden deterministik eğilimi çıkartılarak seriyi durağan hale getirmektir (Kwiatkowski ve diğerleri, 1992). Trendden ayrıştırılan serilerde birim kök bulunmaması, serinin trend durağanlığını göstermektedir.

KPSS yaklaşımında birim kök testlerinin sıfır hipotezinin reddedilmesi ve alternatif hipotezin kabul edilmesinin mümkün olmadığı savunulmaktadır. Bu yönüyle KPSS testi ADF ve PP testlerinden farklılık

göstermektedir. Başka bir deyişle KPSS birim kök testinde boş hipotez durağanlığı, alternatif hipotez ise durağan olmama durumunu ifade etmektedir. Söz konusu hipotezler aşağıda verilmektedir.

$$H_0: \sigma_u^2 = 0 \quad \text{Seriler } (Y_t) \text{ durağandır.}$$

$$H_1: \sigma_u^2 > 0 \quad \text{Seriler } (Y_t) \text{ durağan değildir.}$$

Buradaki durağanlık testlerinde boş hipotez hata terimlerinin varyanslarının sıfır olması üzerine kurulmaktadır. Diğer taraftan alternatif hipotezde ise söz konusu parametrenin sıfırdan büyük olma durumu incelenmektedir.

Kwiatkowski ve diğerleri (1992) durağanlık boş hipotezinin alternatif hipoteze karşı test edilmesi için Lagrange Çarpımı istatistiklerinin kullanılmasını önermektedir. Lagrange Çarpımı Eşitlik 8'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$LM = \sum_{t=1}^T \frac{S_t^2}{\sigma_\varepsilon^2} \quad (8)$$

Bu denklemden KPSS test istatistiği Eşitlik 9'daki gibi formüle edilmektedir.

$$\hat{\eta} = T^{-2} \sum_{t=1}^T \frac{S_t^2}{S^2(l)} \quad (9)$$

Kwiatkowski ve diğerleri (1992) Monte Carlo Simülasyonu yöntemi ile $\hat{\eta}$ kritik değerlerini hesaplamaktadırlar. LM testi kullanılarak tahmin edilen $\hat{\eta}$ değeri kritik değerden büyükse, Y_t değişkeninin durağan olduğu sıfır hipotezi reddedilebilir. Öte yandan, $\hat{\eta}$ değeri kritik değerden küçükse sıfır hipotezi kabul edilir ve serinin durağan olduğu ifade edilir.

4.2. Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (ARDL) Sınır Testi

Çalışmada kullanılan bir diğer ekonometrik yöntem olan Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (ARDL) Sınır Testi, Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından literatüre kazandırılmıştır. ARDL yönteminin üç aşaması bulunmaktadır. Bunlardan ilki, değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisinin incelenmesidir. Ardından, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki analiz edilmektedir. Son olarak ise yine bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişki değerlendirilmektedir. İki değişkenli ARDL yönteminde ana model Eşitlik 10'daki gibidir:

$$\Delta \ln Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{j=0}^m \beta_{2j} \Delta \ln X_{t-j} + \beta_3 \ln Y_{t-1} + \beta_4 \ln X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

Bu eşitlikte Y ve X sırasıyla bağımlı ve bağımsız değişkenleri, Δ serinin birinci farkını ve m gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Modelin tahmin edilmesi için Akaike (AIC) veya Schwartz-Bayesian (SBC) Bilgi Kriterleri yardımıyla değişkenler için uygun gecikme uzunlukları tespit edilmektedir. Gecikme uzunluğu ise aylık, üç aylık veya yıllık seri kullanımına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Modeli tahmin edebilmek için otokorelasyon problemi olmayan ve AIC ve/veya SBC bilgi kriterleri yardımıyla tespit edilen en düşük gecikme uzunluğu seçilmektedir.

Yukarıda bahsedilen süreçlerin sınanması için Wald Testi kullanılarak bir F-istatistiği hesaplanmaktadır. Tahmin edilen F-istatistiği, Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından literatüre kazandırılan anlamlılık düzeyleri ile karşılaştırılmaktadır. Bu aşamada ilk olarak sıfır hipotezi ($H_0: \beta_3 = \beta_4 = 0$) alternatif hipoteze ($H_1: \beta_3 \neq \beta_4 \neq 0$) karşı test edilerek değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisinin varlığı araştırılmaktadır. Eğer tahmin edilen F-istatistiği Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından hesaplanan kritik değerlerin üst limitinden büyük ise sıfır hipotezi reddedilerek değişkenler arasında eşbütünlüşme olduğu kanısına varılmaktadır. Diğer taraftan, hesaplanan F-istatistiği alt sınırdan küçük çıkarsa, boş hipotez reddedilemeyerek değişkenler arasından eşbütünlüşme ilişkisinin bulunmadığı çıkarımı yapılmaktadır. Son olarak, tahmin edilen F-istatistiği alt ve üst limit değerleri arasında bulunursa, ilgili istatistik kararsızlık alanında olduğundan değişkenlerin eşbütünlüşme süreçleriyle ilgili bir çıkarım yapılamamaktadır.

Değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisi belirlendikten sonra, bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasındaki uzun dönemli ilişkiyi incelemek için Eşitlik 11 kullanılmaktadır.

$$\ln Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} \ln Y_{t-i} + \sum_{i=0}^k \beta_{2i} \ln X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (11)$$

Eşitlik 11'de p ve k değişkenlerin gecikme uzunluklarını ifade etmektedir. Gecikme uzunlukları AIC ve/veya SBC bilgi kriterleri yardımıyla belirlenmektedir. Ardından, uygun gecikme uzunluğu ile tahmin edilen modelin F-istatistikleri kontrol edilerek uzun dönem katsayılarının anlamlı olup olmadığına bakılır.

Uzun dönemli ilişkinin varlığı test edildikten ve bağımsız değişkenlerin katsayıları hesaplandıktan sonra, değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişki Hata Düzeltme Modeli (ECM) ile incelenmektedir. ARDL

Sınır Testi yaklaşımının kısa dönem analizi, uzun dönem modelden farklı olarak değişkenlerin birinci farkını kullanmaktadır. İlgili denklem Eşitlik 12'deki gibi formüle edilmektedir.

$$\Delta \ln Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{2i} \Delta \ln X_{t-i} + \lambda ECT_{t-1} + \varepsilon_t \quad (12)$$

Eşitlik 12'de bulunan λ modeldeki hata düzeltme teriminin (ECT) katsayısını ifade etmektedir. Uzun dönem denkleminde elde edilen artıklar ECT'yi tanımlar ve λ sistemin denge sürecine yakınsama gücünü gösterir.

ARDL Sınır Testi yöntemi, diğer eşbütünlüşme yöntemlerine göre çeşitli avantajlara sahiptir. İlk olarak bu yöntem kullanılarak ekonometrik denklemler oluşturulduğunda I(0) ve I(1) olarak elde edilen veriler karma şekilde kullanılabilir. Yani değişkenlerden bazıları I(0) bazıları ise I(1) olabilir. İkincisi, söz konusu yaklaşım küçük örneklem boyutunda eşbütünlüşme ilişkisini belirleyerek daha tutarlı sonuçlar vermektedir. Üçüncüsü, bu yöntem sayesinde değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkiler eş zamanlı olarak test edilmektedir. Dördüncüsü, bu yöntem her değişken için uygun gecikme uzunluğuna izin verdiğinden dolayı model daha dinamik bir yapıya sahip olmaktadır. Ayrıca, modelde optimal gecikmeler kullanıldığından ARDL yöntemi seri korelasyon sorunundan arındırılmaktadır. Son olarak, ARDL sistemi, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında ayırım yapılmasına olanak tanıdığından dolayı içsellik probleminin kaçınmayı sağlamaktadır.

4.3. Veri Seti

Çalışmada kullanılan değişkenler toplam nihai enerji tüketimi (bin/tep), GSYH (Sabit ABD doları, 2015=100), enerji yoğunluğu, enerjide dışa bağımlılık oranı olarak belirlenmiştir. Söz konusu verilerin kullanılmasındaki esas amaç; enerji ihtiyacının dış tedarikçilerden karşılanması ve ekonomik büyümenin enerji kaynaklarının verimli kullanılması üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Bilindiği üzere, enerji tüketimi ile ekonomik aktiviteler arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır (Altınay ve Karagöl, 2004; Altınay ve Karagöl, 2005; Şengül ve Tuncer, 2006; Soytaş ve Sarı, 2007; Kar ve Kınık, 2008; Mucuk ve Uysal, 2009; Özata, 2010; Karhan, 2016; Akpolat ve Altıntaş, 2013; Altıntaş ve Koçbulut, 2014; Apergis ve Daniletiu, 2014; Aydın ve Esen, 2016; Doğan, 2016; Karakaya, 2017; Alper, 2018; Kızılkaya, 2018). Diğer taraftan, çalışmada kullanılan bir diğer veri seti olan dışa bağımlılık ise ekonomik olarak ülkelere yük getiren bir kalemdir. Dolayısıyla, çalışmada söz konusu durumun ekonomik büyümeyi etkilemesi noktasında verimlilik faktörünün ne derece etki ettiği araştırılmak istenmektedir.

Veri seti Türkiye için 1980-2020 yıllarını kapsayan yıllık gözlemlerden oluşmaktadır. Burada Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı ve ekonomik büyümesinin ülkedeki enerji verimliliği düzeyi üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda kurulan ekonometrik model Eşitlik 13'te gösterilmektedir.

$$Int_t = f(Dep, Y) \quad Int_t = \alpha_0 + \alpha_1 Dep_t + \alpha_2 Y_t + \varepsilon_t \quad (13)$$

Burada Int enerji yoğunluğunu, Dep enerjide dışa bağımlılığı ve Y geliri ifade etmektedir. Çalışmada enerji verimliliğinin ölçülmesi noktasında faydalanılan enerji yoğunluğu verisi; nihai enerji tüketiminin GSYH'ye bölünmesiyle elde edilirken, ülkenin enerji açısından kendine yetebilmesi anlamı taşıyan enerjide dışa bağımlılık oranı ($100 - \text{Yerli enerji üretimi} / \text{Toplam enerji arzı}$) formülü ile hesaplanmıştır.

Toplam nihai enerji tüketimi, enerji yoğunluğu ve enerjide dışa bağımlılık oranı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayımlanan "Enerji Denge Tabloları" veri tabanından elde edilmiştir (ETKB, 2022). GSYH verisi ise Dünya Bankası'nın "World Development Indicators" veri tabanından alınmıştır (Dünya Bankası, 2022b).

5. AMPİRİK BULGULAR

Metodoloji kısmında belirtildiği gibi, bir regresyon analizinde kullanılan değişkenlerin durağanlıkları birim kök testleri ile araştırılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, bu çalışmada her bir değişkenin bütünlüşme derecesini analiz etmek için ADF, PP ve KPSS birim kök testleri kullanılmaktadır. Söz konusu yaklaşımla ilk olarak değişkenlerin seviye değerleri test edilmekte, ardından ilk farkları incelenmektedir. Bu aşamaya geçmeden evvel serilere ait grafiklerinin incelenmesi ön bilgi elde edilmesi bakımından faydalı olacaktır.



Şekil 2. Değişkenlere ait grafikler (düzye ve birinci farklar)

Şekil 2'den değişkenlerin düzye de doğrusal bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, değişkenlerin düzye formunda durağan olmadığı kanaatine varılabilir. Öte yandan, değişkenlerin birinci farkına ilişkin grafikler incelendiğinde, serilerin sabit ortalama ve varyans özelliği gösterdiği dikkat çekmektedir. Bu nedenle incelenen serilerin birinci dereceden bütünleşik, $I(1)$ veya birinci farkta durağan olduğu söylenebilir. Ancak, serilerin sadece grafiklerine bakarak durağan olduklarını ifade etmek doğru bir yaklaşım değildir. Durağanlığı analiz etmek için birim kök testlerinin kullanılması gerekmektedir.

Birim kök testleri ile durağanlık testi yapılmadan önce gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Maksimum gecikme uzunluğunun seçimine dair bir kural olmamakla birlikte bu uzunluk genellikle araştırmacılar tarafından belirlenir. Literatürde aylık serilerin kullanıldığı çalışmalarda maksimum gecikme uzunluğu 12 veya 24, yıllık veya mevsimlik serilerin kullanıldığı araştırmalarda ise 4, 8 veya 12 şeklinde belirtilmektedir (Kadılar, 2000: 54). Çalışmada uygun gecikme uzunluğunu seçmek için Modifiye Akaike Bilgi Kriteri (AIC) kullanılmaktadır. Maksimum gecikme uzunluğu tüm değişkenler için 9 olarak seçilmiş ve her bir değişken için optimum gecikme uzunluğu belirlenmiştir. PP ve KPSS yöntemleri için ise Bartlett-Kernel modeli için bant genişliği Newey-West seçim kriterlerine göre seçilmiştir.

Tablo 3. Birim kök testlerinin sonuçları

	Değişkenler	Düzyey Değerleri			1. Fark Değerleri		
		ADF	PP	KPSS	ADF	PP	KPSS
Test İstatistikleri (Sabit Terimli)	Int	-1,05	-1,08	0,69	-5,67*	-5,68*	0,16*
	Dep	-1,35	-2,44	0,71	-6,12*	-6,11*	0,33*
	Y	-0,98	-0,99	0,75	-6,18*	-6,19*	0,15*
Kritik Değerler (Sabit Terimli)	5%	-2,94	-2,94	0,46	-2,94	-2,94	0,46
Test İstatistikleri (Sabit Terimli ve Trendli)	Int	-1,26	-1,91	0,18	-5,65*	-7,51*	0,10*
	Dep	-0,10	-0,02	0,19	-6,86*	-6,86*	0,13*
	Y	-1,36	-1,72	0,15	-6,19*	-6,19*	0,11*
Kritik Değerler (Sabit Terimli ve Trendli)	5%	-353	-3,53	0,14	-3,53	-3,53	0,14

Not. 1. (*) ADF ve PP birim kök testlerine ait istatistiklerin MacKinnon (1991) kritik değerleri için %5 seviyesinde anlamlı olduğunu gösterir.

2. (*) KPSS birim kök testine ait istatistiklerin Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Tablo 1) kritik değerleri için %5 seviyesinde anlamlı olduğunu gösterir.

3. Int, Dep ve Y sırasıyla; enerji yoğunluğu, enerjide dışa bağımlılık ve reel GSYH verilerinin doğal logaritmasıdır.

Tablo 3'te tüm değişkenlere ait birim kök testlerinin sonuçları verilmektedir. Buradan değişkenlerin birinci farkları alındığında durağan hale geldikleri görülmektedir. Zira, ADF ve PP birim kök testleri için düzey değerindeki test istatistikleri, kritik değerlere göre daha küçük, birinci farklarda ise daha büyük olarak tahmin edilmiştir. Bu nedenle, ADF ve PP birim kök testleri için serilerin birinci farkları alındığında durağan olmama sıfır hipotezleri reddedilebilir. Ters hipotez prensibinin benimsendiği KPSS birim kök testinde ise tahmin edilen test istatistiklerinin %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değerlerden küçük olması nedeniyle durağanlık savını nitelendirilen sıfır hipotezi reddedilmez. Bu bağlamda, tüm değişkenlerin birinci farklarında durağan oldukları söylenebilir (I[1]).

Birim kök testlerinin ardından seriler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkileri analiz etmek için eşbütünleşme yöntemlerine başvurulmaktadır. Çalışmada tercih edilen yaklaşım olan ARDL Sınır Testi yönteminde öncelikle serilerin maksimum gecikme uzunluğu belirlenmelidir. Bu çalışmada yıllık veriler kullanıldığından ve gözlem sayısı yeterli olduğundan dolayı maksimum gecikme uzunluğu 4 olarak belirlenmiştir. Modelin gecikme uzunluğu ise otokorelasyon sorunu olmayan en uygun Akaike Bilgi Kriteri sonuçlarına göre (1,1,1) olarak belirlenmiştir.

Tablo 4. Gecikme uzunluklarının belirlenmesi

Gecikme Uzunluğu	AIC	Otokorelasyon (LM)
(1,0,0)	-3,10	3,88 [0,03]
(1,1,1)*	-3,40	2,40 [0,11]
(2,2,2)	-3,38	0,20 [0,81]
(3,3,3)	-3,27	0,51 [0,60]
(4,4,4)	-3,21	0,29 [0,74]

Not. 1. AIC, Akaike Bilgi Kriterinin kısaltmasıdır.

2. (*) otokorelasyon problemi olmayan minimum AIC değerini göstermektedir.

3. Otokorelasyon testlerinin p değerleri, kareli parantezler içerisinde verilmektedir.

4. Breusch-Godfrey testi, maksimum 2. dereceden (AR (2)) serisel korelasyon için yapılmıştır.

Optimum gecikme uzunluğunun belirlenmesinin ardından çalışmada kullanılacak model için uygun olan denklem Eşitlik 14'teki gibidir.

$$\Delta Int_t = \beta_0 + \beta_1 trend + \sum_{i=1}^4 \beta_{2i} \Delta Int_{t-i} + \sum_{i=0}^4 \beta_{3i} \Delta Dep_{t-i} + \sum_{i=0}^4 \beta_{4i} \Delta Y_{t-i} + \beta_5 Int_{t-1} + \beta_6 Dep_{t-1} + \beta_7 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (14)$$

Burada Δ değişkenlerin birinci farkını ifade etmektedir.

Eşitlik 14 analiz edildiğinde tanısal testleri geçtiği görülmektedir. Uygun gecikme uzunluğuyla tahmin edilen modele ait tanısal test sonuçları Tablo 5'te verilmektedir. Buna göre ARDL modeli otokorelasyon, değişen varyans ve normallik koşulları açısından uygun sonuçlar vermiştir. Ayrıca R² değeri, model seçim kriterlerini karşılayacak kadar yüksek şekilde hesaplanmıştır.

Tablo 5. Tanısal test istatistikleri (ARDL (1,1,1))

<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>
R ²	0,99
Düzeltilmiş R ²	0,99
Otokorelasyon (LM)	2,40 [0,11]
Değişen Varyans (White)	0,88 [0,62]
Normallik (Jarque-Bera)	0,22 [0,89]
F-istatistiği	8,27

Not: Testlere ait p (olasılık) değerleri, köşeli parantezlerde verilmektedir.

Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisine karar verebilmek için ARDL modeli açısından önemli olan bir diğer test sınır testidir. Söz konusu karar aşamasında F-istatistiği Pesaran ve diğerleri (2001) ve Narayan (2005) makalelerindeki kritik değerler ile birlikte değerlendirilmektedir. Çalışmada hesaplanan F-istatistiği (8,27), Tablo 6'da verilen kritik değerler ile karşılaştırıldığında, bu değer Narayan'ın %1 anlamlılık düzeyinin üst sınırı hariç diğer tüm anlamlılık düzeylerinin üst sınırlarından yüksek olarak tahmin edildiği görülmektedir. Dolayısıyla, değişkenler arasında eşbütünleşmenin olmadığını iddia eden boş hipotez reddedilmektedir. Bu durum değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisi varlığı ve uzun vadede söz konusu değişkenlerin beraber hareket ettiği anlamına gelmektedir.

Tablo 6. Sınır testi istatistikleri

<i>Anlamlılık Düzeyi</i>	<i>N=40, k=2</i>		<i>Pesaran</i>		<i>Narayan</i>	
	<i>I(0)</i>	<i>I(1)</i>	<i>I(0)</i>	<i>I(1)</i>	<i>I(0)</i>	<i>I(1)</i>
1%	6,34	7,52	7,52	8,80	7,52	8,80
5%	4,87	5,85	5,38	6,43	5,38	6,43
10%	4,19	5,06	4,47	5,42	4,47	5,42

Not. 1. N ve k sırasıyla gözlem ve bağımsız değişken sayılarını göstermektedir.

2. I(0) ve I(1) sırasıyla alt ve üst sınırları temsil etmektedir.

3. Kritik değerler, Pesaran ve diğerleri (2001) ile Narayan (2005) çalışmalarından elde edilmiştir.

4. Modele ait kritik değerler, kısıtsız sabit terim ve kısıtsız trende göre belirlenmiştir.

Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi belirlendikten sonra uzun dönem ilişkisi incelenebilir. Bu aşamada öncelikle, maksimum ve uygun gecikme uzunlukları belirlenmektedir. Maksimum 1 gecikmeye göre uygun model ARDL (1,1,1) olarak dizayn edilmiştir. Uzun dönem sonuçları ve katsayılar Tablo 7' de gösterilmektedir.

Tablo 7. ARDL Sınır Testi yönteminin uzun dönem sonuçları ve katsayılar

<i>Bağımlı Değişken: Int</i>		
<i>Bağımsız Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>Olasılık Değerleri</i>
Int(-1)	0,58	0,00
Dep	0,60	0,01
Dep(-1)	-0,68	0,01
Y	-0,88	0,00
Y(-1)	0,48	0,00
C	1,63	0,00
T	0,01	0,00
<i>Uzun Dönem Katsayıları</i>		
Dep	-0,18	0,55
Y	-0,97*	0,00
C	3,96*	0,00
T	0,03*	0,00
<i>Tanısal İstatistikler</i>		
R ² : 0,99	DW: 1,60	
Düzeltilmiş R ² : 0,99	F istatistiği: 1210,1 (0,00)	
Otokorelasyon (LM): 2,40 (0,11)	χ^2_{White} : 0,88 (0,62)	
χ^2_{Norm} : 0,22 (0,89)	χ^2_{Ramsey} : 0,27 (0,75)	

Not. 1. Int, Dep ve Y sırasıyla; enerji yoğunluğu, enerjide dışa bağımlılık ve reel GSYH verilerinin doğal logaritmasıdır. T ise trend değişkeninin nitelemektir.

2. (*) %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

3. Otokorelasyon (LM), χ^2_{White} , χ^2_{Norm} , χ^2_{Ramsey} sırasıyla Breusch-Godfrey Serisel Korelasyon Testi, White Değişen Varyans Testi, Jarque-Bera Normallik Testi ve Ramsey RESET testini temsil etmektedir.

4. Tanısal testlere ait olasılık değerleri, parantez içlerinde verilmektedir.

Tablo 7’de elde edilen bulgulara göre uzun dönemde gelirdeki %1 artış enerji yoğunluğunu %0,97 azaltacaktır. Dolayısıyla, gelirden meydana gelecek bir birimlik artışın enerji verimliliğini %0,97 oranında artıracığı söylenebilir. Buradan uzun dönem için gelirdeki artışın yani ekonomik büyümenin enerji verimliliğini olumlu etkilediği çıkarımını yapmak mümkündür.

ARDL Sınır Testi yaklaşımının bir sonraki aşamasında uzun dönem modelindeki bilgiler kullanılarak kısa dönem eşitliği tahmin edilmektedir. Kısa dönem modelinin sonuçları Tablo 8’de verilmektedir.

Tablo 8. ARDL Sınır Testi yönteminin kısa dönem sonuçları ve katsayılar

<i>Bağımlı Değişken: ΔInt</i>		
<i>Bağımsız Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>Olasılık Değerleri</i>
C	0,02*	0,00
ΔDep	0,82*	0,00
ΔY	-0,90*	0,00
ECT(-1)	-0,95*	0,00
Tanısal İstatistikler		
Regresyonun standart hatası: 0,046	ARCH (1): F=0,57 [0,45]	
Otokorelasyon (LM): 1,64 (0,20)	χ^2_{White} : 1,08 (0,40)	
χ^2_{Norm} : 0,06 (0,96)	χ^2_{Ramsey} : 3,45 (0,04)	

Not. 1. Int, Dep ve Y sırasıyla; enerji yoğunluğu, enerjide dışa bağımlılık ve reel GSYİH verilerinin doğal logaritmasıdır.

2. ECT hata düzeltme terimini ifade etmektedir.

3. (*) %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

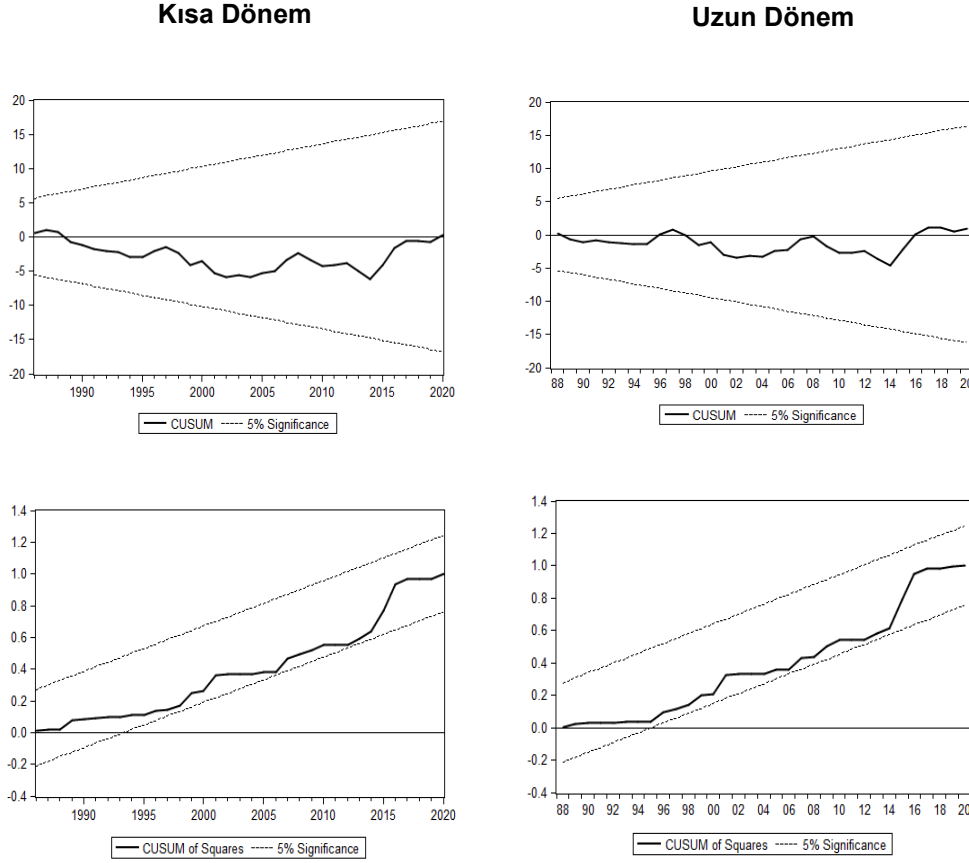
4. Otokorelasyon (LM), χ^2_{White} , χ^2_{Norm} , χ^2_{Ramsey} sırasıyla Breusch-Godfrey Serisel Korelasyon Testi, White Değişen Varyans Testi, Jarque-Bera Normallik Testi ve Ramsey RESET testini temsil etmektedir.

5. Tanısal testlere ait olasılık değerleri, parantez içlerinde verilmektedir.

Tablo 8’de verilen bilgilere göre ARDL modeline ait kısa dönem ilişkisi gösterilmektedir. Kısa dönemde modeldeki katsayıların tümü anlamlı olarak tahmin edilmiştir.

Kısa dönemde, enerjide dışa bağımlılığın enerji yoğunluğunu pozitif etkilediği ve dolayısıyla dışa bağımlılıktaki her %1’lik artışın enerji verimliliğini %0,82 oranında azaltacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Ayrıca, gelirdeki %1 artış enerji yoğunluğunu %0,90 oranında azaltacağından, enerji verimliliğini %0,90 artıracaktır. Bu bulgular ışığında, kısa dönem için enerjide dışa bağımlılık enerji verimliliğini olumsuz etkilerken, GSYH artışı yani ekonomik büyüme enerji verimliliğini olumlu etkilemektedir çıkarımı yapılabilir. Ayrıca, 0,95 olarak hesaplanan hata düzeltme katsayısı, t-1 döneminde meydana gelebilecek bir dengesizliğin %0,95’inin t döneminde (bir dönem veya yıl içerisinde) düzeltilebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, model 1 yıl/dönem gibi kısa bir sürede dengeye ulaşmaktadır.

Ayrıca çalışma kapsamında parametrelerin kararlı olup olmadığı hem kısa hem de uzun dönem için ayrı ayrı incelenmiştir. Bunun için CUSUM ve CUSUMQ yapısal kırılma testleri uygulanmıştır. Sonuçlar Şekil 3’te gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre %5 anlamlılık düzeyinde kısa ve uzun dönem için modelde bir yapısal kırılma olmadığı ve parametrelerin güvenilir oldukları sonuçlarına ulaşılabilir.



Şekil 3. Kısa ve uzun dönem için CUSUM ve CUSUMQ test sonuçları

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Geçmişten günümüze artan nüfus ve sosyal yaşam standartlarındaki gelişim ile sanayiden ticarete, ulaşımdan bireysel tüketime kadar her alanda enerjiye olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Söz konusu artan ihtiyacı karşılamak için enerji üretiminde birçok alternatif yöntem geliştirilmektedir. Bunlar arasında en fazla öne çıkanlar ise yenilenebilir ve nükleer kaynaklar kullanılarak enerji üretilmesi yöntemleridir. Burada gözden kaçırılan en önemli hususların başında ise enerjinin verimli bir şekilde kullanımı gelmektedir. Zira en önemli öz kaynak olarak nitelendirilen verimlilik, aslında burada bahsi geçen ihtiyacın karşılanması noktasındaki alternatif yöntemler arasında sayılmaktadır.

Enerji verimliliği, sürdürülebilir büyüme ve kalkınmanın sağlanmasında oldukça önemli bir araçtır. Ayrıca, enerji verimliliği alanındaki gelişmelerin üretimi artırdığı, işsizliği azalttığı ve ekonomik büyümeye pozitif katkıda bulunduğu ile ilgili ampirik çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar, sürdürülebilirlik olgusu bağlamında ele alındığında son derece önemli hususlara dikkat çekildiği gözlemlenmektedir. Diğer taraftan, enerji verimliliği kapsamında ortaya çıkan tüm bu olanak ve olumlu sonuçlara rağmen dünya genelinde söz konusu alandaki teknolojik altyapıya yeterince yatırım yapılmadığı dikkat çekmektedir. Bu manada 'enerji verimliliği çelişkinin' çözüme kavuşmasında karar alıcıların daha dikkatli davranmaları ve literatürü yakından takip etmeleri gerekmektedir.

Küresel eğilimler incelendiğinde gerek Türkiye'de gerekse dünyada enerji yoğunluğu düşerken ve enerji verimliliğinin arttığı bir süreç yaşanmaktadır. Türkiye'nin enerji yoğunluğu alanındaki gelişimi dünya ortalamasının üstünde olmasına karşın ülkedeki enerji verimliliği artışı veya yoğunluk azalması beklenenden düşük seviyelerdedir. Dolayısıyla, Türkiye'de enerji verimliliği alanındaki yatırım ve teşviklerin daha etkin kullanılması gerekmektedir. Böylece, Türkiye var olan potansiyelini optimum bir şekilde kullanacak ve ülkede enerji verimliliği ile ilgili pozitif bir ivme yakalanacaktır. Zira bu durum küresel iklim görüşmelerinde Türkiye'ye ciddi fırsatlar sunacaktır.

Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen süreç ve fırsatlar çerçevesinde Türkiye açısından enerjide dışa bağımlılık ile ekonomik büyümenin enerji verimliliği üzerindeki etkileri 1980-2020 yılları arasındaki dönem kapsamında incelenmiştir. Elde edilen ampirik bulgular, kısa dönem için, gelirden meydana gelen artışın enerji verimliliğini artırdığını ancak enerjide dışa bağımlılığın enerji verimliliğini azalttığını ortaya

koymaktadır. Uzun dönemde ise enerjide dışa bağımlılığın anlamsız olduğu, gelirdeki artışın ise enerji verimliliğini artırdığı görülmektedir.

Söz konusu sonuçlar bağlamında, ekonomik büyümenin her dönemde enerji verimliliği üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu çıkarımı yapılmaktadır. Hatta enerji verimliliğindeki artışlar neredeyse ekonomik büyüme trendi seviyesindedir. Diğer taraftan, enerji kaynaklarında dış tedarikçilere bağımlı olma durumu, enerji verimliliği üzerinde özellikle kısa vadede ciddi bir negatif etkiye sahiptir. Sonuç olarak, Türkiye genelinde enerji verimliliğinin gelişimi için ekonomik büyümenin sürdürülmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması gerektiği çıkarımı yapılabilir.

Türkiye'nin enerji politikaları şekillenirken iktisadi büyüme ve refah artışı temin edecek arz ve talep istikrarı durumu belirleyici olmaktadır. Bir diğer husus ise enerji güvenliği ve yerli kaynaklar kullanılarak üretim yapma potansiyelinin artırılmasıdır. Dolayısıyla, ülkede enerji kapsamında gerçekleştirilen politikalarda önceliğin etkin ve verimli enerji kullanımı, jeostratejik konumun verdiği avantajlardan yararlanılması ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması şeklinde dizayn edilmesi elzemdir. Bu anlamda, çalışmanın sonuçları itibarıyla da ortaya çıkan en önemli çıkarımlardan birisi, ülke ekonomisinin enerjide dış kaynaklara olan bağımlı yapısının değiştirilmesidir. Haliyle, kamu kesiminde, konutlarda ve özel işletmelerde enerji verimliliği konusundaki strateji, uygulama ve kanuni düzenlemelerin ciddi bir biçimde ele alınması gerekmektedir.

Son olarak, uluslararası alanda enerji verimliliği ile ilgili oldukça geniş bir literatür bulunmasına rağmen, Türkiye açısından enerji verimliliğinin ekonomik olarak incelendiği bilimsel araştırmaların sayısı dünyayla kıyaslandığında bir hayli azdır. Dolayısıyla, ekonomik bir bakış açısıyla enerji verimliliğini araştıran akademik çalışmalar bağlamında ülkede ciddi bir literatür eksikliği bulunmaktadır. Bu manada, ilgili çalışma ile söz konusu literatürdeki boşluğa katkı yapılması hedeflenmektedir. Zira, çalışmanın incelediği değişkenler bakımından enerjide dışa bağımlılık ile GSYH'nın birlikte kullanılarak enerji verimliliği ile bu faktörlerin ilişkilerinin değerlendirildiği başka bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda, çalışma teknolojik gelişme gibi değişkenlerin de modele eklenmesiyle daha geniş bir veri seti ve farklı ekonometrik yöntemler kullanılarak geliştirilebilir. Ayrıca, çalışmada yer alan değişkenlerin tümü aynı dereceden bütünlük ve I(1) olduklarından dolayı değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisi gelecek çalışmalarda Johansen testi ile de yapılabilmektedir. Ayrıca, FMOLS, DOLS gibi tahminciler kullanılarak da tahmin edilebilir.

Bilgilendirme / Acknowledgements

Çalışmanın gelişmesine katkıda bulunan hakemlere, Dergi editörü ve dil editörlerine teşekkürlerimizi sunarız.

We would like to thank the referees, editor and language editors who contributed to the improvement of the study.

Yazar Katkıları / Author Contributions

İsmail Kavaz: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak

Hatice Kübra Köroğlu: Literatür taraması, Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

İsmail Kavaz: Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft

Hatice Kübra Köroğlu: Literature review, Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Akal, M. (2016). "Modeling of Energy Intensity in Turkey", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11(9), 807-814.
- Akpolat, A. ve Altıntaş, N. (2013). "Enerji Tüketimi İle Reel GSYH Arasındaki Eşbütünlüşme ve Nedensellik İlişkisi: 1961-2010 Dönemi", *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 8(2), 115-127.
- Alper, F.Ö. (2018). "Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2017 Türkiye Örneği", *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 223-242.
- Altınay, G. ve Karagöl, E. (2004). "Structural Break, Unit Root, and the Causality between Energy Consumption and GDP in Turkey", *Energy Economics*, 26(6), 985-994.
- Altınay, G. ve Karagöl, E. (2005). "Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Turkey", *Energy Economics*, 27(6), 849-856.
- Altıntaş, H. ve Koçbulut, Ö. (2014). "Türkiye'de Elektrik Tüketiminin Dinamikleri ve Ekonomik Büyüme: Sınır Testi ve Nedensellik Analizi", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 43, 37-65.
- Apergis, N. ve Danuletiu, D.C. (2014). "Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from the Sign of Panel Long-run Causality", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 578-587.
- Aslan, A. ve Öcal, O. (2016). "The Role of Renewable Energy Consumption in Economic Growth: Evidence from Asymmetric Causality", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953-959.
- Aydın, C. ve Esen, Ö. (2016). "Threshold Effects of Energy Consumption on Economic Growth in Turkey", *Journal of Environmental Management & Tourism*, 7(315), 370-382.
- BP (British Petroleum) (2022) "Statistical Review of World Energy-2022", <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>, (Erişim Tarihi: 18.06.2022).
- Doğan, E. (2016). "Analyzing the Linkage between Renewable and Non-renewable Energy Consumption and Economic Growth by Considering Structural Break in Time-series Data", *Renewable Energy*, 99, 1126-1136.
- Doğan, H. ve Yılkırkan, N. (2015). "Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 3(1), 375-384.
- Dünya Bankası (2022a). "Energy Intensity Level of Primary Energy", World Bank Data, <https://data.worldbank.org/indicator/EG.EGY.PRIM.PP.KD>, (Erişim Tarihi: 01.09.2022).
- Dünya Bankası (2022b), "World Development Indicators", <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, (Erişim Tarihi: 10.05.2022).
- EnerData (2022). "World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2022", <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>, (Erişim Tarihi: 29.08.2022).
- ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) (2017). "Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı", <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/01/20180102M1-1-1.pdf>, (Erişim Tarihi: 15.05.2022).
- ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) (2022). "Denge Tabloları", <https://enerji.gov.tr/Preview/tr/63d0007a-f593-458b-9610-353eb2545897>, (Erişim Tarihi: 12.05.2022).
- Fisher-Vanden, K., Jefferson, G.H., Liu, H. ve Tao, Q. (2004). "What is Driving China's Decline in Energy Intensity?", *Resource and Energy Economics*, 26(1), 77-97.
- Gillingham, K., Rapson, D. ve Wagner, G. (2016). "The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy", *Review of Environmental Economics and Policy*, 10(1), 68-88.
- Gujarati, D.N. (2003). "Basic Econometrics", 4th ed., McGraw-Hill, New York.
- Kadılar, C. (2000). "Uygulamalı Çok Değişkenli Zaman Serileri Analizi", Ankara: Büro Basımevi.
- Kar, M. ve E. Kınık (2008), "Türkiye'de Elektrik Tüketimi Çeşitleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Bir Analizi", *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 10(2), 333-353.
- Karakaya, H. (2017). "Enerji Verimliliği Kapsamında Türkiye'nin Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyümesi Arasındaki Nedensellik İlişkisinin Değerlendirmesi", Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kastamonu.
- Karhan, G. (2016). "Enerji Yoğunluğu Ve Ülkelerin Gelişmişlik Düzeyleri Arasındaki İlişkinin Analizi: BRICS-T Ülkeleri Üzerine Bir İnceleme", Yayınlanmış Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- Kasap, Y., Şensöğüt, C. ve Ören, Ö. (2020). "Efficiency Change of Coal Used for Energy Production in Turkey", *Resources Policy*, 65, 101577.
- Kavaz, İ. ve Özbuğday, F. (2016). "Enerjide Dışa Bağımlılık ve Enerji Verimliliği Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği", *Akademik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(27), 331-349.

- Kızılkaya, O. (2018). "Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Büyüme İlişkisi: Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi", *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, Prof. Dr. Harun Terzi Özel Sayısı, 59-72.
- Koç, E. ve Şenel, M.C. (2013). "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme", *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P.C., Schmidt, P. ve Shin, Y. (1992). "Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of A Unit Root: How Sure are We That Economic Time Series Have a Unit Root?", *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178.
- MacKinnon, J.J. (1991). "Critical Values for Cointegration Tests in Long-Run Economic Relationships", *Readings in Cointegration*, Editörler: Engle, R.F. ve Granger, C.W., Oxford University Press, Oxford, 267-276.
- Mucuk, M. ve Uysal D. (2009). "Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme", *Maliye Dergisi*, (157), 105-115.
- Naimoğlu, M., ve Akal, M. (2022). "Yükselen Ekonomilerde Enerji Etkinliğini Arz Yanlı Etkileyen Faktörler", *Verimlilik Dergisi*, (1), 16-31.
- Narayan, P.K. (2005). "The Saving and Investment Nexus for China: Evidence from Cointegration Tests", *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990.
- Özata, E. (2010). "Türkiye'de Enerji Tüketimi Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkilerin Ekonometrik İncelemesi", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26.
- Özbek, S. (2023). "Enerji İthalatçısı Gelişmekte Olan Ülkelerde Enerji Yoğunluğunun Belirleyicileri", *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(1), 114-126.
- Patterson, M.G. (1996). "What is Energy Efficiency?: Concepts, Indicators and Methodological Issues", *Energy Policy*, 24, 377-390.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., ve Smith, R.J. (2001). "Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationship", *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Phillips, P.C., ve Perron, P. (1988). "Testing for a Unit Root in Time Series Regression", *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Ryan, L. ve N. Campbell (2012), "Spreading the Net: The Multiple Benefits of Energy Efficiency Improvements", *IEA Energy Papers*, No. 2012/08, OECD Publishing, Paris.
- Soytaş, U., ve Sarı, R. (2007). "The Relationship between Energy and Production: Evidence from Turkish Manufacturing Industry", *Energy Economics*, 29(6), 1151-1165.
- Şengül, S. ve Tuncer, İ. (2006). "Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme: 1960-2000", *İktisat, İşletme ve Finans Dergisi*, (21), 69-80.
- Uzun, A. ve Değirmen, M. (2018). "Endüstriyel İşletmelerde Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetimi", *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 83-97.
- Verbeek, M. (2004). "A Guide to Modern Econometrics", 2nd Edition, John Wiley and Sons, New York.
- Yenilmez, F. ve Erdem, M.S. (2018). "Türkiye ve Avrupa Birliği'nde Ekonomik Büyüme ile Enerji Tüketimi Arasındaki İlişki: Toda-Yamamoto Nedensellik Testi", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(1), 71-95.
- Zaim, A. ve Aras, H. (2020). "Pnömatik Sistemlerde Enerji Verimliliği", *Mühendis ve Makina*, 61(698), 31-45.

Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizmasının Türkiye - AB-27 Dış Ticaret İlişkisi Üzerine Olası Etkisi

Behzat Ecem KOÇ¹, Selahattin KAYNAK²

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Avrupa Komisyonu'nun 2021 yılında kamuoyuyla paylaştığı 55'e Uygun Paketi'nin bir regülasyonu olan Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizmasının (SKDM) Türkiye'nin en önemli ticaret ortaklarından biri olan AB-27 ile arasındaki mal ve hizmet ticareti üzerine olası etkisini araştırmaktır.

Yöntem: Çalışmada, Türkiye'den AB-27 pazarına ithal edilen ürünlerin AB-27 Gümrük Bölgesi'ne girmesi sırasında ortaya çıkması olası karbon maliyeti Girdi-Çıktı analizi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu amaçla, Türkiye'nin sektörel ihracat değerleri TÜİK resmi internet sitesinden ve sektörel sera gazı emisyon değerleri yine TÜİK tarafından yayımlanan Sera Gazı Emisyonu Envanteri Raporu'ndan derlenmiştir.

Bulgular: Karbon fiyatının 2022 yılı düzeyinde olması durumunda, Türkiye'nin AB-27'ye ihracatının neden olacağı olası karbon maliyeti yaklaşık 3,3 milyar Euro olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, ihracat gelirinde en fazla düşüş yaşanması beklenen sektörlerin sırasıyla çimento, elektrik, diğer mineralli ürünler, tarım ve demir-çelik sektörleri olduğu tespit edilmiştir.

Özgünlük: Literatürde, 2023 yılında deneme fazı başlayacak SKDM'nin Türkiye ve AB-27 dış ticareti üzerine olası etkisini analiz eden çalışma sayısı oldukça az olup, bu çalışma 2022 yılı güncel ton başına ortalama emisyon fiyatını kullanarak yapılan analizleri içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi, Karbon Sızıntısı, Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması, Girdi-Çıktı Analizi.

JEL Kodları: C67, D57, F18, Q56.

The Possible Effect of the Carbon Border Adjustment Mechanism on Turkey - EU-27 Foreign Trade Relationship

ABSTRACT

Purpose: The main purpose of the study is to examine the possible impact of the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) which is the regulation of the Fit for 55 Package that released in 2021 on the trade in goods and services between Turkey and the EU-27 that is one of the most important trade partners of Turkey.

Methodology: In the study, the possible carbon cost that may arise during the entry of the products imported into the EU-27 market from Türkiye to the EU-27 customs area was calculated using the Input-Output Analysis. For this purpose, Türkiye's sectoral export values have been compiled from the official website of TURKSTAT and sectoral greenhouse gas emission values have been compiled from the Greenhouse Gas Emission Inventory Report published by TURKSTAT.

Findings: As a result of analysis, the possible carbon cost of Turkish export to the EU-27 may exceed 3,3 billion Euros annually if the unit carbon price pursue at the level of 2022. In addition, the highest export revenue decrease risk is seen on cement and followed by electricity, other mineral products, agriculture and agriculture sectors.

Originality: There are very few studies analyzing the possible impact of CBAM, which will start the transitional period in 2023, between Türkiye and EU-27 international trade. Besides, this study also includes analyzes using the current average emission price per ton in 2022.

Keywords: European Union Emission Trade System, Carbon Leakage, Carbon Border Adjustment Mechanism, Input-Output Analysis.

JEL Codes: C67, D57, F18, Q56.

¹ Arş. Gör., Samsun Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Samsun, Türkiye, ecem.tutu@samsun.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8940-7904 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Prof. Dr., Samsun Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Samsun, Türkiye, selahattin.kaynak@samsun.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0082-5961.

DOI: 10.51551/verimlilik.1166045

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 23.08.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 17.02.2023

Atıf: Koç, B.E. ve Kaynak, S. (2023). "Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizmasının Türkiye - AB-27 Dış Ticaret İlişkisi Üzerine Olası Etkisi", *Verimlilik Dergisi*, 57(2), 273-288.

EXTENDED ABSTRACT

The European Union Emissions Trading System (EU ETS) is one of the most important policy tools to combat climate change and limit carbon emissions. However, EU ETS has a vital drawback which is called "carbon leakage" that refers to a situation where a company determines to transfer their production from a country with strict policy to a country with lenient policy leading to an increase in greenhouse gas emissions. The European Commission is planning to prevent this threat with the Border Carbon Regulation Mechanism (CBAM), which is a regulation of the Fit for 55. The CBAM points out a new international trade mechanism that introduces new taxes and non-tariff barriers. Therefore, in order to combat climate change, policies and regulations should be carefully followed by Türkiye and necessary steps should be taken immediately. In particular, the CBAM, which will be implemented in the next few years, will significantly affect major economies such as China, the USA, Russia, and India, as well as countries that have important economic relations with the EU-27, such as Türkiye. In addition, the CBAM should be considered as an opportunity for Türkiye, whose most important commercial partner is the EU-27. Consequently, it is necessary to evaluate the possible effects of the CBAM on Türkiye's foreign trade activities with the EU-27.

The EU's share in Türkiye's total export volume is approximately 40%. It is very important for Turkey to follow the policies carried out by the EU, which is the biggest trade partner of Turkey. Therefore, Türkiye needs to evaluate the CBA mechanism and ensure its integration. However, the number of studies examining this subject, which is quite new in the literature, is limited.

In this study, the possible greenhouse gas emission cost that may occur in Türkiye's exports to the EU-27 market due to the CBAM was investigated. For this purpose, Türkiye's exports to the EU-27 market were analyzed by sectors and the emissions of sectoral exports were obtained by Input-Output analysis. Finally, the probable carbon cost of the CBAM for different price scenarios was calculated.

The greenhouse gas emissions of Türkiye's exports to the EU-27 market were investigated using the Input-Output analysis method. The up-to-date Input-Output table published by TURKSTAT belongs to 2012 and the emission inventory published by TURKSTAT belongs to 2019. For this reason, the Input-Output table revised to 2019 by Kılınç (2022) was used in the study.

Three different price scenarios were preferred while calculating the probable carbon cost. These are 25 Euro/tCO_{2e}, which is the average emission price for 2019, 84 euro/tCO_{2e}, which is the current emission price for 2022, and 100 Euro/tCO_{2e}, which is expected to be reached in 2030 according to the report of IETA (2022). The greenhouse gas emission cost or the carbon cost was calculated by using the greenhouse gas emissions of Türkiye's exports to the EU-27 market and the emission prices for each scenario.

If the emission price is at the level of 2019, the possible carbon cost of Türkiye is calculated as 901 million euros. Besides, if the EUA price is 84 Euro/tCO_{2e} and 100 Euro/tCO_{2e}, Turkey's possible carbon cost is expected to exceed approximately 3 billion Euro and 3.6 billion Euro respectively. In all three scenarios, it was observed that cement, iron-steel, fertilizers, and various chemicals sectors would impose a significant climate cost on Türkiye compared to other sectors.

It is inevitable that the carbon cost will increase in parallel with the increasing carbon price because of the stringent policy set by the European Commission. It has been determined that the cement, electricity, other mineral products, agriculture and iron and steel sectors will be the most affected sectors by this regulation in our country.

The Input-Output table for 2012 is up-to-date Input-Output table published by TURKSTAT. However, the fact that it does not reflect the current changes in the interactions between sectors is seen as a limitation of the study.

In future studies, it is recommended to use current reports published by TURKSTAT, to expand the sectoral scope, and to use dynamic analysis methods including Turkey's export and climate targets instead of Input-Output table analysis.

1. GİRİŞ

İnsan faaliyetleri nedeniyle ortaya ıkan sera gazı emisyonları ile küresel iklim değişikliği arasındaki ilişki 1980'li yıllarda kurulmaya baŐlanmıştırd. Avrupa Birliği, iklim değişikliğine karşı ilk adımını ise 1990'lı yıllarda yayınlanan H k metlerarası İklım Değişikliği Paneli Raporu ile atmıŐtırd. Bu rapor ile iklim değişikliğinin ortaya çıkarılacağı küresel problemlerin önlenmesi ve çözümü için uluslararası iş birliği ve küresel ortak bir tavır alınması gerektiği ifade edilmiştir (İKV, 2021). İklım değişikliği ile mücadele amacıyla küresel ölçekte atılan ilk somut adım ise 9 Mayıs 1992 yılında kabul edilen ve 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklım Değişikliği SözleŐmesi (BMİDÇS)'dir (UN, 1992). Tüm tarafların sera gazı salınımlarının 2000 yılına kadar 1990 yılı seviyesine çekilmesinin hedeflendiği sözleŐme ile ulusal ve bölgesel kalkınma öncelik ve hedefleri dikkate alınarak bir dizi yükümlülük belirlenmiştir. Ayrıca, sözleŐme, özellikle gelişmiş ülkelerin, iklim değişikliği etkilerine uyum sürecinde, sera gazı emisyonlarını azaltan ya da önleyen teknolojilerin geliştirilmesi, uygulanması ya da transferi hususunda iş birliği içinde olmaları, iklim değişikliği ile mücadelede ulusal politikalar benimsemeleri ve bu politikalar ve önlemler iŐıęında küresel çabalara eşit katkılarda bulunarak sürece öncülük etmeleri taahhütlerini içermektedir. 194  ye ülkenin katılımını içeren sözleŐmeye Türkiye ise 24 Mayıs 2004 tarihinde 189. taraf olarak dahil olmuştur (İskenderoğlu ve diğerleri, 2023; UN, 1992).

BMİDÇS'nin içerdiği yükümlülüklerin sanayileŐmiŐ ülkelerin sera gazı emisyonlarını stabilize etmeleri hususunda bağlayıcı bir niteliği olmaması nedeniyle ve tarafların sera gazı salınımlarını sınırlandırma ve azaltma yükümlülüklerini hukuki bir çerçeveye yerleŐtirme amacıyla Aralık 1997'de Kyoto Protokolü kabul edilmiştir (UN, 1998). İklım değişikliğine yönelik en önemli adımlardan biri olan Kyoto Protokolü ile küresel sera gazı emisyonlarının azaltılması için spesifik hedefler ve önemli son tarihler ilan edilmiştir. AB ve  ye devletler arasında hukuki bağlayıcılığı olan bir paylaşım anlaşması niteliği taşıyan Kyoto Protokolü'n n 2012 ile 2020 yılları için belirlendiği hedef ise küresel sera gazı emisyonunu 1990 yılına kıyasla 2020 yılında %20 oranında azaltmak olmuştur (İKV, 2021). 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe giren ve 191 ülke ile AB'nin taraf olduğu protokol, Türkiye tarafından 26 Ağustos 2009 tarihinde onaylamıŐtır (UN, 1998).

Belirlenen iklim politikalarına rağmen küresel ekonomide yaşanan hızlı ilerleme ve beraberinde artan fosil yakıt kullanımı karbondioksit ve diğer sera gazları salınımlarını dramatik Şekilde artırmaya devam etmiştir. Bu sebeple, dünya çapında, sera etkisi ve iklim değişikliği ile mücadele kapsamında yeni politika araçları arayıŐına gidilmiştir. Bu arayıŐın en önemli neticelerinden biri Kyoto Protokolü doğrultusunda 2005 yılında yürürlüğe giren Emisyon Ticaret Sistemi (ETS)'dir (EU, 2022).

Emisyon ticaret sistemi, sisteme dahil edilen sektörlerin belirli bir zaman diliminde atmosfere salacağı sera gazı emisyonları toplamı için bir limit ya da üst sınır tanımlarken, ülkelerin iklim politikaları için de bir çıkış noktası niteliğindedir. Belirlenen  st sınır, sera gazı emisyonlarını doğrudan kısıtladığından belirli bir dönem içinde gerçekleŐebilecek emisyon miktarına dair bir kesinlik sağlamaktadır. Ayrıca, ETS ile belirlenen üst sınır, ilgili ülkenin iklim politikaları uyarınca sera gazlarını maliyet etkin Şekilde azaltmak için zaman içinde dereceli olarak düŐürülmektedir. Sistem katılımcıları yani AB  reticileri için sera gazı emisyon miktarları ise geçmiş dönem emisyon miktarlarına ya da gelecek dönem üretim projeksiyonlarına göre tahsis edilmektedir. Bu tahsisatlar ya da ton başına Emisyon Hakkı Birimi (Emission Allowance Unit-EUA),  cretsiz ya da bir açık artırma yolu ile gerçekleŐmektedir (TÜSİAD, 2020; Hintermann, 2010). Taraflar, tahsisatlar kadar emisyonu haklarını, sebep oldukları toplam sera gazı salınımını karşılamak için kullanmak zorundadır. Tarafların, emisyon hakkı tahsisinin yetersiz kalması durumunda, emisyon hakkı fazlası olan üreticilerden emisyon hakkı satın alması ise karbon piyasasını ortaya çıkarmıŐtır. Bir başka deyişle, ETS, faaliyete başladığı 2005 yılı itibariyle piyasa mekanizması işleyişine dayanmaktadır. Buna göre, Avrupa Komisyonu toplam sera gazı emisyon tahsisatını belirleyip sınırlandırarak piyasanın arz tarafını temsil ederken sistem katılımcıları ya da AB  reticileri talep eden konumundadır. Karbonun ton fiyatı ise bu iki piyasa gücünün karŐılaŐtıęı noktada oluşmaktadır (Aatola ve diğerleri, 2013; Boyce, 2018; EU, 2022). Bu uygulama ile karbondioksit salım hakkı satın almak için ödenen bedel kısaca karbon fiyatı, yeterince yüksek olduğunda özellikle enerjiyi yoğun kullanan sanayi tesislerinin enerji verimliliğini artırıcı yönde giriŐimlerde bulunması ya da göreceli olarak daha düşük sera gazı salınımı yapan enerji kaynakları kullanımına yönelmesi hedeflenmektedir (Lovcha, 2022; Gong ve diğerleri, 2021).

Emisyon ticaret sisteminde önemli bir tartışma ise hangi sektörlerin ve hangi sera gazlarının uygulamaya dahil edileceğidir. Bu nedenle, ETS en doğru Şekilde ölçülebilen, raporlanabilen ve kontrol edilebilen sektörler ve sera gazı emisyonları üzerine odaklanmaktadır. Elektrik  retim santralleri ve ağır sanayi tesislerinin yer aldığı endüstriler baŐta olmak üzere birçok sektör sisteme dahil edilmiştir. Öte yandan, elektrik ve ısı üretim tesislerinden, petrol rafinerilerinden, demir, elik, alüminyum, metal, kireç, cam, seramik, selüloz, k ğit, asit ve dökme organik kimyasal üretiminden ve havacılıktan kaynaklanan karbondioksit gazı en önemli sera gazlarından biri olarak kabul edilmektedir. Ek olarak, bazı metan, azot oksit ve perfluorokarbonlar gibi gazlar karbondioksit eŐdeęeri olarak ticaret sistemlerine dahil edilebilmektedir (Brink ve diğerleri, 2016; Chang ve diğerleri, 2017).

Dünyanın ilk karbon piyasası ise 2005 yılı itibariyle faaliyete başlayan Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi (AB ETS)'dir. 27 AB üyesi devlet ile İzlanda, Lihtenştayn, Norveç ve Birleşik Krallık 'ta faaliyet gösteren AB ETS, yaklaşık 11 bin enerji santrali ve sanayi tesisi ile sisteme dahil ülkeler arasında hizmet veren hava yollarının emisyonlarını sınırlandırmaktadır. Her yıl yaklaşık 2 milyar tonun üzerinde karbondioksit salınımı yapan ve AB-27 sera gazı emisyonlarının yaklaşık %45'ini kapsayan bu sistem 2022 yılı itibariyle dördüncü aşama faaliyetlerini gerçekleştirmektedir (EU, 2022). İlk fazı 2005-2007 yılları arasında deneme fazı olarak yürütülen AB ETS'nin 2008-2012 yılları arasında ikinci faz çalışmaları ve 2013-2020 yılları üçüncü faz çalışmaları yürütülmüştür (Bayer ve Aklin, 2020; Alberola ve diğerleri, 2008).

2022 yılı itibariyle AB ETS dahil olmak üzere Kanada, Çin, Almanya, İsviçre, Meksika, ABD, Kore, Kazakistan ve İngiltere gibi ülkelerde bölgesel ya da ulusal nitelikte 25 ETS faaliyet göstermekte iken Rusya, Ukrayna, Endonezya, Kolombiya ve ABD'de gibi ülkelerde 9 ticaret sisteminin kurulmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu Brezilya, Japonya, Pakistan, Tayland gibi ülkelerde ise uzun vadede 14 ETS'nin faaliyete geçeceği öngörülmektedir (ICAP, 2022).

Piyasa mekanizması işleyişi ile sera gazı emisyonlarını sınırlandırmayı hedefleyen AB emisyon ticaret sisteminin, uzun vadede, farklı emisyon ticaret sistemlerinin birbirine bağlanması ile küresel tek bir karbon ton fiyatına ulaşması beklenmektedir. Bu doğrultuda ilk adımı, 1 Ocak 2020 tarihinde İsviçre atmış ve ulusal sera gazı emisyon ticaret sistemi ile AB ETS sistemini entegre eden ilk ülke olmuştur. 2021 yılının ikinci yarısında ise dünyanın en büyük karbon piyasası olarak Çin, kendi ulusal emisyon ticaret sistemini devreye almıştır. 2060 yılında karbon nötr olmayı planlayan Çin, ilk aşamada enerji sektörü emisyonlarını sınırlandırmayı planlamaktadır (Bayer ve Aklin, 2020; EU, 2022; Tinnereim ve Mehling, 2018).

İklim değişikliği ile mücadele kapsamında atılan önemli bir diğer adım ise 2015 yılında gerçekleşen 21. Taraflar Konferansı'nda iklim değişikliği ile mücadelede lider konumunu gözeten AB ve diğer üye devletler tarafından kabul edilen ve 4 Kasım 2016 itibariyle yürürlüğe giren Paris Anlaşması'dır. Paris Anlaşması, küresel ortalama sıcaklık artışını sanayileşme öncesi döneme kıyasla 2°C ile sınırlandırmayı amaçlayan uluslararası bir iklim anlaşmasıdır (İKV, 2021; UN, 2005). BMİDS'nin uygulamasını geliştirmek amacıyla 196 ülke tarafından imzalanan anlaşma ile tarafların iklim değişikliğinin mevcut ve olası etkilerine karşı uyum kabiliyetini ve iklim direncini artırmaları hedeflenmektedir. Bunların yanı sıra, düşük sera gazı emisyonlu sürdürülebilir kalkınmanın ve gerekli finansman akışının sağlanması ile gıda üretiminin zarar görmemesi diğer önemli hedefler arasında yer almaktadır. Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM) ise 22 Nisan 2016'da imzalanan Paris Anlaşması'nı finansman desteği sağlanmayan ülkeler statüsünde olunması nedeniyle 7 Ekim 2021 tarihine kadar onaylamamıştır. (UN, 2005; Zhou ve Li, 2018; Diaz-Rainey ve Tulloch, 2018).

Avrupa Komisyonu tarafından 11 Aralık 2019 tarihinde ilan edilen Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) ise Avrupa'nın 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını %55 oranında azaltmasını ve 2050 yılına kadar net sıfır emisyon miktarı ile karbon nötr ilk kıta olmasını amaçlarken, bu hedeflere nasıl ulaşılabileceğine dair bir vizyon ortaya koymaktadır. Buna göre mutabakat, 2050 hedefini belirlemek dışında 2030 yılı için daha ciddi taahhütler belirlenmesi gerektiğini işaret etmektedir. Diğer yandan AYM, net sıfır emisyonu, dögüsel ekonomi, sıfır atık politikası, biyoçeşitliliğin korunması ve tarladan sofraya politikalarını da içeren sürdürülebilir bir yol haritası niteliği taşımaktadır. AB-27, küresel iklim değişikliğine karşı hedeflediği etkili ve adil dönüşüm için koşulları net bir şekilde ortaya koymak ve dönüşümü geri dönülemez kılmak amacıyla 4 Mart 2020'de AYM için kilit unsurlardan biri olan İklim Yasası önerisini kamuoyuyla paylaşmıştır. Bu sayede, iklim nötr olma hedefinin hukuken bağlayıcı hale getirilmesi hedeflenmiştir (Arta ve Fogarassy, 2021; Ecer ve diğerleri, 2021; EU, 2019).

14 Temmuz 2021 tarihinde ise AYM'nin bu zamana kadarki en kapsamlı 55'e Uygun Paketi (Fit for 55 Package) kamuoyuyla paylaşılmıştır. Avrupa Komisyonu başkanı Ursula von der Leyen'in başkanlığında ortaya konan 55'e Uygun Paketi ile 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarının 1990 yılına kıyasla %55 oranında azaltılması hedefini gerçekleştirmek için gerekli bazı politika tedbirleri ortaya konmuştur. Üretimde kullanılan teknolojilerde inovasyonun ve temiz enerjinin ön plana çıkarılmasını, dögüsel ekonominin teşvik edilmesini ve fosil yakıtlara bağlılığın azaltılmasını sağlayacak sanayi stratejilerine ve ticaret biçimlerine dönüşümü içeren bu politika tedbirlerinin adil, düşük maliyetli ve rekabet edilebilir sonuçlar ortaya koyacağı öngörülmektedir (Ecer ve diğerleri, 2021; İKV, 2021). Ek olarak, 55'e Uygun Paketi ile AB ETS'nin güçlendirilerek kapsamının başka sektörleri de kapsayacak şekilde genişletilmesi, yenilenebilir enerji kullanımının ve enerji verimliliğinin artırılması, düşük emisyonlu taşımacılığın ve bu amaçla gerekli altyapı çalışmalarının planlanması ile AYM hedefleri ile uyumlu vergilendirme politikalarının düzenlenmesi amaçlanmaktadır (EU, 2019).

Karbon emisyonlarını sınırlandırma ve iklim değişikliği ile mücadele hususunda en önemli politika araçlardan biri haline gelen AB ETS'nin en önemli sakıncası ise yüksek iklim hedefleri belirleyerek sera gazı salınımına kısıtlama getiren ülkelerin, üretimlerini iklim hedefleri daha esnek olan diğer ülkelere

kaydırması yoluyla iklim değişikliği ile mücadeleden ortaya çıkan maliyetlerden kaçınmak istemeleridir (EU, 2022; TÜSİAD, 2020). Böyle bir durumda, küresel ölçekte atmosfere salınan sera gazı emisyonlarında bir azalma olmaksızın AB-27 üye ülkelerinde üretimin azalması, istihdam seviyesinde düşüş ve rekabet koşullarında bozulma meydana gelmektedir. "Karbon sızıntısı (carbon leakage)" olarak tanımlanan bu tehdidin, Avrupa Komisyonu tarafından 55'e Uygun Paketi'nin bir regülasyonu olarak teklif edilen ve 1 Ocak 2021 tarihinde kabul edilen Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) ile önüne geçilmesi planlanmaktadır. SKDM temelinde AB-27 ile benzer iklim politikaları ortaya koymayan ülkelerin "karbon sızıntısı" riskiyle başa çıkması amacıyla geliştirilmiş önemli bir regülasyondur. 1 Ocak 2023 tarihi itibarıyla uygulamaya koyulacak olan SKDM'nin 31 Aralık 2025 tarihine kadar deneme fazı yürütülmesi planlanmaktadır. 1 Ocak 2026 tarihinde başlayacak ilk faz ile sadece demir-çelik, alüminyum, gübre, çimento ve elektrik üretim sektörlerinde belirlenen ürünler için ithalatçı firmalara sınırdaki karbon mekanizması uygulanacaktır. Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ) kuralları ve diğer uluslararası yükümlülüklerle uyumlu olarak, ithal edilen ürünlerin AB-27 gümrük bölgesine girmesiyle AB üreticileri, ithal edilen ürünün üretiminde ortaya çıkan sera gazı emisyon miktarı, AB ETS tarafından belirlenmiş üst emisyon sınırını aşması durumunda aşılacak miktar kadar bir karbondioksit salım hakkı ya da SKDM sertifikası satın almak zorunda kalacaktır (Aşıcı, 2021a; IMF, 2021; TÜSİAD, 2020).

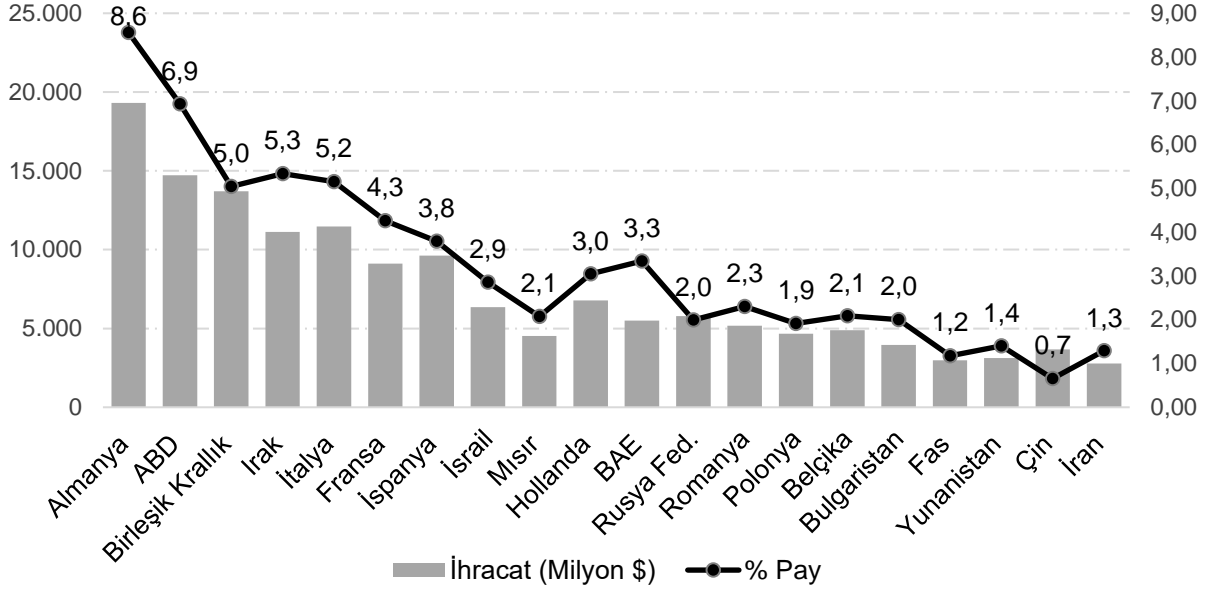
Sonuç olarak, Avrupa Birliği'nin 2050 yılında karbon nötr ilk kıta olma hedefi doğrultusunda yürürlüğe koyduğu iklim politikaları AB-27 sanayisinin dönüşümünü gerektiren yeni bir büyüme stratejisini ortaya koymaktadır. AYM özellikle AB-27'ye komşu ve dış ticaret hacmi yüksek olan Türkiye gibi ülkeleri küresel ölçekte etkileyecek önemli regülasyonlar yürütmekte ve planlamaktadır. Bununla birlikte, karbonun etkin biçimde fiyatlandırılması ve Dünya Ticaret Örgütü yükümlülüklerine uyumlu sınırdaki karbon düzenleme mekanizması yeni vergiler ve tarife dışı engeller ortaya koyan yeni bir uluslararası ticaret mekanizmasına işaret etmektedir. Bu nedenlerle, iklim değişikliği ile mücadele amacıyla uygulanan ve uygulanacak politikaların ve regülasyonların Türkiye tarafından dikkatle takip edilmesi ve ivedilikle gerekli adımların atılması gerekmektedir. Özellikle, önümüzdeki birkaç yıl içinde uygulamaya koyulacak olan SKDM'nin Çin, ABD, Rusya ve Hindistan gibi büyük ekonomilerle birlikte Türkiye gibi AB-27 ile önemli ekonomik ilişkiler içinde olan ülkeleri önemli ölçüde etkileyeceği ortadadır. SKDM henüz tam anlamıyla netleşmemiş olsa da Avrupa Komisyonu tarafından açıklanan Temmuz 2021 tarihli taslak itibarıyla regülasyona dair birçok konu netlik kazanmıştır (Aşıcı, 2022; TÜSİAD, 2020). Buna göre, AB ETS ile uyumlu ya da bağlı bir karbon fiyatlandırma mekanizmasına sahip Norveç, İzlanda, Lihtenştayn ve İsviçre SKDM yükümlülüklerinden muaf tutulacaktır. Ayrıca, ürünün ithal edildiği ülkede bir karbon fiyatlandırma mekanizması olması halinde ihracatçı ülkede ödenen vergiler SKDM sertifika fiyatından mahsup edilecektir. Avrupa Komisyonu bu yeni mekanizmadan etkilenmesi beklenen ülkelerle kendi karbon fiyat mekanizmalarını geliştirmeleri hususunda iş birliği yapma kapısını da açık bırakmaktadır (TÜSİAD, 2020). SKDM için diğer bir önemli karar ise emisyon vergisi hesaplamalarında kullanılacak emisyon hakkı birim fiyatının, AB ETS içinde belirlenen karbon ton fiyatı ile ilişkilendirilmesi fikridir. 2023 yılı itibarıyla uygulanmaya başlayacak tüm bu düzenlemeleri ve regülasyonları içeren SKDM, bir tehdit olmaktan öte en önemli ticari ortağı AB-27 olan Türkiye için bir fırsat olarak değerlendirilmelidir. Bunun için öncelikle Türkiye-AB-27 arasındaki ticari ilişkilerin önemini ortaya koymak gerekmektedir (Aşıcı, 2021a; Aşıcı, 2022; Ma ve Wang, 2021).

31 Aralık 1995 tarihinde Gümrük Birliği'nin oluşturulması ile Türkiye ve AB-27 arasında önemli ölçüde artan ihracat hacmi 2021 yılı itibarıyla yaklaşık 93 milyar \$ olarak gerçekleşirken AB-27'nin toplam içindeki payı %41,3'tür. Mayıs 2022 dönemi itibarıyla ise yaklaşık 102 milyar \$ olan mal ihracatının %42,6'sını AB-27'ye gerçekleştiren Türkiye için AB-27 en önemli ihracatçısı konumundadır. Şekil 1'e bakıldığında ise Türkiye'nin 2021 yılı itibarıyla en çok mal ihracat ettiği ilk 20 ülke sıralamasında 10 AB üye ülkenin olduğu görülmektedir. Buna karşılık, Türkiye 2021 yılı AB-27'nin toplam mal ihracatının yaklaşık %3,6'sını sağlayarak AB-27'nin en çok mal ihraç ettiği ülkeler sıralamasında altıncı sırada yer almaktadır (Tablo 1) (TÜİK, 2022).

Tablo 1. Türkiye dış ticaret istatistikleri (Milyon ABD \$)

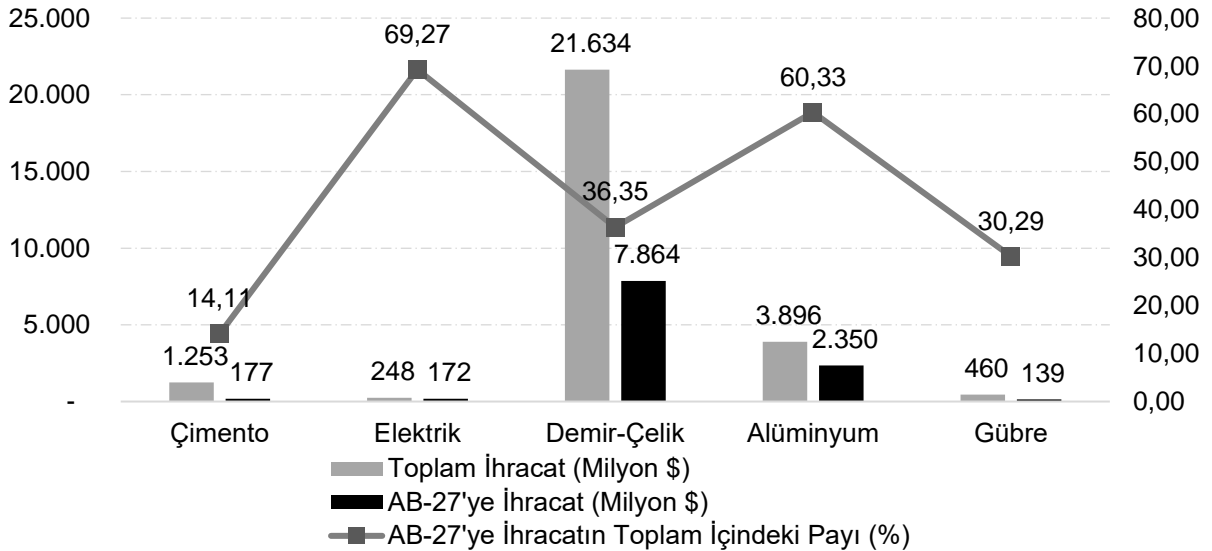
<i>Dış Ticaret İstatistikleri</i>	2019	2020	2021	Ocak-Mayıs 2022
Dış Ticaret Hacmi	374.235	389.154	496.645	248.143
Toplam İhracat	171.530	169.637	225.291	102.469
Toplam İthalat	202.704	219.516	271.424	145.674
AB'ye İhracat	83.205	70.019	93.082	43.675
Toplam İhracat İçinde AB'nin Payı (%)	48,5	41,3	41,3	42,6
AB'ye İthalat	69.369	73.337	85.385	37.729
Toplam İthalat İçinde AB'nin Payı (%)	34,2	33,4	31,5	25,9

Benzer şekilde AB-27, Türkiye'nin mal ithalatı faaliyetlerinde de ilk sırada yer almaktadır. Türkiye 2021 yılında gerçekleştirdiği toplam 271 milyar \$ mal ithalatının %31,5'ini AB-27'ye gerçekleştirmiştir. Mayıs 2022 dönemi itibariyle ise AB-27'ye toplam mal ithalatı bir önceki yılın aynı dönemine kıyasla %6 oranında artarak yaklaşık 37 milyar \$'ı aşmıştır. Türkiye ise AB üye ülkelerin kendi aralarında gerçekleştirdiği ticaret faaliyetleri hariç tutulmak üzere 2021 yılı AB-27 toplam mal ithalatının %3,7'sini karşılayarak altıda sırada yer almaktadır (TÜİK, 2022).



Şekil 1. Türkiye'nin en çok ihracat yaptığı 20 ülke

Avrupa Komisyonu tarafından ilan edilen SKDM taslağının 2023-2025 yılları arasında yürütülecek deneme fazı doğrultusunda AB-27 tarafından ithal edilecek 5 ürün grubu uygulama kapsamına alınmıştır. Bu ürünler demir-çelik, alüminyum, gübre, çimento ve elektrik üretim sektörleri ürünleri olarak belirlenmiştir. Şekil 2'de, Türkiye'nin Avrupa Komisyonu tarafından belirlenmiş bu ürün grupları için 2021 yılı ihracat gelirleri verilmiştir. Buna göre, Türkiye 2021 yılında AB üye ülkelere toplam 10,7 milyar \$ demir-çelik, alüminyum, gübre, çimento ve elektrik ihracatı gerçekleştirmiştir. SKDM kapsamındaki ürünler arasında Türkiye'nin ihracat gelirleri için en önemli ürün gruplarının ise 7,86 milyar \$ ihracat ile demir-çelik ve 2,35 milyar \$ ile alüminyum olduğu görülmektedir. Demir-çelik ve alüminyum ürünlerinin ihracatının AB-27'ye yapılan toplam ihracat içindeki payı 2021 yılı için yaklaşık %11 civarındadır. Bu durum, SKDM'nin deneme fazı itibariyle dahi Türkiye'nin dış ticaret faaliyetlerini önemli ölçüde etkileyeceğini vurgulamaktadır (Aşıcı, 2022; TÜİK, 2022)



Şekil 2. Türkiye'nin AB ülkelerine SKDM ürünü ihracatı

Bu çalışmada ise AB-27'nin liderlik ettiği yeni iklim rejimi doğrultusunda, SKD mekanizmasının Türkiye'nin AB-27 ile dış ticaret faaliyetleri üzerine olası etkileri ele alınarak sürecin nicel değerlendirilmesi yapılmıştır. Avrupa Komisyonu tarafından SKDM kapsamında uygulanacak sera gazı emisyon fiyatının AB ETS ile entegrasyon sağlanarak bu sistem üzerinden elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle ilk aşamada, AB ETS'nin faaliyete başladığı Nisan 2005 döneminden Nisan 2022 dönemine kadarki emisyon ton fiyatları derlenmiş ve Türkiye'nin AB-27'ye ihraç ettiği seçili ürün gruplarının içerdiği sera gazı emisyonları hesaplanmıştır. Ardından, Türkiye'nin ulusal bir emisyon ticaret sistemine sahip olmaması ve kısa vadede AB ETS ile entegrasyonunu sağlamaması durumunda AB-27 pazarına ihracatında yaşayacağı kayıp ve katlanacağı karbon maliyeti ortaya konmuştur. Henüz taslak halinde olan ve ilerleyen süreçte değişip kapsamının genişlemesi beklenen SKD mekanizmasının, Türkiye'nin AB-27'ye olan ihracatına olası etkilerini inceleyen çalışma sayısı birkaç tane ile sınırlıdır. Bu çalışmanın, güncel emisyon ton fiyatı senaryolarını ve karbon maliyetinin ayrıntılı analizini içermesi ile literatürde var olan eksikliği dolduracağı düşünülmektedir. Ayrıca, çalışmanın sonuçları, Türkiye için ihracat kesiminde kullanılan kaynakların doğru sektörlere aktarılması yönünde tavsiye verici nitelik taşımaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, literatürde yer alan benzer çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan veri seti ve yöntem açıklanırken, son bölümde ise bulgular değerlendirilmiş ve bazı önemli öneriler tartışılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2005 yılında dünyanın ilk karbon fiyatlandırma mekanizması olarak faaliyete başlayan AB ETS'nin en önemli sakıncası, AB-27 üreticilerinin iklim değişikliği ile mücadeleden ortaya çıkan maliyetlerden kaçınmak amacıyla üretimlerini benzer iklim hedeflerine sahip olmayan ülkelere kaydırmak istemeleridir. Avrupa Komisyonu, "karbon sızıntısı" olarak tanımlanan bu risk ile mücadele etmek amacıyla 55'e Uygun Paketi'nin bir regülasyonu olarak SKD mekanizmasını geliştirmiştir. Böyle bir mekanizma, AB-27 üreticilerinin rekabetçi konumlarını muhafaza ederken AB-27'ye ihracat yapan ülkeler için önemli bir karbon maliyeti ortaya koyacaktır. Bu nedenle, Türkiye gibi AB-27 pazarı ile önemli ticari ilişkiler içinde olan ülkelerin söz konusu karbon maliyetini doğru bir şekilde analiz edip ivedilikle gerekli önlemleri alması gerekmektedir.

Öte yandan, 2023 yılında deneme fazı yürütülmeye başlanacak olan SKDM'nin kapsamı henüz netlik kazanmamıştır. Bu nedenle, SKD mekanizmasının, en önemli ticari ortağı AB-27 olan Türkiye üzerindeki etkisini araştıran çalışma sayısı oldukça azdır.

Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD) tarafından 2020 yılının sonunda yayımlanan Yeni Ekonomik Göstergeler Merceğinden Yeni İklim Rejimi raporu ile SKDM'nin Türkiye'nin AB-27 pazarına ihracatı üzerine olası etkileri ilk kez incelenmiştir. Türkiye'de sektörel sera gazı emisyonu istatistiklerinin kamuoyuyla paylaşılması nedeniyle SKD mekanizmasının ihracatçı sektörler için yüklediği maliyeti hesaplamak amacıyla Girdi-Çıktı analizi kullanılmıştır. AB-27 pazarına ihracatın içerdiği karbon maliyeti hesaplanırken 2020 yılı için ton başına 30 Euro ve SKDM ile yükselmesi beklenen ton başına 50 Euro fiyat seviyeleri kullanılmıştır. TÜSİAD (2020)'ye göre ton başına 30 Euro olması durumunda Türkiye'nin AB-27 pazarına yaptığı ihracat için sınırından girerken yükleneceği maliyet Kapsam 1 emisyonları için yaklaşık 478 milyon Euro iken Kapsam 2 emisyonlarının dahil edilmesiyle 1.085 milyon Euro'ya ulaşmaktadır. SKD mekanizmasının devreye girmesiyle ulaşması beklenen 50 Euro EUA fiyatına göre ise Türkiye Kapsam 1 emisyonları için 797 milyon Euro ve Kapsam 2 emisyonları ile 1.809 milyon Euro ödemek zorunda kalacaktır. Ayrıca, çalışmada SKD mekanizmasının devreye alınmasıyla söz konusu maliyetten en fazla çimento, demir-çelik, otomotiv, makine, tekstil ve tarım sektörlerinin etkileneceği belirtilmiştir (TÜSİAD, 2020).

Benzer bir çalışma Aşıcı (2021b) tarafından enerji yoğun 7 sektörün içerdiği 2018 yılı Kapsam 1 emisyonları için gerçekleştirilmiştir. Buna göre, Türkiye'nin ETS benzeri bir sisteme sahip olması durumunda ve ton sera gazı başına EUA fiyatının 30 Euro olması varsayımı doğrultusunda katlanacağı toplam maliyet 8 milyar Euro olarak hesaplanmıştır (Aşıcı, 2021a).

Aşıcı tarafından 2021 yılında yapılan başka bir çalışmada ise çimento, seramik sağlık gereçleri ve seramik karo ürün grupları için SKD mekanizmasının AB-27 sınırında yaratacağı karbon maliyeti hesaplanmıştır. 2018 yılı sera gazı emisyon verilerinin kullanıldığı çalışmada EUA fiyatının 30 Euro olması durumunda seramik sağlık gereçleri ihracatı için ton başına 23 Euro, seramik karo ihracatı için ton başına 9 Euro ve çimento ürünleri için ton başına 25 Euro maliyete katlanılacağı belirtilmiştir (Aşıcı, 2021b).

TÜSİAD (2020)'in çalışmasına paralel olarak Acar ve diğerleri (2022) tarafından yapılan çalışmada farklı olarak Türkiye'nin AB-27 pazarına ihracatının içerdiği 2018 yılı sera gazı emisyonları Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 emisyonlarına ayrıştırılmıştır (Acar ve diğerleri, 2022). Benzer bir çalışma, Kılıncı (2022) tarafından 2019 yılı sera gazı emisyon istatistikleri kullanılarak ve Türkiye'nin AB-27 pazarına ihracatının içerdiği 2019 yılı sera gazı emisyonları hesaplanarak yürütülmüştür.

İmer-Ertunga ve Seyhun (2022) ise SKDM kapsamına dahil edilen ürün gruplarının Türkiye'nin AB-27'ye toplam ihracatı içindeki paylarını ve bu ürün gruplarının üretiminin gerçekleştiği sektörlerin görünümünü ortaya koymuştur. Söz konusu çalışma, TÜİK, EUROSTAT, Birleşmiş Milletler (BM) Comtrade ve Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası veri tabanlarından faydalanılarak hazırlanmış betimsel bir çalışma niteliğindedir.

Bu çalışmada ise Kılınç (2022)'in çalışmasında revize edilmiş 2019 yılı Girdi-Çıktı tablosu kullanılarak Türkiye'nin AB-27 pazarına yapacağı ihracatın olası karbon maliyeti 2019 yılı ortalama EUA fiyatı, 2022 yılı güncel EUA fiyatı ve Uluslararası Emisyon Ticaret Birliği (IETA) (2022)'nin raporuna göre 2030 yılında ulaşılması beklenen 100 Euro EUA fiyatı temel alınarak hesaplanmıştır. 2019 yılı EUA fiyatı 25 Euro iken 2022 yılı fiyatının 84 Euro seviyesine yükseldiği göz önüne alındığında, IETA'nın 2030 yılı öngörüsü olan 100 Euro emisyon fiyatı iyimser bir tahmin olmakla birlikte bu doğrultuda hesaplanan karbon maliyeti analizine temkinli yaklaşılması gerekmektedir.

Ayrıca bu çalışma, İmer-Ertunga ve Seyhun (2022)'a kıyasla daha güncel veriler içeren ve SKDM'nin uygulanmaya başlamasıyla Türkiye'nin katlanması gereken karbon maliyetinin hesaplandığı ampirik çalışmalardan biridir. TÜİK tarafından yayımlanan en güncel sera gazı emisyon envanteri raporunun 2019 yılına ait olması ve 2022 yılına ait emisyon fiyatının kullanılması dolayısıyla bu çalışma literatürde yer alan en güncel çalışmalardan biri olma özelliğini taşımaktadır.

3. VERİ SETİ ve YÖNTEM

Bu çalışmada, SKD mekanizması sebebiyle Türkiye'nin AB-27 pazarına ihracatında ortaya çıkması olası karbon maliyeti araştırılmıştır. Bu amaçla, Türkiye'nin AB-27 pazarına ihracatı sektörler itibarıyla incelenmiş ve sektörel ihracatın içerdiği emisyon miktarları Girdi-Çıktı analizi ile elde edilmiştir. Son olarak, farklı fiyat senaryoları için SKDM'nin sebep olması öngörülen karbon maliyeti hesaplanmıştır.

3.1. Girdi-Çıktı Analizi

Türkiye'nin AB-27 pazarına ihracatının içerdiği sera gazı emisyonu Girdi-Çıktı analizi ile araştırılmıştır. Girdi-Çıktı analizinin temelini ise Girdi-Çıktı tablosu oluşturmaktadır. Wassily Leontief (1966) tarafından geliştirilen Girdi-Çıktı tablosu, bir ekonomideki sektörlerin arz talep ilişkisi içinde birbirleriyle olan ekonomik ilişkilerini göstermektedir (Miernyk, 2020). Türkiye'de 2016 yılı itibarıyla sektörlere ait sera gazı emisyon verileri toplanmasına rağmen elde edilen veriler kamuoyuyla paylaşılmadığından, Türkiye'nin AB-27 pazarına ihracatının içerdiği emisyon miktarının tespiti amacıyla Girdi-Çıktı analizinden yararlanılmıştır. Bu amaçla, AB-27 pazarına ihracatın içerdiği sektörel sera gazı emisyon miktarları Eşitlik 1 yoluyla hesaplanmıştır.

$$GHG = K_{GHG}(I - A)^{-1}EX \quad (1)$$

Burada GHG , AB-27 pazarına ihracatın içerdiği sektörel sera gazı emisyonlarını; K_{GHG} , köşegenleştirilmiş emisyon yoğunluğu vektörünü; $(I - A)^{-1}$, Leontief ters matrisini ve EX , köşegenleştirilmiş ihracat vektörünü göstermektedir.

GHG matrisini elde etmek için öncelikle Eşitlik 1'de yer alan değişkenlerin derlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Girdi-Çıktı analizinin temelini oluşturan Girdi-Çıktı tablosu ile yıllık sera gazı emisyon istatistiklerini içeren sera gazı emisyon envanteri raporundan faydalanılmıştır. TÜİK tarafından yayımlanan en güncel Girdi-Çıktı tablosu 2012 yılına aittir. Bu nedenle çalışmada, Kılınç (2022) tarafından 2012 yılı tablosu referans alınarak ve lineer olmayan optimizasyon modeli kullanılarak 2019 yılına revize edilmiş Girdi-Çıktı tablosu kullanılmıştır. Kılınç (2022), 2012 yılı Girdi-Çıktı tablosunda yer alan 64 sektörü toplulaştırılarak 14 sektöre indirgediğinden çalışmadaki tüm analizler 14 sektör için yapılmıştır. Toplulaştırılmış 14 sektör açılımları Tablo 2'de sunulmuştur.

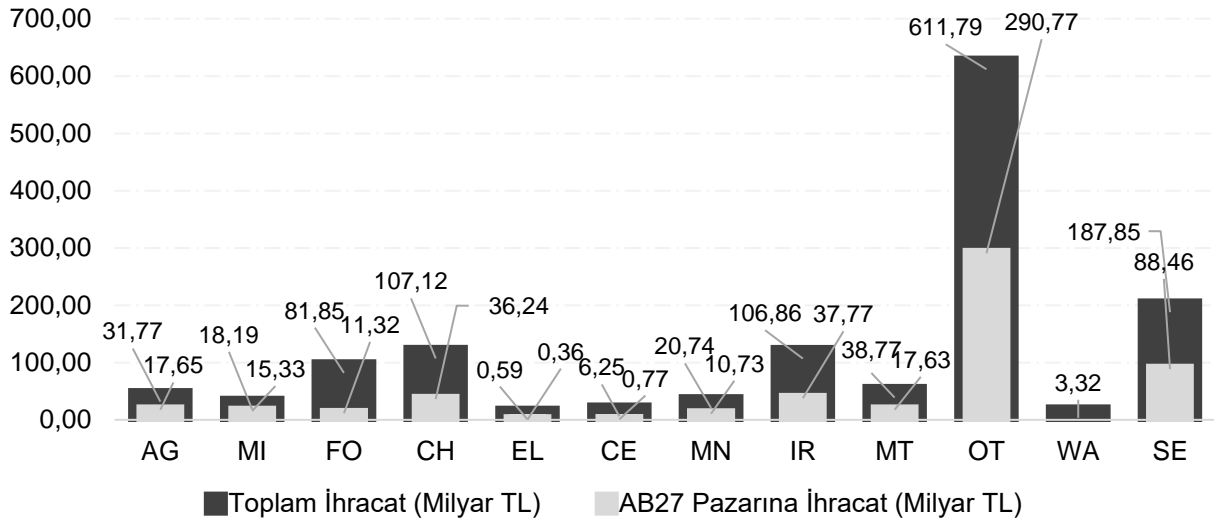
İlk aşamada, sektörel arz başına sera gazı emisyon miktarını ifade eden karbondioksit emisyon yoğunluğu değerleri K_{GHG} hesaplanmıştır (TÜSIAD, 2020). TÜİK tarafından 2021 yılında yayımlanan 2019 yılı sera gazı emisyon envanteri raporundan derlenen sektörel sera gazı emisyonları ile 2019 Girdi-Çıktı tablosunun son satırının temsil ettiği sektörel arz miktarları kullanılarak emisyon yoğunlukları hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Sektörel emisyon yoğunlukları

Sektör	Sektör Açılımları	Emisyon (Milyon tCO _{2e})	Toplam Arz (Milyon TL)	Emisyon Yoğunluğu (tCO _{2e} /Milyon TL)
AG	Tarım	78,89	550.623	143,27
MI	Maden	7,77	273.101	28,45
FO	Gıda	5,18	545.586	9,49
CH	Kimya	8,72	517.848	16,84
TR	Ulaştırma	82,43	651.334	126,56
EL	Elektrik	140,98	332.761	423,67
CE	imento	51,45	36.373	1.414,51
MN	imento ve Metalik Olmayan Mineralli �r�nlerin �retimi	10,83	120.684	89,74
IR	Demir-elik	15,15	382.648	39,59
MT	Diğer Temel Metallerin �retimi	1,11	187.812	5,91
CO	İnşaat	0,7	807.035	0,87
OT	Diğer Sektörler	27,06	1.869.330	14,48
WA	Atık ve Su Yönetimi	17,25	128.041	134,72
SE	Hizmetler	14,92	335.959	4,47

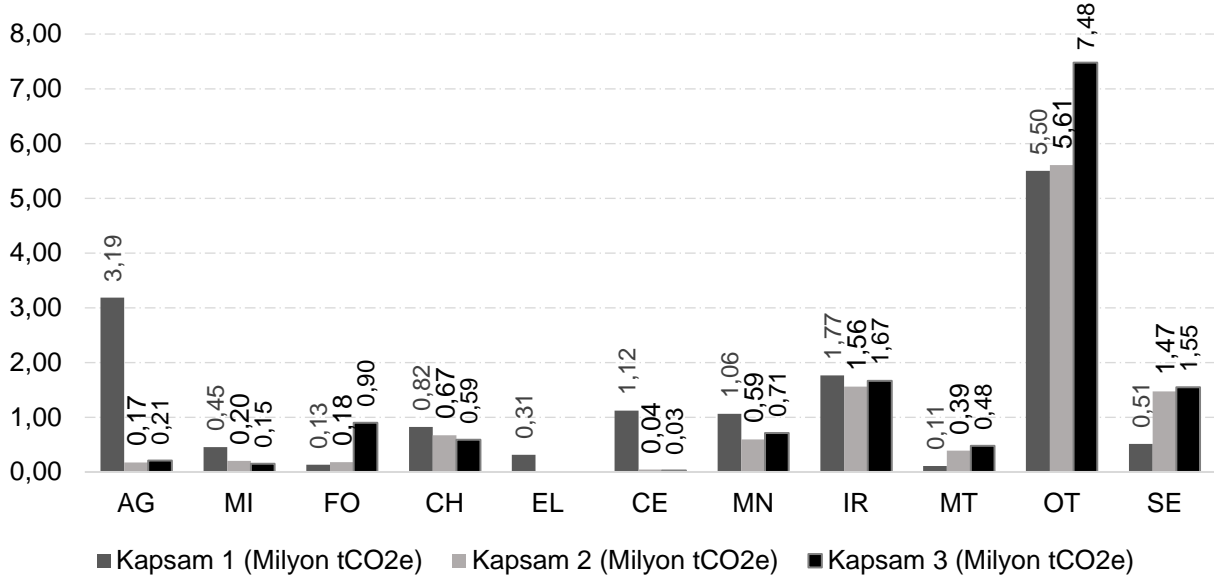
Leontief ters matrisinin hesaplanması için ise öncelikle girdi katsayılarından oluşan A matrisi oluşturulmuştur. Girdi katsayıları, her sektörde bir birim çıktı üretmek için gerekli ara girdi tutarlarını ifade etmektedir ve Girdi-ıktı tablosunda yer alan sektörel ara girdi tutarlarının sektörel toplam arz tutarlarına bölünmesiyle elde edilmektedir (İzka, 2012). Girdi katsayıları ve Leontief ters matrisi Excel programında hesaplanmıştır.

Son olarak, Türkiye'nin AB-27 pazarına ihracatını temsil eden EX değişkenine ait veriler Şekil 3'te sunulmuştur (TÜİK, 2022). Türkiye 2019 yılına ait yaklaşık 1.215 milyar TL mal ve hizmet ihracatının yaklaşık %43' n  AB-27 pazarına gerçekleştirmiştir. Şekil 3'e göre AB-27 pazarına yaklaşık 522 milyar TL ihracatın yaklaşık 291 milyar TL'si (%55) diğer sektörlere (OT), yaklaşık 38 milyar TL'si (%7) demir-elik sektörüne, 36 milyar TL'si (%7) kimya sektörüne, 18 milyar TL'si (%3) tarım sektörüne ve yine 18 milyar TL'si (%3) diğer temel metaller sektörüne aittir.

**Şekil 3. Türkiye'nin toplam ihracatı ile AB-27 pazarına ihracatı**

Tüm değişkenlerin derlenmesinin ardından, AB-27 pazarına ihracatın içerdiği sektörel sera gazı emisyonlarını elde etmek için Eşitlik 1 uygulanmıştır. Elde edilen GHG matrisinin köşegen değerleri üretim süresince ortaya çıkan Kapsam 1 emisyonları, Elektrik (EL) sektörü satırına ait değerler üretim sürecinde kullanılan enerjinin üretiminden kaynaklı Kapsam 2 emisyonları ve kalan sütun değerlerinin toplam ise Kapsam 2'ye dahil olmayan ve tedarik zincirinden kaynaklı Kapsam 3 emisyonları göstermektedir. Kapsam 3 emisyonu ilgili sektörün ihracatının diğer sektörlerde neden olduğu emisyon olarak da ifade edilmektedir. Türkiye'de henüz bir emisyon ticaret sistemi bulunmadığından varsayım olarak SKDM devreye girdiğinde sadece Kapsam 1 emisyonlarının değil Kapsam 2 ve Kapsam 3 emisyonlarının da vergilendirileceği kabul edilmiştir. Bu sayede, AB-27 pazarına yapılan ihracatın sebep olduğu toplam sera gazı emisyonları, SKD

mekanizması altında AB sınırından girerken katlanılacak maliyet için üst sınırı gösterecektir (TÜSİAD, 2020). Bu doğrultuda, Girdi-Çıktı analizi ile hesaplanan Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 emisyon değerleri Şekil 4'te sunulmuştur. Buna göre, Türkiye'nin AB-27'ye ihracatının içerdiği toplam sera gazı emisyonu 39,60 milyon tCO₂e'dir. Kapsam 1 sera gazı emisyonu yaklaşık 15 milyon tCO₂e, Kapsam 2 sera gazı emisyonu yaklaşık 11 milyon tCO₂e ve Kapsam 3 sera gazı emisyonu yaklaşık 14 milyon tCO₂e olarak hesaplanmıştır. Şekil 4 sektörler itibarıyla incelendiğinde ise AB-27 pazarına yapılan demir-çelik, tarım, çimento ile diğer mineralleri ürünleri ve hizmet sektörü ihracatının içerdiği sera gazı emisyonlarının görece yüksek olduğu görülmektedir.



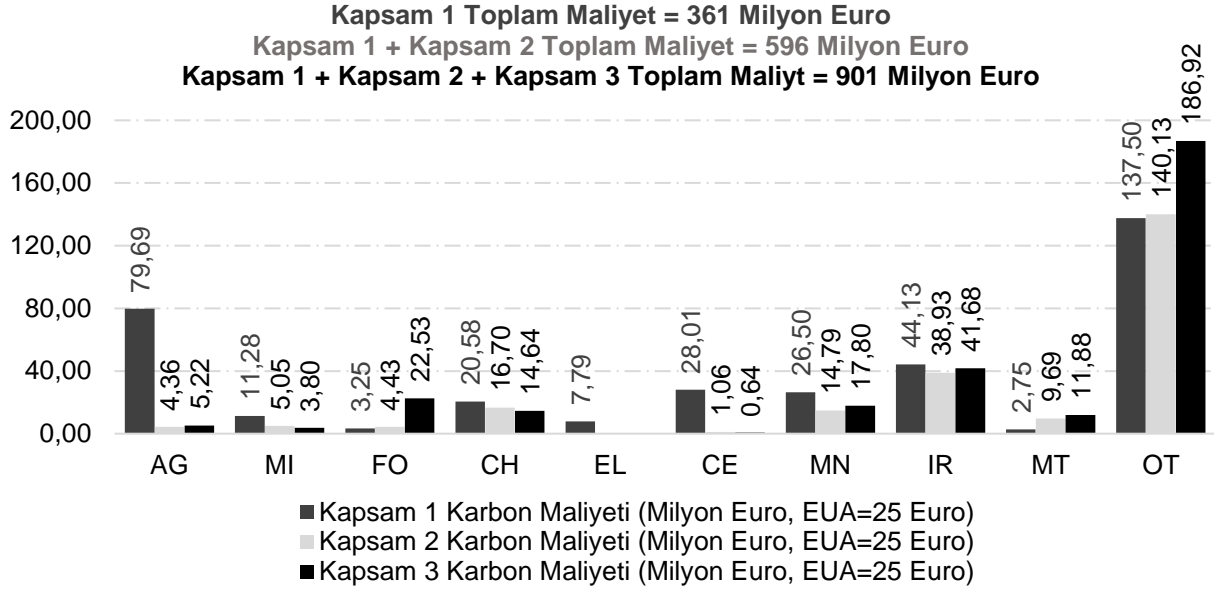
Şekil 4. AB-27 pazarına ihracatın içerdiği sektörel sera gazı emisyonları

3.2. Karbon Maliyeti

Herhangi bir i sektörü için karbon maliyeti Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır.

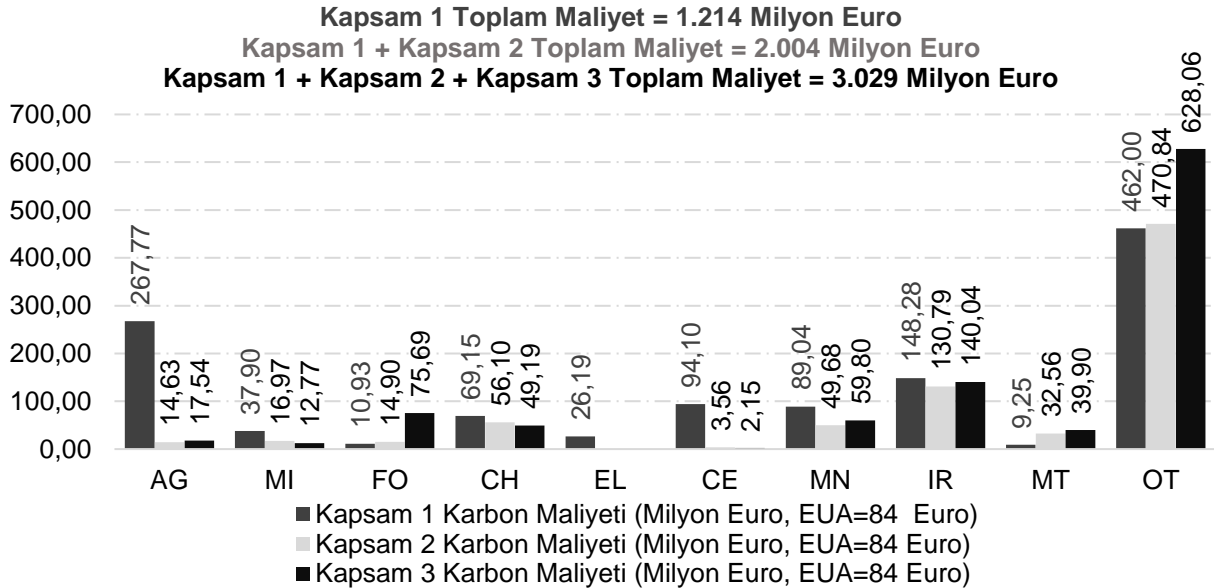
$$\text{Karbon Maliyeti}_i = \text{EUA fiyatı}(\text{Euro} / \text{tCO}_2\text{e}) \times (\text{İhracatın içerdiği tCO}_2\text{e})_i \quad (2)$$

ETS kapsamında, Avrupalı üreticiler için belirlenen referans değerler üzerinde emisyon neden olmaları durumunda ücretsiz kota tahsis edilmemektedir. Basitleştirici varsayım olarak Türkiye'deki üreticilerin de referans değer üzerinde salınım yaptıkları ve bu nedenle salınımlarının tümü için bir maliyete katlanacakları kabul edilmiştir (TÜSİAD, 2020). Ayrıca, yayımlanan en güncel sera gazı emisyon envanter raporunun 2019 yılına ait olması nedeniyle 2019 yılı verileri kullanılarak yapılan analizde Türkiye'nin dış ticaret faaliyetlerini 2019 yılı düzeyinde sürdürdüğü varsayımı temel alınmıştır. Buna göre, sektörel karbon maliyetleri 2019 yılı EUA fiyat ortalaması olan 25 Euro/tCO₂e, 2022 yılı güncel EUA fiyatı olan 84 Euro/tCO₂e ve IETA (2022)'nin raporuna göre 2030 yılında erişilmesi beklenen 100 Euro/tCO₂e için hesaplanmıştır. Şekil 5'e göre, EUA fiyatının 2019 yılı düzeyinde olması durumunda Türkiye'nin katlanması olası toplam karbon maliyeti 901 milyon Euro olarak hesaplanmıştır.

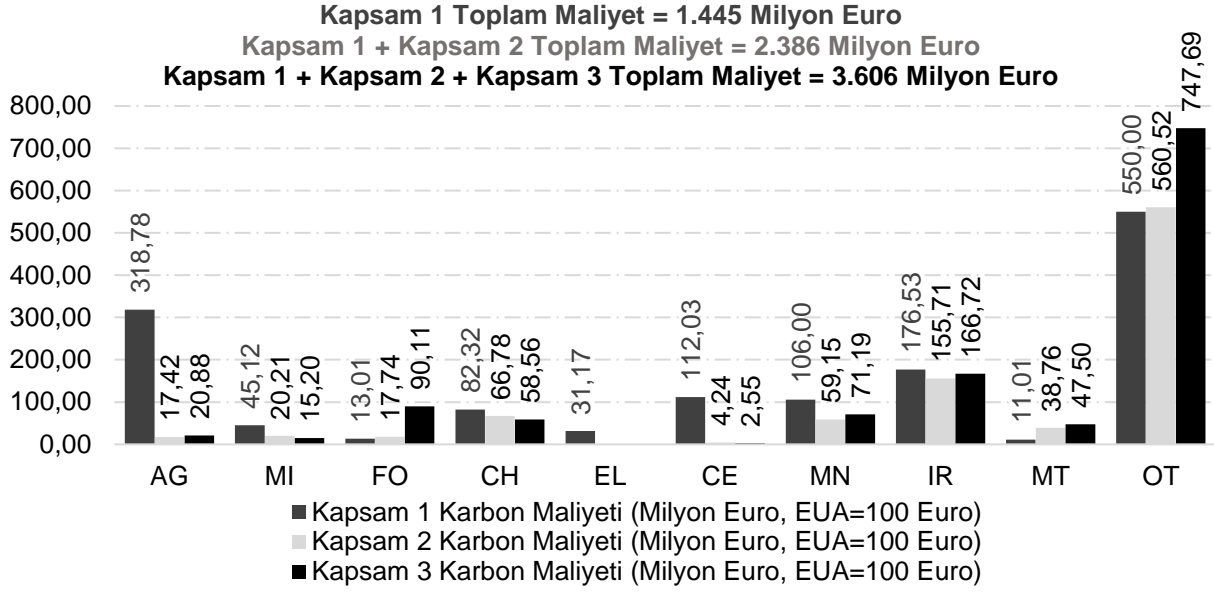


Şekil 5. AB-27 ihracatı karbon maliyeti (EUA=25 Euro)

Şekil 6 ve Şekil 7'de ise sırasıyla 2022 yılı güncel EUA fiyatı ile AB Komisyonu tarafından sera gazı emisyonlarının 1990 yılına kıyasla %55 oranında azaltılması öngörülen 2030 yılı tahmini EUA fiyatı için hesaplanan karbon maliyetleri sunulmuştur. Buna göre, EUA fiyatının 84 Euro/tCO_{2e} olması durumunda Türkiye'nin olası karbon maliyetinin 3 milyar Euro'yu, 100 Euro/tCO_{2e} olması durumunda ise 3,6 milyar Euro'yu aşması beklenmektedir. Ayrıca, hesaplanan tüm fiyat düzeyleri için  imento, demir- elik, gübre ve çeşitli kimyasalların üretildiği sektörlerin diğer sektörlere kıyasla Türkiye'ye önemli bir iklim maliyeti yükleyeceği görülmektedir. Bu sektörler, 2023 yılı itibariyle deneme fazı yürütülecek olan SKDM'nin kapsayacağı ilk beş sektörden dördünü içermektedir.

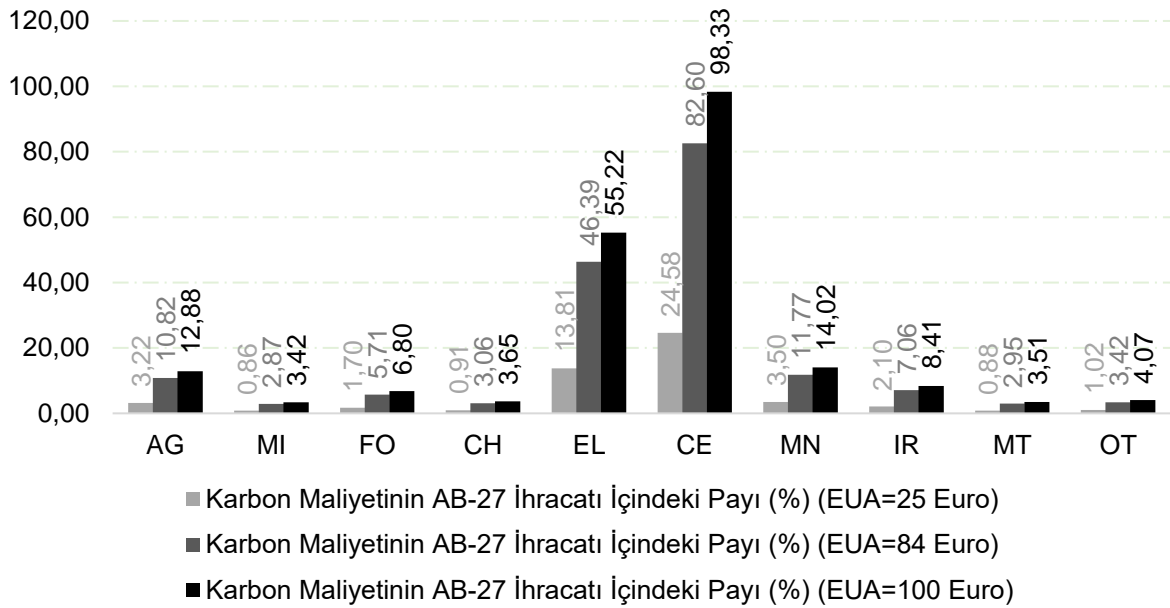


Şekil 6. AB-27 ihracatı karbon maliyeti (EUA=84 Euro)



Şekil 7. AB-27 ihracatı karbon maliyeti (EUA=100 Euro)

Şekil 8 ise farklı fiyat senaryolarında ihracatçının gelirinin ne kadarını SKDM kapsamında kaybedeceğini içermektedir. Bir başka deyişle, toplam karbon maliyetinin (Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 maliyetleri toplamının) ne kadarlık bir vergi oranına karşılık geleceği hesaplanmıştır (TÜSiAD, 2020). Buna göre, seçili her fiyat düzeyi için uygulamadan en çok etkilenecek sektörlerin çimento ve elektrik sektörleri olacağı görülmektedir. Karbon fiyatının 2019 yılı düzeyinde olması durumunda, 2022 yılında AB-27 pazarına yapılacak her 100 Euro ihracat için çimento sektöründe yaklaşık 82 Euro ve elektrik sektöründe 46 Euro geri ödenmesi gerekecektir. Artan EUA fiyatına paralel olarak ödenmesi gereken vergi miktarının da önemli ölçüde artması beklenmektedir. Yapılan analizler Türkiye'nin AB-27 pazarına ihracatının 2019 düzeyinde olması kısıtlı varsayımını içerirken 2021 yılı toplam ihracat değeri 2019 yılına kıyasla yalnızca %10 oranında artmıştır (TÜİK, 2022). Öte yandan, Avrupa Komisyonu'nun karbon nötr ilk kıta olma hedefi doğrultusunda sıkılaştırması beklenen iklim politikalarına paralel olarak yükselmesi öngörülen karbon ton fiyatı karşısında Türkiye'nin karşılaması gereken karbon maliyetinin ya da vergi oranının önemli ölçüde yükselmesi beklenmektedir.



Şekil 8. Karbon maliyetinin AB-27 ihracatı içindeki payı (%)

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

İklim değişikliği ile mücadele amacına öncülük eden AB'nin 2050 yılında karbon nötr ilk kıta olma hedefi AB sanayisinin dönüşümünü gerektiren yeni bir büyüme stratejisini içermektedir. Bu yeni yaklaşım, AB ile komşu ve uluslararası ticaret faaliyetleri içinde olan birçok ülkeyi küresel ölçekte etkileyecek önemli regülasyonlar ortaya koymaktadır. Türkiye gibi dış ticaret faaliyetlerinin önemli bir kısmını AB-27 pazarına gerçekleştiren ülkelerin bu düzenlemelere kayıtsız kalması ise söz konusu ülkelerin ekonomik hedeflerine ulaşmaları önünde ciddi engeller yaracaktır. Bu nedenle, hem 2005 yılında uygulanmaya başlayan AB ETS'ye hem de 2026'da yürürlüğe girecek SKD mekanizmasına entegrasyonun hızla sağlanması gerekmektedir.

Bu  alışma, Türkiye açısından bu entegrasyonun önemini, AB-27 pazarına ihracatın içereceği olası karbon maliyeti hesaplanarak vurgulamaktadır. Çalışmada, Türkiye'den AB-27 pazarına yapılan ihracatın içerdiği emisyon miktarları hesaplanırken 2012 yılına ait Girdi- ıktı tablosu temel alınmıştır. Bu tablonun, TÜİK tarafından yayımlanan en güncel Girdi- ıktı tablosu olmakla birlikte sektörler arası etkileşimlerde meydana gelmiş olması olası değişimleri yansıtmaması çalışmanın bir kısıtı olarak görülmektedir. Öte yandan, yine TÜİK tarafından yayımlanan ve çalışmada kullanılan en güncel emisyon envanteri raporu 2019 yılına aittir. Bu nedenle, Türkiye'den AB-27'ye ihracatın içerdiği sera gazı emisyonları hesaplanırken Kılınç (2022) tarafından 2012 yılından 2019 yılına revize edilmiş ve sektörlere göre toplulaştırılmış Girdi- ıktı tablosu kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre hesaplanan sınırdaki karbon maliyetinin Türkiye'nin AB-27 pazarına ihracatı içinde önemli bir maliyete neden olacağı görülmüştür. EUA fiyatının 84 Euro/tCO_{2e} olduğu 2022 yılı için Türkiye'nin olası karbon maliyeti 3 milyar Euro; 2030 yılı emisyon fiyatı varsayımı olan 100 Euro/tCO_{2e} için karbon maliyeti ise yaklaşık 3,6 milyar Euro olarak hesaplanmıştır. TÜSİAD (2020) ise EUA fiyatının 30 Euro/tCO_{2e} ve 50 Euro/tCO_{2e} olduğu farklı fiyat senaryolarında karbon maliyetini sırasıyla yaklaşık 1 milyar Euro ve 1,8 milyar Euro olarak hesaplamıştır. Buna göre, karbon maliyetinin, Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen hedefler neticesinde artan karbon fiyatına paralel olarak artması kaçınılmazdır. Ek olarak, 2022 yılında AB-27 pazarına yapılacak her 100 Euro ihracat için  imento sektöründe yaklaşık 82 Euro emisyon bedelinin geri ödenmesi gerekeceği saptanmıştır. Aşıcı (2021b) ise 2018 yılı sera gazı emisyon verilerini kullandığı çalışmasında SKD mekanizmasının  imento sektöründe ton başına 25 Euro maliyete neden olacağını öngörmüştür. Özellikle,  imento, elektrik, diğer mineralli ürünler, tarım ve demir- elik sektörlerinin bu regülasyondan ülkemizde en çok etkilenecek sektörler olacağı belirlenmiştir.

Öte yandan, SKDM kapsamında ihracatçı ülkenin AB ETS ile uyumlu bir sera gazı fiyatlama sistemi olması durumunda ilgili ülkenin  ifte vergilendirmeden muaf tutulacağı belirtilmiştir (TÜSİAD, 2020). Böylece, Türkiye'nin kendi ticaret sistemine sahip olması durumunda yukarıda hesaplanan tüm maliyetlere ek olarak yurtiçi pazara yönelik olarak gerçekleştirdiği üretimden kaynaklı sera gazı salınımlarını vergilendirmesi yoluyla elde edeceği gelirleri kendi ekonomisinin dönüşümü amacıyla kullanma fırsatı doğacaktır. Bu nedenle, Türkiye'de sera gazı emisyon verilerinin Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 emisyonları düzeyinde doğru bir şekilde ölümü ve şeffaf bir raporlama süreci için gerekli adımların atılması gerekirken bu istatistiklerin kamuoyuyla buluşturulması sağlanmalıdır. Ayrıca, Türkiye'nin kendi emisyon ticaret sistemine sahip olması hususunda somut adımların atılması, özel sektör ve kamu kurumlarının/kuruluşlarının bu dönüşüme dahil edilmesi için gerekli bilgilendirme ve destek mekanizmalarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Konuyla ilgili gelecekte yapılacak çalışmalarda, TÜİK tarafından yayımlanan güncel raporların kullanılması, sektörel kapsamın genişletilmesi ve Girdi- ıktı tablosu analizine kıyasla Türkiye'nin ihracat ve iklim hedeflerini içeren dinamik analiz yöntemlerinin kullanılması daha gerçekçi bir bakış ortaya koyacaktır. Bir sonraki aşamada ise Türkiye'nin sınırdaki karbon düzenlemeleri eylem planına paralel olarak sektörler hatta ihracatçı firmalar özelinde sera gazı emisyon maliyetleri hesaplamak mümkündür. Bunun için öncelikle firmaların üretim faaliyetlerinden kaynaklı ortaya çıkan sera gazı emisyonlarını doğru bir şekilde ölçmesi ve raporlaması gerekmektedir. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan hesaplama yönteminin, AB tarafından SKD mekanizmasının benimsediği metodolojide meydana gelen bir değişim çerçevesinde revize edilerek kısa sürede uygulamaya hazır hale getirilebileceği düşünülmektedir.

Yazar Katkıları /Author Contributions

Behzat Ecem Koç: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *Selahattin Kaynak:* Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme *Behzat Ecem Koç:* Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft *Selahattin Kaynak:* Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Aatola, P., Ollikainen, M. ve Toppinen, A. (2013). "Price Determination in the EU ETS market: Theory and Econometric Analysis with Market Fundamentals", *Energy Economics*, 36, 380-395.
- Acar, S., Aşıcı, A.A. ve Yeldan, A.E. (2022). "Potential Effects of the EU's Carbon Border Adjustment Mechanism on the Turkish Economy", *Environment, Development and Sustainability*, 24, 8162-8194.
- Alberola, E., Chevallier, J. ve Cheze, B. (2008). "Price Drivers and Structural Breaks in European Carbon Prices 2005-2007", *Energy Policy*, 36, 787-797.
- Arta, K. ve Fogarassy, Cs. (2021). "European Green Deal Policy for the Circular Economy: Opportunities and Challenges", *Hungarian Agricultural Engineering*, 39, 65-73.
- Aşıcı, A.A. (2021a). "Avrupa Birliği'nin Sınırdaki Karbon Uyarlaması Mekanizması ve Türkiye Ekonomisi", İstanbul Politikalar Merkezi Politika Notu, <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20210106-00011055.pdf>, (Erişim Tarihi: 14.04.2022).
- Aşıcı, A.A. (2021b). "AB Sınırdaki Karbon Uyarlama Mekanizmasının Türkiye  imento ve Seramik  r nleri Sektörlerine Etkileri",  imento, Cam, Seramik ve Toprak  r nleri İhracatçıları Birliği Raporu, <https://serfed.com/upload/sunum/AB%20Yeşil%20Mutabakat%20Raporu.pdf>, (Erişim Tarihi: 14.05.2022).
- Aşıcı, A.A. (2022, Mart). "Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması İşleyişi ve Riskli  r n Analizi", TÜBİTAK 1001 Programı 121K522 numaralı projeye ait Teknik Not 1, https://www.researchgate.net/publication/359526680_Sinirda_Karbon_Duzenleme_Mekanizmasi_Isleyisi_ve_Riskli_Urun_Analizi, (Erişim Tarihi: 14.04.2022).
- Bayer, P. ve Aklin, M. (2020). "The European Union Emissions Trading System Reduced CO₂ Emissions Despite Low Prices", *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(16), 8804-8812.
- Boyce, J.K. (2018). "Carbon Pricing: Effectiveness and Equity", *Ecological Economics*, 150, 52-61.
- Brink, C., Volleberg, H.R.J. ve van der Werf, E. (2016). "Carbon Pricing in the EU: Evaluation of Different EU ETS Reform Options", *Energy Policy*, 97, 603-617.
- Chang, K., Pei, P., Zhang, C. ve Wu, X. (2017). "Exploring the Price Dynamics of CO₂ Emissions Allowances in China's Emissions Trading Scheme Pilots", *Energy Economics*, 66, 213- 223.
- Diaz-Rainey, I. ve Tulloch, D.J. (2018). "Carbon Pricing and System Linking: Lessons from the New Zealand Emissions Trading Scheme", *Energy Economics*, 73, 66-79.
- Ecer, K., G ner, O. ve  etin, M. (2021). "Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye Ekonomisinin Uyum Politikaları", *İşletme ve İktisat  alışmaları Dergisi*, 9(2), 125-144.
- European Commission (EU) (2019). "The European Green Deal", https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf, (Erişim Tarihi: 14.04.2022).
- European Commission (EU) (2022). "EU Emission Trading System", https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en, (Erişim Tarihi: 12.01.2022).
- Gong, X., Shi, R., Xu, J. ve Lin, B. (2021). "Analyzing Spillover Effects Between Carbon and Fossil Energy Markets from a Time-Varying Perspective", *Applied Energy*, 285.
- Hintermann, B. (2010). "Allowance Price Drivers in the First Phase of the EU ETS", *Journal of Environmental Economics and Management*, 59(1), 43-56.
- IMF (2021). "Border Carbon Adjustments: Rationale, Design and Impact", IMF Working Paper, <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2021/09/24/Border-Carbon-Adjustments-Rationale-Design-and-Impact-466176>, (Erişim Tarihi: 13.04.2022).
- International Carbon Action Partnership (ICAP) (2022). "EU Emission Trading System (EU ETS)", <https://l24.im/JwEjD>, (Erişim Tarihi: 12.01.2022).
- International Emission Trading Association (IETA) (2022). "GHG Market Sentiment Survey 2022", <https://www.ieta.org/resources/Documents/IETA%20GHG%20Market%20Sentiment%20Survey%20Report%202022.pdf>, (Erişim Tarihi: 27.07.2022).
- İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV) (2021). "AB Yeşil Mutabakatı Temel Unsurları ve Yol Haritası", https://www.ikv.org.tr/ikv.asp?ust_id=207veid=5352, (Erişim Tarihi: 13.04.2022).
- İmer-Ertunga, E. ve Seyhun,  .K. (2022). "Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması ve Türkiye'nin İhracatına Olası Etkileri", *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 13(1), 1-13.

- İskenderoğlu, Ö., Ünlübulduk, S.N. ve Karadeniz, E. (2023). "Karbon Salınımının Belirleyicileri: Çevresel Performans Endeksi'ndeki Ülkelerde Bir Araştırma", *Verimlilik Dergisi*, Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik Özel Sayısı, 23-36.
- İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA) (2012). "İzmir Bölgesi Girdi-Çıktı Analizi", <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/izmir-bolgesi-girdi-cikti-analizi.pdf>, (Erişim Tarihi: 21.06.2022).
- Kılınç, A. (2022). "Impact of Carbon Border Adjustment Mechanism on Iron-Steel and Cement Sectors in Turkey: A Social Accounting Matrix Multiplier Analysis", Middle East Technical University, Ankara.
- Leontief, W. (1966). "Input-Output Economics", Oxford University Press, New York.
- Lovcha, Y., Perez-Laborda, A. ve Sikora, I. (2022). "The Determinants of CO₂ Prices in the EU Emission Trading System", *Applied Energy*, 305, 117903.
- Ma, T. ve Wang, Y. (2021). "Globalization and Eenvironment: Effects of International Trade on Emission Intensity Reduction of Pollutants Causing Global and Local Concerns", *Journal of Environmental Management*, 297, 113249.
- Miernyk, W.H. (2020). "The Elements of Input-Output Analysis", <https://researchrepository.wvu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=rri-web-book>, (Erişim Tarihi: 10.04.2022).
- Tinnereim, E. ve Mehling, M. (2018). "Carbon Pricing and Deep Decarbonisation", *Energy Policy*, 121, 185-189.
- Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD). (2020). "Ekonomik Göstergeler Merceğinden Yeni İklim Rejimi", <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10633-ekonomik-gostergeler-merceginden-yeni-i-klim-rejimi-raporu>, (Erişim Tarihi: 10.04.2022).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2021). "Türkiye Sera Gazı Emisyon Envanteri 1990-2019", https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/icerikler/sera_gazi_em-syon-raporu-20200506141834.pdf, (Erişim Tarihi: 27.07.2022).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2022). "Dış Ticaret İstatistikleri", <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=dis-ticaret-104>, (Erişim Tarihi: 27.07.2022).
- United Nations (UN) (1992). "United Nations Framework Convention on Climate Change", https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf, (Erişim Tarihi: 14.04.2022).
- United Nations (UN) (1998). "Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change", <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>, (Erişim Tarihi: 14.04.2022).
- United Nations (UN) (2005). "Paris Agreement", https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf, (Erişim Tarihi: 14.04.2022).
- Zhou, K. ve Li, Y. (2018). "An Empirical Analysis of Carbon Emission Price in China", *Energy Procedia*, 152, 823-828.

Verimlilik Analizlerinde Tatmin Seviyesi Tayin Edilmemiş EATWIOS Mu? OCRA Mı?: Sağlık Turizmi Üzerine Bir Araştırma

Ahmet Serhat ULUDAĞ¹, Ebru ŞAHİN²

ÖZET

Amaç: Bu çalışmayla sağlık turizmi üzerinden, OCRA ve tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemlerinin verimlilik ölçümlerinde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Yöntem: Çalışmada verimlilik ölçümü için OCRA ve tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemleri kullanılmış ve girdiler ile çıktıların ağırlıklandırılması için Entropi yönteminden faydalanılmıştır. Ayrıca, ağırlıklandırma işleminin sonuçlar üzerindeki etkisi görebilmek için bir de duyarlılık analizi yapılmıştır. Elde edilen bulgular, karşılaştırılmış ve hangi yöntemin verimlilik analizleri için uygun olduğu yorumlanmaya çalışılmıştır.

Bulgular: Bulgular, tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yönteminin bir üretim biriminin mutlak verimliliğinin ölçülmesi istenilen durumlar; OCRA yönteminin ise, göreceli verimliliğinin ölçülmesi istenilen durumlar için daha uygun olduğunu göstermiştir. OCRA yöntemiyle elde edilen indeks değerleri, bir üretim biriminin gerçekten verimli veya verimsiz çalıştığını göstermekten ziyade diğer üretim birimlerine göre sıralamadaki yerini göstermektedir. Duyarlılık analiziyle elde edilen bulgular ise, tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yönteminin ağırlıklardaki değişime karşı, OCRA yöntemine göre, daha duyarlı olduğunu göstermiştir.

Özgünlük: Bu çalışma, OCRA ve tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemlerinin sağlık turizm hizmetlerinin verimliliğinin ölçülmesi için kullanılan ilk çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: Verimlilik, Sağlık Turizmi, Çok Kriterli Karar Verme, EATWIOS, OCRA, Entropi.

JEL Kodları: D24, D81, H51, I19.

EATWIOS without Satisfaction Level Assigned or OCRA in Productivity Analyses?: A Research on Health Tourism

ABSTRACT

Purpose: In this study, the usability of OCRA and EATWIOS without designated satisficing levels in measurement of efficiency was investigated through health tourism.

Methodology: OCRA and EATWIOS without designated satisficing levels were used in the study and Entropy method was utilized for weighting inputs and outputs. Furthermore, a sensitivity analysis was performed in order to see the effects of weighting on the results. Findings were compared in an attempt to interpret which method was more suitable for efficiency analyses.

Findings: Findings showed that EATWIOS without designated satisficing levels was more suitable in cases where it is intended to measure absolute efficiency of a production unit whereas OCRA was found to be more suitable for measuring relative efficiency. Index values obtained via OCRA represent the ranking of a production unit among other production units rather than indicating whether the relevant production unit actually functions efficiently or inefficiently. Findings from sensitivity analysis, on the other hand, showed that EATWIOS without designated satisficing levels was more sensitive to the changes in weights compared to OCRA.

Originality: This study is the first-ever study which used OCRA and EATWIOS without designated satisficing levels for measuring the efficiency of health tourism services.

Keywords: Productivity, Health Tourism, Multi Criteria Decision Making, EATWIOS, OCRA, Entropy.

JEL Codes: D24, D81, H51, I19.

¹ Doç.Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Samsun, Türkiye, serhat.uludag@omu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0058-2384 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Doktora Öğrencisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sağlık Yönetimi, Samsun, Türkiye, ebrusahin479@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3661-4405.

DOI: 10.51551/verimlilik.1155635

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 04.08.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 09.11.2022

Atf: Uludağ, A.S. ve Şahin, E. (2023). "Verimlilik Analizlerinde Tatmin Seviyesi Tayin Edilmemiş EATWIOS Mu? OCRA Mı?: Sağlık Turizmi Üzerine Bir Araştırma", *Verimlilik Dergisi*, 57(2), 289-312.

EXTENDED ABSTRACT

Productivity which is considered key to economic growth and competitive power is defined as a ratio of output to input(s) (OECD, 2022). Measurement of productivity has become one of the most important issues for production units today. Measuring productivity for a single output is relatively easy, however, production of outputs in large quantities and in a wide range makes productivity measurement difficult. In such a case, many different problems need to be overcome within the framework of productivity measurements (Burgess, 1990:7). Multi-criteria decision making (MCDM) methods are methods that enable overcoming these problems. The first method that springs to mind when it comes to productivity and effectiveness is data envelopment analysis (DEA). However, DEA has certain basic limitations. From this point of view, this study analyzed alternative methods for productivity measurements and compared usability of EATWIOS without designated satisficing levels and OCRA in productivity measurements over health tourism services. Health tourism is one of the sub-branches of tourism with its gradually increasing importance in recent years and an outcome of globalization in health policies and neo-liberal policies. The increase in demand for healthcare services with lower cost, higher quality that are provided in shorter time has also been increasing the interest in health tourism every passing day (Hoz-Correa et al., 2018: 200). In addition, the increase in health expenditures makes productive and efficient use of allocated resources a necessity.

This study has emerged as a result of the search for alternative methods which can be used instead of DEA in measuring productivity. Accordingly, the main purpose of the study is to analyze EATWIOS and OCRA methods in all respects and to compare their usability in measuring productivity over health tourism services. In addition to this main purpose, the secondary purposes of the study can be listed as follows: (1) to identify advantages and disadvantages of EATWIOS without designated satisficing levels and OCRA. (2) to put forth similarities and differences between these methods. (3) to clarify the meaning of productivity scores or index values achieved using these methods. (4) to measure productivity of health tourism services provided in Turkey between 2006-2019.

In this study, EATWIOS method proposed for situations where satisficing levels are not designated and OCRA method were used for measuring productivity, and the said methods were compared. Inputs and outputs used in analyses were determined based on the literature. 4 inputs and 2 outputs were used in the study. The data used for inputs and outputs are secondary data compiled from statistics which are regularly shared with the public by the Republic of Turkey Ministry of Health. Weights of the inputs and outputs used were measured using Entropy method. Input and output weights measured were transferred to EATWIOS proposed for situations where satisficing levels are not designated and OCRA method, and the productivity of health tourism services provided in Turkey between 2006-2019 was measured. A sensitivity analysis was also included in the study with a view to identify the effect of potential variations in input and output weights on the results.

According to the findings reached with the combined use of Entropy and EATWIOS without designated satisficing levels; 2013 was the year in which health tourism services were most productive whereas they were least productive in 2007. Findings show that decline in productivity between 2006-2007 started to go into reverse with a rise in productivity between 2007-2009 and a slow but upward trend in productivity was observed between 2009-2013. The sharp decline in productivity between 2013-2014 draws attention. Productivity which had an upward trend between 2014-2016 displayed a downward trend once again as from 2016. On the other hand, according to the findings from the combined use of Entropy and OCRA; productivity was at its lowest level in 2007 while it was at its highest in 2009. Findings show that a decline in productivity occurred from 2019 until 2014, productivity increased during the period from 2014 to 2016 but it displayed a downward trend again after 2016, and that the results obtained via OCRA and EATWIOS without designated satisficing levels were similar, except for the period of 2009-2013.

The results showed that EATWIOS without designated satisficing levels could be used for determining absolute productivity of decision making units while OCRA could be used for determining their relative productivity. OCRA provides a rating among decision making units based on productivity indices rather than measuring absolute productivity. Sensitivity analysis revealed that EATWIOS without designated satisficing levels was more sensitive to variations in weights and was more affected by such variations compared to OCRA. The fact that neither OCRA nor EATWIOS without designated satisficing levels is able to offer a suggestion for improvement of productivity of production units seems to be a disadvantage. The results of the study should be evaluated considering the limitations of the study. Productivity analyses within the framework of the study were performed by taking variables of expenditure and revenue into account. It should be noted that selection of different variables will lead to different results. Moreover, Entropy method was utilized in the study for weighting inputs and outputs. It should be kept in mind that use of different weighting techniques may affect the results.

1. GİRİŞ

Ekonomistler uzunca bir zamandır verimliliğin önemine işaret etmektedirler. *Milletlerin Zenginliğinin Doğası ve Nedenleri Üzerine Bir Araştırma* adlı eserinde Adam Smith, herhangi bir ulusun yıllık üretim değerinin, sahip olunan verimli işgücü sayısının veya daha önceden istihdam edilmiş işgücünün verimliliğinin arttırılması dışında herhangi bir yolla yükseltilemeyeceğini; verimliliğin, ulusal seviyede anlam ifade eden yegâne kavram olduğunu ifade etmiştir (Smith, 1776: 2811). Rekabet Stratejisi adlı eseriyle tanınan Michael Porter göre ise bir ülkenin temel hedefi, vatandaşları için yüksek ve yükselen bir yaşam standardı sağlamaktır. Bu ise, ancak, işgücü ve sermayenin verimli kullanımıyla mümkündür. Ona göre verimlilik, işgücü ya da sermaye biriminin bir sonucu olup; ürünlerin kalitesine, özelliklerine ve üretim tekniklerine bağlı olarak değişmektedir (Porter, 2008: 206).

Gerek işletme ve/veya üretim özelinde olmak üzere mikro seviyede; gerek ulusal ve/veya sektör bazında olmak üzere makro seviyede dikkate alınan (Günter ve Goopp, 2022: 1214); önceleri sadece imalat sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için kullanılan, hizmetler sektörünün gelişimiyle birlikte hizmet işletmeleri için de kullanılır hale gelen (Burgess, 1990: 6); girdilerin toplam çıktılara dönüştürülmesi yoluyla hesaplanan verimlilik (Rawat ve diğerleri, 2018: 1486), ekonomik büyümenin ve rekabet gücünün temel anahtarlarıdır (OECD, 2022).

Verimliliği yüksek olan bir işletme, amaçlarını muhtemelen başaracağından; düşük maliyetli üretim yapan bir üretici de muhtemelen daha yüksek kar edeceğinden etkin olacaktır. Bununla birlikte, maliyetler düşük olsa dahi durgun bir pazarın işletmenin karlılığını olumsuz etkileyebileceği, verimliliği düşük olan bir işletmenin ise yüksek kar elde edebileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle verimlilikle etkinlik birbirinden ayırt edilmesi gereken bir husustur. Bununla birlikte, verimlilik halen etkinliğe nazaran ihmal edilen bir konudur (Price, 1997: 467).

Bu nedenle bu çalışmada etkinliğe değil, verimlilik kavramına ve verimliliğin ölçümüne odaklanılmıştır. Verimlilik ölçümlerinde karşılaşılan ve üstesinden gelinmesi gereken bazı problemler bulunmaktadır. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri, bu problemlerin üstesinden gelebilmeye imkân veren yapılarıyla dikkat çekmektedir. Verimlilik ve etkinlikten bahsedilince akla ilk gelen yöntem, veri zarflama analizi (VZA)'dır. Veri zarflama analizi, çok sık kullanılan, oldukça esnek yapıya sahip, kullanışlı bir yöntem olmasına rağmen; girdi, çıktı ve karar birimi sayısı arasındaki karşılıklı bağımlılık VZA'da önemli bir sorun teşkil etmektedir.

Bu noktadan hareketle verimlilik ölçümlerinde kullanılacak, VZA dışında, farklı ÇKKV yöntemlerinin mevcudiyetine yönelik bir araştırma yapılmış; EATWOS/EATWIOS ve OCRA yöntemleri dikkatleri celbetmiştir. Bu yöntemlerin çözüm süreçlerinin farklı olması ve amaçlarındaki nüans farklılığı, yöntemlerin aynı veri seti kullanılarak karşılaştırılmasının faydalı olacağı düşüncesine neden olmuştur. Bu nedenle bu iki yöntem, sağlık turizm hizmetlerinin verimliliğinin ölçülmesi amacıyla kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Uygulama alanı olarak sağlık turizminin seçilmesinin temel nedeni, bu alanda verimlilik ölçümüne yönelik sınırlı sayıda çalışma olması; bunun da ötesinde EATWOS/EATWIOS ve OCRA yöntemleri kullanılarak sağlık turizmi konusunda yapılmış bir çalışmaya rastlanmamış olmasıdır.

Giriş bölümü haricinde yedi ana bölümden oluşan çalışma şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde genel hatlarıyla verimlilik kavramına ve verimliliğin ölçümüne ve üçüncü bölümde sağlık turizmine değinilmiştir. Dördüncü bölümde literatür araştırmasına ve beşinci bölümde EATWIOS, OCRA ve Entropi yöntemlerine ilişkin açıklamalara yer verilmiştir. Altıncı bölümde analizler sonucu ulaşılan bulgular, yedinci bölümde duyarlılık analizi sonuçları ve sekizinci bölümde çalışmanın kısıtları, sonuçları ve uygulamaya yönelik öneriler sunulmuştur.

2. VERİMLİLİK ve VERİMLİLİĞİN ÖLÇÜMÜ

Verimlilik kavramına ilişkin (Stainer, 1997: 54); literatürde farklı bakış açılarını yansıtan pek çok tanım yer almaktadır (Tangen, 2005: 35). Bunlar; teknoloji, üretim ve ekonomi odaklı olmak üzere üç ana başlık altında toplanabilmektedir. Teknoloji odaklı tanımlarda verimlilik, çıktıların bu çıktıların üretimi için harcanan girdilere oranı olarak kabul edilirken; üretim odaklı tanımlarda verimlilik, bir sürecin gerçek ve potansiyel çıktısı arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır. Ekonomi odaklı tanımlar ise verimliliği, tahsis edilen kaynakların etkin kullanımı olarak tarif etmektedirler (Ghobadian ve Husband, 1990: 1435).

Verimlilik, genel olarak, çıktı ile girdi miktarı arasındaki bir oran olarak tanımlanmakta olup; bir ekonomide belirli bir çıktı miktarını üretmek için kullanılan işgücü, sermaye gibi girdilerin etkin kullanılıp kullanılmadığını ifade etmektedir (OECD, 2022). Verimliliği, Siegel (1980), çıktı miktarının ilgili kaynak girdi miktarına oranlarının bir kümesi; Fisher (1990), toplam gelirin maliyet ve hedeflenen kar toplamına oranı; Burgess (1990), toplam çıktının toplam girdiye oranı; Stainer (1997), toplam çıktının işgücü, sermaye, malzeme, enerji ve diğer girdiler toplamına oranı olarak tanımlamışlardır. Bernolak (1997) ise verimliliği,

kullanılan kaynaklarla ne miktarda, ne kadar kaliteli mal ve/veya hizmet üretildiği ile ilgili olan bir kavram olarak tarif ederken; Al-Darrab (2000), çıktının girdiye oranının kaliteyle çarpımı; Linna ve diğerleri (2010), her bir girdi başına üretilen çıktı miktarı; Almström (2012), yöntem, performans, kullanım, kalite ve tasarım faktörlerinin çarpımı; Berhe ve diğerleri (2017), çıktıların, üretime uygun ve uygun olmayan şekilde üretilen çıktıların ortaya çıkması için tüketilen girdilere oranı şeklinde tanımlamışlardır.

Verimliliğin ne anlama geldiği kadar ne anlama gelmediği de dikkat edilmesi ve görmezden gelinmemesi gereken bir husustur. Enflasyonun da etkisiyle satış gelirlerindeki bir artış; yani, sadece defter değeri üzerindeki bir artış her zaman için verimli çalışıldığı anlamına gelmeyebilir. Bunun yanı sıra, satış hacmindeki artışla birlikte kullanılan kaynakların artışı da her zaman için verimli çalışıldığı anlamına gelmeyebilir. Verimlilik artışından bahsedebilmek için kullanılan kaynak başına üretilen mal ve/veya hizmetlerin artması gerekmektedir. Burada kaynak terimi, mal ve/veya hizmetlerin üretimi sürecinde yer alan beşeri ve fiziksel unsurlara karşılık gelirken; üretilen bu mal/veya hizmetler varlık kavramıyla açıklanmaktadır (Bernolak, 1997: 204).

Verimliliği ve verimlilikteki değişimi objektif şekilde ölçmek oldukça zor bir iştir. Verimlilik, belirli bir çıktı ve bu çıktının üretimi için tüketilen kaynaklar yoluyla ölçülmektedir. Verimlilik ölçümleri, genel olarak, kısmi faktör, toplam faktör veya katma değer verimliliği ve toplam verimlilik olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır (Stainer, 1997: 54; Günter ve Gopp, 2022: 1214). Stainer (1997), toplam verimliliği, toplam çıktının işgücü, sermaye, malzeme, enerji ve diğer girdiler toplamına oranı olarak ifade etmiş ve toplam çıktının genelde fiziksel boyutlarla, girdilerin ise parasal olarak ifade edildiğini dile getirmiştir. Günter ve Gopp (2022) ise, toplam verimliliğin çeşitli girdi türleriyle ilişkili olduğunu ve temelde üretim fonksiyonuna dayandığını, pek çok toplam verimlilik yaklaşımında girdilerin ve çıktıların parasal olarak dikkate alındığını, toplam faktör verimliliğinin, genelde, makro ekonomik düzeyde kullanıldığını dile getirmişlerdir. Bu bağlamda toplam verimliliğin çıktının kâr; girdinin işgücü ve sermaye olarak tanımlandığı bir verimlilik ölçümünü yansıttığını; toplam faktör verimliliğinin ise, toplam verimliliğin ayrı bir bölümü olarak tanımlandığını, araştırmanın amacına göre farklı türlere ayrıldığını; kısmi faktör verimliliğinde ise, spesifik bir girdinin çıktıyla olan ilişkisine odaklanıldığını dile getirmişlerdir.

Misterek ve diğerleri (1992), verimliliğin genel olarak kısmi ve toplam verimlilik olmak üzere ikiye ayrıldığını; kısmi verimlilik ölçümlerinde çıktının bir veya birkaç girdiye oranlanması yoluyla; toplam verimlilik ölçümlerinde ise, tüm çıktıların tüm girdilerle karşılaştırılması yoluyla verimliliğin ölçüldüğü ifade etmişlerdir. Buna ek olarak, verimliliğin ulusal ve sektörel düzeye kıyasla işletme ve çalışma grubu seviyesinde daha kolay ölçüldüğünü; genellikle verimlilik ölçümlerinde girdi ve çıktıların para birimi gibi ortak bir payda kullanılarak ifade edilmesinin arzu edildiğini; bu durumda verimlilik formülünün, çıktıların miktarı ile çıktıların değerinin çarpımının, girdilerin miktarı ile girdilerin miktarının çarpımına oranı haline dönüştüğünü dile getirmişlerdir.

Rehman ve diğerleri (2020) ise, verimliliğin teorik, fiili ve temel olmak üzere farklı düzeyde ve yollarla ölçülebildiğini, bir üretim tesisinin performansının teorik ve fiili verimliliğin karşılaştırılması yoluyla belirlenebileceğini ifade etmişlerdir. Bu kapsamda teorik verimlilikle bir üretim tesisinde üretim koşullarının mükemmel olması durumunda ulaşılabilecek maksimum seviye tanımlanmış; ancak, makine, malzeme, işçilik ve/veya alet eksikliği, planlanan ve gerçekleşen talep arasındaki uyumsuzluk, fazla mesai, gecikme, arızalar ve diğer kötü koşulların bir araya gelmesiyle operasyonel olarak verimsizliğin ortaya çıkabileceğini; bu nedenle bir üretim tesisinde mutlak verimliliği belirlemek için fiili ve temel verimliliği karşılaştırmak gerektiğini; temel verimliliğin ise, bir üretim tesisinde normal çalışma koşulları altında ulaşılabilecek sürdürülebilir seviye olduğunu ifade etmişlerdir. Bansal ve diğerleri (2014) ise, verimliliğin mutlak ve göreceli olmak üzere iki gruba ayrıldığını; mutlak verimliliğin, kullanılacak girdi ve çıktıların belli bir standarda sahip olması halinde ölçülebildiğini; bu standartların olmaması durumunda sadece göreceli verimliliğin ölçülebileceğini ifade etmişlerdir.

Tek bir ürün üretimi söz konusu olduğunda verimlilik ölçümü görece daha kolay ve zahmetsiz olacaktır. Fakat, çok miktarda ve çeşitlilikte çıktının üretilmesi durumunda verimliliğin ölçümü de zorlaşacaktır. Bu durumda farklı çeşit ve miktarlarda elde edilen çıktıların ve kullanılan girdilerin nasıl birleştirileceği, hangi ortak ölçüt kullanılarak ifade edileceği; girdi ve çıktıların miktar olarak mı yoksa değer olarak mı verimlilik ölçümlerine dahil edileceği; hangi girdi ve çıktıların verimlilik analizlerinde kullanılacağı gibi daha pek çok soru verimlilik ölçümleri kapsamında cevaplanması gereken sorular olarak zuhur etmektedir (Burgess, 1990: 7). Verimlilikle ilgili bir diğer problem ise, verimliliğin göreceli olmasıdır. Bu nedenle verimliliğin bir anlam ifade edebilmesi için kıyaslanabilir olması da gerekmektedir (Bernolak, 1997: 204).

Belirli bir düzeyde çıktı ne kadar az girdiyle veya belirli bir düzeyde girdiyle ne kadar fazla çıktı üretilebilirse verimlilik de yükselecektir (Price, 1997: 467). Verimliliğin yüksek olması değer verilmesi gereken ve arzulanan bir durumken; verimliliğin düşük olması istenmeyen bir durumdur. Yüksek verimlilik düzeyi, kullanılan girdi başına sağlanan daha fazla çıktı miktarına işaret etmektedir. Aynı çıktı miktarı için

daha az girdi kullanmak, aynı girdi miktarıyla daha fazla çıktı elde etmek ve/veya artan çıktı miktarından daha az artan bir girdi miktarı kullanmak verimlilikte artışa neden olacaktır (Burgess, 1990: 6). Mevcut kaynaklarla daha fazla miktarda ve/veya daha iyi, daha kaliteli mal ve/veya hizmetler üretildiğinde veyahut daha az kaynakla aynı miktarda aynı kalitede mal ve/veya hizmetler üretildiğinde de verimlilik artışından bahsetmek mümkündür. Tangen (2005), verimlilik artışının ve yüksek verimliliğin kullanılan kaynakların ve yerine getirilen faaliyetlerin üretilen mallara değer katmasıyla ve israfın önüne geçilmesiyle sağlanabileceğini ifade etmiştir. Misterek ve diğerleri (1992), işletmeler için verimlilikte meydana gelecek artış ve azalışların girdi ve çıktılar arasındaki çeşitli kombinasyonlara bağlı olarak değişebileceğini ifade etmişler ve verimlilikteki bu artış ve azalışlara neden olan kombinasyonları; yönetilen büyüme ve kötü yönetilen büyüme olmak üzere iki kategoride ele almışlardır.

3. SAĞLIK TURİZMİ

Küreselleşmeyle birlikte uluslararası seyahatlerin kolaylaşması, teknolojiye kaydedilen ilerlemeler, yaşam kalitesinin ve yaşam kalitesi bilincinin artması insanlara farklı deneyimler vadeden ve sürekli değişen turizm seçeneklerine yönelik talebi artırmıştır (Uygun, 2022: 805). Turizm, genel hatlarıyla insanların gezip-görme, dinlenme, eğlenme ve öğrenme gibi psikolojik, sosyal ve kültürel gereksinimlerini karşılamak amacıyla, sürekli yaşadıkları ya da ikamet ettikleri yerlerden, geçici süreyle ayrılarak başka ülkelere ya da bölgelere seyahat etmeleri olarak tanımlanmakta olup (Barutçuğil, 1989: 15); pek çok alt türü bulunmaktadır. Son yıllarda önemi giderek artan sağlık turizmi de turizmin bu alt türlerinden biridir. Sağlık turizmi, sağlık politikalarındaki ve neoliberal politikadaki küreselleşmenin bir ürünüdür. Daha düşük maliyetli, daha kaliteli, daha kısa sürede sunulan sağlık ve bakım hizmetlerine yönelik talebin artması, sağlık turizmine yönelik ilgiyi de her geçen gün arttırmaktadır (Hoz-Correa ve diğerleri, 2018: 200).

Sağlık turizmi, birincil motivasyonu bireylerin çevrelerinde ve toplumda kendi ihtiyaçlarını karşılama kapasitelerini artırma ve yaşamlarına bireysel olarak daha iyi devam etmelerine yardımcı olma olan fiziksel, zihinsel ve/veya ruhsal sağlığa katkı sağlayan tıbbi ve sağlık temelli faaliyetleri kapsayan turizm türüdür (UNWTO, 2022: 1-3). Sağlık turizminin gelişiminde; ticari, sosyal, kişisel ve ticari pek çok faktörün yanı sıra (Vovk, 2021); dünya nüfusunun her geçen gün yaşlanması, kronik rahatsızlıkların çoğalması, teşhis ve tedavi için bekleme sürelerinin uzun olması, sağlık sigortalarının kapsamının yetersizliği, teknolojik alanda meydana gelen ilerlemeler, seyahatin ve ulaşımın kolaylaşması, sağlık turizmi kapsamına giren hizmetlerin uluslararası ticaretin konusu haline gelmesi gibi faktörler etkili olmaktadır (Buzcu ve Birdir, 2019: 311-312).

Ramanauskas ve Bnevicius (2021) sağlık turizmi kapsamında sunulan hizmetlerin, tıbbi uygulamaların amaçlarına göre; vücudun normal fonksiyonlarını sürdürmesine; meslek hastalıklarına bağlı olarak ortaya çıkması muhtemel hastalıkların ve sakatlıkların önlenmesine; ameliyat, hastalık ve/veya bir travma sonrasında fiziksel durumun eski haline getirilmesine; zihinsel sağlık ve psikosomatik dengenin güçlendirilmesine; fiziksel görünümün düzeltilmesine yönelik sunulan hizmetler şeklinde gruplandırılabilirliğini ifade ederlerken; Eriş ve Barut (2020), medikal turizm, yaşlı ve engelli bakımı turizmi, termal turizm, SPA ve wellness turizmi şeklinde bir sınıflandırmaya gitmişlerdir.

Sağlık turizmi hem amaç hem de talebin yapısı açısından diğer turizm türlerinden ayrılmaktadır. Zira, sağlık turizmine yönelik talep, sezonluk değil, yılın geneline yayılmıştır. Talebin bu yapısı nedeniyle hizmet üretimi, sezonluk turizm türlerinden farklı olarak yıl boyunca devam edebilme potansiyeline sahiptir. Bu açıdan sağlık turizmi, sağlık tesislerinin kapasite kullanım oranlarının, verimliliklerinin artmasına ve ev sahibi ülkenin daha fazla döviz girdisi elde etmesine katkı sağlayacaktır. Hiç şüphesiz ki, bu olumlu sonuçlar, ancak ve ancak iyi bir planlama ve hizmet üretim süreciyle elde edilebilir (Bulut ve Şengül, 2019: 311-312).

Beklentilerin aksine sağlık turizminde, gelişmiş ülkeler yerine gelişmekte olan ülkeler daha ön plana çıkmaktadır. Hindistan, Malezya, Singapur ve Tayland gibi gelişmekte olan ülkelere gelişmiş ülkelere nazaran çok daha çeşitli, kapsamlı, düşük maliyetli ve kaliteli sağlık turizmi uygulamalarına rastlanmaktadır (İspirli Turan ve Erdem, 2021: 518). Bu ülkelere son yıllarda Brezilya, Rusya ve Türkiye'de eklenmiştir (Uygun, 2022: 805). Son yıllarda, özellikle gelişmiş ülkelerdeki sosyal güvenlik kurumları, sağlık hizmetlerinin daha düşük ücretlerle sunulduğu bu ülkelere sağlık hizmetlerinin satın alınmasına yönelik paket anlaşmalar yapma eğilimine girmişlerdir (Bulut ve Şengül, 2019: 47).

Gelişmekte olan ülkelere biri olarak Türkiye'nin sahip olduğu yüksek turizm potansiyeli ve sağlıkta dönüşüm programıyla birlikte gelişmiş ülkelere nazaran kaliteli ve daha düşük ücretlerle sunulmaya başlanan sağlık hizmetleri bir arada düşünüldüğünde; Türkiye, sağlık turizmi açısından önemli bir çekim merkezi haline gelmektedir.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2003 yılında Türkiye'yi 16.302.053 kişi ziyaret etmiş olup; toplam 13.854.868.000 Dolar turizm geliri elde edilmiştir. 2019 yılına gelindiğinin ziyaretçi sayısı 51.860.042'ye, toplam turizm geliri ise 34.520.332.000 Dolar'a yükselmiştir. Covid-19 salgının etkisiyle

toplam turist sayısı 2021 yılında 24.482.332'ye, toplam turizm geliri ise 29.357.463.000 Dolar'a gerilemiştir. Sağlık turizminden elde edilen gelirin toplam turizm gelirleri içerisindeki payı oldukça düşük olup; istenilen seviyede olduğunu söylemek mümkün gözükmemektedir. Bununla birlikte, sağlık turizmi amacıyla Türkiye'ye gelen ve sonrasında ayrılan turist sayısının 2003-2021 yılları arasında genel olarak bir artış eğilimi gösterdiği de aşikardır. 2003 yılında sağlık ve tıbbi nedenlerden dolayı Türkiye'ye gelerek daha sonra çıkış yapan turist sayısı 139.971 iken; bu sayı 2021 yılında 642.444'e yükselmiştir. Sağlık ve tıbbi nedenlerle Türkiye'ye gelen turist sayısının en fazla olduğu yıl 2019 yılı olup; bu sayı 700.000'ler civarındadır. Covid-19 salgının etkisiyle bu sayı 2020 yılında 400.000'lerin altına düşmüştür. Türkiye'de sağlık harcamalarından elde edilen gelirin toplam turizm gelirleri içerisindeki payı, 2003-2021 yılları arasında genel olarak artış eğilimi göstermiştir. Türkiye'de 2019'dan 2020'ye toplam turizm gelirlerinde yaşanan büyük düşüş, sağlık turizmine yansımamıştır. Sağlık turizminden elde edilen gelirin toplam turizm gelirleri içerisindeki payı 2019'dan 2020'ye gelindiğinde yaklaşık %1,5 artış göstermiştir (TÜİK, 2022).

Yukarıda sunulan verilerden de anlaşılacağı üzere, sağlık turizmi henüz Türkiye'de tatmin edici seviyelerden oldukça uzak olmasına rağmen, gelişme göstermektedir. T.C. Sağlık Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı Amaç 6, Hedef 6.3'de sağlık turizmine verilen öneme işaret edilmekte ve Türkiye'nin sağlık turizminde tercih edilen ülkelere arasına girmesinin hedeflendiği ifade edilmektedir (T.C.Sağlık Bakanlığı, 2022).

4. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölüm oluşturulurken, iki temel husus dikkate alınarak harekete geçilmiştir. Bunlardan birincisi EATWOS/EATWIOS ve OCRA yöntemlerinin verimlilik ölçümü maksadıyla kullanıldığı çalışmalara erişmek; ikincisi ise, söz konusu yöntemlerin sağlık turizmine yönelik olarak herhangi bir araştırmada kullanılıp kullanılmadığını belirlemektir. Bu iki temel husustan hareketle gerçekleştirilen literatür araştırmasıyla konuyla ilgili tüm çalışmalara erişilmeye çalışılmıştır.

Görçün (2019a), Karadeniz'deki 9 konteyner limanın verimliliğini EATWIOS yöntemini kullanarak ölçmüştür. Çalışmada girdilerin ve çıktılarının ağırlıklarının hesaplanması için Entropi yöntemi kullanılmıştır. Görçün (2019b) bir başka çalışmasında, yine Entropi ve tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemlerini bir arada kullanmış; Türkiye, Azerbaycan, Türkmenistan, Kazakistan, Tacikistan, Özbekistan ve Kırgızistan'ın lojistik performans ve verimliliklerini ölçmüştür. Uludağ (2020), Türkiye'deki havalimanlarının 2014-2018 yılları arasındaki verimliliklerini çıktı tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemi ve VZA kullanarak ölçmüştür. Girdi ve çıktıların ağırlıklandırılması için Entropi yönteminin kullanıldığı çalışmada elde edilen sonuçlar, etkin olan bazı karar birimlerinin diğer karar birimlerine göre daha verimsiz olduğunu, verimsiz olan bazı karar birimlerinin de etkin olarak çıkabildiğini göstermiştir. Ulaşılan sonuçlar, etkinlik ve verimliliğin farklı kavramlar olarak değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmesi bakımından dikkat çekicidir. Kundakçı (2019), 6 tedarikçinin verimliliklerini tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS ve OCRA yöntemlerini kullanarak ölçmüştür. Çalışmada girdi ve çıktıların ağırlıklarının belirlenmesi için herhangi bir yöntem kullanılmamış, eşit ağırlıklandırma yoluna gidilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre her iki yöntemde de karar birimlerinin verimlilik sıralamaları değişmemiş, her iki yönetimde tedarikçi değerlendirme problemleri için uygun olduğu ifade edilmiştir. Yükselyıldız (2021), Türkiye'deki konteyner limanlarının verimliliklerini tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemini kullanarak ölçmüştür. Bu çalışmada da girdilerin ve çıktıların ağırlıklandırılması için Entropi yöntemi kullanılmıştır. Özbek (2018), bir sivil toplum kuruluşunun 2014-2015 yılları arasındaki verimliliğini tatmin seviyesi tayin edilmiş, tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS ve ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında girdi yönelimli VZA kullanarak ölçmüş ve sonuçları karşılaştırmıştır. Girdi ve çıktıların ağırlıklarının belirlenmesi için, bu çalışmada da Entropi yöntemi kullanılmıştır. Aytekin ve diğerleri (2022), küresel inovasyon indeksinden yararlanarak Avrupa Birliği üyesi ve birliğe aday ülke konumunda olan ülkelerin küresel inovasyon verimliliklerini ölçmüşlerdir. Çalışmada VZA ve EATWIOS yöntemleri kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. İlikkan Özgür ve diğerleri (2021), Türkiye'de faaliyet gösteren 25 kamu şeker fabrikasının verimliliklerini tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemini kullanarak ölçmüşlerdir. Girdi ve çıktıların ağırlıklandırılması için ise, Entropi yöntemi gibi objektif ağırlıklandırma tekniklerinden biri olan CRITIC yöntemi kullanılmıştır. Özdemir (2021), 9 bilgisayar modelinin verimliliklerini, tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS, girdi ve çıktı tatmin seviyesi tayin edilmiş EATWIOS yöntemlerini kullanılarak 3 farklı durum için ölçmüştür. Girdi ve çıktılar yine Entropi yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Ergenekon Arslan ve diğerleri (2019), Simav bölgesindeki jeotermal enerji kaynakların değerlendirilmesi maksadıyla iki tip güç santraline ilişkin yapmış oldukları tasarımların verimliliklerini tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemini kullanarak ölçmüşlerdir. Bu çalışmada girdi ve çıktıların ağırlıklandırılması için farklı bir yol izlenmiş ve her bir girdi veya çıktının normalize edilmiş değerleri toplamı, girdi veya çıktıların toplam normalize edilmiş değerlerine oranlanmıştır. Parkan (2004), OCRA yönteminin etkinlik perspektifinden bakıldığında nasıl işlediğini açıklamış ve yöntemin bir dizi operasyonel birimin göreceli performanslarını ölçmek ve derecelendirmek maksadıyla kullanılabileceğini ifade etmiştir. Aynı çalışmada, bir fakültenin

üyeleri için performans derecelendirme probleminde de yer verilmiştir. Parkan (2007), Agrell ve West (2001) tarafından yapılan bir araştırmada OCRA yöntemine yönelik yapılan eleştirilere yanıt vermiş; Agrell ve West (2001)'in sonuçlarının aksine, OCRA yönteminin karşılaştırma modelinin seçiminde bağımsız olarak uygun derecelendirmeler sağladığını ifade etmiştir. Yine Parkan (2003) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, Hong Kong'taki bir eczane zincirine üye 8 eczaneye kurulan yeni bir elektronik satış noktası sisteminin eczanelerdeki kullanımının performansı OCRA yöntemiyle ölçülmüştür. Bir başka çalışmada Parkan ve Wu (1999), Hong Kong'taki bir yatırım bankasının ek personel alımının bankanın genel performansına etkisini 1993-1994 yılına ait 24 aylık maliyet ve gelir verilerini dikkate alarak hem OCRA hem de VZA'yı kullanarak ölçmüşler ve sonuçları karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar, OCRA ve VZA'yla elde edilen derecelendirmeler arasındaki benzerliğin, VZA'da gelir ve maliyet kategorisindeki önem ağırlığı kısıtlamalarının sertleşmesi durumunda, arttığını göstermiştir. Lukic (2022), çalışmasında Rusya ve Sırbistan haricinde Avrupa Birliği'ne üye 8 ülkenin dağıtım ticaretinin verimliliğini OCRA ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemlerini bir arada kullanarak ölçmüştür. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için öznel bir ağırlıklandırma tekniği olan AHS kullanılmış ve bu tür problem yapıları için OCRA yönteminin diğer ÇKKV teknikleriyle birlikte kullanımı önerilmiştir. Erdoğan ve diğerleri (2020), 5 farklı motor tipinden hangisinin belli çalışma koşulları altında en iyi performansı sergileyeceğini belirlemeye çalıştıkları çalışmalarında OCRA yöntemini kullanmışlardır. Madic ve diğerleri (2015) ise, neredeyse keşfedilmemiş bir çok kriterli karar verme yöntemi olarak nitelendirdikleri OCRA yöntemini geleneksel olmayan işleme süreci seçiminde kullanmışlardır. Araştırmacılar, OCRA yönteminin çok sayıda kriteri ve alternatifi çözüm sürecine dahil edebilmesi, az sayıda formülasyon içermesi, nitel ve nicel faktörleri dikkate alınabilmesi ve her şeyden önemlisi yöntemin hesaplama prosedürünün ek parametrelerin sürece dahil edilmesinden etkilenmemesi açısından pek çok avantaja sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Sağlık turizminde verimlilik ve etkinlik konulu çalışmalardan ilkinde Beladi ve diğerleri (2019), işgücü verimliliği üzerindeki dışlama etkisine değinerek, medikal turizmin ev sahibi ülkeler üzerindeki ekonomik etkisine ışık tutmaya çalışmışlar ve genel olarak OECD üyesi olmayan ülkelerde medikal turizmin ev sahibi ülkenin refahına olumlu katkı yaptığını ifade etmişlerdir. Bir başka çalışmada Androutsou ve Metaxas (2019), 15 Avrupa Birliği üyesi devletin, medikal turistler de dahil olmak üzere yerleşik olmayanlar için, hastanelerinin etkinliklerini 2010-2014 yılları arasını kapsayan zaman zarfı için VZA'yı kullanarak ölçmüşlerdir. Elde edilen sonuçlar analize konu ülkelerin sağlık sistemlerinin yerleşik olmayanlardan hastanede yatanlar için etkin olduğunu; fakat, ayakta tedavi gören hastalar söz konusu olduğunda etkinliğin düştüğünü göstermiştir. Yiğit ve diğerleri (2019) ise, Türkiye'nin arasında bulunduğu 10 ülkenin medikal turizm verimliliklerini girdi yönelimli CCR VZA modelinden faydalanarak ölçmüşlerdir. Elde edilen sonuçlar, Türkiye'nin medikal turizm açısından verimliliğinin araştırmaya katılan ülkelerin medikal turizm verimliliklerinin ortalamasının altında kaldığını göstermiştir. Cabinova ve diğerleri (2021), Slovak spa işletmelerinin verimliliklerinin ölçülmesi için VZA'dan yararlanırlarken; Bansal ve diğerleri (2014), VZA'yı turizmin gelişiminde tıbbi ekoloji sisteminin performansını ölçmek amacıyla kullanmışlardır.

Gerçekleştirilen literatür araştırması, sağlık hizmetlerinin verimliliğinin ve/veya etkinliğinin ölçülmesi noktasında araştırmacılar tarafından ağırlıklı olarak VZA ve/veya Toplam Faktör Verimliliği gibi yöntemlerin tercih edildiğini ve kullanıldığını göstermiştir. Aynı zamanda bu literatür araştırmasıyla EATWIOS yöntemiyle sağlık alanında verimlilik ölçümüne yönelik herhangi bir çalışma yapılmadığı da tespit edilmiştir. Bunun da ötesinde, EATWIOS ve OCRA yöntemlerinden hangisinin verimlilik ölçümleri için uygun olup olmadığını belirlemeye yönelik herhangi bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Bu bağlamda, bu çalışma EATWIOS ve OCRA yöntemlerinin sağlık turizm hizmetlerinin verimliliklerinin ölçümünde kullanıldığı ilk çalışmadır. Bu açıdan çalışmanın alana önemli bir katkı yapması ve ilgili literatüre zenginlik kazandırması beklenmektedir.

5. YÖNTEM

Bu kısımda, verimlilik ölçümlerinde kullanılabilirlikleri araştırılan EATWIOS ve OCRA yöntemleriyle, girdi ve çıktılarının ağırlıklarının belirlenmesi için kullanılan Entropi yöntemine ilişkin açıklamalara yer verilmiştir.

5.1. EATWOS/EATWIOS Yöntemi

Peters ve Zelewski (2006) tarafından geliştirilen EATWOS (Doğan, 2020: 240), karar vericilerin tatmin edici çözümlere ulaşmasına imkân veren bir yöntemdir (Kundakçı, 2019: 104). Literatüre ilk girdiği zamanlarda EATWOS olarak bilinen yöntem, sonrasında EATWIOS (Efficiency Analysis Technique with Input Output Satisfaction) olarak yeniden adlandırılmıştır (Aytekin ve diğerleri, 2022: 5). EATWIOS, karar verme birimlerinin göreceli verimliliklerini belirlemek ve potansiyel iyileştirmeleri bulmak amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Bansal ve diğerleri, 2014: 293-294). EATWIOS verimlilik analizleri yanı sıra performans analizi çalışmaları için de uygun bir yapıya sahiptir (Görçün, 2021: 682).

Bu çalışmada tatmin seviyesi tayin edilmemiş durumlar için önerilen EATWIOS yöntemi kullanılmış olup; yöntemin matematiksel formu aşağıda gösterilmiştir (Peters ve Zelevski, 2006: 3-7; Uludağ, 2020: 10-12; Doğan, 2020: 240-241; Uludağ ve Doğan, 2021: 497-502).

EATWIOS'un ilk aşaması, girdi ve çıktı karar matrislerinin oluşturulmasıdır. Karar birimleri i , girdiler j , çıktılar k ile temsil edilmek; $i=1, 2, \dots, p$; $j=1, 2, \dots, r$, $k=1, 2, \dots, s$ olmak üzere; karar birimlerinin girdilerden almış oldukları değerleri gösteren girdi karar matrisi N , Eşitlik 1'de gösterilmiştir. Bu eşitlikteki n_{ij} , j inci girdiye göre i inci karar biriminin girdi değerini göstermektedir. Girdi karar matrisi teşkil edildikten sonra, p adet karar birimi ve s adet çıktı için çıktı karar matrisi oluşturulmalıdır. Bu matris ise, Eşitlik 2'de gösterilmiştir. Bu eşitlikteki m_{ik} , k inci çıktıya göre i inci karar biriminin çıktı değerini göstermektedir.

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & \dots & n_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{i1} & \dots & n_{pr} \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1,p}; j = \overline{1,r}; k = \overline{1,s}) \quad (1)$$

$$M = \begin{bmatrix} m_{11} & \dots & m_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{i1} & \dots & m_{pk} \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1,p}; j = \overline{1,r}; k = \overline{1,s}) \quad (2)$$

İkinci aşamada normalize girdi ve çıktı değerleri hesaplanmalıdır. Normalize edilmiş girdi değerlerinin (\tilde{n}_{ij}) hesaplanması için Eşitlik 3'te, normalize edilmiş çıktı değerlerinin (\tilde{m}_{ij}) hesaplanması için Eşitlik 4'te gösterilen formüller kullanılır. Ardından, girdiler için Eşitlik 5'te \tilde{N} ile çıktılar için Eşitlik 6'da \tilde{M} ile gösterilen normalize edilmiş karar matrisleri oluşturulur.

$$\tilde{n}_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p n_{ij}^2}} \quad (i = \overline{1,p}; j = \overline{1,r}; k = \overline{1,s}) \quad (3)$$

$$\tilde{m}_{ik} = \frac{m_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p m_{ik}^2}} \quad (i = \overline{1,p}; j = \overline{1,r}; k = \overline{1,s}) \quad (4)$$

$$\tilde{N} = \begin{bmatrix} \tilde{n}_{11} & \dots & \tilde{n}_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{n}_{i1} & \dots & \tilde{n}_{pr} \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1,p}; j = \overline{1,r}; k = \overline{1,s}) \quad (5)$$

$$\tilde{M} = \begin{bmatrix} \tilde{m}_{11} & \dots & \tilde{m}_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{m}_{i1} & \dots & \tilde{m}_{pk} \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1,p}; j = \overline{1,r}; k = \overline{1,s}) \quad (6)$$

Bu aşamada Eşitlik 7'de b_{ij} ile gösterilen girdi mesafe uzaklığı ve Eşitlik 8'de d_{ij} ile gösterilen çıktı mesafe uzaklıkları hesaplanır. Eşitlik 7'deki \tilde{n}'_j , $j=1, 2, \dots, r$ olmak üzere; j inci girdiye göre karar birimlerinin almış oldukları değerler arasından en küçük olanı iken; Eşitlik 8'deki \tilde{m}''_k , $k=1, 2, \dots, s$ olmak üzere; k inci çıktıya göre karar birimlerinin almış oldukları değerler arasından en büyük olanıdır. Sonrasında Eşitlik 9'da C ile temsil edilen girdi, Eşitlik 10'da H ile temsil çıktı mesafe uzaklıkları matrisleri oluşturulur.

$$b_{ij} = 1 + \tilde{n}_{ij} - \tilde{n}'_j \quad (i = \overline{1,p}; j = \overline{1,r}; k = \overline{1,s}) \quad (7)$$

$$d_{ij} = 1 - (\tilde{m}''_k - \tilde{m}_{ik}) \quad (i = \overline{1,p}; j = \overline{1,r}; k = \overline{1,s}) \quad (8)$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{i1} & \dots & b_{pr} \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1,p}; j = \overline{1,r}; k = \overline{1,s}) \quad (9)$$

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & \dots & h_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & \dots & h_{pk} \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1,p}; j = \overline{1,r}; k = \overline{1,s}) \quad (10)$$

Süreç, girdi ve çıktı mesafe uzaklıklarının ağırlıklandırılmasıyla devam eder. Karar birimleri i , girdiler j , çıktılar k ile temsil edilmek; $i=1, 2, \dots, p$; $j=1, 2, \dots, r$, $k=1, 2, \dots, s$ olmak üzere; bir karar verme probleminde w_j , j inci girdinin ağırlığını; v_k ise k inci çıktının ağırlığını temsil edecek olursa ağırlıklı normalize edilmiş girdi mesafe uzaklığı olan \hat{b}_{ij} Eşitlik 11, ağırlıklı normalize edilmiş çıktı mesafe uzaklığı olan \hat{d}_{ij} ise Eşitlik 12 kullanılarak hesaplanır. Ağırlıklandırma aşamasında girdi ve çıktı ağırlıklarının toplamının ayrı ayrı 1'e eşit olması gerektiği unutulmamalıdır. Bir diğer ifadeyle, $\sum_{j=1}^r w_j = 1$ ve $\sum_{k=1}^s v_k = 1$ olmalıdır.

$$\hat{b}_{ij} = w_j(\cdot) b_{ij} \quad (\forall i, j = \overline{1,r}) \quad (11)$$

$$\hat{d}_{ij} = v_k(\cdot) d_{ij} \quad (\forall i, k = \overline{1,s}) \quad (12)$$

Yöntemin son aşamasında her bir karar biriminin verimlilik skoru olan T_i Eşitlik 13 ile gösterilen formül yardımıyla hesaplanır. En yüksek skora sahip olan karar birimi, diğer karar birimlerine göre en yüksek verimliliğe sahip olundur.

$$T_i = \frac{\sum_{k=1}^s [v_k(\cdot) d_{ij}]}{\sum_{j=1}^r [w_j(\cdot) b_{ij}]} \quad (i = \overline{1, p}; j = \overline{1, r}; k = \overline{1, s}) \quad (13)$$

5.2. OCRA Yöntemi

İngilizcesi "Operational Competitiveness Rating" olan ve OCRA şeklinde kısaltılan yöntem, Parkan (1994) tarafından geliştirilmiştir (Parkan ve Wu, 1999b: 505). Yöntem, seçeneklerin görece performanslarının karşılaştırılması amacıyla kullanılabilir olduğu gibi; seçeneklerin verimliliklerinin ölçülmesi ve karşılaştırılması amacıyla da kullanılabilir. OCRA yönteminde ele alınan karar problemi verimlilik ve verimsizlik bakış açısına göre iki farklı şekilde uygulanabilmektedir (Parkan, 2003: 731). Verimlilik bakış açısı benimsenmişse en verimli seçenek, verimsizlik bakış açısı benimsenmiş ise en verimsiz seçenek belirlenmeye çalışılmaktadır.

Yöntemin birinci aşamasında girdi ve çıktılar için karar matrisleri oluşturulur. Takip eden aşamada normalize değerler hesaplanır ve ağırlıklandırma aşamasına geçilir. Yöntemde karar ölçütlerinin veya girdi ve çıktılarının ağırlıkları için kalibrasyon sabiti terimi kullanılmaktadır (Parkan ve Wu, 1999c: 204). Parkan (2006), kalibrasyon sabiti değerlerinin belirlenmesi aşamasında herhangi bir sınırlama getirmemiş ve kalibrasyon sabitinin öznel veya nesnel bir teknik kullanılarak belirlenebileceğini ifade ederken; Madic (2015), kalibrasyon sabiti değerlerinin sezgisel olarak da tayin edilebileceğini dile getirmiştir. Ağırlıklı normalize edilmiş değerlerin hesaplanmasından sonra sırasıyla; ölçeklendirilmemiş girdi ve çıktı indeksleri, ölçeklendirilmiş girdi ve çıktı indeksleri, ölçeklendirilmemiş genel tercih indeksi ve son olarak ölçeklendirilmiş genel tercih indeksi hesaplanır. Ele alınan problem verimlilik bakış açısından çözüme kavuşturulmak isteniyorsa; ölçeklendirilmiş genel tercih indeksi değeri en yüksek olan seçenek birinci sırada yer alır. Aksine, ele alınan problem verimsizlik bakış açısından çözüme kavuşturulmak isteniyorsa; ölçeklendirilmiş genel tercih indeksi değeri en düşük olan seçenek birinci sırada yer alır.

Oldukça anlaşılabilir ve kolay uygulanabilir olan OCRA; kalibrasyon sabiti değerlerinin farklı atandığı karar problemlerinin çözümü için elverişli olması (Chatterjee ve Chakraborty, 2012: 387), zaman serileri ve sektörel karşılaştırmalar için kullanılabilirliği (Parkan ve Wu, 1999a: 242; Kundakçı, 2017: 39; Kundakçı, 2019: 106), basit oransal hesaplamaları gerektirmesi (Gülençer ve Türkoğlu, 2020: 1335) ve VZA'da karşılaşılan birtakım sorunların üstesinden gelmeye imkan sağlaması (Parkan, 1994: 202) gibi avantajlara sahip bir yöntemdir. Bununla birlikte, yönteme ciddi eleştiriler de yöneltilmektedir. Özellikle Wang ve Wang (2005) ve Wang (2006), yöntemin hatalı olduğu yönünde eleştirilerde bulunmaktadırlar. Yönteme ilişkin bu genel açıklamaların ardından, yöntemin temel aşamalarına aşağıda yer verilmiştir (Uludağ ve Doğan, 2021: 473-480):

Karar birimleri i ile, girdiler, çıktılar veyahut değerlendirme ölçütleri j ile temsil edilecek olursa; $j=1, 2, \dots, b, b+1, \dots, t$ ve b faydalı ölçütlerin veya çıktılarının, $t-b$ ise maliyet ölçütlerinin veyahut girdilerin sayısını göstermek üzere, yöntemin birinci aşamasında Eşitlik 14'teki başlangıç karar matrisi oluşturulur. Bu eşitlikte x_{11} , birinci değerlendirme ölçütü veyahut çıktıya göre birinci karar biriminin aldığı değeri gösterirken; x_{ib+1} , $b+1$ 'inci girdiye göre i 'inci karar biriminin aldığı değeri göstermektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1b} & x_{1b+1} & \dots & x_{1t} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{ib} & x_{ib+1} & \dots & x_{it} \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1, s}; j = \overline{1, t}) \quad (14)$$

İkinci aşamada karar matrisindeki değerler normalize edilir. Normalizasyon işlemleri bakımından OCRA yöntemi diğer ÇKKV yöntemlerinden farklılaşmaktadır. OCRA yöntemi, verimlilik ve performans veya verimsizlik ve düşük performans odaklı çözülebilmektedir. Bu durum normalizasyon işlemlerinin farklılaşmasını da beraberinde getirmektedir. Amaç en verimli veyahut en yüksek performansı sergileyen karar biriminin belirlenmesi ise fayda özelliğine sahip değerlendirme ölçütlerinin normalizasyonu için Eşitlik 15, maliyet özelliğine sahip olanların normalizasyonu için ise Eşitlik 16 kullanılır. Aksine amaç, en verimsiz veyahut en düşük performansı sergileyen karar biriminin belirlenmesi ise fayda özelliğine sahip değerlendirme ölçütlerinin normalizasyonu için Eşitlik 17, maliyet özelliğine sahip olanların normalizasyonu için ise Eşitlik 18 kullanılmalıdır. Bu eşitliklerdeki x_{ij} , j 'inci değerlendirme ölçütüne göre i 'inci karar biriminin normalize edilmiş değerini; $\min x_{ij}$, j 'inci değerlendirme ölçütüne göre karar birimlerinin almış oldukları değerler arasından en küçüğünü gösterirken; Eşitlik 16 ve 17'deki $\max x_{ij}$, j 'inci değerlendirme ölçütüne göre karar birimlerinin almış oldukları değerler arasından en büyüğünü ifade etmektedir. Normalizasyon işleminin ardından Eşitlik 19'da \bar{X} ile gösterilen normalize edilmiş karar matrisi tesis edilir.

$$\hat{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\min x_{ij}} \quad (i = \overline{1, s}; j = \overline{1, t}) \quad (15)$$

$$\hat{x}_{ij} = \frac{\max x_{ij} - x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (i = \overline{1, s}; j = \overline{1, t}) \quad (16)$$

$$\hat{x}_{ij} = \frac{\max x_{ij} - x_{ij}}{\min x_{ij}} \quad (i = \overline{1, s}; j = \overline{1, t}) \quad (17)$$

$$\hat{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\min x_{ij}} \quad (i = \overline{1, s}; j = \overline{1, t}) \quad (18)$$

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{11} \cdots \hat{x}_{1b}, \hat{x}_{1b+1} \cdots \hat{x}_{1t} \\ \vdots \cdots \vdots \cdots \vdots \cdots \\ \hat{x}_{i1} \cdots \hat{x}_{ib}, \hat{x}_{ib+1} \cdots \hat{x}_{it} \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1, s}; j = \overline{1, t}) \quad (19)$$

Normalize değerler hesaplandıktan sonra, bu değerler ağırlıklandırılır. Ağırlıklı normalize edilmiş değerlerin; yani \hat{x}_{ij} değerlerinin hesaplanması için Eşitlik 20 kullanılır. Bu eşitlikteki a_j , j 'nci değerlendirme ölçütünün ağırlığıdır. Burada dikkat edilmesi gereken husus $\sum_{j=1}^t a_j = 1$ olması gerekliliğidir. Ağırlıklı normalize edilmiş değerler hesaplandıktan sonra Eşitlik 21'de \hat{X} ile gösterilen ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur. Sonrasında her bir karar birimi için Eşitlik 22'de Y_i ile temsil edilen ölçeklendirilmemiş çıktı indeksleri; Eşitlik 23'te Z_i ile temsil edilen ölçeklendirilmemiş girdi indeksleri hesaplanır.

$$\tilde{x}_{ij} = a_j(\cdot) \hat{x}_{ij} \quad (i = \overline{1, s}; j = \overline{1, t}) \quad (20)$$

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} \cdots \tilde{x}_{1b}, \tilde{x}_{1b+1} \cdots \tilde{x}_{1t} \\ \vdots \cdots \vdots \cdots \vdots \cdots \\ \tilde{x}_{i1} \cdots \tilde{x}_{ib}, \tilde{x}_{ib+1} \cdots \tilde{x}_{it} \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1, s}; j = \overline{1, t}) \quad (21)$$

$$Y_i = \sum_{j=1}^b a_j(\cdot) \tilde{x}_{ij} \quad (j = \overline{1, b}); (i = \overline{1, s}; j = \overline{1, t}) \quad (22)$$

$$Z_i = \sum_{j=b+1}^t a_j(\cdot) \tilde{x}_{ij} \quad (j = \overline{b+1, t}); (i = \overline{1, s}; j = \overline{1, t}) \quad (23)$$

Ardından, Eşitlik 24 kullanılarak \hat{Y}_i ile temsil edilen ölçeklendirilmiş çıktı indeksleri; Eşitlik 25 kullanılarak \hat{Z}_i temsil edilen ölçeklendirilmiş girdi indeksleri hesaplanır. Eşitlik 24'teki $\min Y_i$, karar birimlerinin ölçeklendirilmemiş çıktı değerleri arasındaki en küçük değer iken; Eşitlik 25'teki $\min Z_i$ ise, karar birimlerinin ölçeklendirilmemiş girdi değerleri arasındaki en küçük olanıdır. Takiben, her bir karar birimi için yine Eşitlik 26'da V_i ile temsil edilen genel tercih indeksi hesaplanır.

$$\hat{Y}_i = Y_i - \min Y_i \quad (i = \overline{1, s}) \quad (24)$$

$$\hat{Z}_i = Z_i - \min Z_i \quad (i = \overline{1, s}) \quad (25)$$

$$V_i = \hat{Y}_i + \hat{Z}_i \quad (i = \overline{1, s}) \quad (26)$$

OCRA yönteminin son aşamasında, Eşitlik 27 kullanılarak her bir alternatif veya üretim birimi için \hat{V}_i ile temsil edilen ölçeklendirilmiş genel tercih indeksi hesaplanır. Bu eşitlikteki $\min V_i$, karar birimlerinin ölçeklendirilmemiş genel tercih indeks değerleri arasındaki en küçük değere sahip olanıdır. Eğer söz konusu karar verme problemi verimlilik odaklı ise, karar birimleri bu indekse göre büyükten küçüğe; aksine durum söz konusu ise, küçükten büyüğe sıralanarak çözüm süreci sonlandırılır.

$$\hat{V}_i = V_i - \min V_i; (i = \overline{1, s}) \quad (27)$$

5.3. Entropi Yöntemi

Bu çalışmada esas olarak EATWIOS ve OCRA yöntemlerinin verimlilik ölçümlerinde kullanılabilirliği araştırılmaktadır. Bununla birlikte gerek EATWIOS gerek OCRA yönteminde, kullanılan girdilerin ve çıktılardan ağırlıkları belirlenmeli ya da atanmalıdır. Ağırlıklar EATWIOS yönteminde Eşitlik 11 ve 12'deki; OCRA yönteminde ise, Eşitlik 20'deki hesaplamalar için gereklidir. Her iki yöntemde de ağırlıkların belirlenmesinde bir kısıt bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada nesnel ağırlıklandırma tekniklerinden biri olan Entropi yöntemi kullanılmıştır.

Ağırlıklandırma aşaması, çok kriterli karar verme problemlerinde nihai sonuç üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Literatürde ağırlıklandırma teknikleri nesnel ve öznel teknikler olarak gruplandırılmaktadır. Entropi, CRITIC, SD, CILOS, IDOCRIW, ROC başlıca nesnel ağırlıklandırma teknikleriyken; AHP, ANP, SWARA, DEMATEL en bilindik öznel ağırlıklandırma teknikleri arasında yer almaktadırlar. Öznel ağırlıklandırma tekniklerinde karar vericilerin değerlendirmelerinden yola çıkarak ağırlıklar belirlenirken; nesnel ağırlıklandırma tekniklerinde ikincil verilerin kullanımı mümkün olmakta ve karar vericilerin

görüşlerine başvurmayaya gerek kalmayabilmektedir. Bu çalışmada ağırlıklandırma işlemi için seçilen Entropi de nesnel yöntemlerden biridir. Entropi yönteminde kriterlerin maliyet veya fayda özelliğine bağlı olmaksızın normalizasyon işleminin yapılması, kullanılan kriter sayısı açısından bir sınırlandırma ve/veya kriter sayısının getireceği ek hesaplamaların ortaya çıkmaması, hesaplamaların oldukça basit ve az sayıda olması yöntemin başlıca avantajları arasında yer almaktadır. Özellikle CRITIC ve SD gibi nesnel ağırlıklandırma tekniklerinde kriterler arası ilişkilerin gücü ve yönü; yani, kriterlere ilişkin korelasyon katsayıları hesaplanırken kriter sayısının fazla olması durumunda yapılması gereken hesaplamalar artmakta ve çözüm süreci uzamaktadır. Bunun yanı sıra, CRITIC ve SD yöntemlerinde karar birimi sayısının 30'un altında olması durumunda veya verilerin normal dağılım göstermediği durumlarda spearman korelasyon katsayısının kullanılması gerekmektedir ki; bu da beraberinde üstesinden gelinmesi gereken bazı sorunları da ortaya çıkarabilmektedir. Yani, CRITIC ve SD gibi yöntemlerde verilerin dağılımı da dikkat edilmesi gereken bir durumken; Entropi yönteminde böyle bir durum söz konusu değildir. Tüm bu nedenlerle bu çalışmada Entropi yöntemi kullanılarak ağırlıklar belirlenmesi tercih edilmiştir.

Entropi kavramı, 1948 yılında Shannon tarafından Matematiksel İletişim Kuramı'nda belirsizliği ölçmek (Wang ve Lee, 2009: 9881-9882); sahip olunan bilginin ne kadarının kullanılabilir, işe yarar ya da etkin olduğunu belirlemek amacıyla kullanılmıştır (Wang ve Zhan, 2012: 49). Anlaşılabilirlik ve hesaplanabilirlik bakımından oldukça kullanışlı olan yöntemin aşamalarına aşağıda yer verilmiştir (Uludağ ve Doğan, 2021: 393-396):

Birinci aşamada Eşitlik 28'de X ile temsil edilen başlangıç karar matrisi tesis edilir. Karar birimleri i ($i=1, \dots, m$), karar birimlerini niteleyen ölçütler j ($j=1, \dots, n$) ile temsil edilmektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}) \quad (28)$$

Sonrasında j inci değerlendirme ölçütüne göre i inci karar biriminin almış olduğu değer normalize edilmesi için Eşitlik 29'daki formül kullanılır. Bu eşitlikteki \bar{x}_{ij} , j inci değerlendirme ölçütüne göre i inci karar biriminin normalize değerini göstermektedir. Normalize edilmiş değerler hesaplandıktan sonra Eşitlik 30'da \bar{X} ile gösterilen normalize karar matrisi oluşturulur.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}) \quad (29)$$

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{i1} & \dots & \bar{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}) \quad (30)$$

Her bir ölçütün entropisinin hesaplanabilmesi için Eşitlik 31'de gösterilen formül kullanılarak E_j ile temsil edilen j inci kriterin entropi değeri hesaplanır. Bu formüldeki k , Boltzman sabiti olarak adlandırılmakta olup; $0 \leq E_j \leq 1$ koşulunun sağlanmasını garanti altına almaktadır. Entropi değerleri hesaplandıktan sonra, Eşitlik 32'de E ile gösterilen $(1 \times n)$ boyutlu entropi matrisi oluşturulur.

$$e_j = -\frac{1}{\ln(m)} \left[\sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij}(\cdot) \ln(\bar{x}_{ij}) \right] \quad (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}) \quad (31)$$

$$E = [e_j \dots e_n] \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (32)$$

Bu aşamada entropi değerlerinden hareketle her bir değerlendirme ölçütünün sahip olduğu bilginin çeşitliliği; yani, d_j değerleri Eşitlik 33 kullanılarak hesaplanır ve Eşitlik 34'te D ile gösterilen $(1 \times n)$ boyutlu bilgi çeşitliliği matrisi oluşturulur.

$$d_j = 1 - e_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (33)$$

$$D = [d_j \dots d_n] \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (34)$$

Son aşamada j inci ölçütünün önem ağırlığı; yani, q_j değerleri Eşitlik 35 kullanılarak hesaplanır. Ölçütlerin önem ağırlıkları toplamı 1'e eşit olmalı; yani, $\sum_{j=1}^n q_j = 1$ koşulu sağlanmalıdır.

$$q_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (35)$$

6. BULGULAR

Bu çalışmanın temel amacı, EATWOS ve OCRA yöntemlerinin verimlilik analizlerinde kullanılabilirliğini karşılaştırmalı olarak araştırmaktır. Yöntemlerin karşılaştırılması için, sağlık turizmi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Bu bağlamda ilk olarak, sağlık turizmi hizmetlerinin verimliliği ölçülürken hangi girdi ve çıktılarının kullanılabileceği araştırılmış; literatürden hareketle 4 girdi ve 3 çıktı belirlenmiştir.

Girdi ve çıktı ağırlıklarının belirlenmesi için nesnel bir ağırlıklandırma tekniği olan Entropi yönteminden faydalanılmıştır. Araştırmada kullanılan tüm veriler ikincil veriler olduğundan herhangi bir etik kurul kararının alınmasına da gerek bulunmamaktadır. İhtiyaç duyulan verilerin bir kısmı T.C.Sağlık Bakanlığı tarafından periyodik olarak yayınlanan sağlık istatistikleri yıllıkları; bir kısmı ise, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) veri tabanı vasıtasıyla elde edilmiştir.

Araştırmada; G_1 , Türkiye'ye gelen turist başına düşen kamu sağlık cari harcaması (milyon dolar/turist); G_2 , sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen özel sektör sağlık cari harcaması (milyon dolar/turist); G_3 , sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen kamu sağlık yatırım harcaması (milyon dolar/turist); G_4 , sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen özel sektör sağlık yatırım harcaması (milyon dolar/turist) girdi olarak kullanılırken; C_1 , sağlık turizmin elde edilen gelir (milyon dolar) ve C_2 , sağlık turizminden elde edilen gelirin toplam turizm gelirlerine oranı çıktı olarak kullanılmıştır. Kullanılan girdi ve çıktılarla ilgili olarak, istatistiklerden hareketle, ek bazı hesaplamalar yapılmıştır. Bu bağlamda G_1 (Sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen kamu sağlık cari harcaması) = (Sağlık amaçlı Türkiye'ye gelen turist sayısı / Toplam hekime müracaat sayısı) x Kamu sağlık cari harcaması; G_2 (Sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen özel sektör sağlık cari harcaması) = (Sağlık amaçlı Türkiye'ye gelen turist sayısı / Toplam hekime müracaat sayısı) x Özel sektör sağlık cari harcaması; G_3 (Sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen kamu sağlık yatırım harcaması) = (Sağlık amaçlı Türkiye'ye gelen turist sayısı / Toplam hekime müracaat sayısı) x Kamu sağlık yatırım harcaması; G_4 (Sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen özel sektör sağlık yatırım harcaması) = (Sağlık amaçlı Türkiye'ye gelen turist sayısı / Toplam hekime müracaat sayısı) x Özel sektör sağlık yatırım harcaması; C_1 (Sağlık turizminden elde edilen gelir) ve C_2 (Sağlık turizminden elde edilen gelirin toplam turizm gelirlerine oranı) = Türkiye'de sağlık turizmin elde edilen toplam gelir / Turizm faaliyetlerinden elde edilen toplam gelir şeklinde hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonrasında oluşturulan ve EATWIOS yönteminde kullanılacak girdi ve çıktı karar matrisleri Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. EATWIOS yöntemi kapsamında oluşturulan girdi karar matrisi

Yıllar	Girdiler			
	G_1	G_2	G_3	G_4
2006	8,205620	3,71184	0,55931	0,34884
2007	9,434990	4,28173	0,75190	0,54868
2008	10,07459	3,78446	1,09286	0,34268
2009	7,247150	1,75589	0,38729	0,03873
2010	6,507190	1,83556	0,39221	0,04253
2011	7,190550	1,89675	0,39646	0,05337
2012	7,625070	2,00608	0,42986	0,10469
2013	9,802190	2,70858	0,59357	0,14219
2014	16,32854	4,71240	1,04340	0,34625
2015	11,00003	3,07824	0,94536	0,18655
2016	10,72847	2,94845	0,69663	0,18031
2017	12,68027	3,63689	0,99114	0,21313
2018	14,23664	4,16147	0,95922	0,25575
2019	17,75605	5,03218	1,28528	0,33649

Tablo 2. EATWIOS yöntemi kapsamında oluşturulan çıktı karar matrisi

Yıllar	Çıktılar	
	C ₁	C ₂
2006	382,41162	0,02057
2007	441,67660	0,02109
2008	486,34239	0,01914
2009	447,29563	0,01785
2010	433,39838	0,01738
2011	488,44262	0,01737
2012	627,86219	0,02165
2013	772,90083	0,02392
2014	837,79632	0,02442
2015	638,62200	0,02030
2016	715,43787	0,03236
2017	827,33062	0,03148
2018	863,30737	0,02925
2019	1.065,11000	0,03085

EATWIOS yönteminden farklı olarak, OCRA yönteminde girdilerin ve çıktıların bir arada gösterildiği tek bir karar matrisinin oluşturulması gerektiğinden, OCRA yöntemi için yeni bir başlangıç karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. OCRA yönteminde dikkate alınan başlangıç karar matrisi

Yıllar	Girdiler ve Çıktılar (Kriterler)					
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	C ₁	C ₂
2006	8,205620	3,71184	0,55931	0,34884	382,41162	0,02057
2007	9,434990	4,28173	0,75190	0,54868	441,67660	0,02109
2008	10,07459	3,78446	1,09286	0,34268	486,34239	0,01914
2009	7,247150	1,75589	0,38729	0,03873	447,29563	0,01785
2010	6,507190	1,83556	0,39221	0,04253	433,39838	0,01738
2011	7,190550	1,89675	0,39646	0,05337	488,44262	0,01737
2012	7,625070	2,00608	0,42986	0,10469	627,86219	0,02165
2013	9,802190	2,70858	0,59357	0,14219	772,90083	0,02392
2014	16,32854	4,71240	1,04340	0,34625	837,79632	0,02442
2015	11,00003	3,07824	0,94536	0,18655	638,62200	0,02030
2016	10,72847	2,94845	0,69663	0,18031	715,43787	0,03236
2017	12,68027	3,63689	0,99114	0,21313	827,33062	0,03148
2018	14,23664	4,16147	0,95922	0,25575	863,30737	0,02925
2019	17,75605	5,03218	1,28528	0,33649	1.065,110	0,03085

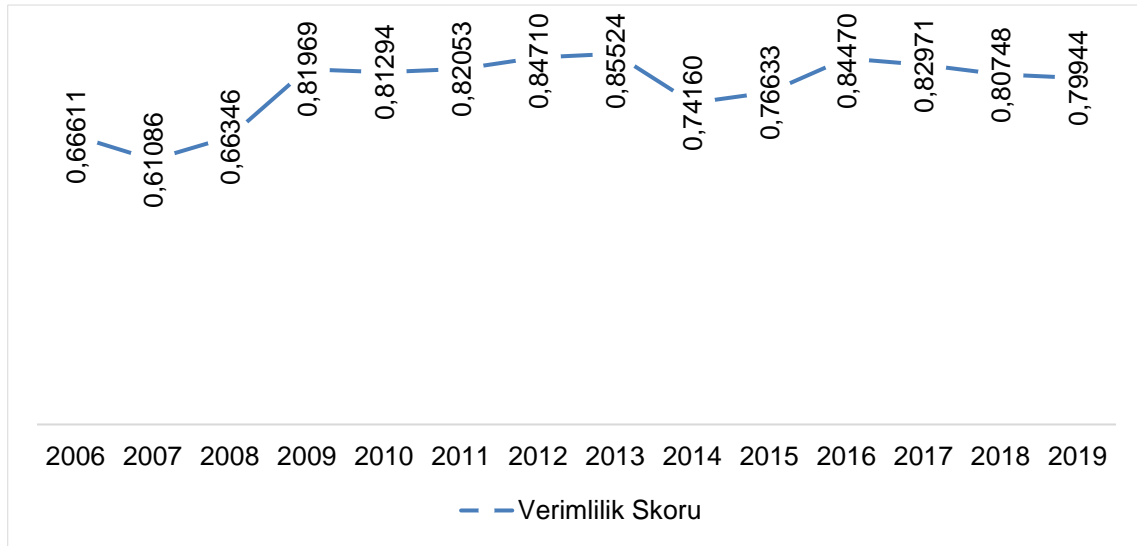
Analizlere EATWIOS yöntemiyle başlanılmış; bu kapsamda ilk olarak, Eşitlik 1 ile gösterilen girdi ve Eşitlik 2 gösterilen çıktı karar matrisi oluşturulmuştur. Bu matrisler sırasıyla, Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir. Ardından, girdiler Eşitlik 3'te, çıktılar Eşitlik 4'te gösterilen formüller kullanılarak normalize edilmiş; Eşitlik 5'te gösterilen normalize girdi karar matrisi ve Eşitlik 6'da gösterilen normalize çıktı karar matrisi tesis edilmiştir. Normalizasyon işlemlerini takiben Eşitlik 7 kullanılarak girdi mesafe uzaklıkları, Eşitlik 8 kullanılarak ise çıktı mesafe uzaklıkları hesaplanmış; ardından Eşitlik 9 ile gösterilen girdi mesafe uzaklıkları matrisi ve Eşitlik 10 ile gösterilen çıktı mesafe uzaklıkları matrisi oluşturulmuştur. Bu aşamalardan sonra girdi ve çıktı mesafe uzaklıklarının ağırlıklandırılması gerektiğinden Entropi yöntemiyle girdi ve çıktıların ağırlıklandırılması işlemlerine geçilmiştir. Bu bağlamda ilk olarak Eşitlik 28 kullanılarak girdi ve çıktı karar matrisleri oluşturulmuştur. Bu matrisler sırasıyla, Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir. Ardından Eşitlik 29'daki formül kullanılarak normalize edilmiş girdi ve çıktı değerleri hesaplanmış ve Eşitlik 30 ile gösterilen normalize girdi ve çıktı karar matrisleri oluşturulmuştur. Sonrasında Eşitlik 31'den faydalanılarak her bir girdinin ve çıktının entropi değerleri hesaplanmış ve Eşitlik 32'deki gibi girdilerin ve çıktıların entropi değerlerinden oluşan kümeler tesis edilmiştir. Bu aşamayı takiben Eşitlik 33'ten

faydalanılarak her bir girdinin ve çıktının çeşitlilik dereceleri hesaplanmış ve Eşitlik 34'teki gibi girdilerin ve çıktılarının çeşitlilik derecelerinden oluşan kümeler oluşturulmuştur. Son aşamada Eşitlik 35 yardımıyla girdilerin ve çıktılarının ağırlıkları hesaplanmıştır. Tablo 4'te EATWIOS yöntemi için Entropi yöntemi kullanılarak hesaplanan girdi ve çıktı ağırlıkları gösterilmiştir.

Tablo 4. EATWIOS yöntemi için hesaplanan girdi ve çıktı ağırlıkları

Girdiler			Çıktılar		
G_1	G_2	G_3	G_4	C_1	C_2
0,1219	0,1415	0,1944	0,5422	0,6602	0,3398

Tablo 4'ten de anlaşılacağı üzere; girdiler arasında %54'lük ağırlıkla "sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen özel sektör sağlık yatırım harcaması" en yüksek önem ağırlığına sahip girdiyken; onu sırasıyla %20'lik ağırlıkla "sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen kamu sağlık yatırım harcaması"; %14'lük ağırlıkla "sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen özel sektör sağlık cari harcaması" ve %12'lik ağırlıkla "Türkiye'ye gelen turist başına düşen kamu sağlık cari harcaması" girdileri takip etmektedir. Yine Tablo 4'e göre; "sağlık turizmin elde edilen gelir" %66'lık ağırlıkla en önemli çıktı olarak belirlenirken; onu, %34'lük ağırlıkla "sağlık turizminden elde edilen gelirin toplam turizm gelirlerine oranı" takip etmektedir. Girdi ve çıktı ağırlıklarının Entropi yöntemiyle belirlenmesinden sonra EATWIOS yöntemine ağırlıklandırılmış girdi ve çıktı mesafe uzaklıklarının belirlenmesi aşamasıyla devam edilmiştir. Bu aşamada Eşitlik 11 kullanılarak girdi mesafe uzaklıkları ve Eşitlik 12 vasıtasıyla çıktı mesafe uzaklıkları ağırlıklandırılmıştır. Son aşamada Eşitlik 13'te gösterilen formül kullanılarak her bir yıl için verimlilik skoru belirlenmiştir. Bu skorlar Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Entropi ve EATWIOS Yöntemlerinin Kullanımıyla Hesaplanan Verimlilik Skorları

Elde edilen bulgulara göre; Türkiye'de sağlık turizmi hizmetlerinin en verimli olduğu yıl %85,524'lük verimlilik skoru ile 2013 yılı iken; verimliliğin en düşük olduğu yıl %61,086'lık skorla 2007 yılı olarak tespit edilmiştir. Bulgular, 2006-2007 yılları arasında verimlilikte meydana gelen düşüşün, 2007-2009 yılları arasında tersine dönerek yükselişe geçtiğini, 2009-2013 yılları arasında ise verimlilikte yavaş ama artan bir eğilim yaşandığını göstermektedir. 2013-2014 yılları arasında verimlilikte meydana gelen hızlı düşüş ise dikkat çekicidir. 2014-2016 yılları arasında artış trendine giren verimlilik, 2016 yılından itibaren tekrar bir düşüş eğilimi göstermektedir. Verimlilik skorlarındaki değişim daha detaylı olarak incelendiğinde; 2007 yılı verimliliğinin 2006 yılına göre yaklaşık %5'lik düşüş gösterdiği bu düşüşün, sağlık turizminden elde edilen gelirdeki artışa ve sağlık turizminden elde edilen gelirin tüm turizm faaliyetlerinden elde edilen toplam gelir içindeki payında meydana gelen artışa rağmen, kamu ve özel sektör tarafından yapılan cari ve yatırım sağlık harcamalarının elde edilen gelirden daha fazla gerçekleşmesinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. İzleyen dönemde 2008 yılı verimliliği, 2007 yılına göre artmıştır. Bu artışın özellikle 2008 yılında özel sektör tarafından yapılan cari ve yatırım sağlık harcamalarında meydana gelen düşüşten ve sağlık turizminden elde edilen gelirin artışından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. 2009 yılında verimlilik artışı devam etmiş ve bir önceki yılda %66 olan verimlilik skoru 2009 yılında yaklaşık %82 olarak gerçekleşmiştir. Verimlilikteki bu artış, girdilerin çıktılarından daha fazla düşmesiyle açıklanabilir. 2010 yılında verimlilik bir önceki döneme göre yaklaşık %1'lik düşüş göstererek %81'ler civarında gerçekleşmiştir. 2011 yılında verimlilik %1'lik artış göstermiş ve 2009 yılındaki %82'lik seviyeyi yakalamıştır. Bu artışta, 2011 yılında sağlık turizminden elde

edilen gelirden meydana gelen yükselişin etkili olduğu anlaşılmaktadır. 2012 yılı verimliliği, 2011 yılına göre yaklaşık %3 oranında artış göstererek %85'ler civarında gerçekleşmiştir. Girdilerin ve çıktıların tamamında 2012 yılında bir önceki yıla göre artış meydana gelmiştir. Verimlilik skorundaki yükselme, özellikle sağlık turizminden elde edilen gelirin 2011 yılına göre ciddi bir artış göstermesine bağlanabilir. 2013 yılında verimlilik bir önceki döneme göre %0,5'lik bir artış göstermiş ve %85,5 civarında gerçekleşmiştir. 2012 yılı ve 2013 yıllarında verimliliğin neredeyse sabit seyrettiği söylenebilir. 2014 yılında verimliliğin bir önceki döneme göre yaklaşık %11'lik bir düşüşle %74'ler civarında gerçekleşmesinde, çıktılardaki artışın, girdilerde meydana gelen ciddi artışı karşılayamaması etkili gözükmektedir. 2014 yılında %74 olan verimlilik, 2015 yılında %77'ye, 2016 yılında %86'lara kadar tırmanmıştır. 2015 yılında girdilerdeki düşüşün çıktılardaki düşüşten fazla olması verimlilik artışında etkili olurken; 2016 yılında girdilerdeki düşüşe çıktılardaki artışın da eşlik etmesi verimliliğin %84'lere çıkmasını da etkili olmuştur. 2017 yılından itibaren ise verimlilikte yavaş ama devam eden bir düşüş eğiliminin başladığı anlaşılmaktadır. 2017 yılında %83 olan verimlilik, 2018 yılında %81'lere, 2019 yılında ise %80'lere kadar gerilemiştir. 2017, 2018 ve 2019 yıllarında kamu ve özel sektör tarafından yapılan cari ve yatırım sağlık harcamalarının (2019 yılı kamu yatırım harcaması hariç) sürekli artış göstermesi ve çıktıların girdilerdeki artışı karşılayacak kadar yükselmemesi 2017 yılından itibaren verimliliğin düşüş eğilimine girmiş olmasını açıklamaktadır.

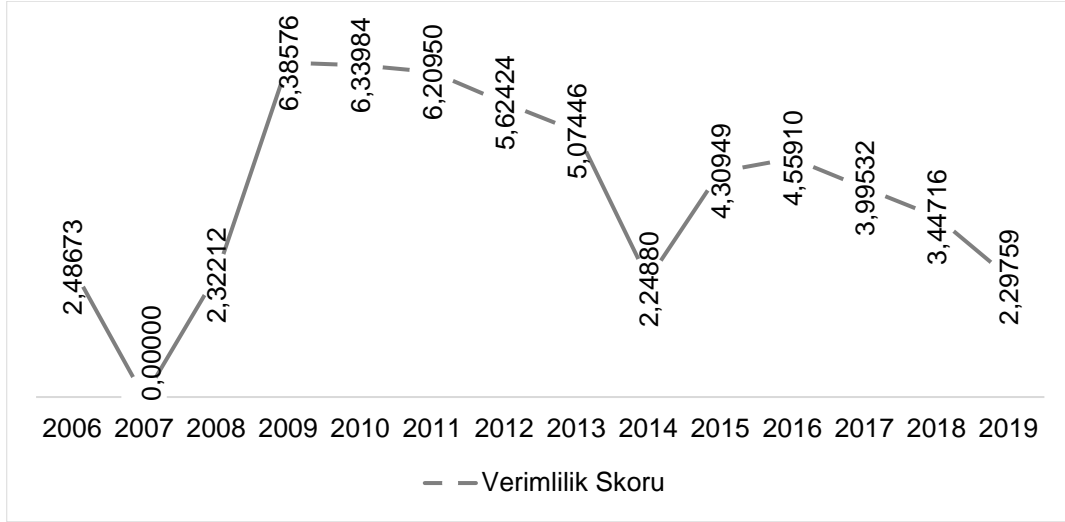
Türkiye'deki sağlık turizm hizmetlerinin 2006-2019 yılları arasındaki verimlilikleri EATWIOS yöntemiyle ölçüldükten sonra; bu kez OCRA yöntemi kullanılarak analizler yinelenmiştir. Girdilerin ve çıktıların ağırlıklarının belirlenmesi için yine Entropi yöntemi kullanılmıştır. OCRA yöntemiyle gerçekleştirilen analizler, Eşitlik 14'te gösterilen başlangıç karar matrisinin oluşturulmasıyla başlamıştır. Bu matris Tablo 3'te daha önce gösterilmiştir. Ardından Eşitlik 15 kullanılarak fayda özelliğine sahip olan kriterler, yani çıktılar; Eşitlik 16 yardımıyla da maliyet özelliğine sahip kriterler; yani, girdiler normalize edilmiştir. Bir sonraki aşamada Eşitlik 19 ile gösterilen normalize karar matrisi oluşturulmuştur. Bu aşamada ağırlıklandırılmış normalize edilmiş değerlerin hesaplanabilmesi için girdi ve çıktıların ağırlıklarının belirlenmesi gerektiğinden, Entropi yöntemiyle girdi ve çıktıların ağırlıklarının belirlenmesi aşamasına geçilmiştir. Entropi yönteminin anlatıldığı kısımdaki Eşitlik 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 ve 35 sırasıyla takip edilerek girdilerin ve çıktıların ağırlıkları hesaplanmış ve Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. OCRA yöntemi için hesaplanan girdi ve çıktı ağırlıkları

Girdiler		Çıktılar			
G_1	G_2	G_3	G_4	C_1	C_2
0,1030	0,1196	0,1643	0,4582	0,1023	0,0527

Tablo 5'ten de anlaşılacağı üzere G_4 (sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen özel sektör sağlık yatırım harcaması) girdisi %46'lık ağırlıkla en önemli girdi olarak belirlenmiştir. Bu girdiyi, sırasıyla; %17'lik ağırlıkla G_3 (sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen kamu sağlık yatırım harcaması); %12'lik ağırlıkla G_2 (sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen özel sektör sağlık cari harcaması); %10'luk ağırlıkla G_1 (sağlık turizmi amaçlı Türkiye'ye gelen turist başına düşen kamu sağlık cari harcaması) girdileri izlerken; bunları %10'luk ağırlıkla C_1 (sağlık turizminden elde edilen gelir) ve son olarak %5'lik ağırlıkla C_2 (sağlık turizminden elde edilen gelirin toplam turizm gelirlerine oranı) çıktıları takip etmiştir.

Ağırlıkların hesaplanmasıyla Entropi süreci sonlandırılmış ve OCRA yöntemine normalize edilmiş değerlerin ağırlıklandırılması aşamasıyla devam edilmiştir. Bu aşamada Eşitlik 20 kullanılarak ağırlıklı normalize değerler hesaplanmış ve Eşitlik 21 ile gösterilen ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi tesis edilmiştir. Ardından, Eşitlik 22 kullanılarak ölçeklendirilmemiş çıktı indeks değerleri ve Eşitlik 23 kullanılarak ölçeklendirilmemiş girdi indeks değerleri hesaplanmıştır. Bir sonraki aşamada Eşitlik 24 yardımıyla ölçeklendirilmiş çıktı indeks değerleri, Eşitlik 25 yardımıyla ölçeklendirilmiş girdi indeks değerleri hesaplanmıştır. Ardından Eşitlik 26 yardımıyla ölçeklendirilmemiş genel tercih indeksi hesaplanmış ve son aşamaya geçilmiştir. Son aşamada, Eşitlik 27 kullanılarak ölçeklendirilmiş genel tercih indeksi hesaplanarak çözüm süreci sonlandırılmıştır. OCRA yöntemi kullanılarak hesaplanan indeks değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Entropi ve OCRA yöntemlerinin kullanımıyla hesaplanan verimlilik indeks değerleri

Şekil 2'ten de anlaşılacağı üzere verimliliğin en düşük olduğu yıl 2007 iken; en yüksek olduğu yıl 2009'dur. Elde edilen bulgular, 2009 yılından 2014 yılına kadar verimlilikte bir düşüş meydana geldiğini; verimliliğin 2014 yılından 2016 yılına kadarki dönemde artış gösterdiğini; fakat, 2016 yılından sonra tekrar düşüş eğilimi içerisine girdiğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, OCRA ve EATWIOS yöntemleriyle ulaşılan sonuçların, 2009-2013 yılları hariç, benzediğini göstermektedir.

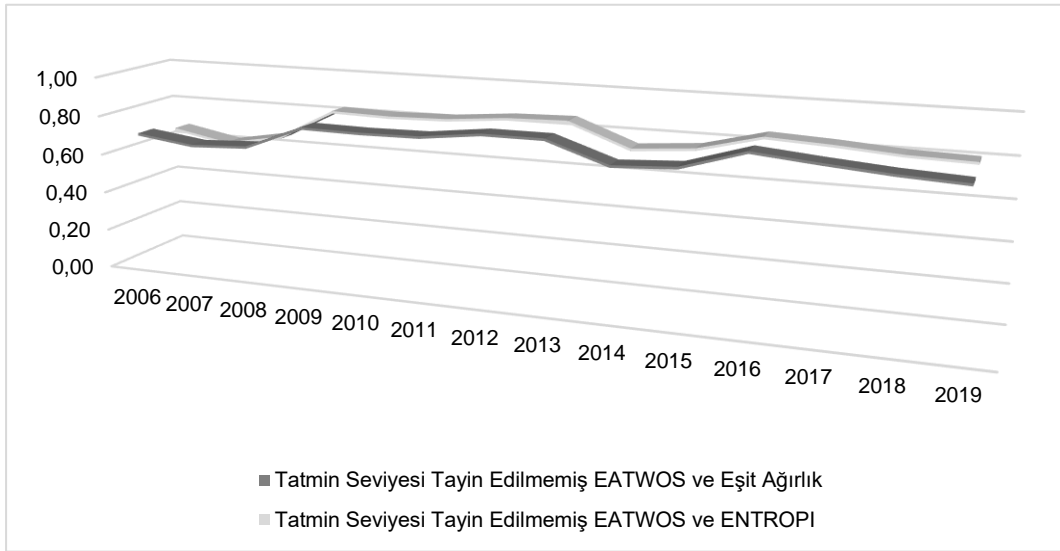
7. DUYARLILIK ANALİZİ

Bu kısımda Entropi ve tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bütünlük yaklaşımıyla, Entropi ve OCRA yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bütünlük çözümle elde edilen sonuçların girdi ve çıktı ağırlıklarında meydana gelebilecek değişikliklere karşı nasıl değişim göstereceğini belirleyebilmek amacıyla gerçekleştirilen duyarlılık analizine yer verilmiştir. Bu bağlamda ilk olarak tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yönteminde girdiler ve çıktılar eşit ağırlıklandırılmıştır. Bir diğer ifadeyle, girdilerinin her birinin ağırlığı 0,25; çıktıların her birinin ağırlığı ise 0,50 olarak atanmıştır. Bu yolla elde edilen sonuçlar, karar birimlerinin verimlilik skorlarındaki ve sıralamalarındaki değişimler Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6'dan ten anlaşılacağı üzere, girdi ve çıktıların eşit ağırlıklandırılması durumunda verimlilik skorlarına göre yapılan sıralamada sadece 2012, 2013 ve 2016 yıllarının yerleri değişmektedir. 2016 yılı girdi ve çıktıların eşit ağırlıklandırılması durumunda birinci sırada yer alırken; Entropi yöntemiyle girdilerin ve çıktıların ağırlıklandırılması durumunda verimlilik skoru yükselmiş olmasına rağmen üçüncü sıraya gerilemiştir. Girdi ve çıktıların eşit ağırlıklandırıldığı durumda ikinci sırada yer alan 2013 yılı, girdilerin ve çıktıların Entropi yöntemiyle ağırlıklandırılması durumunda verimlilik skorundaki artışla birlikte birinci sırada yer almıştır. Son olarak girdi ve çıktıların eşit ağırlıklandırıldığı durumda üçüncü sırada yer alan 2012 yılı, girdilerin ve çıktıların Entropi yöntemiyle ağırlıklandırılması durumunda verimlilik skorundaki artışla birlikte ikinci sırada yer almıştır. İki yaklaşımla elde edilen sıralamalar arasındaki korelasyon derecesi 0,987 olup; iki sıralamanın birbirine uyumu oldukça yüksektir. Bu uyum Şekil 3'te görsel olarak sunulmuştur.

Tablo 6. Tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemi için duyarlılık analizi sonuçları

<i>Karar Birimleri</i>	<i>Tatmin Seviyesi Tayin Edilmemiş EATWIOS ve Eşit Ağırlık</i>	<i>Sıra</i>	<i>Tatmin Seviyesi Tayin Edilmemiş EATWIOS ve Entropi</i>	<i>Sıra</i>
2006	0,6990	12	0,6661	12
2007	0,6614	14	0,6109	14
2008	0,6764	13	0,6635	13
2009	0,7953	6	0,8197	6
2010	0,7911	7	0,8129	7
2011	0,7954	5	0,8205	5
2012	0,8309	3	0,8471	2
2013	0,8309	2	0,8552	1
2014	0,7291	11	0,7416	11
2015	0,7467	10	0,7663	10
2016	0,8423	1	0,8447	3
2017	0,8143	4	0,8297	4
2018	0,7903	8	0,8075	8
2019	0,7752	9	0,7994	9

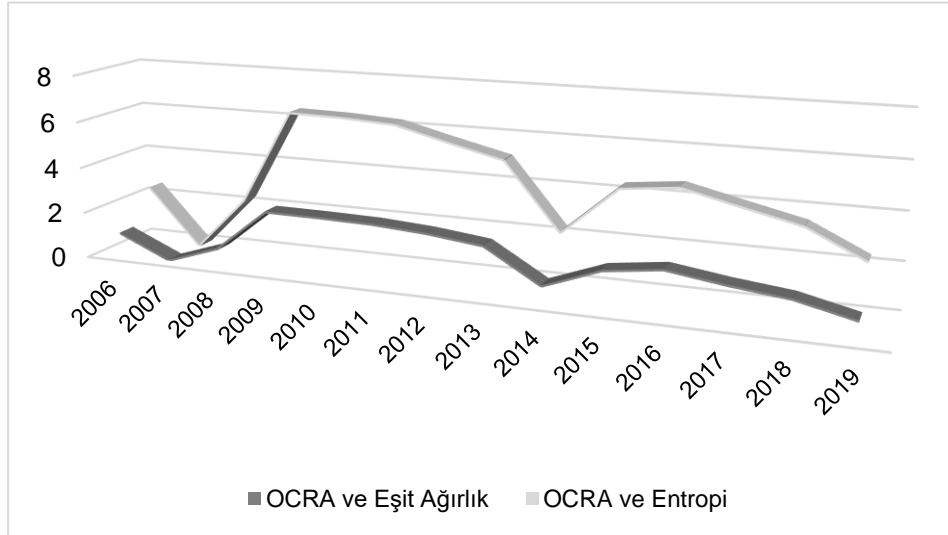
**Şekil 3. Tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemi için duyarlılık analizi sonuçlarının uyumu**

Tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yöntemi üzerinde girdi ve çıktı ağırlıklarının etkisi incelendikten sonra, aynı yaklaşımla ağırlıklandırmanın OCRA yöntemi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Burada tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yönteminden farklı olarak girdi ve çıktılar bir arada düşüldüğünden, girdi ve çıktılarının her birinin ağırlığı 0,16667 olacak şekilde eşit ağırlıklandırılmıştır. Bu yolla elde edilen sonuçlar Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 7'den anlaşılacağı üzere, girdilerin ve çıktıların eşit ağırlıklandırılmaları durumunda da Entropi yöntemiyle ağırlıklandırılmaları durumunda da OCRA yöntemiyle elde edilen sıralamalar değişmemektedir. İki sıralama arasındaki korelasyon derecesi 1 olup; sıralamalar birbirleriyle tam uyum göstermektedirler. Bu uyum, Şekil 4'te görsel olarak da sunulmuştur.

Tablo 7. OCRA Yöntemi İçin Duyarlılık Analizi Sonuçları

Karar Birimleri	OCRA ve Eşit Ağırlık	Sıra	OCRA ve Entropi	Sıra
2006	0,99763	10	2,48673	10
2007	0,00000	14	0,00000	14
2008	0,77131	11	2,32212	11
2009	2,61854	1	6,38576	1
2010	2,60096	2	6,33984	2
2011	2,55305	3	6,20950	3
2012	2,39811	4	5,62424	4
2013	2,12885	5	5,07446	5
2014	0,73287	13	2,24880	13
2015	1,62752	7	4,30949	7
2016	1,92993	6	4,55910	6
2017	1,58687	8	3,99532	8
2018	1,32186	9	3,44716	9
2019	0,76465	12	2,29759	12

**Şekil 4. OCRA yöntemi için duyarlılık analizi sonuçlarının uyumu**

Tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS ve OCRA yöntemlerine yönelik gerçekleştirilen duyarlılık analizleriyle elde edilen bulgular, EATWIOS yönteminin OCRA yöntemine göre ağırlıklandırma işlemine karşı daha hassas olduğunu göstermiştir. OCRA yöntemi, ağırlıklardaki değişimi tolere edebilirken; tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yönteminin ağırlıklardaki değişime karşı toleransı daha düşüktür.

8. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada verimlilik ölçümlerinde kullanılacak, görece yeni olan, OCRA ve EATWIOS yöntemleri sağlık turizmi üzerinden incelenmiştir. Her iki yöntemde de kullanılan girdi ve çıktıların ağırlıklarının belirlenmesi için nesnel bir ağırlıklandırma tekniği olan Entropi kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, her iki yöntemle elde edilen verimlilik skorlarının seyrinin genel olarak benzerlik arz ettiği anlaşılmaktadır. Verimliliğin en düşük olduğu dönem her iki yöntemde de 2007 yılıdır. Her iki yöntemde de 2007-2009 yılları arasında verimlilikte bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. Bununla birlikte, OCRA yöntemine göre 2009-2013 yılları arasında verimlilikte bir düşüş yaşanırken; EATWIOS yöntemine göre söz konusu dönemde bir yükseliş eğilimi gözlemlenmektedir. Her iki yöntemle elde edilen bulgulara göre; 2014 yılı verimliliği 2013 yılına göre ciddi bir düşüş sergilemiştir. Bu düşüş, 2014-2016 yılları arasında tersine dönmüş ve verimlilik artmıştır. 2016-2019 yılları arasında yine her iki yöntemde de verimlilikte bir düşüş eğilimi gözlemlenmektedir. Verimliliğin en yüksek olduğu yıl OCRA yöntemine göre 2009; EATWIOS yöntemine göre ise 2013 yılıdır.

İki yöntemle elde edilen verimlilik skorları ve verimliliğin seyri karşılaştırıldığında en büyük farklılaşma 2009-2013 yılları arasındaki zaman aralığına denk gelmektedir. Bu farklılaşma çeşitli nedenlerden kaynaklanmaktadır. İlk neden, girdi ve çıktı ağırlıklarının hesaplanmasında her iki yöntemde farklı yaklaşımların uygulanması gerekliliğidir. EATWIOS yönteminde girdi ve çıktı ağırlıkları ayrı ayrı karar matrisleri üzerinde hesaplanmaktadır. Bununla birlikte OCRA yönteminde ağırlıklar hesaplanırken, girdiler ve çıktılar bir arada dikkate alınmaktadır. Bunun bir sonucu olarak analizlerde EATWIOS yönteminde G_4 'ün ağırlığı %54, G_3 'ün ağırlığı %20, G_2 'in ağırlığı %14, G_1 'in ağırlığı %12, C_1 'in ağırlığı %66, C_2 'nin ağırlığı ise %34 olarak dikkate alınırken; OCRA yönteminde ise, G_4 'ün ağırlığı %46, G_3 'ün ağırlığı %17, G_2 'in ağırlığı %12, G_1 'in ve C_1 'in ağırlıkları %10, C_2 'in ağırlığı ise %5 olarak dikkate alınmış ve sürece girdi olarak aktarılmıştır.

Sonuçlardaki farklılaşmanın bir diğer nedeni ise, esasen, yöntemlerin amaçlarındaki farklılaşmadan kaynaklanmaktadır. EATWIOS yöntemi, çıktı/girdi oranı yoluyla hesaplanan verimlilik mantığına daha uygun bir yöntem olarak gözükmektedir. OCRA yöntemi, EATWIOS yönteminin aksine, karar birimlerinin performanslarının karşılaştırılması, karar birimleri arasında sıralama ve bunlar arasından bir seçim yapılması gereken durumlar için uygun bir yapı sergilemektedir. Bu açıdan OCRA yönteminin mantığı, TOPSIS, ARAS, COPRAS, GIA, VIKOR vb. sıralama, eliminasyon ve seçim yöntemlerine benzemektedir.

EATWIOS yönteminde verimlilikleri ölçülen karar birimleri için bir verimlilik skoru elde edilebilirken; OCRA yönteminde indeks değerleri üzerinden bir derecelendirme yapılmaktadır. Bu derecelendirmede bir karar birimi sıfır değerini alarak en son sırada yer almaktadır. Dolayısıyla, OCRA yöntemi verimlilik değerini hesaplamaktan ziyade; verimlilik indekslerine göre bir derecelendirme yapmaktadır. Bu noktada sorulması gereken soru, OCRA yöntemine göre en son sırada yer alan üretim birimi, gerçekten verimsiz midir? OCRA bu soruya cevap verememektedir. Zira, tamamı verimli olan üretim birimleri seçilse dahi sıfır değerini alarak son sırada yer alacak bir karar birimi olacak, bu karar birimi verimli olsa dahi diğer karar birimlerine göre daha verimsiz olduğundan en son sırada yer alacaktır. Dolayısıyla OCRA yöntemi bir verimlilik skoru yerine; verimlilik ya da performans karşılaştırmasına göre bir derecelendirme yapmaktadır. Bir üretim birimi için OCRA yöntemiyle elde edilen indeks değeri onun gerçekten verimli ya da verimsiz çalışıp çalışmadığını değil; o karar biriminin karşılaştırılan diğer karar birimlerine göre yerini göstermektedir.

Tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS ve OCRA yöntemleriyle elde edilen sonuçlar üzerinde ağırlıklandırma işleminin nasıl bir etkiye neden olduğunu görebilmek maksadıyla yapılan duyarlılık analizi, Tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS yönteminin ağırlıklardaki değişime karşı daha hassas olduğu ve etkilendiği anlaşılmaktadır. OCRA yöntemi ise, ağırlıklardaki değişimi daha fazla tolere edebilmektedir.

Özetle, verimlilik ölçümleri için önerilen ve bu çalışmada sağlık turizmi üzerinden karşılaştırılan EATWIOS ve OCRA yöntemlerinden EATWIOS yöntemi, bir üretim biriminin verimli çalışıp çalışmadığı belirlenmek isteniyorsa daha uygun bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, EATWIOS yönteminin üretim birimlerinin verimliliklerinin iyileştirilmesi noktasında, VZA'nın aksine, bir öneri sağlamaması bir dezavantaj olarak belirmektedir. EATWIOS yönteminin aksine OCRA yöntemi, üretim birimleri arasında verimlilik ya da performans açısından bir derecelendirme yapılmak istenen durumlar için daha uygun gözükmektedir.

Bu aşamada araştırmanın kısıtlılıklarına da değinmekte fayda vardır. Bu kısıtlardan ilki, çalışmada verimlilik ölçümü yapılırken kamu ve özel sektör tarafından yapılan sağlık harcamalarının girdi; sağlık turizminden elde edilen gelirin ve bu gelirin toplam turizm gelirleri içindeki payının çıktı olarak kabul edilmiş olmasıdır. Dolayısıyla bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen verimlilik analizi harcama ve gelir bağlamında değerlendirilmelidir. Zira, girdi ve çıktıların farklı belirlenmesi halinde verimlilik skorlarının farklı çıkması kuvvetle muhtemeldir. Araştırmayla ilgili bir diğer kısıt da seçilen yöntemlerle ilgilidir. Keza, aynı veri seti dikkate alınarak VZA veya toplam faktör verimliliği gibi teknikler kullanıldığında verimlilik ya da etkinlik skorlarının değişebileceği unutulmamalıdır. Bir diğer kısıt, girdi ve çıktıların ağırlıklarının belirlenmesi sürecinde Entropi yönteminin kullanılmasıdır. Literatürde performans veya verimlilik analizlerinde kullanılan kriterlerin veya girdi ve çıktıların ağırlıklarının belirlenmesi için farklı ağırlıklandırma teknikleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları öznel bazıları ise nesnel tekniklerdir. Bu çalışmada nesnel tekniklerden biri olan Entropi yöntemi kullanılmıştır. Bununla birlikte kullanılan girdi ve çıktıların önem ağırlıklarının CRITIC, normalize maksimum değer (NMV) vb. gibi diğer nesnel; veyahut AHP, ANP, DEMATEL, SWARA vb. gibi öznel ağırlıklandırma teknikleri kullanıldığı zaman değişeceği dikkate alınarak sonuçlar değerlendirilmelidir. Zira, kullanılan girdi ve çıktıların önem ağırlıklarının farklılaşması, analizle ulaşılan sonuçlarda farklılaşmaya neden olacaktır.

Bu çalışmada, verimlilik analizleri için literatürde en sık tercih edilen ve kullanılan veri zarflama analizi yerine; daha güncel ve henüz kullanımı yaygınlaşmamış olan EATWOS/EATWIOS ve OCRA yöntemlerinin kullanımı tercih edilmiştir. Bu tercihin altında yatan temel nedenler bulunmaktadır. Bunlardan ilki, veri zarflama analizinin getirmiş olduğu bazı kısıtlardır. Bilindiği üzere, VZA'da karar birimi sayısı ile girdi ve

çıkıtı sayısı arasında matematiksel bir ilişkinin bulunması gerekmektedir. Bazı kaynaklarda karar birimi sayısının, girdi ve çıkıtı sayısının en az iki katı, bazı kaynaklarda girdi ve çıkıtı sayısının çarpımlarına eşit ya da daha fazla sayıda (Yıldırım ve Önder, 2014: 206); bazı kaynaklarda girdi ve çıkıtı sayısının toplamının üç katına eşit ya da üç katından fazla (Atan ve Altan, 2020: 367); bazı kaynaklarda girdi ve çıkıtı sayısının toplamının iki katına eşit ya da iki katından fazla (Ayçin, 2020: 328) olması gerektiği ifade edilmektedir. Bu durum, karar birimi sayısının yetersiz olması durumunda kullanılabilir girdi ve çıkıtı sayısını sınırlandırmaktadır. Bu kısıtın aşılabilmesi için girdi ve çıkıtı sayısının azaltılması gerekliliği, analiz için gerekli olan bazı girdi ve çıkıtların dikkate alınmaması gibi bir olumsuz sonuca da neden olabilmektedir. Veri zarflama analizinin aksine; EATWOS/EATWIOS ve OCRA yöntemlerinde karar birimi sayısı ile girdi ve çıkıtı sayısı arasında bu tarz bir matematiksel ilişkinin varlığı aranmamaktadır. Bu araştırmada EATWOS/EATWIOS ve OCRA yöntemlerinin tercih edilmesinin bir diğer nedeni, VZA'nın karar birimlerinin mutlak etkinliklerini ortaya koymuyor olmasıdır. Bu açıdan OCRA yöntemi de VZA'da olduğu gibi karar birimlerinin mutlak değil, göreceli etkinlikleri hakkında bilgi vermektedir. Aksine EATWOS/EATWIOS yönteminde ise karar birimlerinin mutlak verimlilik skorları belirlenebilmektedir. Tamamının etkin ya da verimli olduğu bilinen karar birimleri veri zarflama analizi yoluyla analize tabi tutulduğundan, tam etkinliğe sahip olan karar birimine göre karşılaştırma yapıldığından, etkin olmayan karar birimlerinin çıkması muhtemeldir. Benzer durum OCRA yöntemi içinde geçerlidir. Zira OCRA yönteminde de, bir karar birimi sıfır değerini alarak sıralamada en son sırada yer almaktadır. Tüm karar birimleri etkin, verimli ya da yüksek performansla sahip karar birimleri dahi olsa OCRA yöntemiyle elde edilen skorlar karar birimlerinin birbirlerine göre durumunu göstereceğinden, mutlak etkinlik, verimlilik ya da performans hakkında bilgi vermeyecektir. Bu araştırmada EATWOS/EATWIOS ve OCRA yöntemlerinin tercih edilmesinin bir başka nedeni ise, daha önce de ifade edildiği üzere söz konusu yöntemlerin sağlık hizmetlerinin verimliliklerinin ölçülmesinde daha önce hiç kullanılmamış olmasıdır. Yapılan literatür araştırması, sağlık hizmetlerinin verimliliklerinin ölçülmesinde en sık kullanılan tekniğin VZA olduğunu göstermektedir. Alana yeni bir soluk katması, farklı yöntemlerinde kullanılabilirliğine işaret etmek amacıyla da EATWOS/EATWIOS ve OCRA yöntemleri tercih edilmiştir.

Son olarak, gelecekte bu konuda yapılacak çalışmalarda EATWIOS ve OCRA yöntemlerinin farklı ağırlıklandırma teknikleriyle birlikte kullanımının; söz konusu yöntemlerin, VZA ve TFV gibi yöntemlerle karşılaştırılmalarının verimlilik çalışmalarına zenginlik katacağı, alana farklı bakış açıları kazandıracığı düşünülmektedir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Ahmet Serhat Uludağ: Kavramsallaştırma, Modelleme, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *Ebru Şahin*: Literatür taraması, Veri Derleme, Analiz
Ahmet Serhat Uludağ: *Conceptualization, Modelling, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft* *Ebru Şahin*: *Literature review, Data Curation, Analysis*

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Agrell, P.J. ve West, B.M. (2001). "A caveat on the Measurement of Productive Efficiency", *International Journal of Production Economics*, 69, 1-14.
- Al-Darrab, I.A. (2000). "Relationships between Productivity, Efficiency, Utilization and Quality", *Work Study*, 49(3), 97-104.
- Almström, P. (2012). "Productivity Measurement and Improvements: A Theoretical Model and Applications from the Manufacturing Industry", *19th Advances in Production Management Systems (APMS)*.
- Androutsou, L. ve Metaxas, T. (2019). "Measuring the Efficiency of Medical Tourism Industry in EU Member States", *Journal of Tourism Analysis: Revista de Análisis Turístico*, 26(2), 115-130.
- Atan, M. ve Altan, Ş. (2020). "Örnek Uygulamalarla Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri", Gazi Kitabevi, Ankara.
- Ayçin, E. (2020). "Çok Kriterli Karar Verme Bilgisayar Uygulamalı Çözümler", Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Aytekin, A., Ecer, F., Korucuk, S. ve Karamaşa, Ç. (2022). "Global Innovation Efficiency Assessment of EU Member and Candidate Countries via DEA-EATWIOS Multi-criteria Methodology", *Technology in Society*, 68, 1-11.
- Bansal, A., Singh, Rajesh Kr., Issar, S. ve Varkey, J. (2014). "Evaluation of Vendors Ranking by EATWOS Approach", *Journal of Advances in Management Research*, 11(3), 290-311.
- Barutçugil, İ.S. (1989). "Turizm İşletmeciliği" (3. Baskı), Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul
- Beladi, H., Chao, C-C., Ee, M.S. ve Hollas, D. (2019). "Does Medical Tourism Promote Economic Growth? A Cross-Country Analysis", *Journal and Travel Research*, 58(1), 121-135.
- Berhe, E., Abebe, B. ve Azene, D. (2017). "A New Perspective to Productivity Measurement", *Total Quality Management & Business Excellence*, 28(1-2), 205-217.
- Bernolak, I. (1997). "Effective Measurement and Successful Elements of Company Productivity: The Basis of Competitiveness and World Prosperity", *International Journal of Production Economics*, 52(1-2), 203-213.
- Bulut, A. ve Şengül, H. (2019). "Dünyada ve Türkiye'de Sağlık Turizmi", *Yönetim, Ekonomi ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 45-62.
- Burgess, T.F. (1990). "A Review of Productivity", *Work Study*, 39(1), 6-10.
- Buzcu, Z. ve Birdir, K. (2019). "Türkiye'de Medikal Turizm İncelemesi: Özel Hastanelerde Bir Çalışma", *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 18(1), 311-327.
- Čabinová, V., Gallo, P., Pártlová, P., Dobrovič, J. ve Stoch, M. (2021). "Evaluating Business Performance and Efficiency in the Medical Tourism: A Multi-criteria Approach", *Journal of Tourism and Services*, 22(12), 198-221.
- Chatterjee, P. ve Chakraborty, S. (2012). "Material Selection Using Preferential Ranking Methods", *Materials and Design*, 35, 384-393.
- Doğan, H. (2020). "Türkiye ve AB Ülkelerinin Ar-Ge Verimliliklerinin Entropi-EATWOS Yöntemleri İle Karşılaştırılması", *KSDB*, 12(23), 233-251.
- Erdoğan, S., Aydın, S., Balki, M.K. ve Sayın, C. (2020). "Operational Evaluation of Thermal Barrier Coated Diesel Engine Fueled with Biodiesel/Diesel Blend by Using MCDM Method Base on Engine Performance, Emission and Combustion Characteristics", *Renewable Energy*, 151, 698-706.
- Ergenekon Arslan, A., Şentürk Acar, M. ve Arslan, O. (2019). "O-Tipi Orc-Binary Jeotermal Güç Santrali Optimizasyonu: Eatwos Analizi", *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 6, (Prof.Dr.Fuat SEZGİN Bilim Yılı Özel Sayısı), 222-236.
- Eriş, H. ve Barut, S. (2015). "Sağlık Turizmi", *Sağlık Turizmi*, Editör: Eriş, H., İksad Yayınları, Ankara, 45-62.
- Fisher, T.J. (1990). "Business Productivity Measurement Using Standard Cost Accounting Information", *International Journal of Operations & Production Management*, 10(8), 61-69.
- Ghobadian, A. ve Husband, T. (1990). "Measuring Total Productivity Using Production Functions", *International Journal of Production Research*, 28(8), 1435-1446.
- Görçün, Ö.F. (2019a). "Entegre Entropi ve EATWOS Yöntemleri Kullanılarak Karadeniz Konteyner Limanlarının Verimlilik Analizi", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 811-830.
- Görçün, Ö.F. (2019b). "Orta Asya Türk Cumhuriyetlerinin Lojistik ve Taşımacılık Performansları ve Verimliliklerinin Analizi İçin Hibrid Bir Çok Kriterli Karar Verme Modeli", *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(3), 2775-2798.
- Görçün, Ö.F. (2021). "Efficiency Analysis of Black Sea Container Seaports: Application of An Integrated MCDM Approach", *Maritime Policy & Management*, 48(5), 672-699.

- Gülençer, İ. ve Türkoğlu, S.P. (2020). "Gelişmekte Olan Asya ve Avrupa Ülkelerinin Finansal Gelişmişlik Performansının İstatistiksel Varyans Prosedürü Temelli OCRA Yöntemiyle Analizi", *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(2), 1330-1344.
- Günter, A. ve Gopp, E. (2022). "Overview and Classification of Approaches to Productivity Measurement", *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71(4), 1212-1229.
- Hoz-Correa, A.D.L., Munoz-Leiva, F. ve Bakucz, M. (2018). "Past Themes and Future Trends in Medical Tourism Research: A co-word analysis", *Tourism Management*, 68, 200-211.
- Ilıkkın Özgür, M., Soylu, E., Bağcı, H. ve Demirtaş, C. (2021). "Türkşeker Firmalarında CRITIC ve EATWIOS Yöntemiyle Verimlilik Analizi", *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 11(1), 224-244.
- İspirli Turan, A. ve Erdem, R. (2021). "Helal Medikal Turizm ve Müslüman Dostu Hastane Uygulamalarının Dünyadaki Örnekleri Üzerine Bir Çalışma", *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(22), 517-533.
- Kundakçı, N. (2017). "An Integrated Multi-Criteria Decision Making Approach for Tablet Computer Selection", *European Journal of Multidisciplinary Studies*, 2(5), 36-48.
- Kundakçı, N. (2019). "A Comparative Analyze Based on EATWOS and OCRA Methods For Supplier Evaluation", *Alphanumeric Journal*, 7(1), 103-112.
- Linna, P., Pekkola, S., Ukko, J. ve Melkas, H. (2010). "Defining and Measuring Productivity in the Public Sector: Managerial Perceptions", *International Journal of Public Sector Management*, 23(5), 479-499.
- Lukic, R. (2015). "Analysis of Production of Distribution Trade of Selective Countries of the European Union, Russia and Serbia Based on the OCRA Method", *Review of International Comparative Management*, 23(1), 65-79.
- Madic, M., Petkovic, D. ve Radovanovic, M. (2015). "Selection of Non-Conventional Machining Processes Using the OCRA Method", *Serbian Journal of Management*, 10(1), 61-73.
- Misterek, S.D.A., Dooley, K.J., Anderson, J.C. (1992). "Productivity as a Performance Measure", *International Journal of Operations & Production Management*, 12(1), 29-45.
- OECD (2022). "OECD iLibrary", https://www.oecd-ilibrary.org/search?value1=productivity&option1=quicksearch&facetOptions=51&facetNames=pub_igold_facet&operator51=AND&option51=pub_igold_facet&value51=%27igo%2Focra%27&publisherId=%2Fcontent%2Figo%2Foecd&searchType=quick, (Erişim Tarihi: 16.01.2023).
- Özbek, A. (2018). "Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleriyle Hayırsever Kuruluşlarında Verimlilik Analizi", *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(2), 99-114.
- Özdemir, M.H. (2021). "Bütünleşik Entropi EATWIOS Yöntemiyle Dizüstü Bilgisayarlar İçin Etkinlik Analizi", *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 11(2), 717-736.
- Parkan, C. (1994). "Operational Competitiveness Ratings of Production Units", *Managerial and Decision Economics*, 15, 201-221.
- Parkan, C. (2003). "Measuring the Effect of a New Point of Sale System on the Performance of Drugstore Operations", *Computers & Operations Research*, 30, 729-744.
- Parkan, C. (2004). "Gauging and Comparing the Performances of Dissimilar Entities", *Journal of the Operational Research Society*, (55)1, 82-89.
- Parkan, C. (2006). "On OCRA: Response to Comments by Wang (2004)", *European Journal of Operational Research*, 169, 332-337.
- Parkan, C. (2007). "Verifying OCRA's Economic Sense: Response to Agrell and West (2001)", *International Journal of Production Economics*, 107, 274-278.
- Parkan, C. ve Wu, M-L. (1999). "Measurement of the Performance of an Investment Bank Using the Operational Competitiveness Rating Procedure", *Omega, International Journal of Management Sciences*, 27, 201-217.
- Parkan, C. ve Wu, M-L. (1999a). "Measuring the Performance of Operations of Hong Kong's Manufacturing Industries", *European Journal of Operational Research*, 118, 235-258.
- Parkan, C. ve Wu, M-L. (1999b). "Decision-making and Performance Measurement Models with Applications to Robot Selection", *Computers & Industrial Engineering*, 36, 503-523.
- Parkan, C. ve Wu, M-L. (1999c). "Measurement of the Performance of an Investment Bank Using the Operational Competitiveness Rating Procedure", *Omega, International Journal of Management Sciences*, 27, 201-217.
- Peters, M.L. ve Zelewski, S. (2006, April). "Efficiency Analysis under Consideration of Satisficing Levels for Output Quantities", *In: Seventeenth Annual Conference of POMS Boston*.
- Porter, M. (2008). "On Competition", (Çev. Tanrıyar, B.), Optimist Yayınları, İstanbul.
- Price, J.L. (1997). "Handbook of Organizational Measurement", *International Journal of Manpower*, 18(4/5/6), 305-558.

- Ramanauskas, J. ve Banevicius, S. (2021). "Principles of Organizational Wisdom in the Health Tourism Industry", *Baltic Journal of Economic Studies*, 7(4), 1-7.
- Rawat, G.S., Ashutosh, G. ve Juneja, C. (2018). "Productivity Measurement of Manufacturing System. *Materials Today: Proceedings*", 5(1), 1483-1489.
- Rehman, A.U., Usmani, Y.S., Umer, U. ve Alkahtani, M. (2020). "Lean Approach to Enhance Manufacturing Productivity of Saudi Arabian Factory", *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45, 2263-2280.
- Siegel, I.H. (1980). "Company Productivity: Measurement for Improvement", MI: W.E.Upjohn Institute for Employment Research.
- Smith, A. (1776). "The Wealth Of Nations. (Çev. Yunus, A ve Bakırcı, M)", Alan Yayıncılık, İstanbul.
- Stainer, A. (1997). "Logistics -aProductivity and Performance Perspective", *Supply Chain Management*, 2(2), 53-62.
- T.C. Sağlık Bakanlığı (2022). "2019-2023 Stratejik Planı Güncellenmiş Versiyon (2022)", www.sgb.saglik.gov.tr, (Erişim tarihi: 16.01.2023).
- Tangen, S. (2005). "Demystifying Productivity and Performance", *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54(1), 34-46.
- TÜİK (2022). İstatistik Veri Portalı, www.tuik.gov.tr, (Erişim tarihi: 16.01.2023).
- Uludağ, A.S. (2020). "Measuring the Productivity of Selected Airports in Turkey", *Transportation Research Part E*, 141(9), 1-31.
- Uludağ, A.S. ve Doğan, H. (2021). "Üretim Yönetiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: Literatür, Teori ve Uygulama", Türkiye: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Ltd. Şti., Ankara.
- UNWTO (2022). "Exploring Health Tourism Executive Summary", www.e-unwto.org, (Erişim Tarihi: 16.01.2023)
- Uygun, M. (2022). "An Evaluation of Turkey's Health Tourism Policies Using a Social Network Analysis Approach", *International Journal of Health Planning Management*, 37, 804-823.
- Vovk, V., Beztelesna, L. ve Pliashko, O. (2021). "Identification of Factors for the Development of Medical Tourism in theWorld", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 1-17.
- Wang, S. (2006). "Comments on Operational Competitiveness Rating Analysis (OCRA)", *European Journal of Operational Research*, 169, 329-331.
- Wang, S. ve Wang, H. (2005). "The Mystification of Operational Competitiveness Rating Analysis", *Managerial and Decision Economics*, 26(8), 535-538
- Wang, T-C. ve Lee, H-D. (2009). "Developing a Fuzzy TOPSIS Approach Based on Subjective Weights and Objective Weights", *Expert Systems with Applications*, 36, 8980-8985.
- Wang, Z. ve Zhan, W. (2012). "Dynamic Engineering Multi-criteria Decision Making Model Optimized by Entropy Weight for Evaluating Bid", *Systems Engineering Procedia*, 5, 49-54.
- Yıldırım, B.F. ve Önder, E. (2014). "İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler İçin Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri", Türkiye: Dora Yayıncılık, Bursa.
- Yiğit, A., Yiğit, V. ve Eroymak, S. (2019). "Veri Zarflama Analizi ile Ülkelerin Medikal Turizm Etkinliğinin Ölçülmesi", *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(12), 917-936.
- Yükselyıldız, E. (2021). "Entropi ve EATWOS Yöntemleri İle Türkiye Konteyner Limanlarının Verimlilik Analizi", *Verimlilik Dergisi*, 2, 3-24.

İstihdam, Reel Ücret ve Emek Verimliliği: Türkiye İmalat Sektörü Üzerine Bir Araştırma

Tuna KÖSE¹, Mehmet AVCI²

ÖZET

Amaç: Reel ücret ve emek verimliliğinin istihdam üzerindeki etkisi literatürde tartışmalı bir konudur ve araştırmacılar arasında bir fikir birliği bulunmamaktadır. Türkiye imalat sektöründeki istihdam artışının önemli belirleyicileri arasında birçok makroekonomik değişken yer almaktadır. Bu çalışmada, Türkiye imalat sektörüne ilişkin 2009:Q1-2021:Q4 dönemini kapsayan veriler kullanılarak reel ücret, emek verimliliği ve istihdam arasındaki ilişki analiz edilmiştir.

Yöntem: Çalışmada değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkinin varlığı ARDL Sınır Testi yardımıyla incelenmiştir.

Bulgular: Çalışma sonucunda, kısa dönemde istihdam ile hem reel ücretler hem de emek verimliliği arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Uzun dönemde ise istihdam ile reel ücretler arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiş olsa da istihdam ile emek verimliliği arasında istatistiksel olarak bir ilişki tespit edilememiştir. Elde edilen bulgular, Türkiye imalat sektöründe reel ücret ve emek verimliliği değişkenlerinin kısa dönemde istihdamın belirleyicileri arasında yer aldığını, uzun dönemde ise sadece reel ücret değişkeninden etkilendiğini göstermektedir.

Özgünlük: Bu çalışma reel ücret, emek verimliliği ve istihdam değişkenleri arasındaki dinamik ilişkiyi bir arada inceleyerek literatürdeki diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Reel Ücret, Emek Verimliliği, İstihdam, ARDL.

JEL Kodları: C32, J01, J31.

Employment, Real Wage and Labor Productivity: A Research on Turkish Manufacturing Sector

ABSTRACT

Purpose: The literature is divided on the impact of real wages and labor productivity on employment, and there is no general agreement among scholars. The key causes of rising employment in Türkiye's manufacturing sector include a wide range of macroeconomic factors. The link between real wages, labor productivity, and employment is examined in this study utilizing data from the Turkish manufacturing industry for the years 2009:Q1 through 2021:Q4.

Methodology: The ARDL Boundary Test is used in the study to evaluate whether there is a short- and long-term link between the variables.

Findings: The current study found that there is a short-term positive and statistically significant relationship between employment and real wages as well as labor productivity. Labor productivity is determined not to have a statistically significant impact on employment, despite there being a long-term positive and statistically significant link between employment and real wages. The findings show that real wages and labor productivity are among the short-term factors influencing employment in Türkiye's manufacturing sector. On the other hand, real wages do have a long-term impact on employment.

Originality: By studying the dynamic link between real wage, labor productivity, and employment factors collectively, this study differs from earlier studies in the literature.

Keywords: Real Wage, Labor Productivity, Employment, ARDL.

JEL Codes: C32, J01, J31.

¹ Doktora Öğrencisi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Bölümü, Muğla, Türkiye, tunakose48@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8703-0215 (*Sorumlu Yazar-Corresponding Author*).

² Doç. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Muğla, Türkiye, mehmeta@mu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1201-6718.

DOI: 10.51551/verimlilik.1197943

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 01.11.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 30.01.2023

Atıf: Köse, T. ve Avcı, M. (2023). "İstihdam, Reel Ücret ve Emek Verimliliği: Türkiye İmalat Sektörü Üzerine Bir Araştırma", *Verimlilik Dergisi*, 57(2), 313-326.

EXTENDED ABSTRACT

Employment is an important macroeconomic variable that closely affects a country's economic growth and the standard of living of the society. There are many macroeconomic variables that affect employment, but the most prominent ones today are real wages and labor productivity. In particular, both Neo-classical and Keynesian employment theories assume a close relationship between employment and real wages. While these theories suggest an inverse relationship between employment and real wages in the long run, recent empirical studies have not confirmed these theoretical relationships with certainty. On the other hand, the impact of labor productivity on employment also varies.

The fluctuations in employment rates in Türkiye's manufacturing sector after 2019 have made it necessary to investigate which variables the employment responds to. Therefore, examining the relationships between real wages, labor productivity and employment in the labor market of the manufacturing sector in Türkiye is crucial. There are relatively few studies in the literature that examine the dynamic relationship between real wages, labor productivity and employment variables together. This study covers the period from 2009:Q1 to 2021:Q4. This study is distinguished from other studies in the literature in terms of investigating the dynamic relationship between the variables considered and determining the direction of the relationship between the variables.

The variables used in the study are the employment index related to the manufacturing sector, the gross wage-salary index related to the manufacturing sector, and the production index per hour worked in the manufacturing sector. The employment index and gross wage-salary index related to the manufacturing sector were obtained from the Turkish Statistical Institute, and the production index per hour worked in the manufacturing sector was obtained from the Republic of Türkiye Ministry of Industry and Technology. The Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Philips-Perron (PP) tests, which are standard unit root tests, were used in the analysis. The unit root test results have shown that the variables in question are stationary at different levels. Subsequently, the existence of short and long-term relationships among the variables included in the study was examined with the help of the ARDL Bound Test.

The study has found that there is a long-term cointegration relationship between real wages, labor productivity, and employment in Türkiye's manufacturing sector. Also, a significant and positive long-term relationship has been found between real wages and employment. On the other hand, no relationship has been found between labor productivity and employment in the long-term. In the short-term, a positive and statistically significant relationship has been found between employment and both real wages and labor productivity. Moreover, the error correction coefficient is statistically significant, as expected. Therefore, as of the period under consideration, it shows that any deviation from the equilibrium can be restored in the long run. Accordingly, the imbalance that will be experienced in the long run will converge to equilibrium at a rate of approximately 5.3% per quarter, and the system will be directed back to equilibrium by its internal dynamics at this rate.

The findings obtained show that in Türkiye's manufacturing, real wages and labor productivity variables are among the determinants of employment in the short-term, and are only affected by the real wages variable in the long-term. The findings obtained between real wages and employment imply that economists should focus on non-wage variables in the long-term. The cointegration relationship among the variables in this study was examined using the ARDL bound test. The limitation of the study is that the F bound test result barely passes the upper critical value at a significance level of 10%. Therefore, the study can be tested using different methods. In future studies, the relationship between the relevant variables can also be investigated using cointegration tests that take into account structural breaks.

1. GİRİŞ

İstihdam, bir ülkenin ekonomik büyümesini ve toplumun hayat standartlarını yakından etkileyen önemli bir makro ekonomik değişkendir. Bunun yanı sıra istihdam, ülkelerin daha fazla vergi geliri elde edebilmelerine de imkân sağlamaktadır. Türkiye’de istihdam 2009 yılından bu yana çeşitli dinamik süreçler sergilemektedir. Türkiye’de 2009 yılından sonra artan istihdam oranları 2019 yılı sonrasında düşüşe geçmiştir. 2020 yılının ikinci çeyreği itibarıyla ise istihdam oranlarında tekrar toparlanma eğilimi gözlenmektedir. Nitekim bu dalgalanmalar, istihdamın hangi değişkenlere tepki verdiğinin tespitini zorunlu kılmaktadır. İstihdamı etkileyen çok sayıda makro ekonomik değişken mevcuttur ancak bunlar arasında günümüzde en öne çıkanlar reel ücretler ve emek verimliliğidir.

Ücret, emek verimliliği ve istihdam arasındaki ilişki en temel makroekonomik konular arasında yer almaktadır. Nitekim bu durum uzun süredir ampirik çalışmalarda tartışma konusu olmuş ve bu ilişkileri açıklamak için iktisadi teoriler ortaya atılmıştır. Özellikle Neo-klasik ve Keynesyen istihdam teorileri istihdam ile reel ücret arasında yakın bir ilişkinin olduğunu varsaymaktadır. Bu teoriler uzun dönemde istihdam ile reel ücret arasında ters yönlü bir ilişkinin var olduğunu belirtirken, son yapılan ampirik çalışmalarda bu teorik ilişkiler kesin olarak doğrulanamamıştır. Diğer taraftan emek verimliliğinin istihdam üzerindeki etkisi de farklılık göstermektedir. Verimlilik artışının etkisi, firma açısından işgücü talebini azaltırken yüksek verimlilik nedeniyle üretimde yaşanan bir artış daha fazla istihdama yol açabilmektedir (Yusof, 2008). Bu nedenle hem reel ücretlerin hem de emek verimliliğinin istihdam üzerindeki etkisi konusunda tam bir fikir birliği olduğunu söylemek olanaksızdır.

Türkiye’de imalat sektöründeki işgücü piyasasının davranışını anlamak için sektördeki reel ücret, emek verimliliği ve istihdam arasındaki ilişkileri incelemek oldukça önemlidir. Türkiye’de işgücü piyasasına ilişkin yapılan ampirik çalışmalarda istihdam, reel ücret ve verimlilik arasındaki ilişkiler daha çok istihdam-reel ücret, istihdam-verimlilik ya da reel ücret-verimlilik arasındaki ikili ilişkiler şeklinde ele alınmıştır. Bununla birlikte literatürde reel ücret, emek verimliliği ve istihdam değişkenleri arasındaki dinamik ilişkiyi bir arada inceleyen çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Çalışmada 2009:Q1-2021:Q4 dönemi incelenmiştir. Bu çalışma, ele alınan değişkenler arasındaki dinamik ilişkinin araştırılması ve değişkenler arasındaki ilişkinin yönünün tespit edilmesi açısından literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Bu nedenle bu çalışma, Türkiye imalat sektöründe reel ücret ve emek verimliliğinin istihdam üzerindeki uzun ve kısa dönemli etkisini ARDL sınır testi yöntemiyle inceleyerek ilgili literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın bundan sonraki kısımları şu şekilde düzenlenmiştir: ikinci bölümde istihdam ile ücret ve emek verimliliği arasındaki ilişki teorik çerçevede tartışılmış ve bu konuya ilişkin ampirik çalışmalar özetlenmiştir. Üçüncü bölümde veri seti ve çalışmanın yöntemi olan ARDL Sınır Testi tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde istihdam ile reel ücret ve emek verimliliği arasındaki ampirik sonuçlara yer verilmiştir. Beşinci bölümde ise çalışmanın genel bir değerlendirilmesi yapılarak politika önerilerinde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Neo-klasik ve Keynesyen teoriler, istihdam düzeyinin reel ücretlerden nasıl etkilenebileceği konusunda önemli ölçüde farklı sonuçlara sahiptir. Özellikle Neo-klasik model, kurumsal düzenlemeler tarafından engellenmedikçe emek piyasaları da dahil olmak üzere tüm piyasaların bir şekilde işlediğini varsaymaktadır (Christopoulos, 2005). Teori, reel ücretlerdeki bir azalmanın istihdam düzeyinde bir artışa yol açacağını beklenmesi gerektiğini öne sürmektedir. Nitekim bu görüşün doğal bir sonucu olarak da ekonomide gayri iradi işsizliğin olmayacağı beklenmektedir. Ancak Keynesyen görüşe göre ekonomide, asgari ücret uygulamasının veya sendikal faaliyetlerin mevcut olması, ücretlerin aşağı yönlü yapışkan olmasına ve gayri iradi işsizliğin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. İşgücü piyasalarının kendi kendini düzelter mekanizmaların işleyişini engelleyen aşağı yönlü yapışkan ücretlerin varlığı ekonomilerde işsizliğin kalıcı olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle kalıcı işsizlik, reel ücretlerin yüksek olarak belirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Ekonomide gerçekleşecek bir ücret indirimi, emeğin nispeten daha ucuz hale gelmesine neden olacaktır. Bu durum, işverenleri daha fazla sayıda işçi çalıştırmaya yöneltecektir (Apergis ve Theodosiou, 2008). Nitekim bu durum, ücretler ile istihdam arasında negatif bir ilişki olduğunu, yani reel ücretlerin düşmesinin istihdam düzeyinin artmasına yol açmasının beklenmesi gerektiğini göstermektedir. Diğer taraftan Keynes, reel ücret ile istihdam arasında sistematik uzun dönemli bir ilişki olmayabileceğini belirterek Neo-klasik teoriye karşı çıkmaktadır. Keynes’e göre daha düşük ücret oranı, işçilerin daha düşük gelir elde etmesine ve dolayısıyla mal talebinin düşmesine yol açacaktır. Daha düşük talep ise çıktıyı düşürecek ve bu da istihdamı azaltacaktır (Seputiene, 2011). Diğer taraftan reel ücretler düştüğünde emeğe olan talep artsa bile işverenlerin bu reel ücret düzeyinde daha fazla işçi çalıştırmak istemediği ve işsizlerin bu ücret düzeylerinden işi kabul etmelerini sağlayacak bir mekanizmanın da olmadığı ifade edilmektedir (Christopoulos, 2005). Bu çerçevede ücretlerde yaşanan değişimlerin hem gelir hem de maliyet etkileri bulunmaktadır. Reel ücretlerde meydana gelen bir düşüş işverenlerin kâr hesaplamalarındaki maliyet bileşenini azaltırken çalışanların gelirini de azaltacaktır. Bu nedenle reel ücretlerde yaşanan bir azalma,

işverenlerin reel gelirini artıracak ve çalışanların harcamalarını ve etkin çıktı talebini etkileyecektir (Bender ve Theodossiou, 1999).

Neo-klasik ve Keynesyen istihdam teorileri, reel ücretler ile istihdam düzeyleri arasında uzun dönemli negatif bir ilişkinin var olduğunu varsaymaktadır. Ancak teoriler değişkenlerin nedensel ilişkinin yönü açısından farklı görüşler ileri sürmektedir (Yusof, 2008). Neo-klasik modeller, nedensellik mekanizmasının ücretlerden istihdama doğru ilerlediğini varsayarken, Keynesyen modeller ise nedenselliğin daha çok tersi yönde işlediğini varsaymaktadır (Mazumdar, 2003). Ücret değişikliklerinin istihdam üzerindeki etkisine bakıldığında genel bir fikir birliği bulunmamaktadır. Literatürde istihdam ile reel ücret arasındaki ilişkiyi ve nedenselliğin yönünü ampirik açıdan inceleyen birçok çalışma yer almaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı istihdam ile reel ücret arasında negatif yönlü bir ilişkinin mevcut olduğunu ortaya koymaktadır (Neftçi, 1978; Sargent, 1978; Nickell ve Symons, 1990; Suedekum ve Blien, 2004; Apergis ve Theodosiou, 2008; Tadjoeeddin, 2016; Habanabakize ve diğerleri, 2019; Mora ve Muro, 2019). Diğer taraftan Yusof (2008) yapmış olduğu çalışmada istihdam ile reel ücret arasındaki ilişkiye baktığında değişkenler arasında negatif yönlü bir ilişki tespit etmiş olmasına rağmen uzun dönemde değişkenler arasında pozitif yönlü bir ilişki bulmuştur. Araştırmacıya göre bu durumun olası sebebi, daha yüksek bir istihdam düzeyinin, reel ücretleri artırmak için daha fazla baskı uygulayabileceğidir. Mehra (1982) ABD üzerine yapmış olduğu çalışmada, sektörlerdeki reel ücretler ile istihdamın dinamik olarak ilişkili olduğunu belirtmiştir. Ancak araştırmacı, uzun dönemde reel ücretler ile istihdam arasında negatif bir ilişki olduğuna dair kesin kanıtlar ortaya koyamamıştır. Kim (1988), Bender ve Theodossiou (1999), Christopoulos (2005) çalışmalarında ise istihdam ile reel ücret arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edememiştir. OECD ülkeleri üzerine yapmış oldukları çalışmada Geary ve Kennan (1982), değişkenler arasında önemli bir ilişkinin olmadığını ifade etmiştir. Bu çalışmalarla beraber literatürde değişkenler arasındaki nedenselliğin yönünün reel ücretten istihdama doğru olduğunu iddia eden çalışmaların (Kilduff, 1989; Pehkonen, 1991; Habanabakize ve diğerleri, 2019) yanı sıra nedensellik yönünün istihdamdan reel ücrete doğru olduğunu iddia eden çalışmalarda mevcuttur (Kim, 1988; Yusof, 2008; McFarlane ve diğerleri, 2014).

Türkiye özelinde yapılan çalışmaların bir kısmı istihdam ve reel ücret değişkenleri arasındaki eşbütünlüme ilişkisine odaklanmaktadır. Özata ve Esen (2010) çalışmalarında istihdam ile reel ücret arasında uzun dönemde negatif bir ilişki tespit etmiştir. Yapılan bazı ampirik çalışmalarda ise, istihdam ile reel ücretler arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki tespit edilmiştir (Yıldırım, 2015; İlhan ve diğerleri, 2019; Bakır ve Eryılmaz, 2020). Bir diğer ifadeyle araştırmacılar, reel ücretlerde meydana gelen artışların istihdamı artırıcı bir etkisinin olduğunu ifade etmektedir. Diğer taraftan Adaş (2003) çalışmada, istihdam ile reel ücret arasında herhangi bir eşbütünlüme ilişkisi tespit edememiştir. Özel ve kamu imalat sektörlerine ilişkin yapmış olduğu çalışmada Özmucur (2003), toplam dokuz sektör dikkate alındığında reel ücret ve işgücü ile ilişkili parametrenin gerek kamu gerekse özel sektörde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve işgücü parametresinin sıfırdan farklı olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda araştırmacı, kamu imalat alt sektöründe işgücü parametresinin sıfırdan farklı olduğunu, özel imalat alt sektöründe ise işgücü parametresinin sıfırdan farklı olmadığını ifade etmiştir. Elgin ve Kuzubaş (2012) çalışmada, Türk imalat sektöründe ücret-verimlilik farkı ile işsizlik oranı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırmacılar, ücret-verimlilik farkı ile işsizlik oranı arasında pozitif bir ilişki bulmuştur. Korkmaz (2021) yapmış olduğu çalışmada ise işsizlik oranı ile reel ücretler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olmadığını belirtmiştir. Bu çalışmaların yanı sıra değişkenlerin nedensellik yönüne ilişkin çalışmalarda mevcuttur. Örneğin, Özata ve Esen (2010), Bakır ve Eryılmaz (2020) çalışmalarında, değişkenlerin nedensellik yönünün reel ücretlerden istihdama doğru olduğunu belirtmiştir. Ağazade ve Albayrak (2018) ve Yardımcı ve Abdullah (2021) çalışmalarında ise istihdam artışından ücretlere doğru bir nedensellik ilişkisinin olduğunu tespit etmiştir.

İstihdam düzeyini belirleyen bir diğer önemli faktör ise verimliliğdir. Verimliliğin istihdam üzerindeki etkisi teknolojik ilerleme bağlamında açıklanmaktadır. Teknolojik gelişmeler sonucunda hem üretim hem de verimlilik artma eğilimi göstermektedir. Nitekim teknolojik ilerleme aynı miktarda çıktının daha az işçiyle üretilmesini sağlamaktadır. Bu durumun doğrudan etkisi emek talebini azaltmaktadır. Bu durumun dolaylı etkisi ise her şey sabitken, verimlilikteki artışın birim işgücü maliyetlerinde bir düşüşe neden olacaktır. Bu durumun daha yüksek bir çıktı talebine yol açması ve bunun da daha yüksek emek talebini tetiklemesi beklenmektedir. Dolayısıyla doğrudan etki; emek verimliliği ile istihdam arasında negatif bir ilişkiye işaret ederken, dolaylı etki ise pozitif bir ilişkiye işaret etmektedir (Cavelaars, 2005; Yusof, 2008). Nitekim birçok ampirik çalışma, verimlilik ile istihdam arasında negatif bir korelasyon olduğunu göstermektedir (Dew-Becker ve Gordon, 2012). Güney Kore üzerine yapmış oldukları çalışmada Kim ve diğerleri (2010), verimlilik ile istihdam arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada, verimlilik artışlarının istihdam üzerinde azaltıcı bir etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmacılar, verimliliği artıran teknolojik şokların Kore'de ekonomik büyümenin önemli bir kaynağı olmasına rağmen istihdam üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Junankar (2013) çalışmada, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere ilişkin panel verileri kullanarak istihdam ile verimlilik arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırmacı çalışmada, verimlilik artışı ile istihdam artışı arasında negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin

olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmaların yanı sıra literatürde istihdam ile verimlilik arasında pozitif yönlü bir ilişkinin olduğunu belirten çalışmalar da mevcuttur. ABD, Japonya ve Avrupa ülkeleri için yapmış oldukları çalışmada Pissarides ve Vallanti (2004), toplam faktör verimliliğindeki artışın istihdamı artırdığını belirtmiştir. Bhattacharya ve diğerleri (2011) çalışmasında, Hindistan imalat sektöründe emek verimliliği ile istihdam arasındaki uzun dönemli ilişkiyi incelemiştir. Araştırmacılar çalışmada, istihdamın emek verimliliği üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Benzer bir sonuçla Habanabakize ve diğerleri (2019) çalışmalarında emek verimliliği ile istihdam arasında pozitif bir ilişki bulmuşlardır. Bu çalışmaların yanı sıra değişkenlerin nedensellik yönüne ilişkin çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, Ponikvara ve Kejžara (2014) çalışmalarında, istihdam ve verimlilik arasında çift yönlü pozitif nedensellik ilişkisini ortaya koymuşlardır. Habanabakize ve diğerleri (2019) çalışmalarında, verimlilikten istihdama doğru bir nedensellik ilişkisini ortaya koymuşlardır.

İstihdam ve verimlilik ilişkisi üzerine Türkiye özelinde oldukça az bir literatür bulunmaktadır. Literatürde yer alan çalışmaların bir kısmı istihdam ile verimlilik arasındaki uzun ve/veya kısa dönem ilişkiye odaklanmaktadır. Saraçoğlu ve Suiçmez (2008) yapmış oldukları çalışmada verimlilik ile istihdam arasında negatif bir ilişki bulmuşlardır. Ancak araştırmacılar, verimlilikteki artışların istihdam düzeyinde önemli sayılabilecek düzeyde bir azalmaya yol açmadığını belirtmişlerdir. Uzay (2008) çalışmasında, istihdam ile verimlilik arasında güçlü olmasa da negatif ve anlamlı bir ilişki tespit etmiştir. Yıldırım (2015) çalışmasında hem kısa hem de uzun dönemde verimlilikte yaşanan artışların istihdam düzeyini negatif yönde etkilediğini belirtmiştir. Ağazade ve Albayrak (2018) çalışmasında hem uzun dönem hem de kısa dönemdeki istihdam artışlarının emek verimliliğini azalttığını belirtmişlerdir. Korkmaz (2021) çalışmasında, işsizlik oranı ile işgücü verimliliği arasında uzun dönemli bir ilişki yakalayamamıştır. Bu çalışmaların yanı sıra literatürde değişkenlerin nedensellik yönüne ilişkin çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, Çolak ve Kara (2017) çalışmalarında, emek verimliliğinden istihdama doğru bir nedensellik ilişkisini ortaya koymuşlardır. Aynı zamanda literatürde değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit eden çalışmalar da bulunmaktadır (Ağazade ve Albayrak, 2018; Yardımcı ve Abdullah, 2021).

İstihdam, ücret ve emek verimliliği arasındaki ilişkilerin ampirik sonuçlarına bakıldığında farklı sonuçlar ortaya konulmuştur. Bu sonuçlar analiz edilen ülkeye ve döneme göre farklılık göstermektedir. Aynı zamanda ampirik sonuçların farklılık göstermesi çalışmalarda yer alan değişkenlerin nasıl ölçüldüğü ve kullanılan ekonometrik yöntemle de ilgilidir. Bu çalışma reel ücret ve emek verimliliğinin bir arada istihdam üzerindeki etkisini ARDL sınır testi yardımıyla araştırarak literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

3. YÖNTEM

3.1. Çalışmanın Verileri

Ampirik çalışmada, Türkiye imalat sektörünün 2009Q1-2021Q4 dönemine ait çeyrek dönemlik verileri kullanılmıştır. Çalışmanın analizi EViews-12 istatistik paket programıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler, imalat sektörüne ilişkin istihdam endeksi, imalat sektörüne ilişkin brüt ücret-maaş endeksi ve imalat sektöründe çalışan saat başına üretim endeksidir. İmalat sektörüne ilişkin istihdam endeksi ve brüt-ücret maaş endeksi Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK), imalat sektöründe çalışan saat başına üretim endeksi ise Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'ndan (STB) temin edilmiştir. Ücret değişkeni tüketici fiyat endeksi kullanılarak fiyat artışlarından arındırılmış ve reel forma dönüştürülmüştür. Çalışmadaki tüm değişkenler TRAMO/SEATS yöntemi yardımıyla mevsimsellikten arındırılmış ve tüm değişkenlerin logaritmaları alınarak analizde kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada dış şoklar ve uç değerlerin istihdam endeksi üzerindeki etkilerini en aza indirmek için modele kukla değişken eklenerek daha sağlıklı sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Kukla değişken, şokları temsil eden gözlem için bir, diğer gözlemler için sıfır değeri alınarak oluşturulur (Kennedy, 2008: 232). Modelde kullanılacak değişkenlere ilişkin özet açıklamalar Tablo 1'de yer almaktadır.

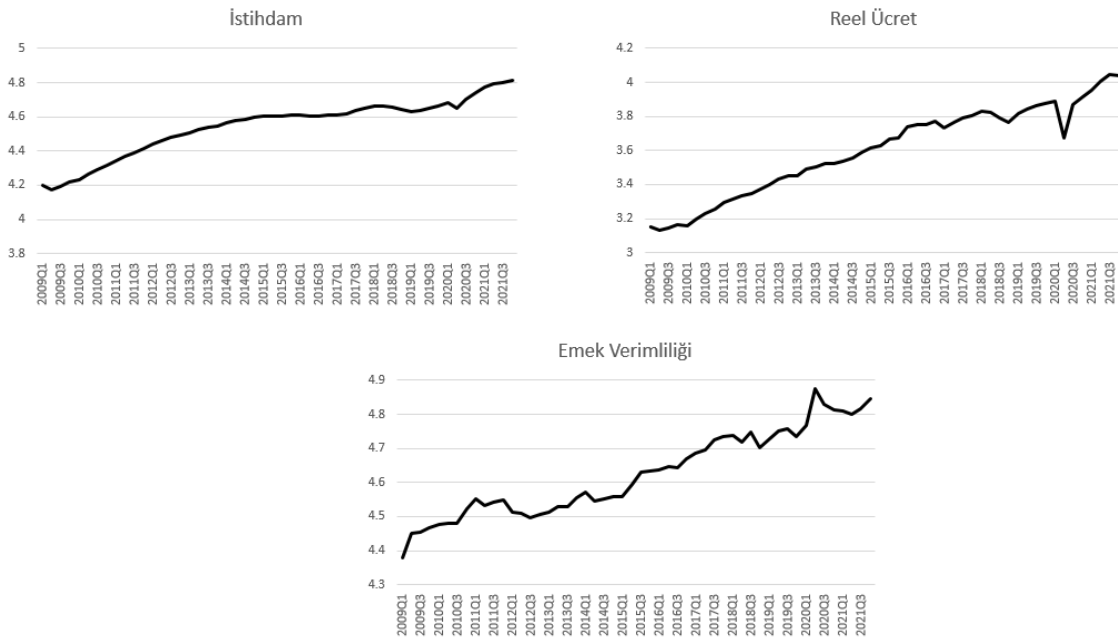
Tablo 1. Çalışmada yer alan değişkenler

<i>Değişken</i>	<i>Sembol</i>	<i>Kaynak</i>	<i>Birim</i>
İstihdam	InL	TÜİK	Endeks, 2015=100
Reel Ücret	InW	TÜİK	Endeks, 2015=100
Emek Verimliliği	InP	STB	Endeks, 2015=100

Tablo 2. Betimleyici istatistikler

İstatistik	lnL	lnW	lnP
Ortalama	4,5439	3,6015	4,6264
Medyan	4,6038	3,6480	4,6111
En Büyük	4,8112	4,0488	4,8755
En Küçük	4,1754	3,1332	4,3785
Standart Sapma	0,1665	0,2631	0,1256
Gözlem Değeri	52	52	52

Modelde kullanılan değişkenlere ilişkin betimleyici istatistikler (Tablo 2) incelendiğinde lnL endeksinin ortalaması 4,5439 olarak ölçülmüştür. Değişkene ilişkin standart sapma değeri 0,1665'tir. Değişkenin maksimum değeri 4,8112 olarak ölçülmüştür. Bu değer 2021 yılının dördüncü çeyreğinde gözlenmiştir. Aynı değişkene ilişkin minimum gözlem değeri ise 2009 yılının ikinci çeyreğinde ölçülmüştür. Bir diğer değişken lnW endeksinin ortalaması 3,6015 olarak ölçülmüştür. Değişkene ilişkin standart sapma değeri 0,2631'dir. Değişkenin maksimum değeri 4,0488 olarak ölçülmüştür. Bu değer 2021 yılının üçüncü çeyreğinde gözlenmiştir. Aynı değişkene ilişkin minimum gözlem değeri ise 2009 yılının ikinci çeyreğinde ölçülmüştür. Son değişken olan $lnLP$ endeksinin ortalaması 4,6264 olarak ölçülmüştür. Değişkene ilişkin standart sapma değeri 0,1256'dır. Değişkenin maksimum değeri 4,8755 olarak ölçülmüştür. Bu değer 2020 yılının ikinci çeyreğinde gözlenmiştir. Aynı değişkene ilişkin minimum gözlem değeri ise 2009 yılının birinci çeyreğinde ölçülmüştür. Ayrıca tüm serilerin gözlem sayısı 52'dir. Şekil 1'de değişkenlere ilişkin grafiksel gösterim yer almaktadır. Değişkenler incelendiğinde tüm değişkenlerin artış trendinde olduğu gözlenmektedir.

**Şekil 1. Değişkenlere ilişkin grafiksel gösterim**

3.2. Analiz Yöntemi

Ekonometrik analize konu olan değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkileri test etmek için çeşitli eşbütünleşme analizleri kullanılmaktadır. Klasik eşbütünleşme testlerinde eşbütünleşme modeli oluşturulurken, değişkenlerin aynı düzeyde durağan olması gerekmektedir. Ancak ARDL modelinde değişkenlerin hangi mertebeye durağan olduklarına bakılmaksızın değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisine bakılmaktadır (Çağlayan, 2006). Nitekim bu özellik ARDL modelini diğer eşbütünleşme testlerinden ayırmaktadır.

Reel ücret ve emek verimliliğinin istihdam üzerindeki uzun ve kısa dönem etkisini araştırdığımız bu çalışmada Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından geliştirilen Gecikmesi Dağıtılmış Otoresif (ARDL) Sınır Testi yaklaşımı kullanılmıştır. ARDL modelinin diğer eşbütünleşme analizlerine göre birçok avantajının ve üstünlüğünün olması nedeniyle çalışmada ARDL sınır testi tercih edilmiştir. Öncelikle bu yaklaşım serilerin farklı düzeyde durağan olmasına izin vermektedir. Ancak ARDL modeli, değişkenlerin I(2) veya daha yüksek mertebeden durağan olduğu durumlarda gerçekleştirilemez. Aynı zamanda bağımlı değişkenin I(1),

bağımsız değişkenler ise $I(0)$ ve/veya $I(1)$ 'de durağan olması gerekmektedir (Pesaran ve diğerleri, 2001). Bu yaklaşımın bir diğer avantajı, küçük örnekleme sahip çalışmalarda da uygulanabilmesidir (Narayan, 2004; Narayan ve Smyth, 2005). Diğer bir avantajı ise ARDL yaklaşımında kısıtsız hata düzeltme modelinin (UECM) kullanılmasıdır. ARDL yaklaşımının kısıtsız hata düzeltme modeline dayanması nedeniyle Engle ve Granger (1987) ve Johansen ve Juselius (1990) yöntemlerinden daha iyi istatistiksel özelliklere sahiptir (Narayan ve Smyth, 2006). Hata düzeltme modeli hem uzun vadeli hem de kısa vadeli olası hareketler arasında ayırım yapma imkânı sağlamaktadır (Morley, 2006). Eşbütünleşme analizinde ARDL sınır testi yaklaşımında incelenecek model Eşitlik 1'de yer almaktadır.

$$\Delta \ln L_t = \rho_0 + \sum_{i=1}^m \rho_i \Delta \ln L_{t-i} + \sum_{j=0}^n \delta_j \Delta \ln W_{t-j} + \sum_{k=0}^p \mu_k \Delta \ln LP_{t-k} + \varphi_1 \ln L_{t-1} + \varphi_2 \ln W_{t-1} + \varphi_3 \ln LP_{t-1} + v_t \quad (1)$$

Eşitlik 1'de yer alan modelde, Δ değişkenlerin farkını ve v_t hata terimini göstermektedir. Aynı zamanda modelde yer alan ρ_i , δ_j ve μ_k katsayıları kısa dönem katsayılarını ve φ_1 , φ_2 ve φ_3 katsayıları ise uzun dönem katsayıları ifade etmektedir. Ayrıca m , n ve p değerleri de uygun gecikme uzunluğunu temsil etmektedir. Eşitlik 1'de yer alan modelde uygun gecikme uzunluğu Akaike Bilgi Kriterleri (AIC) ve Schwartz-Bayesian Kriterleri (SBC) göz önünde bulundurulurken en uygun gecikme uzunluğu belirlenmektedir. Daha sonra ilgili model, en küçük kareler yöntemi kullanılarak tahmin edilmektedir. Aynı zamanda modelde yer alan değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Wald/F testi yardımıyla belirlenmektedir. ARDL modelinde yer alan değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığını tespit etmek için aşağıdaki hipotez test edilmektedir.

$$H_0: \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 0$$

$$H_1: \varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \varphi_3 \neq 0$$

Belirlenen anlamlılık düzeyi için hesaplanan F istatistik değeri tablo kritik değerinin alt sınırından küçükse temel hipotez reddedilemez ve değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı sonucuna varılır. Benzer şekilde F istatistik değeri, tablo kritik değerinin üst sınırından büyükse temel hipotez reddedilir ve değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olduğu sonucuna varılır. Ayrıca hesaplanan F istatistiği değeri tablo kritik değerlerinin alt ve üst kritik değerleri arasında ise seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı ile alakalı herhangi bir karar verilemez (Korkmaz, 2021; Yürük ve Acaroğlu, 2021). Bu durumda değişkenlerin durağanlığını dikkate alan farklı eşbütünleşme yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir (Çağlayan, 2006; Yılancı, 2012).

ARDL Sınır Testi ile değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı tespit edildikten sonra AIC ve SBC değerleri kullanılarak optimal gecikme uzunluğu belirlenir. Daha sonra ise modelde uzun dönem ve kısa dönem katsayıları belirlenir. Bu çalışmada uzun dönem katsayıları tahmin etmek amacıyla Eşitlik 2'de yer alan ARDL (m,n,p) modeli oluşturulmuştur.

$$\ln L_t = \rho_0 + \sum_{i=1}^m \rho_i \ln L_{t-i} + \sum_{j=0}^n \delta_j \ln W_{t-j} + \sum_{k=0}^p \mu_k \ln LP_{t-k} + v_t \quad (2)$$

ARDL Sınır Testi yaklaşımına göre modelde kullanılan değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişki ise Hata Düzeltme Modeli (ECM) yardımıyla elde edilmektedir. Tahmin edilen model aşağıdaki gibidir:

$$\Delta \ln L_t = \rho_0 + \sum_{i=1}^m \rho_i \Delta \ln L_{t-i} + \sum_{j=0}^n \delta_j \Delta \ln W_{t-j} + \sum_{k=0}^p \mu_k \Delta \ln LP_{t-k} + \lambda (ECM_{t-1}) + v_t \quad (3)$$

Modeldeki ECM değişkeni hata düzeltme terimini ifade etmektedir. Bu terimin katsayısı (λ) seriye kısa dönemde bir şok gelmesi durumunda uzun dönem denge değerinden sapmanın ne kadar sürede tekrar dengeye yöneleceğini göstermektedir (Göktaş ve diğerleri, 2019: 145). Hata düzeltme teriminin katsayısının, istatistiksel olarak anlamlı olması ve aynı zamanda işaretinin negatif olması beklenmektedir.

4. AMPİRİK BULGULAR

Ampirik çalışmamızın amacı, reel ücret ve emek verimliliğinin istihdam üzerindeki uzun ve kısa dönem etkisini araştırmaktır. Bu amaçla öncelikle değişkenlere birim kök testi yapılmıştır. Değişkenlerin durağanlık düzeyleri belirlendikten sonra ARDL sınır testi uygulanmıştır. Genel olarak, iktisadi zaman serileri durağan olmayan süreçleri içermektedir (Johansen ve Juselius, 1990). Durağan olmayan değişkenlerle yapılan analizlerde sahte regresyon problemi ortaya çıkabilmektedir (Granger ve Newbold, 1974). Bu nedenle analiz sonucunda sahte regresyon problemiyle karşılaşmamak adına değişkenlerin durağanlık düzeylerini göstermek için birim kök testleri uygulanmıştır. Analizde standart birim kök testleri olan Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Philips-Perron (PP) kullanılmıştır. Buna göre standart birim kök testi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Birim kök testi sonuçları

ADF Testi					
Değişken	Düzyey		Değişken	Birinci Fark	
	Sabit	Trend ve Sabit		Sabit	Trend ve Sabit
<i>lnL</i>	-2,6479*	-2,6836	ΔlnL	-5,3965***	-5,7457***
	(0,0904)	(0,2476)		(0,0000)	(0,0001)
<i>lnW</i>	-0,7145	-3,1099	ΔlnW	-9,5850***	-9,4870***
	(0,8335)	(0,1150)		(0,0000)	(0,0000)
<i>lnP</i>	-4,0668***	-3,9965**	ΔlnP	-8,2541***	-8,1246***
	(0,0024)	(0,0149)		(0,0000)	(0,0000)

PP Testi					
Değişken	Düzyey		Değişken	Birinci Fark	
	Sabit	Trend ve Sabit		Sabit	Trend ve Sabit
<i>lnL</i>	-1,4905	-1,6150	ΔlnL	-5,5385***	-5,8179***
	(0,5303)	(0,7732)		(0,0000)	(0,0001)
<i>lnW</i>	-0,4631	-3,0055	ΔlnW	-11,0539***	-10,8998***
	(0,8897)	(0,1408)		(0,0000)	(0,0000)
<i>lnP</i>	-4,1544***	-4,0813**	ΔlnP	-9,6375***	-9,4204***
	(0,0019)	(0,0120)		(0,0000)	(0,0000)

Not: ***, ** ve * katsayısının sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlı olduğunu göstermektedir. Parantez içinde yer alan değerler olasılık değerlerini göstermektedir. Δ ifadesi değişkenin birinci farkının alındığını göstermektedir.

Tablo 3 incelendiğinde ADF ve PP testlerine göre emek verimliliği değişkeni düzeyde durağan olduğu istihdam ve reel ücret değişkenlerinin ise düzeyde durağan olmadığı görülmektedir. Ancak durağan olmayan değişkenlerin birinci farkı alındığında değişkenler durağan hale gelmektedir. ARDL modeli, değişkenlerin farklı düzeyde durağan olmasına izin vermesi ve bağımlı değişkenin de $I(1)$ olması nedeniyle bu çalışmada ARDL modelinin kullanılmasının daha anlamlı sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Buna göre ARDL modelinin uygun gecikme yapısı belirlenip değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkilerin araştırılması gerekmektedir. Optimum gecikme uzunluğuna ilişkin sonuç raporu Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Optimum gecikme uzunluğuna ilişkin sonuçlar

Gecikme	AIC	SC	HQ
1	-14,8095	-14,3417	-14,6327
2	-15,1717*	-14,3530*	-14,8623*
3	-15,0381	-13,8686	-14,5961
4	-14,8463	-13,3260	-14,2718

Tablo 4'te yer alan sonuçlara göre, maksimum gecikme uzunluğu 4 alındığında optimum gecikme uzunluğu 2 olarak tespit edilmiştir. Analiz sonucunda ARDL (2,1,2) modeli Akaike bilgi kriteri (AIC) dikkate alınarak tahmin edilmiştir. Analizde kullanılan değişkenler için uygun gecikme uzunlukları belirlendikten sonra değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünlük ilişkisinin olup olmadığı incelenmiştir. ARDL sınır testine ilişkin sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Sınır testi sonuçları

Önem Düzeyi	$I(0)$	$I(1)$
%1	2,788	5,758
%5	3,368	4,178
%10	2,788	3,513

Not: Kritik değerler Narayan (2004)'dan alınmıştır³.
F Test İstatistik Değeri: 3,5522

Tablo 5'te F test istatistik değeri 3,5522 olarak belirtilmiştir. F test istatistik değerinin sonucu, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu doğrulamaktadır. %10 anlamlılık düzeyine göre hesaplanan F test istatistik değeri tablodan elde edilen üst sınır kritik değerden büyüktür. Bu sonuca göre incelenen değişkenler (*lnL*, *lnW* ve *lnLP*) arasında uzun dönemli bir eşbütünlük ilişkisi bulunmaktadır. Değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünlük ilişkisi belirlendikten sonra değişkenlerin uzun

³ Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından büyük gözlemler için oluşturulan alt ve üst sınır kritik değerleri Narayan (2004) tartışma makalesinde küçük örneklem için yeniden türetilmiştir. Dolayısıyla çalışmada gözlem sayısı çok büyük olmadığı için Narayan (2004) tarafından türetilen kritik değerler, sabit terimli ve trend içermeyen model olan Case II dikkate alınmıştır.

döneme ilişkin katsayısı tahmin edilmiştir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi gösteren katsayılar Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6. Uzun dönem katsayısı

Bağımlı Değişken: $\ln L$		
Değişken	Katsayı	t istatistik değeri
Sabit Terim	3,0901	5,8311*** (0,0000)
$\ln W$	0,4248	3,1540*** (0,0030)
$\ln P$	-0,5421	0,4731 (0,6386)

Not: ***, ** ve * katsayının sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlı olduğunu göstermektedir. Parantez içinde yer alan değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

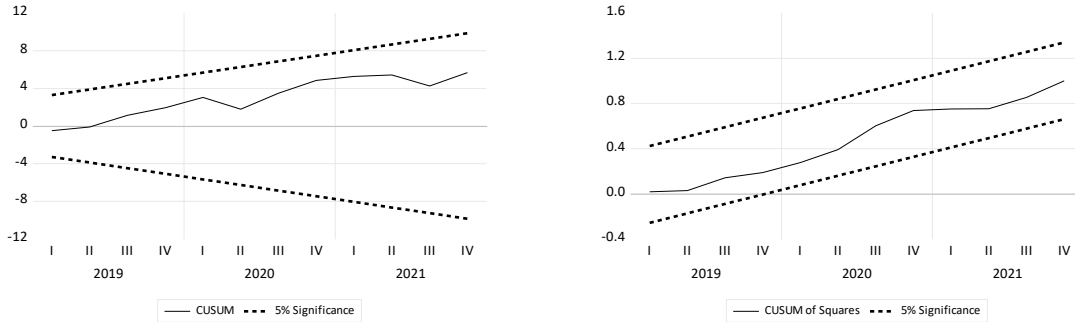
Tablo 6 incelendiğinde emek verimliliği değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, reel ücret değişkeninin ise istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uzun dönem tahmin sonuçlarına bakıldığında, reel ücret ile istihdam arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Emek verimliliği ile istihdam arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Değişkenler arasında kısa dönemli ilişkiyi gösteren hata düzeltme modeline ilişkin katsayılar Tablo 7'de gösterilmiştir. Aynı zamanda Tablo 7'de ARDL modelinin tanısıl test sonuçları da yer almaktadır.

Tablo 7. Kısa dönem ARDL model tahminleri

Değişken	Katsayı	t istatistik değeri
$\Delta \ln L_{t-1}$	0,4575	6,2271*** (0,0000)
$\Delta \ln W_t$	0,1873	7,1989*** (0,0000)
$\Delta \ln LP_t$	-0,0613	-1,1459 (0,2585)
$\Delta \ln LP_{t-1}$	0,1284	2,7394*** (0,0091)
$D2018Q4$	-0,0172	-2,2171** (0,0322)
ECM_{t-1}	-0,0534	-3,9049*** (0,0003)
Tanısıl Testler		
R^2		0,7792
Düzeltilmiş R^2		0,7541
Breusch-Pagan-Godfrey Testi	1,1144	(0,3739)
Ramsey Reset Testi	1,0726	(0,3066)
Breusch-Godfrey LM Testi	1,7988	(0,1790)
Jarque-Bera Normallik Testi	0,2455	(0,8844)

Not: ***, ** ve * katsayının sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlı olduğunu göstermektedir. Parantez içinde yer alan değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

Tablo 7 incelendiğinde Breusch-Pagan-Godfrey Testi, Ramsey Reset Testi, Breusch-Godfrey LM testi ve Jarque-Bera Normallik Testleri sonuçlarına bakıldığında, modelde otokorelasyon, spesifikasyon hatası, değişen varyans ve normal dağılım açısından herhangi bir sorun gözlenmemiştir. Bu nedenle model gerekli tüm varsayımları sağlamaktadır. Aynı zamanda hata düzeltme katsayısı beklenildiği gibi istatistiksel olarak anlamlı, negatif işaretli ve 0-1 arasında bir değere sahiptir. Dolayısıyla ele alınan dönem itibarıyla dengeden herhangi bir sapmanın uzun dönemde tekrar dengeye gelebileceğini göstermektedir. Buna göre uzun dönemde yaşanacak dengesizliğin, çeyrek dönem sonra yaklaşık olarak %5,3 oranında bir hızla dengeye yakınsayacağını ve bu hızla sistemin iç dinamiklerince tekrar dengeye yöneleceğini ifade etmektedir. $\ln W$ ile $\ln L$ arasındaki kısa dönemli ilişkiler incelendiğinde reel ücrette meydana gelen bir artış istihdamı artırmaktadır. $\ln LP$ ile $\ln L$ arasındaki kısa dönemli ilişkiler incelendiğinde de benzer sonuçlar bulunmaktadır. Emek verimliliğinde meydana gelen bir artış istihdamı artırmaktadır. Model parametrelerinin ilgili dönemde kararlılığını veren CUSUM ve CUSUMSQ test sonuçlarına ilişkin grafiksel gösterim Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. CUSUM ve CUSUMQ grafiği

Şekil 2'deki grafikler incelendiğinde modelin artıkları %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içerisinde yer aldığı için uzun dönem katsayıların istikrarlı olduğu gözlenmektedir. Aynı zamanda değişkenlere ilişkin yapısal bir kırılmanın olmadığı görülmektedir.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, imalat sektörüne ilişkin veriler kullanılarak reel ücretlerin ve emek verimliliğinin istihdam üzerindeki etkisi dönemler itibarıyla incelenmiştir. 2009Q1-2021Q4 dönemine ait verileri kapsayan ve ARDL sınır testi yöntemiyle gerçekleştirilen çalışmadan elde edilen bulgular, Türkiye'de reel ücret, emek verimliliği ve istihdam arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin mevcut olduğunu göstermiş, reel ücret ile istihdam arasında uzun dönemde ters ilişki olduğunu öne süren Neo-klasik ve Keynesyen istihdam teorilerinden farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Çalışmada bu durumun nedeninin mal talebi kaynaklı olduğu değerlendirilmiştir. Şöyle ki reel ücret düzeyi arttıkça işçilerin tüketime ayıracakları mal talebi artmaktadır. Bu talep firmaların uzun dönemde daha fazla üretim gerçekleştirmek istemelerine ve istihdam taleplerini artırmalarına neden olmaktadır. Bu nedenle uzun dönemde reel ücretler ile istihdam arasında doğru yönlü bir ilişki çıkması, ücreti maliyet olarak gören yaklaşımın geçerliliğinin sorgulanmasına neden olmuştur. Diğer taraftan emek verimliliği ile istihdam arasında uzun dönemde herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Bu durum istihdamın uzun dönemdeki ana belirleyicisinin reel ücret olduğu, verimliliğin etkisinin ise mevcut olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Kısa dönemde de benzer şekilde reel ücretler ile istihdam arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Bu durum reel ücretlerin kısa dönemde de maliyet kanalı yerine talep kanalı üzerinden istihdam üzerinde etkili olduğu anlamına gelmektedir. Uzun dönemin aksine kısa döneme ilişkin bulgular, emek verimliliği ile istihdam arasında kısa dönemde anlamlı ve pozitif bir ilişkinin mevcut olduğunu göstermiştir. Bu durum işverenlerin kısa dönemde işçi verimliliğini dikkate aldıklarını, uzun dönemde ise verimliliği bir etken olarak görmediklerini işaret etmektedir. Bunun olası nedeni, uzun dönemde firmaların emek yerine sermaye istihdamına daha fazla önem atfediyor oluşu olabilir.

Elde edilen bulgular iktisat politikası açısından da önemli sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Birçok iktisatçı istihdamın düşük reel ücretler ile artırılabilirliğini düşünmesine karşın konu üzerinde herhangi bir görüş birliği oluşmamaktadır. Türkiye'de talebin reel ücret değişkeninden daha fazla etkilenmesi, reel ücretlerin bir talep değişkeni olarak kullanılabilmesine imkân vermektedir. Bu durumda istihdamı artırmak veya işsizlik oranını düşürmek için reel ücretlerde yapılacak indirimlerin herhangi bir etkisinin olmayacağı ifade edilebilir.

Reel ücret ile istihdam arasında elde edilen bulgular, iktisat politikacılarının uzun dönemde ücret dışı değişkenlere odaklanmaları gerektiği anlamına gelmektedir. Teknolojiye yapılacak yatırımlar, işçi ücretlerine yönelik yapılacak yasal ve vergisel düzenlemeler istihdamı artırma konusunda etkili politika araçları olabilir. Aynı zamanda işçilerin daha yüksek kazanç elde etmeleri ve daha yüksek yaşam standartlarından yararlanmaları için teknolojik ilerlemelere ayak uydurabileceği bilgi, beceri ve yaratıcılıkla donatılmasını sağlayacak eğitim politikalarının da artırılması gerekmektedir.

Elde edilen bulgular sonucunda F sınır testi sonucu %10 anlamlılık düzeyi üst kritik değerini az farkla geçmesi çalışmanın kısıtını oluşturmaktadır. Bu nedenle çalışma farklı yöntemlerle de sınanabilir. Gelecekteki çalışmalarda ilgili değişkenler arasındaki ilişki yapısal kırılmayı da dikkate alan eşbütünleşme testleri ile araştırılabilir. Ayrıca istihdamı etkileyen faktörlerin belirlenmesi için Türkiye'de farklı sektörler üzerinde de araştırma yapılabilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

*Tuna Köse: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-
orijinal taslak Mehmet Avcı: Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme
Tuna Köse: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-
original draft Mehmet Avcı: Writing-review and editing*

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Adaş, C.G. (2003). "Türk İmalat Sanayi İşgücü Piyasasında Ücretler ile İstihdam Arasındaki İlişki", *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 53(2), 145-186.
- Ağazade, S. ve Albayrak, N.C. (2018). "Türkiye Sanayi Sektöründe Emek Verimliliği, İstihdam ve Ücretler", *Verimlilik Dergisi*, 7-24.
- Apergis, N. ve Theodosiou, I. (2008). "The Employment-Wage Relationship: Was Keynes Right After All?", *American Review of Political Economy*, 6(1), 40-50.
- Bakır, H. ve Eryılmaz, F. (2020). "Türkiye'de İstihdam ve Reel Ücretler Arasındaki İlişki: Bir Zaman Serisi Analizi", *Uluslararası Afro-Avrasya Araştırmaları Dergisi*, 5(10), 1-16.
- İlhan, A., Akdeniz, C. ve Bakır, H. (2019). "Türk İmalat Sanayinde Reel Ücretler ve İstihdam Arasındaki İlişki", *Türkiye Ekonomi Kurumu 20. Ulusal İktisat Sempozyumu*, 17-18 Ekim 2019, Adana.
- Bender, K.A. ve Theodossiou, I. (1999). "International Comparisons of the Real Wage-Employment Relationship", *Journal of Post Keynesian Economics*, 21(4), 621-637.
- Bhattacharya, M., Narayan, P.K., Popp, S. ve Rath, B.N. (2011). "The Productivity-Wage and Productivity-Employment Nexus: A Panel Data Analysis of Indian Manufacturing", *Empirical Economics*, 40(2), 285-303.
- Cavelaars, P. (2005). "Has the Tradeoff Between Productivity Gains and Job Growth Disappeared?", *Kyklos*, 58(1), 45-64.
- Christopoulos, D.K. (2005). "A Note on the Relationship between Real Wages and Employment: Further Evidence from Panel Cointegration Tests", *Journal of Economic Studies*, 32(1), 25-32.
- Çağlayan, E. (2006). "Enflasyon, Faiz Oranı ve Büyümenin Yurtiçi Tasarruflar Üzerindeki Etkikeri", *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 423-438.
- Çolak, M. ve Kara, O. (2017). "Türkiye'de Makroekonomik Göstergelerin İstihdama Etkisi", *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Afro-Avrasya Özel Sayısı*, 259-272.
- Dew-Becker, I. ve Gordon, R.J. (2012). "The Role of Labor-Market Changes in the Slowdown of European Productivity", *Review of Economics and Institutions*, 3(2), 1-45.
- Elgin, C. ve Kuzubas, T.U. (2012). "Wage-productivity Gap in Turkish Manufacturing Sector", *Bogazici University, Department of Economics, Working Papers No 2012/03*, 1-22.
- Engle, R.F. ve Granger, C.W. (1987). "Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing", *Econometrica: Journal of The Econometric Society*, 251-276.
- Geary, P.T., ve Kennan, J. (1982). "The Employment-Real Wage Relationship: An International Study", *Journal of Political Economy*, 90(4), 854-871.
- Göktaş, P., Pekmezci, A. ve Bozkurt, K. (2019). "Ekonometrik Serilerde Uzun Dönem Eşbütünlük ve Kısa Dönem Nedensellik", Gazi Kitabevi, Ankara.
- Granger, C.W. ve Newbold, P. (1974). "Spurious Regressions in Econometrics", *Journal of Econometrics*, 2(2), 111-120.
- Habanabakize, T., Meyer, D.F. ve Oláh, J. (2019). "The Impact of Productivity, Investment and Real Wages on Employment Absorption Rate in South Africa", *Social Sciences*, 8(12), 1-15.
- Johansen, S. ve Juselius, K. (1990). "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration- with Applications to the Demand for Money", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.
- Junankar, P. (2013). "Is there a Trade-off between Employment and Productivity?", *Discussion Paper No. 7717*, 2-41.
- Kennedy, P. (2008). "A Guide to Econometrics", John Wiley & Sons, Australia.
- Kilduff, A.P. (1989). "Real Wages and Employment: New Evidence", *The Canadian Journal of Economics*, 22(3), 619-629.
- Kim, B.J. (1988). "A Time-Series Study of the Employment-Real Wage Relationship: An International Comparison", *Journal of Economics and Business*, 40(1), 67-78.
- Kim, S., Lim, H. ve Park, D. (2010). "Productivity and Employment in a Developing Country: Some Evidence from Korea", *World Development*, 38(4), 514-522.
- Korkmaz, Ö. (2021). "Is Labor Productivity Linked to Real Wages? An Empirical Study of the Turkish Manufacturing Sector", *Verimlilik Dergisi*, (2), 25-48.
- Mazumdar, D. (2003). "Trends in Employment and the Employment Elasticity in Manufacturing, 1971-92: An International Comparison", *Cambridge Journal of Economics*, 27(4), 563-582.

- McFarlane, A.A., Das, A. ve Chowdhury, M. (2014). "Non-linear Dynamics of Employment, Output and Real Wages in Canada", *Journal of Economic Studies*, 41(4), 554-568.
- Mehra, Y. (1982). "Real Wages and Employment: Evidence from Disaggregated Data", *Eastern Economic Journal*, 8(3), 191-196.
- Mora, J.J. ve Muro, J. (2019). "The Long Run Wage-Employment Elasticity: Evidence from Colombia", *Alcamentos*, 3-27.
- Morley, B. (2006). "Causality between Economic Growth and Immigration: An ARDL Bounds Testing Approach", *Economics Letters*, 72-76.
- Narayan, P.K. ve Smyth, R. (2005). "Trade Liberalization and Economic Growth in Fiji: An Empirical Assessment Using the ARDL Approach", *Journal of the Asia Pacific Economy*, 10(1), 96-115.
- Narayan, P.K. (2004). "Reformulating Critical Values for the Bounds F-statistics Approach to Cointegration: An Application to the Tourism Demand Model for Fiji", *Monash University, Department of Economics Discussion Paper*, 2(4).
- Narayan, P.K. ve Smyth, R. (2006). "What Determines Migration Flows from Low-Income to High-Income Countries? An Empirical Investigation of Fiji-U.S. Migration 1972-2001", *Contemporary Economic Policy*, 24(2), 332-342.
- Neftçi, S.N. (1978). "A Time-Series Analysis of the Real Wages-Employment Relationship", *Journal of Political Economy*, 86(2), 281-291.
- Nickell, S. ve Symons, J. (1990). "The Real Wage-Employment Relationship in the United States", *Journal of Labor Economics*, 8(1), 1-15.
- Özata, E. ve Esen, E. (2010). "Reel Ücretler ile İstihdam Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Analizi", *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 55-70.
- Özmutur, S. (2003). "Wage and Productivity Differentials in Private and Public Manufacturing: The Case of Turkey", *Econ WPA Series (0303002)*, 1-17.
- Pehkonen, J. (1991). "Real Wages-Employment Relationship in Finnish Manufacturing: A VAR Approach", *Applied Economics*, 23(10), 1559-1668.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. ve Smith, R.J. (2001). "Bounds Testing Approaches to the Analysis", *Journal of Applied Econometrics*, 289-326.
- Pissarides, C.A. ve Vallanti, G. (2004). "Productivity Growth and Employment: Theory and Panel Estimates", *CEP Discussion Paper No 663*, 1-41.
- Ponikvara, N. ve Kejžara, K.Z. (2014). "The Puzzle on the Causality of the Productivity and Employment Growth: Evidence from Firm-Level Data", *Applied Economics*, 46(14), 1642-1651.
- Saraçoğlu, B. ve Suiçmez, H. (2008). "Türkiye İmalat Sanayiinde Büyüme, İstihdam ve Verimlilik Sorunları", *TİSK Akademi*, 3(6), 88-126.
- Sargent, T.J. (1978). "Estimation of Dynamic Labor Demand Schedules under Rational Expectations", *Journal of Political Economy*, 86(6), 1009-1044.
- Seputiene, J. (2011). "The Estimation of the Relationship between Wages and Unemployment in the European Union", *International Journal of Social Sciences and Humanity Studies*, 3(2), 277-285.
- Suedekum, J. ve Blien, U. (2004). "Wages and Employment Growth: Disaggregated Evidence for West Germany", *Discussion Paper 1128*, Bonn: The Institute for the Study of Labor.
- Tadjoeddin, M.Z. (2016). "Productivity, Wages and Employment: Evidence from the Indonesia's Manufacturing Sector", *Journal of the Asia Pacific Economy*, 21(4), 489-512.
- Uzay, N. (2008). "Verimlilik Artışlarının İstihdam Üzerindeki Etkileri: Teorik ve Ampirik Bulgular", *Verimlilik Dergisi*, (2), 113-141.
- Yardımcı, M.C. ve Abdullah, A. (2021). "Sanayi Sektöründe İstihdamın Belirleyicileri: Türkiye Örneği", *Uluslararası Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma Dergisi*, 8(73), 2252-2259.
- Yılancı, V. (2012). "Türkiye'de Para Talebi İstikrarlılığının Testi: Kayan Pencerelede Sınır Testi Yaklaşımı", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (33), 67-74.
- Yıldırım, Z. (2015). "Türkiye İş Gücü Piyasası Dinamiklerinin Yapısal Vektör Hata Düzeltme Modeli (SVECM) ile Analizi", *Ekonomik Yaklaşım*, 26(94), 57-84.
- Yusof, S.A. (2008). "The Long-Run and Dynamic Behaviors of Wages, Productivity and Employment in Malaysia", *Journal of Economic Studies*, 35(3), 249-262.
- Yürük, B. ve Acaroğlu, H. (2021). "Türkiye'de Eğitim Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Doğrusal Olmayan Analizi", *Journal of Yasar University*, 16(61), 1301-1317.

Mülkiyet Yapılarına Göre Türk Bankacılık Sektörünün Yönetim Yeterliliği Performansının Entropi-MARCOS Yöntemiyle Analizi

Ferhat DEMİRCİ¹

ÖZET

Amaç: Araştırmanın amacı 2017-2021 yılları arasındaki dönemde Türk bankacılık sektörünün yönetim yeterliliği performansının değerlendirilmesi ve mülkiyet yapılarına göre karşılaştırılmasıdır.

Yöntem: Mülkiyet yapılarına göre Türk bankacılık sektörünün yönetim yeterliliği performansı en yeni çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan MARCOS (Measurement Alternatives and Ranking According to Compromise Solution) yöntemiyle sıralanmıştır. Yönetim yeterliliği kriterleri CAMELS yönteminde yer alan kriterlerden seçilmiştir. Kriter ağırlıkları Entropi yöntemiyle belirlenmiştir.

Bulgular: Kamu bankaları beş yıllık araştırma periyodunun dört yılında özel-yerli ve yabancı bankalardan daha iyi performans göstermişlerdir. Araştırma bulgularına göre yabancı bankaların yönetim yeterliliği performansı yerli-özel bankalardan 2018-2021 yıllarında daha iyidir.

Özgünlük: Literatürdeki araştırmalar bankaların finansal performanslarına odaklanmakta iken bu araştırmada bankaların yönetim yeterliliği performansları sahiplik yapılarına göre karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yönetim Yeterliliği, Bankacılık, Sahiplik Yapısı, MARCOS, Entropi.

JEL Kodları: C69, G21, L25.

Analysis of the Management Competence Performance of the Turkish Banking Sector According to Ownership Structures by Entropy-MARCOS Method

ABSTRACT

Purpose: This study aims to evaluate the management competence performance of the Turkish banking sector and compare the performance of banks based on ownership structure for the period 2017-2021.

Methodology: The Turkish banking sector has been ranked based on ownership structure (public banks, domestic-private banks, and foreign banks) using the MARCOS (Measurement Alternatives and Ranking According to Compromise Solution) method, which is one of the newest multi-criteria decision-making methods, for evaluating management competence performance. The criteria for management competence were selected from the CAMELS method, and the weighting of criteria was determined using the entropy method.

Findings: Public banks showed better performance than domestic-private and foreign banks in four years of the research period. According to the research findings, the management competence performance of foreign banks was better than that of domestic-private banks for the period 2018-2021.

Originality: While many studies in the literature focus on the financial performance of banks, this study investigates the management competence performance based on ownership structure.

Keywords: Management Competence, Banking, Ownership Structure, MARCOS, Entropy.

JEL Codes: C69, G21, L25.

¹ Arş. Gör., Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Bartın, Türkiye, fdemirci@bartin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6206-1322.

DOI: 10.51551/verimlilik.1078520

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 24.02.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 17.02.2023

Atıf: Demirci, F. (2023). "Mülkiyet Yapılarına Göre Türk Bankacılık Sektörünün Yönetim Yeterliliği Performansının Entropi-MARCOS Yöntemiyle Analizi", *Verimlilik Dergisi*, 57(2), 327-342.

EXTENDED ABSTRACT

Turkey has a banking-based financial system, which makes banks vital for conducting economic activities. Banking crises that have occurred in the recent past have triggered and exacerbated economic crises. Given the importance of the banking sector, it is necessary to rate the sector according to various performance criteria and analyze its performance. While studies in the literature focus on banks' financial performance, this research analyzes the management competence performance of the banking sector comparatively based on ownership structure.

The main motivation of the study is to analyze the performance of the Turkish banking sector based on ownership structure subgroups, considering the management competence performance. Given the importance of the banking sector for the economy and social life, it is crucial to rank the sector based on various performance indicators and evaluate its performance. While existing literature focuses on the financial performance of banks, this research analyzes the management competence performance of banks. In addition, the study takes a comparative approach to the management competency performance based on ownership structure, acknowledging that ownership structure is a differentiating factor in performance evaluations according to previous studies.

The research examines the management competency performance of the Turkish banking sector based on ownership structures, using the criteria in the CAMELS method between 2017-2021. The management competency criteria are the ratio of non-performing loans to total loans, net profit per branch, and operating expenses to total assets ratio. Dataset were obtained from consolidated financial statements of the banks. The MARCOS (Measurement of Alternatives and Ranking according to COmpromise Solution) method, one of the newest multi-criteria decision-making methods, was used as the multi-criteria decision-making method, and the criteria were weighted using the Entropy method.

The findings of the MARCOS method indicate that state-owned banks were better in terms of management competence performance during the studied period. State-owned banks are ranked first for four out of five years, only showing poor performance and ranking third in 2020. However, their branch profits are lower than domestic and foreign banks, and their operating expenses to average assets ratio is high. The management competency performances of domestic and foreign banks vary during the research period. Domestic banks show the lowest management quality performance three times (2018, 2019, 2021) over the five-year period. Foreign banks showed the most successful performance in 2021 and ranked second in 2018, 2019, and 2021. Nevertheless, there is no significant difference in the benefit function values between domestic and foreign banks in the final ranking. Notably, the benefit function values of domestic and foreign banks were quite similar in 2017, 2018, and 2019.

During the research period, the ratio of non-performing loans of public banks is lower than other bank groups. However, foreign and domestic-private banks have achieved higher profitability per branch. The ratio of operating expenses to assets varies significantly among bank groups. Banks need to reduce their non-performing loan ratios to improve their management competence. An effective collection policy and more accurate credit risk ratings will be useful in reducing banks' non-performing loan ratios. Another criterion for improving management effectiveness is the net profit per branch.

In the research, only one multi-criteria decision-making method has been used. The research results can be compared by using other techniques that are widely used in the literature. Additionally, in the research, the performance of management competency has been evaluated only through the ratios included in the CAMELS method. By adding different criteria with expert opinions to be taken from practitioners in the sector, the performance of management competency can be addressed more comprehensively.

1. GİRİŞ

Türkiye bankacılık temelli bir finansal sisteme sahiptir. Bu durum ülkede gerçekleşen ekonomik aktivitelerin çoğunlukla bankaların sağladıkları fonlarla gerçekleştirildiğini ifade etmektedir (Kartal, 2018). Ekonomik düzen içerisinde fon fazlalığı bulunan tasarruf sahiplerinin fon eksiği bulunmaları buluşturulması bankaların temel işlevleri arasındadır. Günümüz dünyasında bankalar bahsedilen temel işlevine ek olarak birçok faaliyeti bir arada yürütmektedirler. Bu durum bankaları ekonomik düzene ek olarak sosyal yaşantıda vazgeçilmez bir unsur haline getirmektedir.

Bankaların ekonomi için önemini Türkiye yakın geçmişte yaşadığı bankacılık krizleriyle deneyimlemiştir. Şubat 2001 bankacılık krizinden sonra Türk ekonomisi %5,9 oranında küçülerek tarihinin en kötü ekonomik gelişim sürecini yaşamıştır (Kartal, 2018). Sektör, Kasım 2000 ve Şubat 2001'de yaşanan krizlerin ardından katı reformlara maruz kalmıştır (Sümer, 2016). Bu reformların bir sonucu olarak güçlenen sermaye yapısı sayesinde 2008 yılında yaşanan küresel kriz sektör üzerinde sınırlı düzeyde etki bırakmıştır (Afşar, 2011; Akgül, 2019). Türk bankacılık sektörünün yakın geçmişte yaşadığı dönüşüm bankacılığı ilişkin yapısal unsurlar ile sınırlı kalmamıştır. Sektör, aktif büyüklüğü, şube sayısı, çalışan sayısı gibi operasyonel göstergelere bakıldığında da önemli bir dönüşüm geçirmektedir. Bu durum seçilmiş göstergeler üzerinden Tablo 1'de 2002 ve 2021 yıllarına ait verilere göre karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. Seçilmiş göstergelere göre bankacılık sektörünün 2002-2021 kıyaslaması

Göstergeler	2002 (Aralık)	2021 (Aralık)
Aktif Büyüklüğü (milyon TL)	212.681	9.213.196
Şube Sayısı (Yurtiçi)	6.170	11.023
Personel Sayısı (Yurtiçi)	123.627	201.350

Kaynak: BDDK (2022) adresinden derlenmiştir.

Bankaların faaliyetlerini etkin ve verimli bir şekilde yürütmesi ekonomi için önemlidir. Bankacılıkta gerçekleşecek krizlerin ekonomiye doğrudan yansiyacak olması da olağandır (Kartal, 2018). Bankacılık sektörünün gerek ekonomik gerekse toplumsal önemi düşünüldüğünde sektörün çeşitli performans ölçütlerine göre derecelendirilmesi ve değerlendirilmesi oldukça önemlidir. İlgili literatür incelendiğinde bankacılık sektörü üzerine yapılan araştırmalar ağırlıklı olarak finansal performans odaklıdır. Bu araştırmalarda (Almaskati, 2022; Sufian ve Noor, 2012; Sun ve diğerleri, 2017) regresyon temelli analizler gerçekleştirilerek bankaların karlılıkları üzerinde etkili olan faktörlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu tip araştırmalara ek olarak bankaların finansal performans sıralamalarına odaklanan ve farklı bir motivasyon taşıyan araştırmalar da oldukça yaygındır. Bu araştırmalarda (Ozcalici ve Bumin, 2020; Sama ve diğerleri, 2022; İc ve diğerleri, 2020) bankalar çeşitli finansal ölçütlere göre sıralanarak performans analizlerine tabi tutulmuşlardır. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleriyle gerçekleştirilen bu araştırmalar regresyon temelli analizlerden farklı olarak finansal performansta etkili olan faktörleri açıklamamakta; mevcut alternatiflerin sıralanmasına olanak vermektedir.

Araştırmada mülkiyet yapılarına (yerli özel, kamu ve yabancı bankalar) göre bankacılık sektörü CAMELS değerlendirme sisteminde yer alan ve yönetim yeterliliğini ölçen kriterlere (takipteki alacakların toplam kredilere oranı, şube başına kâr ve işletme giderlerinin aktiflere oranı) göre 2017-2021 yılları için sıralamaya tabi tutulmuştur. CAMELS yöntemi Amerika'da denetim otoriteleri tarafından geliştirilen, altı alt boyuttan oluşan ve gerek literatürde gerekse uygulamada yaygın kullanılan bir yöntemdir. CAMELS yöntemi adını içerdiği alt boyutların baş harflerinden almaktadır. Yöntemin bileşenleri; sermaye yeterliliği (capital adequacy), aktif kalitesi (asset quality), yönetim yeterliliği (management adequacy), kârlılık durumu (earnings), likidite durumu (liquidity) ve piyasa riskine duyarlılık (sensivity to market risk) bileşenleridir (Apan ve diğerleri, 2019; Kaygusuz ve diğerleri, 2020). CAMELS yönteminde yönetim yeterliliği bileşeniyle banka yönetimlerinin görev ve sorumluluklarıyla ilgili olarak yürütülen faaliyetlere ilişkin risklerin belirlenmesi, ölçülmesi ve izlenmesi amaçlanmaktadır (Karakaya, 2020). Araştırmanın amacı mülkiyet yapılarına göre hangi banka grubunun yönetim yeterliliği performansının yüksek olduğunu tespit etmektir. Bu doğrultuda 2017-2021 arası döneme ait beş yıl için yukarıda bahsedilen ve yönetim yeterliliğini ölçen kriterlere göre MARCOS (Measurement Alternatives and Ranking according to Compromise Solution) yöntemiyle bir sıralama elde edilmiştir. MARCOS yöntemi yakın tarihte Stević ve diğerleri (2020) tarafından geliştirilen bir ÇKKV yöntemidir ve önerildiği tarihten itibaren araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilir olmuştur. Stević ve diğerleri (2020), MARCOS yöntemiyle benzer prensiplere sahip olan ve literatürde yaygın kabul görmüş TOPSIS yöntemini kıyasladıklarında tutarlı ve istikrarlı sonuçlar elde etmişlerdir. TOPSIS'e ek olarak yöntem geniş veri setlerine uyarlandığında MABAC, SAW, ARAS, WASPAS ve EDAS gibi yöntemlerle yüksek korelasyon göstermiştir. Metodolojik avantajlarına ek olarak yöntemin uygulama aşamaları oldukça anlaşılır ve sadedir. Gerek metodolojik altyapısı gerekse güncel bir yöntem olması sebebiyle araştırmada ÇKKV yöntemi olarak MARCOS tercih edilmiştir. MARCOS yönteminde ve diğer birçok ÇKKV yönteminde

kriterlere atanan ağırlık değerleri yöntemlerden elde edilen nihai sonuçlarda belirleyici olmaktadır. Araştırmada ağırlıklandırma işlemi Entropi yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Mülkiyet yapısı işletmelerde birçok süreci doğrudan etkilemektedir. Mülkiyet yapısının bankacılık sektöründe verimliliğe etkisi literatürde (Öner ve Arıcı, 2018; Sufian ve Kamarudin, 2014) araştırma konusu edilmiştir. Araştırmanın ana motivasyonu, verimliliği artırıcı bir unsur olarak kabul edilebilecek yönetim yeterliliği performansının, Türk bankacılık sektörü özelinde mülkiyet yapısına göre alt gruplarda nasıl bir durum gösterdiğini tespit etmektir. Araştırmanın özgün değeri, araştırma örnekleminin tekil olarak bankalardan oluşturulmak yerine mülkiyet yapılarına göre bankacılık sektörünün alt gruplarından oluşturulması ve performans göstergesi olarak yönetim yeterliliğine odaklanmasıdır. Literatür incelendiğinde bankaları mülkiyet yapılarına göre oluşturdukları alt gruplar üzerinden bütüncül bir şekilde performans sıralamasına tabi tutan araştırma sayısı oldukça sınırlıdır. Diğer taraftan literatürde sadece yönetim yeterliliği performansına odaklanan araştırma gözlenmemiştir. Araştırmanın literatürde bu yönleriyle katkı sağlayacağı umulmaktadır. Araştırmanın metodolojik olarak özgün değeri ise oldukça güncel bir ÇKKV yöntemi olan MARCOS yöntemini kullanıyor oluşudur.

Araştırmanın geri kalanında akış şu şekildedir. İkinci bölüm literatür taramasını içermektedir. Bu bölümde mülkiyet yapılarına göre karşılaştırmalı analizleri konu edinen benzer metodolojideki ve literatür taramasını zenginleştirmesi amacıyla farklı ülkelerde gerçekleştirilmiş seçilmiş araştırmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölüm araştırmanın yöntemi açıklamaktadır. Dördüncü bölümde Entropi ve MARCOS yöntemlerinin uygulamalarına ve elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Beşinci bölüm ise araştırmanın sonuç bölümüdür. Bu bölümde araştırma sonuçlarına ilişkin genel bir değerlendirmeye ve çeşitli önerilere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bankacılık sektörüne ilişkin yapılan araştırmalar finans literatüründe önemli bir yer tutmaktadır. Buna ek olarak bankacılık sektörüne ilişkin araştırmaların sayısı Türk bankacılık sektörü özelinde de oldukça geniş bir literatür oluşturmaktadır. Bu sebeple literatür taramasında ilk bölümde konuya ilişkin benzer metodolojiye ve örnekleme sahip çalışmalara yer verilmiştir. İkinci bölümde ise farklı ülkelerde ve Türkiye’de gerçekleştirilen seçilmiş araştırmalarla literatür taramasının zenginleştirilmesi amaçlanmıştır. İlişkili literatür oldukça fazla sayıda araştırmadan oluştuğu için literatürde yer alan bütün araştırmaların aktarılması oldukça güçtür. İlişkili literatür için temel iki çıkarım yapılabilir. Birincisi bankalar farklı performans ölçütleriyle ve farklı ÇKKV yöntemleriyle sıklıkla analiz edilmişlerdir. İkinci husus ise literatürde gerçekleştirilen araştırma sayısının çok olmasına rağmen genellikle farklı periyotlar, farklı örneklemler ve farklı ÇKKV yöntemleriyle gerçekleştirilmiş oldukları için elde edilen bulguların karşılaştırılabilir nitelikte olmayışıdır.

2.1. Mülkiyet Yapısına Göre Türk Bankacılık Sektörü Üzerine Araştırmalar

Mülkiyet yapılarına göre yapılan karşılaştırmalı araştırmalar incelendiğinde performans analizleri genellikle banka düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Bayyurt (2013) tarafından gerçekleştirilen araştırmada bankaların finansal performanslarının sahiplik yapılarına göre farklılaşıp farklılaşmadığı araştırılmıştır. Araştırmada TOPSIS, ELECTRE III ve Veri Zarflama Analizi kullanılarak yerli ve yabancı sermayeli bankaların finansal performans sıralamaları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı istatistiki olarak test edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre yerel sermayeli bankalar, yabancı sermayeli bankalara göre daha düşük bir performans göstermektedir. Bağcı ve Rençber (2014) tarafından PROMETHEE yöntemiyle 2006-2012 dönemi için gerçekleştirilen araştırmada kamu bankalarından Halk Bankası daha yüksek bir performans göstermiştir. Özkan (2017) tarafından TOPSIS yöntemiyle 2007-2015 yılları için gerçekleştirilen araştırmada ise kamu veya özel sermayeli bankalardan finansal performanslarıyla öne çıkan bir banka gözlenmemiştir. Mülkiyet yapılarına göre karşılaştırmalı bir diğer araştırma (Parmaksız ve Özdemir, 2021) ise metodoloji odaklıdır. Araştırmada COPRAS, TOPSIS, PROMETHEE II ve MOORA yöntemleri kullanılmış, farklı yöntemlerden farklı bulgular elde edilmiştir. Aksaraylı ve Pala (2017) tarafından gerçekleştirilen ve Türk bankalarının performanslarını mülkiyet yapılarına göre karşılaştıran araştırmada ise 2010-2014 yıllarında kamu sermayeli bankaların etkinlik düzeyleri daha yüksek çıkmıştır. Atukalp (2021) tarafından Entropi-MABAC yöntemiyle 2014-2019 yılı için bankaların finansal performansları analiz edilmiş; elde edilen bulgulara sermaye sahipliği yapısına göre (kamu-yerli sermaye ve yabancı sermaye) Mann-Whitney U testi ile farklılık testine tabi tutulmuş, istatistiki olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Kablan ve Erdoğan (2021) tarafından gerçekleştirilen araştırma ise literatürde yer alan araştırmalardan geniş bir araştırma periyodunu kapsamaması sebebiyle farklılaşmaktadır. Araştırma banka düzeyinde değil mülkiyet yapılarına göre (kamu sermayeli, yabancı sermayeli, yerli özel sermayeli) sektörün alt grupları için 1980-2018 periyodunda gerçekleştirilmiş ve Türk bankacılık sektörü COPRAS yöntemiyle sıralamaya tabi tutulmuştur. Araştırma periyodu üç farklı alt döneme indirgenerek sıralamalar elde edilmiş, 1980-1990 ve

1990-2000 aralıklarında yabancı sermayeli bankalar 2010-2018 aralığında ise kamu sermayeli bankalar en iyi finansal performansı göstermişlerdir.

2.2. Türkiye ve Yabancı Ülke Örneğinde Seçilmiş Araştırmalar

Bu bölümde yer verilen araştırmalar bankaları mülkiyet yapılarına göre karşılaştırmamaktadır. Beheshtinia ve Omid (2017) dengeli skor kartında yer alan ve kurumsal sosyal sorumluluk kapsamında değerlendirilen kriterler üzerinden çok kriterli bir karar problemi oluşturarak İran'da faaliyet gösteren dört adet banka için finansal boyut da dahil olmak üzere çok boyutlu bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Araştırmada AHP, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ÇKKV tekniği olarak tercih edilmişlerdir. Ginevičius ve Podviezko (2013) Litvanya'da faaliyet gösteren bankalar için PROMETHEE yöntemiyle çok kriterli bir finansal istikrar analizi gerçekleştirmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre bankaların finansal istikrar sıralamaları dalgalı bir trend göstermiştir ve sonuçların geçerliliğini sorgulamak için farklı ÇKKV yöntemleri kullanarak sonuçların geçerliği doğrulanmıştır. Sama ve diğerleri (2020) Hindistan'da faaliyet gösteren özel sektör sermayeli bankalarının finansal performanslarını sekiz farklı finansal göstere üzerinden CRITIC, TOPSIS ve Gri İlişkisel Analizi yöntemleriyle sıralamaya tabi tutmuşlardır. Araştırmada sıralama sonuçları yöntemlere göre farklılaşmıştır. Gupta ve diğerleri (2021) tarafından yapılan araştırma da benzer şekilde Hindistan'da faaliyet gösteren özel sermayeli bankaların finansal göstergelere göre sıralamasını konu etmektedir. Araştırmada AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır.

Ic ve diğerleri (2020) tarafından gerçekleştirilen araştırma Türk bankaları üzerine gerçekleştirilen bir diğer finansal performans araştırmasıdır. Beş büyük Türk bankası dokuz farklı finansal göstere üzerinden AHP ve VIKOR yöntemleriyle sıralamaya tabi tutulmuştur. Araştırmanın bir diğer özelliği ise sadece tarihsel verilerle sınırlı bir performans analizi olmayışıdır. Araştırmada tarihsel finansal oranlar üzerinden regresyonla geleceğe ilişkin finansal göstergeler tahmin edilmiş ve bir başka finansal performans analizi tahmine dayalı veriler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ozcalici ve Bumin (2020) tarafından yapılan araştırmada finansal göstergeler, şube ve personel sayılarına ilişkin veriler ve borsada günlük getiriler ve getirilerin standart sapmaları üzerinden Borsa İstanbul'a kote olmuş bankalar EDAS, MOORA, OCRA ve TOPSIS yöntemleriyle sıralamaya tabi tutulmuştur. Araştırma bulgularına göre OCRA yöntemi farklı periyotlar için tutarlı sonuçlar vermiş olup yöntemler arasındaki en yüksek korelasyon değeri OCRA ve TOPSIS yöntemleri arasında gözlenmiştir. Türk Bankacılık Sektörü üzerine daha spesifik bir araştırma Tüysüz ve Yıldız (2020) tarafından gerçekleştirilmiş; tarım bankacılığı sektörüne ilişkin kriterler üzerinden Türkiye'nin farklı bölgeleri AHP ve Gri İlişkisel Analizi ile analiz edilerek sıralamaya tabi tutulmuştur. Gençtürk ve diğerleri (2021) Covid-19 pandemisi öncesi ve dönemlerdeki banka performanslarını Türkiye'de faaliyet gösteren katılım bankaları için analiz etmişlerdir. Araştırmada ÇKKV yöntemi olarak MARCOS yöntemi tercih edilmiştir.

Türk bankacılık sektörünü bütüncül olarak ele alan bir araştırma (Akgül, 2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. SAW, MAUT ve ARAS yöntemleriyle gerçekleştirilen araştırma 2010-2018 yılları sıralamaya tabi tutulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre 2010 yılı en başarılı yıl iken 2018 yılı en başarısız yıldır. Demir (2021) tarafından yapılan ve Türk bankacılık sektörünü bütüncül olarak değerlendiren bir diğer araştırmada farklı ÇKKV yöntemleri (ROC-ITARA-CODAS) kullanılmış olmasına rağmen benzer bulgular elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ilgili periyotta (2009-2019) en başarılı yıl 2009, en başarısız yıl 2019 yılıdır.

Literatür incelendiğinde Türk bankacılık sektöründe mülkiyet yapısına göre alt gruplar için yapılmış araştırma sayısının oldukça az olduğu gözlenmiştir. Ek olarak yönetim yeterliliği performansına odaklanan araştırmaya rastlanmamıştır. Araştırmanın literatüre bu iki yönden katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Araştırmada yeni geliştirilen bir ÇKKV yöntemi olan ve bankacılık sektörü için henüz sınırlı sayıda araştırmada kullanılmış olan MARCOS yönteminin tercih edilmiş olması ise metodolojik açıdan ilişkili literatürün zenginleşmesine katkı sağlayacaktır.

3. YÖNTEM

3.1. Veri Seti ve Kriterler

Araştırmada bankacılık sektörünün mülkiyet yapılarına göre oluşturdukları alt gruplar (yerli özel, yabancı, kamu) yönetim yeterliliğini yansıtan kriterlere göre 2017-2021 yılları için analiz edilmiştir. Veriler BDDK (2022) adresinden derlenmiştir.

3.2. ÇKKV Probleminin Oluşturulması

ÇKKV yöntemleri belirli bir alternatif setini belirli kriterler gözeterek değerlendirmeye olanak vermektedir. Araştırmada alternatifler mülkiyet yapılarına göre Türk bankacılık sektörünün alt grupları olan yerli özel, yabancı ve kamu bankaları alternatiflerinden oluşmaktadır. Kriterler CAMELS yönteminde yer

alan ve yönetim yeterliliğini ölçmek için kullanılan, takipteki krediler/toplam nakdi krediler, şube başına net kâr ve işletme giderleri/ortalama aktifler oranlarından oluşmaktadır.

CAMELS yöntemi bankaların performanslarını derecelendirmek ve mali durumlarını tespit etmek için araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilmektedir (Jureviciene ve Skvarciany, 2016; Saeed ve diğerleri, 2020). CAMELS yönteminin boyutları gözetildiğinde (sermaye yeterliliği, aktif kalitesi, yönetim yeterliliği, kazanç kalitesi, likidite ve piyasa riskine duyarlılık) yöntem bankaların performanslarının bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu araştırmada ise mülkiyet yapısı ve yönetim yeterliliği arasındaki ilişki ortaya konulmak istenmiş ve bu yüzden CAMELS yönteminin sadece yönetim yeterliliği boyutu analize dahil edilmiştir.

Yönetim yeterliliği nitel bir kavramdır ve ölçülmesi güçtür (Pekkaya ve Demir, 2018:448). Literatür incelendiğinde yönetim yeterliliğinin ölçümüne ilişkin CAMELS yönteminde önerilen finansal oranlar dışında başka bir finansal orana rastlanmamıştır. Literatürde konuya ilişkin yerleşik ve yaygın kabul gören başka bir yaklaşım olmaması sebebiyle yönetim yeterliliği CAMELS yönteminde yer alan kriterler ile ölçülmüştür.

Takipteki Alacaklar (Brüt) / Toplam Nakdi Krediler (K₁): Bankaların temel işlevleri arasında fon arz edenler ve fon talep edenlerin buluşturulmasına aracılık etmek bulunmaktadır. Krediler aracılığıyla bankalar tasarruf sahiplerinden edindikleri fonları tasarruf açığı olan ve fon gereksinimi duyan müşterilerine temin etmektedirler. Takipteki kredi kavramı, temel bir tanımlamayla ödemesi temerrüde düşmüş kredi şeklinde yapılabilir. 5411 Sayılı Bankacılık Kanununa göre ise geri ödemesi kısmen veya tamamen doksan günden daha fazla gecikmiş krediler bu kapsama girmektedir. Oran, ekonominin ve bankacılık sektörünün performansının değerlendirilmesinde en çok dikkat edilen göstergelerden biridir (Yücememiş Tanınmış ve Sözer, 2010).

Şube Başına Net Kâr (K₂): Geleneksel bankacılıkta önemli bir yer tutan şubeler dijitalleşmenin bankacılığa entegrasyonu ile birlikte önemini geçmişe nazaran yitirmiştir. Banka şubelerinin ne ölçüde kârlılık sağladıklarını gösteren bu oran aynı zamanda mobil bankacılık, internet bankacılığı ve telefon bankacılığı gibi dijital bankacılığa entegrasyonu da dolaylı yoldan göstermektedir. Bu sebeplerle şube başına net kâr yönetim yeterliliği yansıtması açısından önemli bir kriter olarak kabul edilebilir.

İşletme Giderleri / Ortalama Aktifler (K₃): Bu oran CAMELS yönteminin orijinal halinde faaliyet giderleri/toplam aktifler şeklindedir. Ancak bu araştırmada bahsedilen orana erişim sağlanamadığı için işletme giderleri/ortalama aktifler oranı kullanılmıştır. Aktiflerin işletme giderlerine tahsisini göstermektedir. Bu oranın düşük olması aktiflerin daha verimli kullanıldığına dair bir göstergedir.

Araştırmada 2017-2021 yılları için yönetim yeterliliğine göre Türk bankacılık sektörünün gösterdiği performansa mülkiyet yapılarına göre alt gruplar gözetilerek yanıt aranmaktadır. Araştırmada oluşturulan ÇKKV problemi MARCOS yöntemiyle çözülmüştür. Kriterlerin ağırlık atamaları ise Entropi yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

3.3. Entropi Yöntemi

Karar problemlerinde kriterler her zaman eşit öneme sahip olmamaktadır. Bu durum karar problemini çözen kişi tarafından kriterlere farklı ağırlık değerlere atanması yoluyla giderilmektedir. Böylelikle karar probleminde yer alan kriterlerin önem derecesi farklılaşmakta; yüksek ağırlık değeri alan kriterler sonuca daha fazla etki etmektedir. ÇKKV yöntemlerinde uzman görüşü gibi subjektif yargılara dayalı ağırlıklandırma yöntemleri ve tamamen nicel, objektif verilere dayalı farklı birçok ağırlıklandırma yöntemi mevcuttur. Entropi yöntemi bahsedilen ağırlıklandırma yöntemlerinde ikinci kategoride yer almaktadır ve nicel veriler üzerinden objektif ağırlıklandırma yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Entropi yönteminin uygulama aşamaları şöyledir (Hwang ve Yoon, 1981:53-54):

I. Karar Matrisinin Oluşturulması: m sayıda alternatif ve n sayıda kriterden oluşan karar matrisi (Eşitlik 1) oluşturulmaktadır.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

II. Normalizasyon: Karar matrisinde yer alan farklı ölçeklerdeki kriterler normalizasyon işlemiyle standardize hale getirilmektedir. Normalizasyon işlemi Eşitlik 2 yoluyla gerçekleştirilmektedir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{p=1}^m x_{pj}} \quad (2)$$

III. Kriterleri Entropi (e_j) Değerlerinin ve Farklılaşma Derecelerinin (d_j) Hesaplanması: Entropi enformasyon teorisinde belirli bir mesajın içermesi beklenen bilgiyi ifade etmektedir. Karar matrisinin

alternatif setlerine dair bilgi içerdikleri gözetildiğinde entropi değeri kriterlerin alternatiflere göre vermesi gereken bilgiyi yansıtmaktadır. Farklılaşma derecesi ise her bir kriterin özelliğine göre elde edilmesi beklenen bilginin farklılaşma düzeyini ifade eder. Entropi katsayısı, Entropi değeri ve farklılaşma derecesi sırasıyla Eşitlik 3-5 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$k = \frac{1}{\ln m} \quad (3)$$

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m z_{ij} \ln z_{ij} \quad 0 \leq e_j \leq 1 \quad (4)$$

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

IV. Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin (w_j) Belirlenmesi: Kriterlerin ağırlık değerleri kriterlerin ÇKKV problemine ne derecede etki edeceğini ifade etmektedir. Ağırlık değeri yüksek olan kriterlerin etkisi daha çok olacaktır. Kriterlerin ağırlık değerleri (w_j) Eşitlik 6 ile hesaplanmaktadır.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (6)$$

3.4. MARCOS Yöntemi

MARCOS, Stević ve diğerleri (2020) tarafından yakın tarihte geliştirilen bir ÇKKV yöntemidir. Stević ve diğerleri (2020) yöntemi Bosna Hersek'te yerleşik bir sağlık kuruluşunda tedarikçi seçimiyle alakalı bir karar verme problemi üzerinden somutlaştırılmıştır. MARCOS yöntemiyle elde edilen bulgular aynı karar problemine uygulanan farklı ÇKKV yöntemleriyle elde edilen bulgularla çok yüksek korelasyon göstermiştir. Yeni bir yöntem olmasına rağmen köklü ÇKKV yöntemleriyle tutarlı sonuçlar vermesi, anlaşılır matematiksel altyapısı, diğer ÇKKV yöntemlerine nazaran henüz kısıtlı bir literatürünün olması gibi sebeplerden dolayı araştırmada MARCOS yöntemi tercih edilmiştir. Yöntemin aşamaları kısaca şu şekildedir (Stević ve diğerleri, 2020):

I. Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması: ÇKKV yöntemleri n kriter ve m alternatiften oluşan karar matrisinin oluşturulmasıyla başlamaktadır (Eşitlik 7).

II. Genişletilmiş Başlangıç Matrisinin Oluşturulması: Bu aşamada başlangıç matrisi başlangıç matrisinde yer alan kriterlerin en iyi değerlerinden oluşan bir ideal alternatif ve başlangıç matrisinde yer alan kriterlerin en kötü değerlerinden oluşan anti-ideal alternatifle genişletilmektedir (Eşitlik 8 ve 9).

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_N \\ \begin{matrix} AAI \\ A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \\ AI \end{matrix} & \begin{bmatrix} X_{aa1} & X_{aa2} & \dots & X_{aan} \\ X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \\ X_{ai1} & X_{ai2} & \dots & X_{ain} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

$$AAI = \min x_{ij} \text{ eğer } j \in B \text{ ve } \max x_{ij} \text{ eğer } j \in C \quad (8)$$

$$AI = \max x_{ij} \text{ eğer } j \in B \text{ ve } \min x_{ij} \text{ eğer } j \in C \quad (9)$$

B fayda yönlü kriterleri ifade etmektedir. Bu kriterlerde en iyi alternatif en yüksek değere sahip alternatiftir. Benzer şekilde en kötü alternatif ise en düşük değere sahip alternatife ait olacaktır. C maliyet yönlü kriterleri ifade etmektedir. Maliyet yönlü kriterlerde en düşük değer en iyiye, en yüksek olan en kötüye karşılık gelmektedir.

III. Genişletilmiş Başlangıç Matrisinin Normalize Edilmesi: Genişletilmiş başlangıç matrisine (X) Eşitlik 10 ve 11 uygulanarak normalize hale getirilir.

$$n_{ij} = \frac{x_{ai}}{x_{ij}} \text{ eğer } j \in C \quad (10)$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ii}}{x_{ai}} \text{ eğer } j \in B \quad (11)$$

IV. Ağırlık Karar Matrisinin Oluşturulması: Ağırlıklı karar matrisi normalize karar matrisinde yer alan n_{ij} değerlerinin kriterlere atanan w_j değerleriyle çarpılması ile oluşturulur ve Eşitlik 12 ile hesaplanır.

$$v_{ij} = n_{ij} \times w_j \quad (12)$$

V. Alternatiflerin Fayda Derecelerinin Belirlenmesi: Eşitlik 13 ve 14 yoluyla alternatiflerin fayda dereceleri (K_i) hesaplanmaktadır.

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{aa_i}} \quad (13)$$

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{ai}} \quad (14)$$

S_i ($i = 1, 2, \dots, m$) ağırlıklı karar matrisinde (V) yer alan değerlerin toplamını ifade etmektedir ve Eşitlik 15 ile hesaplanmaktadır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (15)$$

VI. Alternatiflere İlişkin Fayda Fonksiyonlarının Belirlenmesi: Bu aşamada alternatiflere ilişkin fayda fonksiyonları $f(K_i)$ hesaplanmaktadır. Fayda fonksiyonu alternatiflerin ideal ve anti-ideal çözüme olan uzlaşmalarına göstermektedir. Fayda fonksiyonu değerleri ($f(K_i)$) Eşitlik 16 yoluyla hesaplanmaktadır.

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1-f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1-f(K_i^-)}{f(K_i^-)}} \quad (16)$$

Eşitlik 15'te $f(K_i^-)$ ve $f(K_i^+)$, sırasıyla alternatiflerin anti-ideal ve ideal çözümlerle olan ilişkilerini göstermektedir. $f(K_i^-)$ ve $f(K_i^+)$ değerleri Eşitlik 17 ve 18 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-} \quad (17)$$

$$f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-} \quad (18)$$

VII. Alternatiflerin Sıralaması: Son aşamada alternatifler fayda fonksiyonunun değerlerine göre sıralamaya tabi tutulurlar. En yüksek fayda fonksiyonu değerine sahip alternatif en iyi alternatiftir.

4. BULGULAR

4.1. Entropi Yöntemi Bulguları

Her bir yıla ait karar matrisleri Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2. Karar matrisleri

			Takipteki Alacaklar (Brüt) / Şube Başına Net İşletme Giderleri / Ortalama Toplam Nakdi Krediler (%)	Kâr (milyon TL)	Toplam Aktifler (%)
			K_1	K_2	K_3
2017	Yerli Özel	A ₁	3,006	1,836	3,005
	Kamu	A ₂	2,350	1,458	3,512
	Yabancı	A ₃	3,713	2,176	3,405
2018	Yerli Özel	A ₁	4,400	1,730	7,480
	Kamu	A ₂	2,584	1,339	3,490
	Yabancı	A ₃	5,274	2,038	5,417
2019	Yerli Özel	A ₁	6,544	1,969	2,891
	Kamu	A ₂	3,552	1,327	3,466
	Yabancı	A ₃	7,061	2,182	2,986
2020	Yerli Özel	A ₁	5,463	1,839	3,620
	Kamu	A ₂	2,620	1,169	6,152
	Yabancı	A ₃	5,235	2,006	2,122
2021	Yerli Özel	A ₁	3,979	1,822	12,784
	Kamu	A ₂	2,083	1,076	5,015
	Yabancı	A ₃	4,133	1,902	7,410

Her bir yıl için Entropi yönteminin aşamaları uygulanarak kriterlere ait ağırlık değerleri (w_j) hesaplanmıştır. Ağırlık değerleri Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. Entropi yöntemine göre kriterlerin ağırlık değerleri

Yıllar	W_1	W_2	W_3
--------	-------	-------	-------

2017	0,5277	0,4041	0,0683
2018	0,4001	0,1441	0,4558
2019	0,6229	0,3265	0,0506
2020	0,2905	0,1559	0,5536
2021	0,2861	0,2024	0,5115

Kriterlerin ağırlık değerleri incelendiğinde dalgalı bir seyir söz konusudur. Örneğin K3 (İşletme Giderleri/Ortalama Toplam Aktifler) kriteri 2017 ve 2019 yıllarında oldukça düşük ağırlık değerleri almış olmasına rağmen diğer yıllarda yüksek ağırlık değerleri almıştır. Benzer durum diğer kriterlerde K3 kriterinde olduğu kadar sert dalgalanmalar göstermemiş olsa da gözlenmektedir. Bu durum entropi yönteminin metodolojik artısını göstermektedir. Uzman görüşü temelli bir ağırlıklandırma yöntemi kriterlerin yıllara göre farklılaşması gereken ağırlık değerini göz ardı edebilecektir.

4.2. MARCOS Yöntemi Bulguları

MARCOS yönteminde ilk aşama karar matrisinin oluşturulması aşamasıdır. Araştırma periyodu için karar matrisleri Tablo 2'de yer aldığı gibidir. Eşitlik 7 ve Eşitlik 8 kullanılarak başlangıç karar matrisleri AI (ideal çözüm) ve AAI (anti-ideal çözüm) alternatifleriyle genişletilmiştir. Araştırmada K₁ ve K₃ kriterleri maliyet yönlü, K₂ kriteri fayda yönlü kriteridir. Fayda yönlü kriterler için en iyi alternatif en yüksek değeri; maliyet yönlü kriterler için en iyi alternatif en düşük değeri almaktadır. En kötü alternatifler ise tam tersi yaklaşımla oluşturulmaktadır. Genişletilmiş karar matrisleri Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Genişletilmiş başlangıç karar matrisleri

Yıllar	Tür		K ₁	K ₂	K ₃
2017	AAI		3,7131	1,4583	3,5117
	Yerli Özel	A ₁	3,0061	1,8361	3,0048
	Kamu	A ₂	2,3500	1,4583	3,5117
	Yabancı	A ₃	3,7131	2,1761	3,4045
	AI		2,3500	2,1761	3,0048
2018	AAI		5,2741	1,3391	7,4797
	Yerli Özel	A ₁	4,4002	1,7296	7,4797
	Kamu	A ₂	2,5844	1,3391	3,4902
	Yabancı	A ₃	5,2741	2,0379	5,4168
	AI		2,5844	2,0379	3,4902
2019	AAI		7,0614	1,3269	3,4658
	Yerli Özel	A ₁	6,5436	1,9694	2,8907
	Kamu	A ₂	3,5520	1,3269	3,4658
	Yabancı	A ₃	7,0614	2,1818	2,9858
	AI		3,5520	2,1818	2,8907
2020	AAI		5,4626	1,1686	6,1518
	Yerli Özel	A ₁	5,4626	1,8394	3,6203
	Kamu	A ₂	2,6195	1,1686	6,1518
	Yabancı	A ₃	5,2353	2,0065	2,1220
	AI		2,6195	2,0065	2,1220
2021	AAI		4,1328	1,0755	12,7835
	Yerli Özel	A ₁	3,9792	1,8221	12,7835
	Kamu	A ₂	2,0829	1,0755	5,0148
	Yabancı	A ₃	4,1328	1,9019	7,4101
	AI		2,0829	1,9019	5,0148

Yöntemin üçüncü aşaması normalizasyon aşamasıdır. Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 ile genişletilmiş karar matrisleri normalize edilmiştir. Normalize karar matrisleri Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5. Normalize karar matrisleri

Yıllar	Tür		K ₁	K ₂	K ₃
2017	AAI		0,6329	0,6702	0,8556

	Yerli Özel	A ₁	0,7817	0,8437	1,0000
	Kamu	A ₂	1,0000	0,6702	0,8556
	Yabancı	A ₃	0,6329	1,0000	0,8826
		AI	1,0000	1,0000	1,0000
2018		AAI	0,4900	0,6571	0,4666
	Yerli Özel	A ₁	0,5873	0,8487	0,4666
	Kamu	A ₂	1,0000	0,6571	1,0000
	Yabancı	A ₃	0,4900	1,0000	0,6443
		AI	1,0000	1,0000	1,0000
2019		AAI	0,5030	0,6081	0,8341
	Yerli Özel	A ₁	0,5428	0,9027	1,0000
	Kamu	A ₂	1,0000	0,6081	0,8341
	Yabancı	A ₃	0,5030	1,0000	0,9681
		AI	1,0000	1,0000	1,0000
2020		AAI	0,480	0,582	0,345
	Yerli Özel	A ₁	0,480	0,917	0,586
	Kamu	A ₂	1,000	0,582	0,345
	Yabancı	A ₃	0,500	1,000	1,000
		AI	1,000	1,000	1,000
2021		AAI	0,504	0,565	0,392
	Yerli Özel	A ₁	0,523	0,958	0,392
	Kamu	A ₂	1,000	0,565	1,000
	Yabancı	A ₃	0,504	1,000	0,677
		AI	1,000	1,000	1,000

Yöntemin dördüncü aşaması kriterlere atanan ağırlık değerleriyle ağırlıklı-normalize karar matrisinin elde edilmesi aşamasıdır. Eşitlik 12 yoluyla ağırlıklı-normalize karar matrisleri elde edilmiştir. Kriterlere ait ağırlık değerleri (w_j) Tablo 3'te yer alan, entropi yöntemiyle elde edilmiş ağırlık değerleridir.

MARCOS yönteminde beşinci aşama alternatiflerin fayda derecelerinin belirlenmesi altıncı aşama ise alternatiflere ilişkin fayda fonksiyonlarının oluşturulmasıdır. Fayda dereceleri (K_i) Eşitlik 13 ve Eşitlik 14 yoluyla; fayda fonksiyonları ise Eşitlik 16 ile hesaplanmaktadır. Nihai aşama ise alternatiflerin fayda fonksiyonu değerlerine göre aldıkları değerlerin büyükten küçüğe sıralanmasıdır. En yüksek fayda fonksiyonu değerine sahip alternatif en iyi alternatiftir. Bahsedilen aşamalara ilişkin değerler Tablo 7'de yer almaktadır.

MARCOS yöntemi sonucu elde edilen nihai sıralama bulgularına göre ilgili periyotta kamu mülkiyetinde olan bankalar yönetim yeterliliği performansında öne çıkmışlardır. Kamu bankaları beş yıllık periyotta dört yıl birinci olmuşlar ve sadece 2020 yılında başarısız performans göstererek üçüncü olmuşlardır. Bahsedilen dönemde kamu bankalarının şube başına net kârları yerli ve yabancı bankaları göre düşüktür. Diğer taraftan işletme giderlerinin ortalama aktiflere oranı ise yüksek bir değer almıştır. Araştırma periyodunda yerli bankalar ve yabancı bankaların yönetim yeterlilikleri performansları değişkenlik göstermektedir. Yerli bankalar beş yıllık periyotta üç kere (2018, 2019, 2021) en başarısız yönetim kalitesi performansını göstermişlerdir. Yabancı bankalar ise 2021 yılında en başarılı performansı göstermişler; 2018, 2019 ve 2021 yıllarında ise ikinci olmuşlardır. Ancak nihai sıralamada belirleyici olan fayda fonksiyonu $f(K_i)$ değerleri incelendiğinde yerli ve yabancı bankaların performansları arasında büyük bir fark gözlenmemiştir. Özellikle 2017, 2018 ve 2019 yıllarında yerli bankaların ve yabancı bankaların fayda fonksiyonu değerleri birbirlerine oldukça yakındır.

Tablo 6. Ağırlıklı-normalize karar matrisleri

Yıllar	Tür		K_1	K_2	K_3
2017		AAI	0,334	0,271	0,058
	Yerli Özel	A ₁	0,412	0,341	0,068

	Kamu	A ₂	0,528	0,271	0,058
	Yabancı	A ₃	0,334	0,404	0,060
		AI	0,528	0,404	0,068
2018		AAI	0,196	0,095	0,213
	Yerli Özel	A ₁	0,235	0,122	0,213
	Kamu	A ₂	0,400	0,095	0,456
	Yabancı	A ₃	0,196	0,144	0,294
		AI	0,400	0,144	0,456
2019		AAI	0,313	0,199	0,042
	Yerli Özel	A ₁	0,338	0,295	0,051
	Kamu	A ₂	0,623	0,199	0,042
	Yabancı	A ₃	0,313	0,326	0,049
		AI	0,623	0,326	0,051
2020		AAI	0,139	0,091	0,191
	Yerli Özel	A ₁	0,139	0,143	0,324
	Kamu	A ₂	0,290	0,091	0,191
	Yabancı	A ₃	0,145	0,156	0,554
		AI	0,290	0,156	0,554
2021		AAI	0,144	0,114	0,201
	Yerli Özel	A ₁	0,150	0,194	0,201
	Kamu	A ₂	0,286	0,114	0,512
	Yabancı	A ₃	0,144	0,202	0,346
		AI	0,286	0,202	0,512

Tablo 7. MARCOS metodu sonuçları

	A_i	S_i	K_i^-	K_i^+	$f(K_i^-)$	$f(K_i^+)$	$f(K_i)$	Sıralama
2017	AAI	0,663						
	A ₁	0,822	1,239	0,822	0,399	0,601	0,587	2
	A ₂	0,857	1,292	0,857	0,399	0,601	0,613	1
	A ₃	0,798	1,204	0,798	0,399	0,601	0,571	3
	AI	1,000						
2018	AAI	0,503						
	A ₁	0,570	1,132	0,570	0,335	0,665	0,427	3
	A ₂	0,951	1,888	0,951	0,335	0,665	0,712	1
	A ₃	0,634	1,259	0,634	0,335	0,665	0,475	2
	AI	1,000						
2019	AAI	0,554						
	A ₁	0,683	1,233	0,683	0,357	0,643	0,504	3
	A ₂	0,864	1,559	0,864	0,357	0,643	0,637	1
	A ₃	0,689	1,243	0,689	0,357	0,643	0,508	2
	AI	1,000						
2020	AAI	0,421						
	A ₁	0,607	1,441	0,607	0,296	0,704	0,468	2
	A ₂	0,572	1,359	0,572	0,296	0,704	0,441	3
	A ₃	0,855	2,030	0,855	0,296	0,704	0,659	1
	AI	1,000						
2021	AAI	0,459						
	A ₁	0,544	0,544	1,185	0,315	0,685	0,414	3
	A ₂	0,912	0,912	1,986	0,315	0,685	0,694	1
	A ₃	0,693	0,693	1,508	0,315	0,685	0,527	2
	AI	1,000						

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Türk bankacılık sektörünün başlıca üç aktörü kamu bankaları, yerli özel bankalar ve yabancı bankalardır. Rekabetin yoğun bir şekilde yaşandığı bankacılık sektörü ülkenin ekonomik düzeni için oldukça

önem arz etmektedir. Her sektörde olduğu gibi bankacılık sektöründe de performans ölçümü mevcut politikaları ve süreçlerin yeterliliğini sorgulamada hayati önem taşımaktadır. Bu motivasyon doğrultusunda araştırmada bankacılık sektörü için bir performans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Literatür incelendiğinde gerçekleştirilen araştırmaların ağırlıklı olarak finansal performans ekseninde ve banka düzeyinde gerçekleştirildiği gözlenmiştir. Bu araştırmada ise Türk bankacılık sektörü mülkiyet yapılarına göre gruplar halinde ele alınarak yönetim yeterliliği performansına göre analiz edilmiştir.

Araştırmada karar verme problemlerinde yaygın kullanılan ve bankacılığa ilişkin performans ölçüm, değerlendirme çalışmalarında yaygın kullanıma sahip ÇKKV yönteminden faydalanılmıştır. ÇKKV yöntemlerinden MARCOS yöntemi tercih edilmiştir. MARCOS yöntemi yakın tarihte geliştirilen ve sunulduğu tarihten itibaren araştırmacılar tarafından yaygın kabul gören bir yöntemdir. Bu sebeple araştırmacının metodolojik yönden de literatüre katkı sağlayacağı umulmaktadır.

Yukarıda da bahsedildiği gibi bankacılık sektörü üzerine gerçekleştirilen performans ölçüm araştırmaları ağırlıklı olarak finansal performans ekseninde gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmada ise yönetim yeterliliği performansı ele alınmıştır. İlgili literatür incelendiğinde bu alana odaklanan araştırma gözlenmemiştir. Ek olarak bankaların mülkiyet yapılarına göre gösterecekleri yönetim yeterliliği performansının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre beş yıllık periyotta (2017-2021) kamu bankaları dört kere birinci olmuşlardır. Yabancı sermayeli bankaların performansının ise yerli bankalardan daha iyi olduğu gözlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre kamu bankaları yönetim yeterliliği performanslarıyla diğer banka gruplarına göre öne çıkmaktadırlar. Aksaraylı ve Pala (2017) tarafından yapılan 2010-2014 yıllarını kapsayan araştırmada kamu bankaları daha iyi bir finansal performans göstermişlerdir. Kablan ve Erdoğan (2021) tarafından yapılan araştırmada ise 2010-2018 periyodunda kamu bankaları öne çıkmaktadır. Araştırmadan elde edilen bulguların literatüre paralel olduğu çıkarımı yapılabilir.

Araştırma periyodunda kamu bankalarının takipte olan alacak oranı diğer banka gruplarından daha düşüktür. Şube başına kârlılıkta ise yabancı ve yerli-özel bankalar daha yüksek oranlar yakalamışlardır. İşletme giderlerinin aktiflere oranı ise banka grupları arasında yıllara göre oldukça değişkendir. Bankaların yönetim yeterliliği performanslarını yükseltebilmeleri için takipteki alacaklarının oranını düşürmeleri gerekmektedir. Bu doğrultuda etkin bir tahsilat politikası ve daha doğru yapılacak kredi risk derecelendirmeleri bankaların takipteki alacak oranlarını düşürmelerinde faydalı olacaktır. Yönetim yeterliliği performansının artırılabilmesi için bir diğer ölçüt şube başına net kârdır. Şube başına net kâr oranı gözetildiğinde kamu bankalarının diğer banka gruplarının gerisinde olması mevcut şubelerin verimliliğinin düşük olduğunu göstermektedir. Kamu bankalarının tüm yurda ulaşmak gibi bir misyon taşıdıkları düşünüldüğünde şube sayısının azaltılmasından ziyade mevcut şubelerin etkinliğinin artırılması gerekmektedir. Tüm banka grupları için geçerli olacak bir öneri ise aktiflerin verimliliği artırıcı bir unsur olarak işletme giderlerini daha makul seviyelere indirme yönünde çaba göstermeleridir. Bu durumda işletme giderlerinin toplam aktiflere oranı düşecek ve yönetim yeterliliği performansı yükselecektir.

Araştırmada sadece bir tane ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Literatürde yaygın kullanıma sahip başka teknikler kullanılarak araştırma sonuçları karşılaştırılabilir. Ek olarak araştırmada yönetim yeterliliği performansı sadece CAMELS yönteminde yer alan oranlar üzerinden değerlendirilmiştir. Literatürde yönetim yeterliliğine ilişkin CAMELS dışında kabul görmüş bir yaklaşım yoktur. Sektördeki uygulamacılar tarafından alınacak uzman görüşleriyle farklı kriterler eklenerek yönetim yeterliliği performansı daha geniş kapsamlı ele alınabilecektir. Araştırmaya ilişkin değinilecek son kısım ise araştırma periyoduna ilişkindir. Daha uzun dönemleri kapsayan araştırmalarla sektörün yönetim yeterliliği performansı daha geniş bir kapsamda değerlendirilebilecektir.

Çatışma Beyanı/ Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği/ Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk/ Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Afşar, M. (2011). "Küresel Kriz ve Türk Bankacılık Sektörüne Yansımaları", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 6(2), 143-171.
- Akgül, Y. (2019). "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Türk Bankacılık Sisteminin 2010-2018 Yılları Arasındaki Performansının Analizi", *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(4), 567-582.
- Aksaraylı, M. ve Pala, O. (2017). "Türk Bankacılık Sektöründe Sermaye Yapısına Göre Performans Sıralama, Kümeleme ve Verimlilik Analizi", *International Journal of Academic Value Studies*, 3(11), 39-54.
- Almaskati, N. (2022). "The Determinants of Bank Profitability and Risk: A Random Forest Approach", *Cogent Economics and Finance*, 10(1), DOI: 10.1080/23322039.2021.2021479.
- Apan, M., Öztel, A. ve Ceyhan, İ.F. (2019). "Entropi Yöntemine Dayalı CAMELS Performans Değerlendirme Modeli: Türk Mevduat Bankaları Üzerine Bir Uygulama", *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 11(20), 296-316.
- Atukalp, M.E. (2021). "Entegre Yöntemlerle Türk Bankacılık Sisteminde Ortaklık Yapısı Odaklı İnceleme", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(2), 469-496.
- Bağcı, H. ve Rençber, Ö.F. (2014). "Kamu Bankaları ve Halka Açık Özel Bankaların PROMETHEE Yöntemi İle Kârlılıklarının Analizi", *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1), 39-47.
- Bayyurt, N. (2013). "Ownership Effect on Bank's Performance: Multi Criteria Decision Making Approaches on Foreign and Domestic Turkish Banks", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 99, 919-928.
- BDDK (2022). "Aylık Bankacılık Sektörü Verileri (Gelişmiş Gösterim)", <https://www.bddk.org.tr/BultenAylık/tr/Home/Gelismis>, (Erişim Tarihi:10.01.2022).
- Beheshtinia, M.A. ve Omid, S. (2017). "A Hybrid MCDM Approach for Performance Evaluation in the Banking Industry", *Kybernetes*, 46(8), 1386-1407, DOI: 10.1108/K-03-2017-0105.
- Demir, G. (2021). "Türk Bankacılık Sisteminin Finansal Performansının ROC-ITARA-CODAS Yöntemleriyle Analizi", *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(3), 831-847.
- Gençtürk, M., Senal, S. ve Aksoy, E. (2021). "COVID-19 Pandemisinin Katılım Bankaları Üzerine Etkilerinin Bütünleşik CRITIC-MARCOS Yöntemi İle İncelenmesi", *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 92, 139-160, DOI: 10.25095/mufad.937185.
- Ginevičius, R. ve Podvieszko, A. (2013). "Evaluacija Stabilnosti Tržišta I Sigurnost Litvanskih Banaka", *Ekonomika Istrazivanja*, 26(2), 191-208, DOI: 10.1080/1331677X.2013.11517616.
- Gupta, S., Mathew, M., Gupta, S. ve Dawar, V. (2021). "Benchmarking the Private Sector Banks in India Using MCDM Approach", *Journal of Public Affairs*, 21(2), 1-15, DOI: 10.1002/pa.2409.
- Ic, Y.T., Celik, B., Kavak, S. ve Baki, B. (2020). "Development of a Multi-Criteria Decision-Making Model for Comparing the Performance of Turkish Commercial Banks", *Journal of Advances in Management Research*, 18(2), 250-272, DOI: 10.1108/JAMR-05-2020-0083.
- Jurevičienė, D. ve Skvarciany, V. (2016). "CAMELS+T Approach for Banks' Assessment: Evidence from the Baltics", *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(2), 159-173, DOI:10.9770/jesi.2016.4.2(4).
- Kablan, A. ve Erdoğan, S. (2021). "Mülkiyetine Göre Bankaların Finansal Performanslarının COPRAS Yöntemi ile Analizi: 1980-2018 Yılları Arası Türk Bankacılık Sektörü Üzerine Bir Araştırma", *Mali Çözüm*, 31(163), 67-92.
- Karakaya, A. (2020). "Bulanık Karar Verme Yaklaşımıyla Katılım Bankaları Finansal Performansı", *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, Prof. Dr. Talha Ustasüleyman Özel Sayısı*, 99-122, DOI: 10.18092/ulikidince.577236.
- Kartal, M.T. (2018). "Bankaların Finans Sektöründeki Önemi", *Finansal İktisat*, 8, 5-27.
- Kaygusuz, M., Ersoy, B. ve Bozdoğan, T. (2020). "CAMELS Değerlendirme Sistemiyle Bankaların Finansal Performanslarının TOPSIS Yöntemiyle Analizi", *İnsan ve Toplum Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 67-95.
- Öner, M. ve Arıcı, N.D. (2018). "Türk Bankacılık Sektörünün Etkinlik ve Verimlilik Analizi : 2012-2017 VZA ve Malmquist TFV Endeksi Uygulaması", *Bankacılar Dergisi*, 106, 18-36.
- Ozcalici, M. ve Bumin, M. (2020). "An Integrated Multi-Criteria Decision Making Model with Self-Organizing Maps for the Assessment of the Performance of Publicly Traded Banks in Borsa Istanbul", *Applied Soft Computing Journal*, 90, 106166, DOI: 10.1016/j.asoc.2020.106166.
- Özkan, G. (2017). "Türkiye'de Halka Açık Özel Sermayeli ve Kamu Sermayeli Ticaret Bankaları'nın Performansları'nın Topsis (TOPSIS) Yöntemi İle Analizi", *Alanya Akademik Bakış*, 1(1), 47-59, DOI: 10.29023/alanyaakademik.310146.
- Parmaksız, S. ve Özdemir, O. (2021). "Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Bankacılık Oran Analizinde Kullanılması Üzerine Bir Araştırma", *Bankacılık ve Finansal Araştırmalar Dergisi*, 8(2), 65-93.

- Pekkaya, M. ve Demir, F.E. (2018). "Determining The Priorities of CAMELS Dimensions Based on Bank Performance", *Contributions to Economics*, Editörler: Dincer, H., Hacıoglu, U. ve Yuksel, S., 445-463, DOI: 10.1007/978-3-319-78494-6_21.
- Saeed, H. Shahid, A. ve Tirmizi, S.M.A. (2020). "An Empirical Investigation of Banking Sector Performance of Pakistan and Sri Lanka by Using CAMELS Ratio of Framework", *Journal of Sustainable Finance and Investment*, 10(3), 247-268, DOI: 10.1080/20430795.2019.1673140.
- Sama, H.R., Kosuri, S.V.K. ve Kalvakolanu, S. (2022). "Evaluating and Ranking the Indian Private Sector Banks-A Multi-Criteria Decision-Making Approach", *Journal of Public Affairs*, 22(2), DOI: 10.1002/pa.2419.
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A. ve Chatterjee, P. (2020). "Sustainable Supplier Selection in Healthcare Industries Using a New MCDM Method: Measurement of Alternatives and Ranking According to Compromise Solution (MARCOS)", *Computers and Industrial Engineering*, 140, 106231, DOI: 10.1016/j.cie.2019.106231.
- Sufian, F. ve Kamarudin, F. (2014). "The Impact of Ownership Structure on Bank Productivity and Efficiency: Evidence from Semi-Parametric Malmquist Productivity Index", *Cogent Economics and Finance*, 2(1). DOI: 10.1080/23322039.2014.932700.
- Sufian, F. ve Noor Mohamad, M.A. (2012). "Determinants of Bank Performance in a Developing Economy: Does Bank Origins Matters?", *Global Business Review*, 13(1), 1-23, DOI: 10.1177/097215091101300101.
- Sümer, G. (2016). "Türk Bankacılık Sektörünün Tarihsel Gelişimi ve AB Bankacılık Sektörü ile Karşılaştırılması", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(2), 485-508.
- Sun, P.H., Mohamad, S. ve Ariff, M. (2017). "Determinants Driving Bank Performance: A Comparison of Two Types of Banks in The OIC", *Pacific Basin Finance Journal*, 42, 193-203, DOI: 10.1016/j.pacfin.2016.02.007.
- Tüysüz, F. ve Yıldız, N. (2020). "A Novel Multi-Criteria Analysis Model for the Performance Evaluation of Bank Regions: An Application to Turkish Agricultural Banking", *Soft Computing*, 24(7), 5289-5311, DOI: 10.1007/s00500-019-04279-7
- Yücememiş Tanınmış, B. ve Sözer, İ.A. (2010). "Türk Bankacılık Sektöründe Takipteki Krediler: Mukayeseli Kriz Performansı", *Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 18(1-2), 89-119.

Türk Bankacılık Sektöründe Personelin Cinsiyet Çeşitliliğinin Kredi Riskine ve Kârlılığa Etkisi*

Abdullmuttalip PİLATİN¹

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Türk mevduat bankalarında çalışan personellerin cinsiyet çeşitliliğinin kredi riski ve kârlılıklar üzerindeki etkisini incelemektir. Bu amaçla bankacılık sisteminin toplam aktiflerinin %98'ini, çalışan sayısının ise yaklaşık olarak %99'unu kapsayan 21 bankanın yer aldığı bir veri seti kullanılmıştır. Çalışma 2003-2019 dönemini kapsamaktadır.

Yöntem: Bu çalışmada kredi riski göstergesi olarak takipteki krediler (NPL) ile kredi zarar karşılıkları (LLP), iflas riski göstergesi olarak Z-Skor, kârlılık göstergesi olarak ise aktif kârlılık (ROA) ile öz sermaye kârlılığı (ROE) kullanılmıştır. Dirençli tahminler kullanılarak sabit ve tesadüfi etkiler modeli ile panel test yöntemleri kullanılmıştır.

Bulgular: Sonuçlar, bankaların cinsiyet çeşitliliğinin sektördeki bankaların kredi risk göstergesi olan NPL, LLP ve kârlılık göstergeleri olan ROA, ROE ile negatif ve anlamlı şekilde ilişkili olduğunu göstermektedir. Bankaların cinsiyet çeşitliliğinin bankaların kredi riskini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Kârlılıklar bakımından ise cinsiyet çeşitliliği ile kârlılık arasında hipotezlerin aksine negatif ve anlamlı ilişki olduğu ortaya çıkmasına rağmen sağlamlık analizlerinde bankacılık sektöründe %9'dan büyük paya sahip bankaların cinsiyet çeşitliliği ile kârlılıkları arasında pozitif ve anlamlı ilişkiler olduğu belirlenmiştir.

Özgünlük: Bu çalışma, bankaların yönetim kurulları dışında farklı kademelerdeki cinsiyet çeşitliliğiyle ilgili olarak literatürde yapılmış olan ilk ve kapsamlı çalışmalardan biridir.

Anahtar Kelimeler: Cinsiyet Çeşitliliği, Kredi Riski, Kârlılık, Takipteki Krediler, Verimlilik.

JEL Kodları: E51, G20, G21, J16.

The Effect of Gender Diversity on Credit Risk and Profitability in the Turkish Banking Sector

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is to examine the effect of gender diversity of Turkish deposit banks on credit risk and profitability. For this purpose, a data set consisting of 21 banks covering 98% of the total assets of the banking system and approximately 99% of the number of employees was used. The study covers the period of 2003-2019

Methodology: For this purpose, non-performing loans (NPL) and loan loss provisions (LLP) are used as credit risk indicators, Z-Score as bankruptcy risk indicator, return on assets (ROA) and return on equity (ROE) are used as profitability indicators. Fixed and random effects model and panel test methods were applied using resistant estimators.

Findings: The results show that the gender diversity of banks is negatively and significantly related to NPL, LLP, which is the credit risk indicator of the banks in the sector, and ROA and ROE, which are the profitability indicators. It has been observed that the gender diversity of banks significantly reduces the credit risk of banks. In terms of profitability, contrary to the hypotheses, there is a negative and significant relationship between gender diversity and profitability. These results were also reinforced by sensitivity analysis and it was determined that there are positive and significant relationships between gender diversity and profitability of banks that have a larger share in the banking sector.

Originality: This study is one of the first and comprehensive studies in the literature on gender diversity at different levels apart from the boards of directors of banks.

Keywords: Gender Diversity, Credit Risk, Profitability, Non-Performing Loans, Efficiency.

JEL Codes: E51, G20, G21, J16.

* Bu çalışma, 6-7 Ekim 2022 tarihlerinde çevrimiçi olarak düzenlenen 3. Uluslararası Bankacılık Kongresi'nde özet olarak sunulan "Cinsiyet Çeşitliliği Bankaların Finansal Performansı Açısından Önemli Mi?" başlıklı bildirinin genişletilmiş ve yeniden düzenlenmiş halidir.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fındıklı Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Finans ve Bankacılık Bölümü, Rize, Türkiye, apilatin@erdogan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2293-2808.

DOI: 10.51551/verimlilik.1145552

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 19.07.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 20.02.2023

Atıf: Pılâtın A. (2023). "Türk Bankacılık Sektöründe Personelin Cinsiyet Çeşitliliğinin Kredi Riskine ve Kârlılığa Etkisi", *Verimlilik Dergisi*, 57(2), 343-364.

EXTENDED ABSTRACT

Recent regulations and discussions around the world to promote gender diversity, particularly in boardrooms, have led to academic debates about the risk and return implications of gender quotas. However, there are studies in the literature mostly done in non-financial sectors. Important issues for the financial sector, such as complex regulations, economic sensitivity, the high rate of female staff members in the sector, and the search for better risk management, highlight the need to focus more on studies on gender diversity. In recent years, the fact that the female workforce is more involved in working life has begun to be seen as an important element in terms of development and social welfare. This situation increases the importance of women's employment in the banking sector as in every sector. High female employment rates may also lead to higher added value, productivity and profitability for some businesses (Dezsö and Ross, 2012).

Studies in the literature mostly focus on the effect of gender diversity on bank performance in the banking sector (Dinçer et al., 2020; Jebran et al., 2020; Kinateder et al., 2021). However, it is the other personnel who are in one-to-one contact with the customers, who will implement the policies determined by the boards of directors of the banks in line with the strategies and targets. Considering this gap in the literature, the study was built on the gender diversity of bank personnel, since there was no study focusing on this subject comprehensively in previous studies. In this respect, it is thought that this study will fill an important gap in the literature.

The study was based on the 17-year data of the 21 banks in Table 1 for the period 2003-2019. Although there are a total of 34 deposit banks in Turkey as of 2019, these banks were not included in the study since 9 of them had less than 3 branches in Turkey and the remaining 4 banks did not have data for the years 2003-2019. In the study, 5 dependent variables, 1 independent variable, as well as 6 bank-specific variables and 5 macroeconomic and financial variables and 1 dummy variable indicating public-private ownership were used as control variables. In this context, five hypotheses have been developed as follows.

H₁: Gender diversity level of bank personnel is negatively related to non-performing bank loans and loan loss provisions (Accepted).

H₂: Gender diversity level of bank personnel is negatively related to loan loss provisions (Accepted).

H₃: The gender diversity level of the personnel working in the banks is positively related to Z-Score of the banks (Rejected).

H₄: The gender diversity level of the personnel working in banks and their ROA are positively related (Rejected).

H₅: The gender diversity level of the personnel working in banks and their ROE are positively related (Rejected).

According to the empirical results, results supporting H₁ were found between gender diversity and non-performing loans. Accordingly, gender diversity is significantly and negatively related to banks' non-performing loans (NPL). As the level of gender diversity of banks increases, the tendency of loans to be non-performing decreases. Results supporting H₂ were found between gender diversity and loan loss provisions (LLP). Accordingly, gender diversity is significantly and negatively associated with LLP. LLP decreases as the level of gender diversity of banks increases.

The results show that, contrary to the hypotheses, there is a significant and negative relationship between the ratio of female personnel and the profitability indicators ROA and ROE. These interesting results showing that increased gender diversity has a decreasing effect on profitability were tested with sensitivity analysis. Accordingly, it indicates that there is a positive and significant relationship between the credit risk of banks with a market share greater than 9% and the ratio of female personnel, while there is no significant relationship between the credit risk of banks with a market share of less than 9% and the ratio of female personnel.

These results support the study of Owen and Temesvary (2018), which found a relationship between gender diversity and financial performance. In other words, while the ratio of female personnel in banks affects profitability positively until a certain threshold level, after a certain threshold, it creates an effect that reduces profitability due to women's less risk-taking and prudent attitudes.

1. GİRİŞ

Dünya çapında özellikle yönetim kurullarında cinsiyet çeşitliliğini teşvik etmek için yapılan son düzenlemeler ve tartışmalar, cinsiyet kotalarının risk ve getiri etkileri hakkında akademik tartışmalara yol açmıştır. Bununla birlikte, literatürde çoğunlukla finans dışı sektörlerde yapılmış çalışmalar vardır. Karmaşık düzenlemeler, ekonomik hassasiyet, sektörde kadın parsonel oranının yüksek olması ve daha iyi risk yönetimi arayışı gibi finans sektörü açısından önemli konular, cinsiyet çeşitliliği ile ilgili yapılan çalışmalara daha fazla odaklanılması gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır. Son yıllarda kadın işgücünün çalışma hayatında daha çok yer alması kalkınma ve toplumsal refah açısından önemli bir unsur olarak görülmeye başlanmıştır. Bu durum her sektörde olduğu gibi bankacılık sektöründe de kadın istihdamının önemini artırmaktadır. Kadın istihdam oranlarının yüksek olması bazı işletmeler açısından daha yüksek bir katma değere, verimliliğe ve kârlılığa da sebep olabilmektedir (Dezsó ve Ross, 2012).

Türkiye'de 2015 yılında erkeklerin istihdam oranı %65 iken kadınlarda yüzde 27,5'tir. Pandemiden önceki yıl olan 2019 yılında erkeklerin istihdam oranı %63'e gerilerken kadınların oranı %28,7'ye yükselmiştir. Covid-19 pandemisinin ortaya çıktığı 2020 yılında istihdam oranı erkeklerde %59,8'e düşerken kadınlarda %26,3'e gerilemiştir (TÜİK, 2020). Genel olarak bakıldığında Türkiye'de erkeklerin istihdam oranlarının kadınların iki katından fazla olduğu anlaşılmaktadır. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) 2019 yılı verilerine göre erkeklerin işgücüne katılma oranları %79'lar seviyesindeyken kadınlarda bu oran %52'ler seviyelerindedir. ILO dünyadaki 3,5 milyar çalışan bireyin beşte üçünün erkek olduğunu bildirmektedir. Kadınlar ile erkeklerin işgücüne katılımları bakımından aralarında %27 düzeyinde bir fark vardır (ILO, 2020). Sanayi, üretim, teknoloji ve AR-GE yatırımlarının daha yüksek olduğu gelişmiş ülkelere bakıldığında erkek istihdam oranlarının kadın istihdam oranından 15 puan yüksek olduğu görülmektedir. Bu noktada gelişmiş ülkelere göre gelişmekte olan ülkelere kadın istihdam oranlarının biraz düşük olduğu anlaşılmaktadır.

İşletmeler ve bankalar açısından yönetim kurulları, onları yönlendirmeleri ve stratejik kararları almaları bakımından şirketlerin en önemli kurullarıdır. İşletmelerde olduğu gibi bankalarda da yönetim kurullarının bankanın kredi politikasını oluşturması, yönlendirmesi ve değiştirmesi bakımından önemi yadsınamaz. Bankacılık sektöründe cinsiyet çeşitliliğinin banka performansına etkisini ele alan çalışmalar çoğunlukla yönetim kurulu üyeleri baz alınarak yapılmıştır (Abou-El-Sood, 2021; Dinçer ve diğerleri, 2020; Jebran ve diğerleri, 2020; Kurtaran ve Eker, 2017; Kinatader ve diğerleri, 2021). Fakat bankaların üst yöneticilerinin belirledikleri kredi politikalarını, strateji ve hedefleri uygulayacak olan, müşterilerle birebir temasta olan kredi tahsis personelleridir. Kredi tahsis personelleri ve orta düzey banka çalışanları üst yönetimin direktif ve yönlendirmeleri doğrultusunda çalışarak ve bu yönde performans göstererek işletme ve bankaların belirlenen hedeflere varmasını sağlarlar. Geçmiş çalışmalarda bu konuya kapsamlı olarak odaklanan çalışmaya rastlanılamamıştır.

Türkiye'de bankacılık sektöründe kadın istihdam oranları diğer sektörlerden daha yüksektir. Türkiye'deki mevduat bankacılığı sektöründe kadın personel sayısı erkeklere göre daha fazladır. 2019 yılı itibarıyla bankacılık sektöründeki kadın personel oranı %52 seviyelerindedir (BDDK, 2022). Bu veriler ve literatürdeki bu boşluk dikkate alınarak bu çalışmanın, bankaların yönetim kurulları yerine banka personellerinin cinsiyet çeşitliliği üzerine kurgulanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu aynı zamanda çalışmanın temel motivasyon kaynağını oluşturmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada banka çalışanlarının cinsiyet dağılımlarının bankaların finansal performans göstergeleri olan kredi riski, iflas riski, kârlılık ve verimlilik üzerindeki etkisi ele alınmıştır. Verimlilik, banka mevduatının krediye dönüşüm oranını yani ne kadar verimli kullanıldıklarını ve finansal performans etkisini göstermesi bakımından önemlidir. Çalışmaya, 3'ü kamu sermayeli, 8'i özel sermayeli mevduat bankası ve 10'u Türkiye'de kurulmuş yabancı sermayeli mevduat bankası olmak üzere toplam 21 banka dahil edilmiştir. Çalışmada 21 bankanın 2003-2019 dönemi yıllık verileri baz alınmıştır.

Çalışmanın giriş bölümünün ardından ikinci bölümde ilgili literatür ve hipotez geliştirme aşaması yer almaktadır. Üçüncü bölümde veri seti ve yöntem anlatılmıştır. Dördüncü bölümde uygulama ve bulgulardan bahsedilmiştir. Çalışmanın beşinci ve son bölümünde ise araştırma bulguları verilerek sonuç ve öneriler özetlenmiştir.

2. TEORİ, İLGİLİ LİTERATÜR ve HİPOTEZ GELİŞTİRME

Cinsiyet çeşitliliği ile bankalara özgü performans göstergeleri arasındaki ilişkiyi inceleyebilmek için cinsiyete dayalı farklılıkları ele alan davranış teorisinden yararlanılmıştır. Cinsiyet farklılık teorisi, iki cins arasındaki farklı yönleri ele alır. Bu farklılıklar kıtasal, bölgesel ve kültürel farklılıklardan kaynaklanan cinsiyete uygun ve öğrenilmiş davranışlardan da kaynaklanabilir (Damian ve diğerleri, 2020). Dolayısıyla kadınlar bu özellikleri sebebiyle buldukları ortamları ve çalıştıkları işletmeleri etkilerler. Son yıllarda

erkekler ve kadınlar arasındaki farklılıkları ve heterojenliği vurgulayan çalışmalar da yapılmıştır (Russell ve diğerleri, 2016).

Cinsiyet çeşitliliği, kadın istihdamı ve bunun işletmelere etkisi araştırmacıların yanı sıra birçok ulusal ve uluslararası örgütün araştırma konusudur. Bu raporlardan Uluslararası Çalışma Örgütü'nün 70 farklı ülkeyi ve 13.000 işletmeyi kapsayan araştırma sonuçlarına göre, işletmelerde daha fazla kadın istihdam edilmesinin işletmelerin daha iyi performans sağlamasına katkı sağladığı, yetenekleri ortaya çıkardığı, toplumsal cinsiyet eşitliğine sahip olan işletmelerde önemli oranda kâr artışı ve yüksek performansı ortaya çıkardığı belirtilmektedir. Ayrıca raporda kadın istihdam oranlarıyla Gayrisafi Milli Hasıla arasında da pozitif yönde bir ilişki olduğu belirtilmektedir (ILO, 2021). Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri- Hedef 5 (SDG-5 Gender Equality) ve Birleşmiş Milletler geliştirme programı kapsamında kadın istihdam oranlarının artırılması teşvik edilmektedir (UNDP, 2022; UNWOMEN, 2022).

Yapılan çalışmalara bakıldığında, çoğunlukla şirketlerin yönetim kurullarında yer alan kadın üye oranı ile işletme performansı arasındaki ilişkiye odaklanan çalışmaların olduğu görülmektedir. Bunlardan biri olan Carter ve diğerleri (2003) çalışmalarında, gelişmiş ekonomilerde işletmelerin performansını artırmada cinsiyet çeşitliliğinin etkisini araştırmışlardır. Araştırmada Fortune dergisi tarafından 1997 yılında dünyanın ilk 1000 işletmesi arasında gösterilen 797 işletme ele alınmıştır. Bu çalışma, yönetim kurullarında cinsiyet çeşitliliğinin finansal performansa etkisini ortaya koyan ilk ampirik kanıtları sunmaktadır. Çalışma sonuçlarına göre işletmelerin yönetim kurullarında yer alan kadın üye oranının artması sonucu işletmelerin performanslarının bu durumdan pozitif etkilendiği belirlenmiştir.

Shukeri ve diğerleri (2012) çalışmalarında, Malezya'da işletmelerin yönetim kurullarında kadın üye oranları ile işletmelerin finansal performans göstergeleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, işletmelerin yönetim kurullarındaki kadın üye oranı ile işletmelerin finansal performansları arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı görülmüştür. Yurt (2020) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, 2012-2017 yılları arası BİST'te işlem gören işletmelerin yönetim kurullarındaki kadın üye oranlarının işletme kârlılıklarına etkisi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, işletmelerin yönetim kurullarında kadın üye olması ve kadın üye oranı ile işletmenin finansal performansı arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir.

Kurtaran ve Eker (2017) ise 46 bankanın yönetim kurullarında cinsiyet çeşitliliği ile finansal performansları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bahsedilen çalışma sonuçlarından farklı olarak bankaların yönetim kurullarında bulunan kadın sayısı ile yönetim kurulu başkanının cinsiyetinin bankaların öz sermaye kârlılıklarını anlamlı şekilde etkilemediği tespit edilmiştir.

Croson ve Gneezy (2009) çalışmalarında, erkeklerin güç, teşvik, savurganlık, başarı ve öz-yönelim değerlerine daha fazla önem verirken kadınların şefkat ve cömertliği tercih ettiğini vurgulamışlardır. Banka yönetim kurullarında kadın çalışan sayısının fazla olması, etik düşünmeyi ve verimli karar vermeyi teşvik eder (Adams ve Ferreira, 2004; Lewellyn ve Muller-Kahle, 2020; Moreno-Gómez ve Calleja-Blanco, 2018). Bu tür yöneticilerin varlığının, kadınları hassas ve riske karşı duyarlı olarak gören literatüre dayanarak firma düzeyindeki riski azaltacağını göstermektedir (Kinatader ve diğerleri, 2021; Sims ve Morris, 2018; Velte, 2017).

Bunun yanında çalışmalarında risk, sosyal ve rekabetçi tercihlerle ilgili olarak cinsiyet arasında önemli farklılıklar olduğu belirtilmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda, genellikle kadınların daha riskten kaçınan (Eckel ve Grossman, 2008; Jianakoplos ve Bernasek, 1998), hassas ve etik değerlere duyarlı (Nadeem ve diğerleri, 2017; Nadeem, 2020a; Zaman ve diğerleri, 2020), iş ilişkilerinde adil ve objektif (Nadeem, 2020b), daha şeffaf ve kaliteli kararlar alabilen (Jain ve Jamali, 2016) özelliklerinin ön plana çıktığı vurgulanmaktadır.

Abou-El-Sood (2021), 2002-2018 döneminde 195 ABD ticari bankasının ele aldıkları çalışmada, kadın yönetim kurulu üyelerine sahip olmanın, etik/toplumsal bakış açıları ve karar alma süreçlerine yeni bakış açıları getirmesine ve bankanın aşırı risk almasına pozitif katkı sunmakla beraber banka sermayesinin güçlü olduğu zamanlarda risk almaya hazır olduğunu göstermektedir. Bu çalışma bankalarda kadın yöneticilerin banka riskini artırıp artırmadığına dair literatürdeki net olmayan sonuçların (Berger ve diğerleri, 2014; Charness ve Gneezy, 2012; Farag ve Mallin, 2017) açıklanmasına katkı sunmaktadır.

Kinatader ve diğerleri (2021), 20 ülkede borsaya kote bankalar üzerinde yaptıkları çalışmalarında 2006'dan 2017'ye kadar kapsamlı bir veri setini ele almıştır. Buna göre yönetim kurullarındaki bir artışın temerrüt, iflas riski ve sermaye oranı açısından bankaları pozitif olarak etkilediğini göstermektedir. Sonuçlar, yönetim kurullarında üç veya daha fazla kadının yer almasının bankaya özgü kredi risklerini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Bankalarda yeterli düzeyde sağlanan cinsiyet çeşitliliğinin bankaların kredi riskini, iflas riskini ve dolayısıyla da banka kârlılığını pozitif yönde etkilemesi beklenir.

Cinsiyet çeşitliliğinin bankacılık işlemlerinde fırsatçı davranışlara yol açan temsil maliyetlerini (Principal - Agent Theory) ve ahlaki tehlike sorununu (Moral Hazard Theory) ne ölçüde sınırladığını ele almak önemlidir. Çünkü çalışanlar da tıpkı yöneticileri gibi özellikle de primle çalışmanın en çok kullanıldığı bankacılık sektöründe daha yüksek prim ve gelir elde edebilmek için riskli müşterilere daha fazla kredi kullanılabilmektedir. Bu noktada, daha yüksek kadın personel oranına sahip bankaların, düşük kadın personel oranına sahip bankalara göre daha düşük bir kredi riskine ve iflas riskine maruz kalması beklenir (Gulamhussen ve Santa, 2015; Owen ve Temesvary, 2018). Çünkü artan fırsatçı davranışlar nedeniyle ortaya çıkan daha hızlı kredi büyümesi bankaların kredi kalitesini bozabilir (Foss ve diğerleri, 2010; Keeton, 1999). Ayrıca, kadınları içeren çeşitli yapı, işletme ve bankaların, nispeten farklı bakış açısına sahip olması beklenir. Çalışanların farklı yapısı, kurumsal stratejilerin formüle edilmesindeki önyargıların düzeltilmesine yardımcı olabilir, böylece mülkiyet ve kontrol ayırımından kaynaklanan kayıplar azalma eğilimi gösterir (Westphal ve Milton, 2000). Tüm bu cinsiyetçi etkilerin bankalarda çalışan kadın personel oranının yüksek olması durumunda da ortaya çıkacağı beklenmektedir. İlgili literatürden hareketle aşağıdaki hipotezler geliştirilmiştir:

H₁: Bankalarda çalışan personellerin cinsiyet çeşitlilik düzeyi, banka kredilerinin takibe düşmesiyle negatif yönde ilişkilidir.

H₂: Bankalarda çalışan personellerin cinsiyet çeşitlilik düzeyi, bankaların kredi zarar karşılıkları ile negatif yönde ilişkilidir.

Yapılan diğer çalışmaların bulguları da kurumsal yönetim kurullarındaki yüksek cinsiyet çeşitliliğinin zamanında kredi ödemelerini sağlayarak iflas riskini azalttığını (Beck ve diğerleri, 2013), daha düşük risk düzeyi sağladığını (Jebran ve diğerleri, 2020) ve iflas riskini azalttığını (Skala ve Weill, 2018) göstermektedir. Bu nedenle, yönetim kurulunda kadın temsili yüksek olan bankalarda olduğu gibi toplam personeller arasında kadın personel oranının yüksek olduğu bankaların daha düşük kredi riskine ve dolayısıyla da iflas riskine sahip olması beklenmektedir. Z-Skor arttıkça bankaların batma ve iflas riski azalmaktadır (Chiaromonte ve diğerleri, 2015). Bu sebeple cinsiyet çeşitliliği ile Z-Skor arasındaki ilişkinin pozitif olması beklenmektedir. Buradan hareketle aşağıdaki hipotez geliştirilmiştir.

H₃: Bankalarda çalışan personellerin cinsiyet çeşitlilik düzeyi, bankaların iflas riski göstergesi (Z-Skor) ile pozitif yönde ilişkilidir.

Kurumsal yönetim kurullarındaki yüksek cinsiyet çeşitliliğinin bankalarda artan kârlılığa performans çıktılarında pozitif etkide bulunduğu dair çalışmalar vardır (Owen ve diğerleri, 2015; Kinatader ve diğerleri, 2021; Owen ve Temesvary, 2018).

Bertay ve Şınar (2020) ise çalışmalarında kadın istihdam oranının banka performansı üzerinde çok da anlamlı bir etkisinin olmadığı yönündeki sonuçlarına rağmen Türkiye'deki ilk nedensellik çalışmalarından biri olan Dinçer ve diğerleri (2020) çalışmalarında, 2002-2016 yıllarında 15 mevduat bankası üzerinden Türk Bankacılık sektöründeki kadın istihdamının banka performansına etkisini araştırmıştır. Buna göre özellikle özel bankalarda kadın çalışan oranı ile kârlılık göstergeleri arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Buradan hareketle aşağıdaki hipotezler geliştirilmiştir.

H₄: Bankalarda çalışan personellerin cinsiyet çeşitlilik düzeyiyle aktif kârlılıkları pozitif yönde ilişkilidir.

H₅: Bankalarda çalışan personellerin cinsiyet çeşitlilik düzeyiyle öz sermaye kârlılıkları pozitif yönde ilişkilidir.

İşletmelerde olduğu gibi bankalar açısından yönetim kurulları, onları yönlendirmeleri ve stratejik kararları almaları bakımından şirketlerin en önemli kurullarıdır. Literatürdeki çalışmalarda çoğunlukla bankacılık sektöründe cinsiyet çeşitliliğinin banka performansına etkisi ele alınmıştır (Dinçer ve diğerleri, 2020; Jebran ve diğerleri, 2020; Kinatader ve diğerleri, 2021). Ancak bankaların yönetim kurullarının belirledikleri politikaları, strateji ve hedefler doğrultusunda uygulayacak olan, müşterilerle birebir temasta olan diğer personellerdir. Geçmiş çalışmalarda bu konuya kapsamlı olarak odaklanan çalışmaya rastlanılmadığından, literatürdeki bu boşluk dikkate alınarak çalışmada, banka personellerinin cinsiyet çeşitliliği üzerine kurgulanmıştır. Bu nedenle bu araştırmada banka çalışanlarının cinsiyet dağılımlarının bankaların finansal performans göstergeleri olan kredi riski, iflas riski, kârlılık ve verimlilik üzerindeki etkisi cinsiyet farklılık teorisi çerçevesinde ele alınmıştır. Bu açıdan çalışmanın literatürdeki önemli bir boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada, zaman serisi ve yatay kesit verilerden oluşan bir veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti ile birden fazla model oluşturulmuştur. Bu modeller ile cinsiyet çeşitliliğinin, bankaların kredi riskine, iflas riskine ve kârlılığına etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışmanın metodoloji bölümünde; çalışmanın amacına, kapsamına, kullanılan değişkenlere, araştırma modellerine, hipotezler ile araştırma yöntemine değinilmiştir. Bölümün son kısmında ise model seçiminde kullanılan testlere yer verilmiştir.

3.1. Veri Seti

Çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren ve devamlılık arz eden 3 kamu sermayeli, 8 özel sermayeli ve 10 yabancı sermayeli ticari bankaya ait 21 bankanın veri seti kullanılmıştır. Mevduat bankalarının kadın çalışan oranlarına bakıldığında aktif büyüklüğü %9'dan büyük olan bankaların büyük oranda kadın çalışan oranı genel olarak %50 seviyelerinden düşükken %9'dan küçük olan bankalarda ise kadın çalışan oranının %50'nin üzerinde olması dikkat çekmektedir. Bu oranlar geçmiş yıllarda daha belirgindir. Çalışmaya dahil edilen bankalar ve 2019 yılına ait bilgiler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Çalışmaya dahil edilen bankaların 2019 yılı istatistikleri

<i>Banka Grupları</i>	<i>Bankalar</i>	<i>Aktiflerin Payı (%)</i>	<i>Çalışan Sayısı</i>	<i>Kadın Personel Oranı (%)</i>
1 Kamu	Ziraat Bankası	16,68	24.563	38,32
2	Halkbank	11,73	18.967	43,69
3	Vakıfbank	10,76	16.835	49,95
4 Yerli Özel	Akbank	9,25	12.750	51,75
5	Anadolubank	0,45	1.662	43,56
6	Fibabank	0,56	1.541	47,76
7	Şekerbank	0,79	3.265	50,13
8	Turkish Bank	0,04	188	51,6
9	Türk Ekonomi Bankası	2,76	8.954	54,46
10	İş Bankası	12,01	24.053	49,94
11	Yapı Kredi Bankası	9,95	16.631	62,73
12 Yabancı Özel	Garanti Bankası	10,04	18.784	56,11
13	Burgan Bank	0,48	943	55,36
14	Denizbank	4,02	12.279	53,78
15	QNB Finansbank	4,66	12.087	55,61
16	HCBS BANK	0,9	2.015	62,93
17	ING BANK	1,47	3.733	55,8
18	Alternatif Bank	0,74	886	52,03
19	Citibank	0,33	376	52,39
20	ICBC Turkey (Tekstil Bank)	0,47	731	54,04
21	Turkland	0,1	357	49,46
		98,17 (Toplam)	181.600 (Toplam)	52,03 (Ortalama)

Kaynak: TBB ve BDDK verileri kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çalışma, Tablo 1'de yer alan 21 bankanın 2003-2019 dönemindeki 17 yıllık verileri baz alınarak yapılmıştır. 2019 yılı itibarıyla Türkiye'de toplam 34 mevduat bankası bulunmasına rağmen 9'unun Türkiye'deki şube sayısının 3'ten az olması ve kalan 4 bankanın ise 2003-2019 yıllarına ait verisi olmaması nedeniyle bu bankalar çalışmaya dahil edilmemiştir. Bu çalışmaya dahil edilen bankaların toplam aktifleri 2019 yıl sonu itibarıyla mevduat bankalarının toplam aktiflerinin %98,17'ini kapsamaktadır. Çalışan sayısı bakımından ise bu oran yaklaşık olarak %99 civarındadır (BDDK, 2022).

Araştırmanın hipotezlerini test etmek için 2003-2019 dönemini kapsayan geniş bir dönem ve banka örneklemi kullanılmıştır. Mevduat bankaların cinsiyet çeşitliliği seviyelerinin, kredi riski, iflas riski ve kârlılık bakımından bağımlı ve bağımsız değişkenlerin hesaplanmasına ilişkin olarak kullanılan veriler, Türkiye Bankalar Birliği (TBB) ve Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu'nun (BDDK) internet sayfaları ve veri tabanlarından alınmıştır.

3.2. Değişkenler

Çalışmada 5 bağımlı değişken, 1 bağımsız değişkenin yanı sıra kontrol değişkenleri olarak 6 bankaya özgü değişken ve 5 tane makroekonomik ve finansal değişkenler ile 1 kamu-özel sahipliğini gösteren kukla (dummy) değişken kullanılmıştır. Bu değişkenler Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan değişkenler

	<i>Değişken</i>	<i>Kod</i>	<i>Tanımlama</i>	<i>Referanslar</i>
Bağımlı Değişkenler	Takipteki kredi oranı	NPL	Takipteki Alacaklar/ Toplam Krediler	Reinhart ve Rogoff (2011), Abou-El-Sood (2021), Pilatin ve Ayaydın (2022)
	Kredi zarar karşılık oranı	LLP	Karşılıklar / Toplam krediler	Keeton (1999), Jin ve diğerleri (2019), Pilatin ve Ayaydın (2022)
	İflas riski	ZSKOR	(Aktif Karlılık Oranı+ETA)/ Aktif Karlılık Oranının Standart Sapması	Liu ve diğerleri (2013), Chiamonte ve diğerleri (2015), Skala ve Weill (2018)
	Aktif kârlılık oranı	ROA	Net Kâr / Toplam Aktifler	Ayaydın ve diğerleri (2021), Abou-El-Sood (2021), Kinatader ve diğerleri (2021)
	Öz sermaye oranı	ROE	Net Kâr / Öz Sermaye	Louzis ve diğerleri (2012), Gulamhussen ve Santa (2015)
Bağımsız Değişken	Cinsiyet Çeşitliliği	GENDER	Kadın Çalışan Sayısı/Toplam Çalışan Sayısı	Skala ve Weill (2018), Kinatader ve diğerleri (2021)
Bankaya Özgü Değişkenler	Borç vermede uzmanlaşma	SPECIALIZ	Toplam Krediler/ Toplam Aktifler	Klein (2013), Espinoza ve Prasad (2010), Louzis ve diğerleri (2012)
	Öz sermaye	CAPITAL	Özsermaye/ Toplam Aktifler	Louzis ve diğerleri (2012), Macit (2012), Makri ve diğerleri (2014)
	Çeşitlendirme	DIVERS	Faiz dışı gelir / toplam gelir	Ozili (2017)
	Etkinlik	EFFECTIVE	Faiz dışı Gider/ Toplam Aktifler	Espinoza ve Prasad (2010), Louzis ve diğerleri (2012)
	Verimlilik	EFFICIENT	Toplam Kredi / Toplam Mevduat	Dimitrios ve diğerleri (2016)
	Piyasa Payı	MSHARE	Bankanın aktifinin toplam banka aktiflerine oranı	Ayaydın ve diğerleri (2021), Rehman ve diğerleri (2022)
Makroekonomik ve Finansal Değişkenler	Faiz	INTEREST	Faiz Oranı	Beck ve diğerleri, (2015), Berge ve Boye (2007)
	Döviz Kuru (\$)	EXCHANGE	Döviz Kuru	Bunda ve Desquilbet (2008)
	Ekonomik Büyüme	GDPG	GSYH'nın büyüme oranı	Rinaldi ve Sanchis-Arellano (2006), Ghosh (2015), Louzis ve diğerleri (2012), Espinoza ve Prasad (2010).
	İşsizlik	UNEMP	İşsizlik oranı	Messai ve Jouini (2013), Rinaldi ve Sanchis (2006)
	Enflasyon	INFLATION	Yıllık Enflasyon Oranı	Messai ve Jouini (2013), Rinaldi ve Sanchis (2006)
	Konut Fiyatları	HPI	Konut Fiyat Endeksi	Jin ve diğerleri (2019), Pilatin ve Ayaydın (2022)
	Zorunlu Karşılıklar	ReserveRR	Zorunlu Karşılık Oranı	
Dummy	Kukla Değişken	STATE	Devlet bankası ise 1 değilse 0	Ghosh (2015), Messai ve Jouini (2013), Pilatin ve Ayaydın (2022)

Cinsiyet çeşitliliği değişkenine vekil olarak benzer çalışmalarda olduğu gibi kadın personel oranı kullanılmıştır (Skala ve Weill, 2018; Kinatader ve diğerleri, 2021). Literatürde cinsiyete bağlı çeşitliliğin oluşturduğu davranışsal durum çoğunluk ile karar alıcılar içerisindeki dağılıma konu olacak şekilde ele alınmıştır. Bu çalışmada ise ilgili değişken bir bankada çalışan kadın çalışan oranının toplam çalışanlara oranlanması ile elde edilmiştir.

Bağımlı değişken olarak bankaların kredi riski göstergesi olarak alınan ve benzer birçok çalışmada kullanılan (Abou-El-Sood, 2021; Pilatin ve Ayaydın, 2022; Reinhart ve Rogoff, 2011) NPL bankaların takipteki kredi oranını gösteren değişkendir. Diğer kredi riski değişkeni LLP ise benzer çalışmalarda kullanılan ve bankaların kredi zarar karşılık oranlarını gösteren değişkendir (Jin ve diğerleri, 2019; Keeton, 1999; Pilatin ve Ayaydın, 2022).

Z-skor (Boyd ve Graham, 1986; Beck ve Laeven, 2006; Chiaramonte ve diğerleri, 2015; Laeven ve Levine, 2006), Eşitlik 1'deki gibi hesaplanır.

$$Z - SKOR = \frac{ROA + ETA}{\sigma ROA} \quad (1)$$

ROA, bankanın ortalama varlıklar üzerindeki getirisini, ETA ise banka özkaynaklarının toplam varlıklarına oranını göstermektedir. σROA , bankanın ortalama aktif getirisinin standart sapmasını gösterir. Bankanın aktif kârlılığındaki getiri oynaklığını (σROA) hesap etmek için üç yıllık bir zaman dilimi (önceki yıl, mevcut yıl ve sonrak, yıl) baz alınmıştır (Chiaramonte ve diğerleri, 2015). Z-Skorun daha yüksek değer alması, daha düşük iflas ve batma riskini göstermekle birlikte daha sağlam bir banka yapısının da göstergesidir. Z-skoru yüksek düzeyde oynak olduğundan, Z-Skorunun doğal logaritması alınmıştır.

Bağımlı değişkenleri temsil eden aktif kârlılık (ROA) ve özkaynak kârlılığı (ROE) finansal performans göstergesi olarak kullanılır. Bankaların varlıklarından daha yüksek getiri (ROA) sağlaması, bankaların varlıklarını iyi kullandığını ve yeterli düzeyde kâr elde ettiklerini gösterir. Bu oranın düşük olması ise bankaların varlıklarını verimli kullanmadığı anlamına gelir.

3.3. Araştırma Modelleri

Panel veri çalışmalarında modeller için otokorelasyon, değişen varyans ve birimler arası korelasyon durumlarının incelenmesi ve eğer varsa buna uygun testlerin uygulanması gerekmektedir. Bu durumlardan birinin veya birkaçının olması halinde model sonuçları sapmalı tahminlerde bulunabilir. Bu nedenle araştırma tahmin model sonuçlarını almadan önce bu varsayımların istatistiksel olarak test edilmesi ihtiyacı doğar (Ün, 2018: 75).

Farklı panellerde birbirinden farklı yöntemler uygulanır. Mikro panellerde daha çok asimptotikler büyük N ve sabit T için olurken makro paneller için asimptotikler büyük N ve büyük T şeklinde olur. Makro panellerde birim kök, yapısal kopma ve eşbütünlüşme gibi zaman serilerinde daha çok görülebilen ve değişkenlerin durağanlıklarını ilgilendiren noktalara dikkat edilmesi gerekir. Zaman boyutunun N'den daha kısa olduğu mikro panellerde ise (N>T) durağanlık testlerine gerek olmayabilir (Baltagi, 2013: 1).

Buna göre 2003-2019 yıllarını içeren 17 yıllık dönemde Türkiye'de faaliyette bulunan 21 banka verilerinden oluşturulan mikro panel (N>T) ile ilgili bazı testler yapılmıştır. Bu çalışmada tesadüfi etkiler modelinde her bir model için değişen varyans (Heteroskedasite) probleminin olup olmadığını belirlemek amacıyla Düzeltilmiş Wald Testi; otokorelasyon sorununun olup olmadığını belirlemek amacıyla Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın Durbin-Watson ve Baltagi-Wu yerel en iyi değişmez testi (1982) uygulanmıştır. Modellerdeki birimler arası korelasyonun (yatay kesit bağımlılık) var olup olmadığını belirlemek amacıyla da Pesaran (2004) testi kullanılmıştır. Sabit etkiler modelinde ise uygun testler yapılarak karar verilmiştir. Bankaların cinsiyet çeşitliliğinin kredi riskine, iflas riskine ve kârlılığa etkisini ortaya koymak amacıyla oluşturulan modeller Eşitlik 2-6'da verilmiştir.

Model 1:

$$NPL_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GENDER_{i,t} + \beta_2 MSHARE_{i,t} + \beta_3 SPECIAL_{i,t} + \beta_4 CAPITAL_{i,t} + \beta_5 EFFECTIVE_{i,t} + \beta_6 DIVERSITY_{i,t} + \beta_7 EFFICIENT_{i,t} + \beta_8 INTEREST_{i,t} + \beta_9 EXCHANGE_{i,t} + \beta_{10} GDPG_{i,t} + \beta_{11} UNEMP_{i,t} + \beta_{12} INFLATION_{i,t} + \beta_{13} HPI_{i,t} + \beta_{14} RESERVERR_{i,t} + \beta_{15} STATE_{i,t} + \mu_{i,t} + u_{i,t} \quad (2)$$

Model 2:

$$LLP_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GENDER_{i,t} + \beta_2 MSHARE_{i,t} + \beta_3 SPECIAL_{i,t} + \beta_4 CAPITAL_{i,t} + \beta_5 EFFECTIVE_{i,t} + \beta_6 DIVERSITY_{i,t} + \beta_7 EFFICIENT_{i,t} + \beta_8 INTEREST_{i,t} + \beta_9 EXCHANGE_{i,t} + \beta_{10} GDPG_{i,t} + \beta_{11} UNEMP_{i,t} + \beta_{12} INFLATION_{i,t} + \beta_{13} HPI_{i,t} + \beta_{14} RESERVERR_{i,t} + \beta_{15} STATE_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

Model 3:

$$ZSKOR_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GENDER_{i,t} + \beta_2 MSHARE_{i,t} + \beta_3 SPECIAL_{i,t} + \beta_4 CAPITAL_{i,t} + \beta_5 EFFECTIVE_{i,t} + \beta_6 DIVERSITY_{i,t} + \beta_7 EFFICIENT_{i,t} + \beta_8 INTEREST_{i,t} + \beta_9 EXCHANGE_{i,t} + \beta_{10} GDPG_{i,t} + \beta_{11} UNEMP_{i,t} + \beta_{12} INFLATION_{i,t} + \beta_{13} HPI_{i,t} + \beta_{14} RESERVERR_{i,t} + \beta_{15} STATE_{i,t} + \mu_{i,t} + u_{i,t} \quad (4)$$

Model 4:

$$ROA_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GENDER_{i,t} + \beta_2 MSHARE_{i,t} + \beta_3 SPECIAL_{i,t} + \beta_4 CAPITAL_{i,t} + \beta_5 EFFECTIVE_{i,t} + \beta_6 DIVERSITY_{i,t} + \beta_7 EFFICIENT_{i,t} + \beta_8 INTEREST_{i,t} + \beta_9 EXCHANGE_{i,t} + \beta_{10} GDPG_{i,t} + \beta_{11} UNEMP_{i,t} + \beta_{12} INFLATION_{i,t} + \beta_{13} HPI_{i,t} + \beta_{14} RESERVERR_{i,t} + \beta_{15} STATE_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

Model 5:

$$ROE_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GENDER_{i,t} + \beta_2 MSHARE_{i,t} + \beta_3 SPECIAL_{i,t} + \beta_4 CAPITAL_{i,t} + \beta_5 EFFECTIVE_{i,t} + \beta_6 DIVERSITY_{i,t} + \beta_7 EFFICIENT_{i,t} + \beta_8 INTEREST_{i,t} + \beta_9 EXCHANGE_{i,t} + \beta_{10} GDPG_{i,t} + \beta_{11} UNEMP_{i,t} + \beta_{12} INFLATION_{i,t} + \beta_{13} HPI_{i,t} + \beta_{14} RESERVERR_{i,t} + \beta_{15} STATE_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

4. UYGULAMA ve BULGULAR

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler ve Uygun Model Seçimi

Çalışmanın temel amacı, Türk bankacılık sektörünün 2003-2019 yıllarındaki 17 yıllık dönem için cinsiyet çeşitliliğinin takipteki krediler (NPL), loan loss provisions (LLP) ile ölçülen kredi riski, Z-skor ile ölçülen iflas riski ve aktif kârlılık (ROA), öz sermaye kârlılığı (ROE) üzerinden ölçülen kârlılık üzerindeki etkisini araştırmaktır.

Tablo 3'te çalışmada yer alan değişkenlerin 2003-2019 dönemine ait istatistikleri gösterilmektedir. NPL, LLP, ZSKOR, ROA ve ROE bağımsız değişkenleri; GENDER ise temel bağımsız değişkeni göstermektedir. Bunların yanı sıra bankalara özgü değişkenler, kontrol değişkenleri ve bankaların kamu bankası olması halinde 1 olarak kodlanan kukla değişken de kullanılmıştır.

Tablo 3. Değişkenler için tanımlayıcı istatistikler

Bağımlı Değişkenler	N	Ortalama	S. Sapma	Min.	Max.
NPL	357	6,875	3,787	0,009	28,385
LLP	357	1,145	0,887	0,068	6,745
L.ZSKOR	357	3,852	0,924	,0756	7,274
ROA	357	4,761	1,565	-13,542	6,413
ROE	357	59,247	18,582	-186,471	40,085
Bağımsız Değişken					
GENDER	357	52,03	292141,8	27,796	63,62
Bankaya Özel Değişkenler					
SPECIAL	357	4,761	5,252	0,038	20,896
CAPITAL	357	58,207	13,569	10,252	84,716
DIVERS	357	14,276	7,326	-17,378	36,477
EFFECTIVE	357	3,304	1,582	1,475	14,388
EFFICIENT	357	94,22	26,991	17,027	227,163
SHARE	357	4,762	5,252	0,038	20,896
Kontrol Değişkenleri					
INTEREST	357	14,226	5,575	7,789	25,774
EXCHANGE	357	2,332	1,301	1,292	5,640
INFLATION	357	9,468	3,241	6,16	21,15
UNEMP	357	10,378	1,860	8,45	14,2
GDPG	357	5,475	3,909	-4,704	11,113
HPI	357	224,068	102,272	101,3	428,5
RESERVERR	357	3,138	2,108	1,686	9,5
STATE	357	0,144	0,353	0	1

Not: Tablo 2, regresyonlarda kullanılan değişkenler için tanımlayıcı istatistikleri göstermektedir. Örnek külenin tamamı, 2003 ile 2019 yıllarındaki 357 gözlemi içermektedir. Veriler Türkiye Bankalar Birliği (<https://verisistemi.tbb.org.tr/>) ve Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (<https://www.bddk.org.tr/>) veri sisteminden elde edilmiştir. Değişkenler Tablo 2'de açıklanmıştır.

Modeller için yapılan F testine göre birim etkinin olduğu sonucuna ulaşılmasıyla birlikte doğru modelin tespit edilebilmesi için söz konusu birim etkinin sabit mi yoksa tesadüfi mi olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda her iki model için de Hausman (1978) Testi uygulanmıştır.

Hausman (1978) testi, sabit ve tesadüfi etkiler modeli arasında seçim yapılması gerektiğinde optimal modelin hangisi olduğuna karar verilmesinde kullanılır. Söz konusu testin temel hipotezi "Açıklayıcı

değişkenler ve birim (zaman) etki arasında korelasyon yoktur.” şeklinde kurulurken, alternatif hipotezi ise “Açıklayıcı değişkenler ile birim (zaman) etki korelasyonludur” şeklinde kurulur. H_0 hipotezinin reddedilemediği durumda, sabit etkili modelin ve tesadüfi etkiler modelinin parametre tahmincileri arasındaki farkın çok az olacağı ve her iki tahmincinin de tutarlı olduğu ancak tesadüfi etkiler tahmincisinin daha etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. H_0 hipotezinin reddedildiği durumda ise parametre tahmincileri arasındaki farkın büyük olacağı ve tesadüfi etkiler tahmincisinin sabit etkiler tahmincisine göre tutarsız olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Tatoğlu, 2018: 187).

Tablo 4. Model seçimi ve model test spesifikasyonlarının özeti

	<i>F Testi</i>		<i>Hausman Testi</i>		<i>Seçilen Model</i> Otokorelasyon <i>Testi</i>	<i>Spesifikasyon Testleri</i>	
	<i>Katsayı</i>	<i>P</i>	<i>Katsayı</i>	<i>P</i>		<i>Peseran CD</i>	<i>Wald Testi</i>
Model 1 Tesadüfi Etkiler	6,34	(0,000)*	7,97	(0,240)*	Durbin- Watson Baltagi- Wu LBI	0,524 0,891	13,534 (0,000*) 111,47 (0,000*)
Model 2 Sabit Etkiler	6,20	(0,000)*	58,20	(0,000)*	Durbin- Watson Baltagi- Wu LBI	0,928 1,103	15,639 (0,000*) 96,74 (0,000*)
Model 3 Tesadüfi Etkiler	1,95	(0,009)*	2,83	(0,830)*	Durbin- Watson Baltagi- Wu LBI	1,365 1,421	3,254 Prob:(0,001*) 5,48 (0,009*)
Model 4 Sabit Etkiler	10,78	(0,000)*	27,66	(0,001)*	Durbin- Watson Baltagi- Wu LBI	0,902 1,310	12,161 (0,000*) 274,51 (0,000*)
Model 5 Sabit Etkiler	7,43	(0,000)*	14,18	(0,028)*	Durbin- Watson Baltagi- Wu LBI	0,966 1,487	11,010 (0,000*) 120,94 (0,000*)

Not: Olasılık değerleri parantez içinde yer almaktadır. *, 0,05'ten küçük anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 4'te belirtilen Hausman (1978) Test sonuçları incelendiğinde; Model 1 (NPL), MODEL 2 (ZSKOR) modelinde H_0 hipotezinin %5 anlamlılık düzeyinde (Prob>0,050) reddedilemediği ve birim etki ile açıklayıcı değişkenler arasında korelasyon olmadığı görülmektedir. Ancak Model 3 (LLP), Model 4 (ROA) ve Model 5'te (ROE) H_0 hipotezinin %5 anlamlılık düzeyinde (Prob<0,050) reddedildiği ve birim etki ile açıklayıcı değişkenler arasında korelasyon olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuçlar, Model 1 ve 3'ün rassal (tesadüfi) etkiler Model 2, 4 ve 5'in ise sabit etkiler modeline uygun olduğunu göstermektedir. Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın Durbin-Watson ve Baltagi-Wu yerel en iyi değişmez testine (1982) göre modellerde otokorelasyon sorunu olduğu belirlenmiştir.

Modellerdeki birimler arası korelasyonun (yatay kesit bağımlılık) var olup olmadığını belirlemek amacıyla da yapılan Pesaran (2004) testine göre “yatay kesit bağımlılığı yoktur” biçiminde ifade edilen H_0 hipotezi %1 önem düzeyinde reddedilmiş ($P<0,01$) ve modellerde birimler arası korelasyonun olduğu tespit edilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde tesadüfi etkiler modelinde her bir model için yapılan Wald Testine göre H_0 hipotezi reddedilmiş ve modellerde değişen varyans (Heteroskedasite) problemi olduğu anlaşılmıştır.

4.2. Bulgular

Yapılan model seçimi ve varsayım test sonuçlarına göre modellerin tahmin edilmesinde dirençli standart hatalara dayanan Arellano, Froot ve Rogers Tahmincisi kullanılmıştır. Tahmin sonuçları Tablo 5'te raporlanmıştır. Buna göre Model 1 sonuçları; Hipotez 1 ile uyumlu olarak, bankalarda cinsiyet çeşitliliğinin bankaların takipteki kredileriyle negatif ve önemli ölçüde ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bankaların cinsiyet çeşitliliği göstergesi olarak kullanılan kadın çalışan sayısı oranı arttıkça bankaların takipteki kredileri güçlü şekilde azalmaktadır ($\beta_1 < 0$). Kadın çalışan oranında ortaya çıkan bir birimlik artış, toplam kredilerin içindeki takipteki kredilerin payını 3,722 (z value= -2,45) azaltmaktadır. Bu sonuç, yüksek kadın çalışan oranına sahip bankaların, kredi kullanırken düşük kadın çalışan oranına sahip bankalardan daha seçici ve ihtiyatlı bir kredilendirme politikası izlediklerini göstermektedir. Bu sonuçlar kadın personelin yönetim kurullarında olduğu gibi personel toplamı içerisindeki ağırlığının artmasıyla bankaların takibe düşen kredilerini azaltacağını göstermektedir. Bu sonuçlar, literatürde kadınların hassas

ve riske karşı daha duyarlı olduğunu gösteren çalışmaları desteklemektedir (Gulamhussen ve Santa, 2015; Kinateder ve diğerleri, 2021).

Model 1'e göre bankaların borç vermede uzmanlaşması (SPECIAL), mevduatın krediye dönüşüm oranı (EFFICIENT) ve piyasa faiz oranları (INTEREST) takipteki alacakları negatif ve anlamlı olarak etkilemektedir. Bu değişken değerleri artarken bankaların takipteki kredi oranları azalmaktadır. Bu sonuçlar bankaların kredilendirme işlevini yerine getirebildikçe yani aktiflerini ve topladığı mevduatı krediye dönüştürdükçe daha az risk düzeyine sahip olduğunu göstermektedir. Literatürde benzer sonuçlara ulaşan çalışmalar da vardır (Ayaydın ve diğerleri, 2021; Kosmidou ve diğerleri, 2007; Pilatin, 2022).

Aksine literatürde bazı çalışmalarda tam tersi sonuçlara ulaşılmıştır (Festic ve Repina, 2011; Messai ve Jouini, 2013). Sonuçlar Türkiye'de konvansiyonel bankaların kredi vermede uzmanlaştıkça takipteki alacakların artmasına sebep olan riskli müşterileri ve kredileri daha iyi tespit ve takip edebilecekleri anlamına gelmektedir. SPECIAL ve EFFICIENT değişkeninin takipteki kredileri negatif etkilemesi Türkiye'ye özgü nedenlerle açıklanabilir. Önceki yıllarda Türkiye'de aktiflerin ve mevduatın krediye dönüşüm oranı düşüktü. 2003-2005 yıllarında %45 olan toplam kredi/toplam aktif (SPECIAL) oranının son üç yıldaki ortalamasının %70'e yaklaşmış olması bu durumu teyit eder niteliktedir. Bu oranın düşük olması bankalar açısından daha yüksek saklama maliyetleri ve daha düşük kârlılık gibi sonuçlara da neden olmaktadır (Staikouras ve diğerleri, 2008). Yıllar itibarıyla bankaların toplam mevduatının ve aktiflerinin kredilere plase edilme oranı yani verimlilikleri arttıkça bu artışa kıyasla takipteki kredi oranları daha az artmakta ve böylece kredi riskinde azalma eğilimi ortaya çıkmaktadır. 2001 krizinden sonra yapılan yapısal düzenlemeler ve reformların bu olumlu gelişmelerin ortaya çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

GSYİH büyümesi ekonominin dinamiklerinin iyi çalıştığı bir göstergesidir. Dolayısıyla GSYİH büyümesinin kredi talebini ve kredi geri ödemelerini pozitif etkilemesi beklenir (Boadi ve Osarfo, 2019). Bu çalışmada Model 1 ve 2'deki sonuçlar artan GSYİH büyümesinin bankaların kredi riskini anlamlı olarak azalttığını göstermektedir. Bu noktada piyasa faiz oranlarının artması bankaların takipteki kredi oranlarını azaltmaktadır. Bu durum artan finansman maliyetleri sonucu finansmana erişimin sınırlandırılması ile ilişkilendirilebilir. Model 4 ve 5 sonuçları faiz oranları artarken bankaların kârlılığının da arttığını göstermektedir. Her iki sonuç Türkiye için yapılan benzer çalışmaları desteklenmektedir (Pilatin ve Ayaydın, 2022). Türkiye'de faiz oranlarının artması hem risk bakımından hem de kârlılık bakımından bankaları pozitif olarak etkilemektedir.

Ayrıca sonuçlar, enflasyon (INFLATION) ve işsizlik (UNEMP) ile takipteki alacakların pozitif ve anlamlı olarak ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu değişken değerleri arttıkça bankaların takibe düşen kredileri de artmaktadır. Bu sonuçlar Staikouras ve Wood (2003)'un enflasyonun bankaların performansı üzerinde doğrudan ve dolaylı bir etkisinin olabileceğini belirttiği çalışmasının sonuçlarını desteklemektedir. Ayrıca takipteki krediler ile kamu bankaları (STATE) arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Buradan kamu bankalarının özel bankalara kıyasla daha yüksek takipteki kredilere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Diğer değişkenler ile takipteki alacaklar arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Model 2 sonuçları; Hipotez 2 ile uyumlu olarak, cinsiyet çeşitliliğinin bankaların kredi zarar karşılıkları ile negatif ve önemli ölçüde ilişkili olduğunu göstermektedir. Bankalardaki kadın personel oranı arttıkça bankaların kredi zarar karşılıkları güçlü şekilde azalmaktadır ($\beta_1 < 0$). Kadın personel oranında ortaya çıkan bir birimlik artış, kredi zarar karşılıklarında 4,110'luk (z value=-5,21) bir azalmaya neden olmaktadır. Genel olarak Model 2'deki sonuçlar Model 1'deki sonuçları destekler niteliktedir. Bu durum, yüksek kadın personel oranına sahip bankaların kredi tahsisi sürecinde daha seçici ve ihtiyatlı bir kredilendirme politikası izlemelerinin sonucu olarak daha az bir kredi zarar karşılığı ayırmak durumunda kaldıkları şeklinde yorumlanabilir. Bu sonuçlar kadınları hassas ve riske karşı duyarlı olarak gören cinsiyet farklılıkları teorisini ve literatüre dayanarak yapılan çalışmaları desteklemektedir (Velte, 2017; Sims ve Morris, 2018).

Model 2 bankaların faaliyet etkinliği (EFFECTIVE) ile kredi zarar karşılıkları arasında pozitif ve anlamlı olarak ilişki olduğunu göstermektedir. Faiz dışı gider oranı arttıkça kredi karşılıkları da artış eğilimi göstermektedir. Piyasa faiz oranları (INTEREST) ve büyüme (GPDG) ile bankaların kredi zarar karşılıkları negatif ve anlamlı olarak ilişkilidir. Bu değişkenler yükselirken bankanın kredi zarar karşılıkları azalmaktadır. Ayrıca banka mevduatının krediye dönüşüm oranını yani verimliliklerini gösteren (EFFICIENT) ile NPL, LLP arasında negatif ve anlamlı bir ilişki vardır. Yani bankalar daha verimli çalışarak topladıkları mevduatı krediye çevirdikçe kredi riskleri azalmaktadır.

Tablo 5. Arellano, Froot ve Rogers tahminci sonuçları

Değişkenler	Modeller				
	Model 1 NPL	Model 2 LLP	Model 3 ZSKOR	Model 4 ROA	Model 5 ROE
GENDER	-3,722*** [-2,45]	-4,110* [-1,68]	-0,026 [-0,71]	-1,732*** [-5,11]	-1,795*** [-4,02]
SHARE	-0,064 [-0,83]	-0,024 [-0,46]	0,242 [0,21]	0,001 [0,01]	0,646 [0,57]
SPECIAL	-0,065* [-1,60]	-0,001 [-0,16]	0,853* [1,76]	0,016 [1,31]	0,077 [0,43]
CAPITAL	-0,018 [-0,15]	-0,030 [-1,42]	7,940** [2,20]	0,245*** [3,66]	2,499** [2,49]
EFFECTIVE	0,340 [0,97]	0,298** [2,77]	-3,056 [-0,47]	-0,952*** [-8,26]	-10,492*** [-4,14]
DIVERS	0,002 [0,08]	0,009 [1,61]	-0,753 [-0,87]	0,053*** [4,34]	0,608*** [3,43]
EFFICIENT	-0,024** [-2,42]	-0,005** [-2,09]	0,022 [0,06]	0,007* [1,80]	0,096* [1,72]
INFLATION	0,106* [1,55]	0,011 [0,91]	0,075 [0,30]	0,005 [0,27]	0,171 [0,50]
INTEREST	-0,163*** [-3,18]	-0,035** [-2,66]	0,596 [0,30]	0,051** [2,36]	0,836** [2,16]
GPDG	-0,060* [-1,30]	-0,065*** [-6,19]	-1,421 [-0,47]	-0,020** [-2,30]	-0,247* [-1,73]
UNEMP	0,400*** [2,53]	-0,031 [-0,90]	6,453 [1,09]	0,042 [0,74]	0,629 [0,82]
EXCHANGE	-0,179 [-1,17]	0,117 [0,59]	-22,954 [-0,58]	1,102** [2,56]	8,775* [1,68]
REZERVERR	-0,190 [-0,86]	-0,102* [-1,72]	-11,39 [-0,89]	-0,353** [-2,12]	-4,350* [-1,86]
HPI	0,003 [0,68]	0,001 [0,73]	0,405 [1,13]	-0,012*** [-3,49]	-0,088* [-1,80]
STATE	0,534 [1,94]	0,142* [0,19]	0,206 [0,29]	-0,684* [-0,22]	-0,847* [-0,68]
Sabit terim	11,570* [1,46]	3,642** [2,70]	-15,145 [-0,12]	-0,525* [-0,80]	-37,439 [-0,96]
Etki	Tesadüfi	Sabit	Tesadüfi	Sabit	Sabit
R ²	0,55	0,52	0,61	0,68	0,60
Gözlem Sayısı	357	357	357	357	357
Wald chi ²	12897,31		6169,51		
Olasılık (p)	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Not: ***, ** ve * sırasıyla 0.01, 0.05 ve 0.10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Köşeli parantez içindeki değerler tesadüfi model için z değerini, sabit etkiler model için t değerini göstermektedir.

Model 3 sonuçlarına göre; kadın personel oranı ile bankaların Z-Skor oranları arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Türkiye'deki bankaların sermaye rasyolarının güçlü olması ve dolayısıyla da Z-Skor oranlarının iflas riskinin ortaya çıkma ihtimalinin olduğu tavsiye edilen oran olan 1.8'den (Aksoy ve Donduran, 2020; Li ve diğerleri, 2017) yüksek olması ilişkiyi anlamsız kılmış olabileceği değerlendirilmektedir. SPECIAL ve CAPITAL değişkenleri ile Z-Skor arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki varken diğer değişkenlerle arasında herhangi bir ilişkiye rastlanılmamıştır.

Model 4 ve 5 sonuçları, Hipotez 4 ve 5'in aksine kadın personel oranı ile ROA ve ROE arasında negatif ve anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Yani kadın personel oranı artarken aktif kârlılık ve öz sermaye kârlılığı azalmaktadır. Bu durum bankaların kârlılıklarının artış hızını yavaşlatmaktadır. Bu etki DUMMY değişken ile test edilen kamu bankalarında daha ön plana çıkmaktadır. Model 1 ve 2 sonuçlarıyla beraber ele alındığında artan kadın personel oranı önce risk düzeyini azaltmakta ardından fazla ihtiyatlı ve tutucu davranış eğilimleri nedeniyle kârlılıkları da azaltıcı bir sonuç ortaya çıkmaktadır.

Kadın personelin bankalar açısından etkilerini daha net ortaya çıkarmak açısından aktif büyüklük ve kadın çalışan oranı bakımından bankalar iki gruba ayrılarak duyarlılık testleri yapılmıştır.

Ayrıca sonuçlar kadın personel oranı ile bankaların öz sermaye oranı (CAP), banka mevduatının krediye dönüşüm oranı (EFFICIENT), gelir çeşitlendirmesi (DIVERS), piyasa faiz oranları (INTEREST) ve döviz kuru (EXCHANGE) değişkenleri ile pozitif ve anlamlı olarak ilişkili olduğunu göstermektedir. Gelişmekte olan bir ülke olan Türkiye’de bu değişkenler artarken bankaların kârlılıkları da artmaktadır.

Sonuçlar kadın personel oranının bankaların faaliyet etkinliği (EFFECTIVE), gari safi yurt içi hasıla büyümesi (GPDG), zorunlu karşılıklar (RESERVE) ve konut fiyat endeksi (HPI) ile negatif ve anlamlı bir ilişkilinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca banka mevduatının krediye dönüşüm oranını yani verimliliklerini gösteren (EFFICIENT) ile kârlılık göstergeleri ROA ve ROE arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır. Yani bankalar daha verimli çalışarak topladıkları mevduatı krediye çevirdikçe kârlılıkları anlamlı şekilde artmaktadır.

Büyümenin kredi talebini (Goddard ve diğerleri, 2004) ve kârlılığı (Işık ve diğerleri, 2017) etkilediği yönünde kanıtlar olmasına rağmen Model 3 ve 4’e göre Türkiye’de kârlılığı azalttığına dair sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar (Samırkaş ve diğerleri, 2014) çalışmasını desteklemektedir. Son yıllarda bankacılık sektöründe yapılan yapısal reformlar ve artan rekabet eskiye göre bankaların daha düşük kârlılık oranlarında kalmasına sebep olmuş olabilir.

4.3. Duyarlılık Testleri

ABD’de banka ve holding şirketine ilişkin verilerle yapılan çalışmada, bankaların yönetim kurullarında cinsiyet çeşitliliği ile finansal performans arasında doğrusal olmayan U şeklinde bir ilişki olduğuna dair sonuçlar elde edilmiştir. Bankaların cinsiyet çeşitliliği belli bir eşik düzeyine ulaşana kadar kadın katılımı olumlu bir etkiye sahiptir. Ayrıca, bu olumlu etki sadece daha iyi sermayeli bankalarda görülmektedir. Fakat eşik düzeyinin ardından artan kadın personel oranı banka performansını olumsuz olarak etkilemeye başlamaktadır (Owen ve Temesvary, 2018). Bu çalışmada ise aktif büyüklük bakımından bankalar ikiye ayrılarak sonuçlar test edilmiştir. Ayrıca ikiye ayrılan ve sektör içerisindeki aktif büyüklüğü %9’dan büyük olan bankaların çoğunluğunun kadın çalışan oranları yıllar itibarıyla %50’den düşükken aktif büyüklüğü %9’dan küçük olan bankaların çoğunluğunun kadın çalışan oranı %50’den büyüktür.

Araştırma hipotezlerinin geçerliliği kredi riski, iflas riski ve kârlılık değişkenleri üzerinden test edilmiştir. Aktif büyüklüğüne göre sektör içindeki payı %9’un üzerinde olan 7 banka, sektör içindeki payı %9’un altında olan 14 banka ikiye ayrılarak tekrar test edilmiştir. Buradaki amaç veri setini aktif büyüklük ve duyarlılık testleri açısından doğru sonuçlar vermesini sağlayacak iki gruba ayırmaktır. Cinsiyet çeşitliliği ile ilişkili olan fakat ihmal edilen değişkenler nedeniyle cinsiyet çeşitliliğinin içselliğinden etkilendiğine dair potansiyel bir endişeyi azaltmak için alternatif bir yöntem olarak duyarlılık testleri yapılmıştır.

Bankaların aktif büyüklüğü %9 ve üzerinde olan 7 banka ile aktif büyüklüğü %9’dan küçük olan 14 banka, aynı modeller üzerinden yeniden ayrı ayrı analize tabi tutulmuştur. Tablo 6’da aktif büyüklüğü %9’un üzerinde olan bankalarla ilgili duyarlılık test sonuçları gösterilmektedir.

Modellere uygulanan duyarlılık test sonuçları, H1, H2, H4 ve H5 ile ilgili anlamlı ve hipotezleri destekleyen sonuçlar vermektedir. Sonuçlara göre H3 desteklenmemektedir. Buna göre, aktif büyüklüğü %9’dan büyük olan bankalarda cinsiyet çeşitliliği kredi riski göstergeleri olan NPL ve LLP’yi anlamlı olarak azaltıcı etkide bulunmaktadır. Bankaların kadın personel oranı arttıkça kredi riskleri azalmaktadır ($\beta_1 > 0$). Kadın çalışan oranında ortaya çıkan bir birimlik artış, NPL’de 0,219’luk (z değeri= -1,11) bir azalışa sebep olurken LLP’de 0,059’luk (z değeri= -1,20) bir azalışa sebep olmaktadır. Ayrıca cinsiyet çeşitliliğinin kârlılık göstergeleri olan ROA ve ROE’yi pozitif ve anlamlı olarak artırdığı belirlenmiştir. Bankaların kadın personel oranı arttıkça bankaların kârlılıkları artmaktadır ($\beta_1 > 0$). Kadın çalışan oranında ortaya çıkan bir birimlik artış, aktif kârlılıkta 0,018’lik (z değeri= 1,58) bir artışa sebep olurken öz sermaye kârlılığında 0,393’lük (z value= 3,23) bir artışa sebep olmaktadır.

Tablo 6. Aktiflerin payı %9'dan büyük bankalarda cinsiyet çeşitliliğinin etkisi

Panel A Değişkenler	Modeller				
	Model 1 NPL	Model 2 LLP	Model 3 ZSKOR	Model 4 ROA	Model 5 ROE
GENDER	-0,219*	-0,059*	-2,038	0,018*	0,393***
	[-1,11]	[-1,20]	[-1,50]	[1,58]	[3,23]
SHARE	-0,365*	0,027	0,425	0,045	0,657*
	[-1,99]	[0,69]	[0,19]	[1,14]	[1,61]
SPECIAL	-0,507*	-0,004	-0,426	0,044**	0,644**
	[-2,04]	[-0,22]	[-0,32]	[2,08]	[2,09]
CAPITAL	0,036	0,064*	8,188**	0,039	-0,734*
	[0,23]	[2,04]	[2,47]	[0,87]	[-1,85]
EFFECTIVE	0,514**	0,520***	2,004	-1,221***	-16,628***
	[3,20]	[17,80]	[0,58]	[-16,20]	[-14,85]
DIVERS	-0,136	0,017***	0,778	0,046	0,493
	[-1,58]	[1,20]	[0,57]	[1,08]	[1,11]
EFFICIENT	0,138	-0,008	0,304	-0,017	-0,284*
	[1,52]	[-0,93]	[0,26]	[-1,19]	[-1,68]
INFLATION	-0,094	0,015	-2,385	0,001	-0,278*
	[-1,61]	[1,49]	[-1,17]	[0,07]	[-1,68]
INTEREST	-0,001	-0,018	3,439**	0,047***	0,914***
	[-0,01]	[-0,96]	[2,52]	[2,75]	[2,88]
GPDG	0,118	-0,037***	3,298**	-0,023	-0,182
	[1,14]	[-4,84]	[2,10]	[-1,03]	[-0,72]
UNEMP	0,386*	-0,008	5,486	0,097	1,351**
	[1,94]	[-0,16]	[0,74]	[1,43]	[2,01]
EXCHANGE	0,011	0,072	-84,361	0,766	8,932
	[0,01]	[0,46]	[-2,60]	[1,53]	[1,60]
REZERVERR	-0,304*	0,072	11,087	0,766	-3,909**
	[-1,62]	[0,46]	[0,75]	[1,53]	[-1,97]
HPI	-0,010**	0,072	-0,043	-0,010**	-0,109**
	[-2,52]	[0,46]	[-0,31]	[-2,52]	[-2,41]
STATE	2,027**	0,526*	0,112	2,027**	8,082*
	[2,28]	[3,91]	[0,43]	[2,28]	[3,07]
Sabit Terim	-16,813	-3,684*	3,252**	1,989*	11,152
	[-1,39]	[-1,49]	[2,29]	[1,71]	[0,81]
Etki	Tesadüfi	Sabit	Tesadüfi	Sabit	Sabit
R ²	0,68	0,74	0,36	0,85	0,87
Gözlem Sayısı	112	112	112	112	112
Wald chi ²	133,84		123,45		
Olasılık (p)	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Not: ***,** ve * sırasıyla 0.01, 0.05 ve 0.10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. [] parantez içindeki değerler tesadüfi model için z değerini, sabit model için t değerini göstermektedir.

Bankaların aktif büyüklük bakımından piyasa payı %9'dan daha düşük olan 14 banka verisi analiz edilmiştir. Test sonuçları Tablo 7'de gösterilmektedir. Aktif büyüklüğü %9'un altında olan banka örneklemini analiz sonuçlarının sunulduğu Tablo 6'ya göre, cinsiyet çeşitliliğinin bankaların takipteki kredileriyle (NPL), kredi zarar karşılıkları (LLP) ve iflas riskiyle (ZSKOR) ilişkili olmadığı anlaşılmıştır. Fakat bankaların cinsiyet çeşitliliği göstergesi olarak kullanılan kadın personel oranı arttıkça bankaların kârlılıkları anlamlı olarak azalmaktadır ($\beta_1 < 0$). Kadın personel oranında ortaya çıkan bir birimlik artış, aktif kârlılıkta 1,483'lük (z value=-4,19) bir azalmaya neden olurken öz sermaye kârlılığında 1,326'lık (z value=-2,65) bir azalmaya sebep olmaktadır.

Tablo 7. Aktiflerin payı %9'dan küçük bankalarda cinsiyet çeşitliliğinin etkisi

Panel B Değişkenler	Modeller				
	Model 1 NPL	Model 2 LLP	Model 3 ZSKOR	Model 4 ROA	Model 5 ROE
GENDER	-3,352 [-0,34]	-3,402 [-0,02]	-4,425 [-1,40]	-1,483*** [-4,19]	-1,326*** [-2,65]
SHARE	0,245 [1,26]	0,031 [0,23]	-1,290 [-0,19]	0,177 [1,46]	2,892** [2,10]
SPECIAL	-0,041* [-1,80]	0,001 [0,17]	0,940 [1,61]	0,010 [0,79]	0,011 [0,08]
CAPITAL	-0,156 [-1,14]	-0,042 [-1,60]	7,351** [2,13]	0,294*** [3,11]	2,633* [1,94]
EFFECTIVE	0,651 [1,26]	0,234* [2,07]	-4,114 [-0,48]	-0,806*** [-4,00]	-6,879*** [-2,70]
DIVERS	0,038* [1,94]	0,015** [2,37]	-0,439 [-0,41]	0,041*** [2,63]	0,409* [1,93]
EFFICIENT	-0,020*** [-3,62]	-0,004 [-1,68]	0,182 [0,36]	0,009*** [2,89]	0,095** [2,07]
INFLATION	0,231*** [2,59]	0,008 [0,45]	1,099 [0,31]	-0,020 [-0,80]	0,167 [0,52]
INTEREST	-0,282*** [-3,94]	-0,025* [-2,10]	0,228 [0,08]	0,055* [2,41]	0,560** [2,14]
GPDG	-0,142*** [-4,13]	-0,082*** [-5,37]	-4,203 [-0,92]	-0,009 [-0,92]	-0,162 [-1,27]
UNEMP	0,489** [2,40]	-0,015 [-0,25]	7,994 [0,93]	-0,038 [-0,58]	-0,666 [-0,79]
EXCHANGE	-1,211 [-0,96]	0,153 [0,46]	2,005 [0,04]	1,416*** [2,69]	12,058** [1,98]
RESERVER	0,182* [0,43]	-0,133 [-1,34]	-21,18 [-1,27]	-0,445* [-1,92]	-5,398* [-1,60]
HPI	0,005 [0,91]	0,001 [0,50]	0,213 [0,43]	-0,012*** [-3,34]	-0,087** [-2,01]
Sabit Terim	5,791* [1,82]	1,52 [1,58]	-25,542 [-1,16]	-0,829 [-0,56]	-9,316 [-0,46]
Etki	Tesadüfi	Sabit	Tesadüfi	Sabit	Sabit
R ²	0,37	0,38	0,23	0,46	0,38
Gözlem Sayısı	224	224	224	224	224
Wald chi ²	178,74		356,44		
Olasılık (p)	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Not: ***,** ve * sırasıyla 0.01, 0.05 ve 0.10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. []parantez içindeki değerler z değerini göstermektedir. Bu bankaların hepsi özel bankalardan oluşmaktadır.

Duyarlılık testleri farklı büyüklükteki bankaların kredi riski bakımından kadın personel oranı arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir. Aktif büyüklük bakımından piyasa payı %9'dan büyük olan 7 bankanın kadın personel oranı arttıkça kârlılıkları artarken piyasa payı %9'dan küçük olan 14 bankanın kadın çalışan oranı arttıkça kârlılıkları azalma eğilimi içerisine girmektedir. Tüm sonuçlar düşünüldüğünde piyasa payı %9'dan büyük olan bankaların kadın personel oranının piyasa payı %9'dan küçük olan bankalara göre daha düşük olması bu sonucun ortaya çıkmasının sebebi olabilir. Bu sonuçlar cinsiyet çeşitliliği ile finansal performans arasında doğrusal olmayan U şeklinde bir ilişki olduğu yönünde kanıtlar sunan Owen ve Temesvary (2018) çalışmasını desteklemektedir. Bu durumun, kadın personellerin risk düzeyi yüksek olmayan bazı müşterilere bile aşırı ihtiyatlı tutum sebebiyle kredi kullanılmaması sebebiye ortaya çıktığı söylenebilir. Dolayısıyla sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde bankaların cinsiyet çeşitlilik oranı belirli %50 gibi bir eşik düzeyine ulaşana kadar olumlu bir etkiye sahipken eşik düzeyinin üzerine çıktıkça artık kârlılıkları azaltan bir etki ortaya çıkardığı söylenebilir. Son olarak risk ve kârlılık açısından piyasa payı %9'dan küçük olan bankaların daha verimli oldukları anlaşılmaktadır.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Ekonomilerin ve finansal sektörün en önemli dinamiklerinden olan bankacılık sektöründeki sıkıntı ve krizler hızlı bulaşıcılık özellikleri sebebiyle diğer sektörler etki etmektedir. Banka krizlerinin sebebi olan yönetim aksaklıkları, banka başarısızlıkları ve aşırı risk alma eğilimlerini önleyebilme bu makalenin temel odak noktasını oluşturmaktadır. Çalışmada bankaların aşırı risk almasının azaltılmasında ve finansal performansın artırılmasında bankalardaki cinsiyet çeşitliliğinin rolü literatürde yapılmamış şekliyle incelenmektedir.

Cinsiyet çeşitliliği bankaların kredi riskini, iflas riskini ve dolayısıyla da banka kârlılığını etkileyen önemli bir faktör olabilir. Çalışanlar bankanın kredi politikasının ve üst yönetimin kararlarının temel uygulayıcısı olarak bankaların çıkarlarını dengeler ve izleme rollerinin verimli bir şekilde yerine getirilmesini sağlarlar (Fama ve Jensen, 1983). Buradan hareketle, cinsiyet çeşitliliğinin bankacılık işlemlerinde fırsatçı davranışlara yol açan temsilci maliyetlerini (Principal – Agent Theory) ve ahlaki tehlike sorununu (Moral Hazard Theory) ne ölçüde sınırladığına odaklanılarak, bankaların kredi riski, iflas riski ve kârlılıkları üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Çünkü çalışanlar daha yüksek prim ve gelir elde etmek için riskli müşterilere daha fazla kredi verebilmektedirler. Geliştirilen hipotezlerle tutarlı olarak, daha yüksek kadın personel oranına sahip bankaların, düşük kadın personel oranına sahip bankalara göre daha düşük bir kredi riskine ve iflas riskine maruz kalması beklenmektedir (Gulamhussen ve Santa, 2015; Owen ve Temesvary, 2018).

Bu çalışmanın temel amacı, gelişen bir ülke olan Türkiye’de cinsiyet çeşitliliğinin bankaların kredi riski, iflas riski ve kârlılık ile herhangi bir ilişkisinin olup olmadığını ve bu ilişkinin yönünü belirlemektir. Çalışma, 2003-2019 dönemini kapsayan 17 yıllık süre boyunca verisi bulunan Türkiye’deki kamu sermayeli, özel sermayeli ve yabancı sermayeli 21 mevduat bankasının verileri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan örneklem Türk mevduat bankacılık sisteminin aktif büyüklüğünün %98’ini, çalışan sayısının ise %99’unu kapsamaktadır. Çalışma konusu olan bankacılık sektörü, eğitilmiş ve en yüksek kadın istihdam oranına sahip sektörler arasındadır. Ayrıca çalışmanın, bankaların genel kadın personel oranını baz alan ilk ve en kapsamlı çalışmalardan olması önemini artırmaktadır.

Bu çalışma bulguları, bankacılık sektörüyle ilgili az sayıda yapılmış olan (Bertay ve Şınar, 2020; Alhan ve Yüksel, 2018) ve kadın personelin işletmelerin performanslarını etkileyip etkilemediğine dair önceki çalışmalardaki net olmayan sonuçları (Berger ve diğerleri, 2014; Charness ve Gneezy, 2012; Croson ve Gneezy, 2009; Farag ve Mallin, 2017) açıklamaya katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Önceki araştırmalar, risk almaya çok az vurgu yaparak, bankaların yönetim kurulu cinsiyet çeşitliliğinin kurumsal sonuçları etkileyip etkilemediğini incelemektedir. 2008 küresel finans krizi, aşırı risk alma tarafından tetiklenen temsilci maliyetleri (Principal – Agent Theory) ve ahlaki tehlike sorunu (Moral Hazard Theory) sebebiyle ortaya çıkmıştı. Bu sebeple, bu makale bankacılıkta etkili olan tetikleyici faktörleri anlamak ve potansiyel krizleri önleyebilmek açısından oldukça önemlidir. Araştırma, literatürde sadece yönetim kurulu üyelerinin cinsiyet çeşitliliğine dayalı yapılan araştırmalardaki metodolojik sorunları gidermesi ve literatürdeki boşluğu doldurması üzerine kurgulanmıştır. Politika yapımcıların perspektifinden bakıldığında, bu çalışmanın cinsiyet çeşitliliği yoluyla kurumsal yönetim uygulamalarını geliştirmeye yönelik düzenleyici tartışmalara ve girişimlere katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Türkiye’de 2019 yılı rakamlarına göre kadınların istihdam oranı %32,6 iken erkeklerin istihdam oranı %64,1’dir (TÜİK, 2020). 2019 yılı itibarıyla entelektüel sermaye seviyesi yüksek personele sahip bankacılık sektöründe ise ortalama kadın personel oranı %52 seviyesindedir (TBB, 2020). İşte bu noktada, önceki yıllara göre artan kadın personel oranının bankacılık sektörünün risk düzeyini, iflas riskini ve kârlılıklarını nasıl etkilediği sorusu önem kazanmaktadır.

Çalışmada takipteki krediler (NPL), kredi zarar karşılıkları (LLP), iflas riski (Z-Skor), aktif kârlılık oranı (ROA) ve öz sermaye kârlılık oranı (ROE) bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Bağımsız değişken olarak cinsiyet çeşitliliği değişkeni kullanılmıştır. Ampirik sonuçlara göre, cinsiyet çeşitliliği ile takipteki krediler arasında H1’i destekler nitelikte sonuçlar bulunmuştur. Buna göre cinsiyet çeşitliliği, bankaların takipteki kredileriyle (NPL) önemli ölçüde anlamlı ve negatif yönde ilişkilidir. Bankaların cinsiyet çeşitliliği seviyesi yükseldikçe kredilerin takibe düşme eğilimi azalmaktadır. Cinsiyet çeşitliliği ile kredi zarar karşılıkları (LLP) arasında H2’yi destekleyen sonuçlar bulunmuştur. Buna göre cinsiyet çeşitliliği, LLP ile önemli ölçüde anlamlı ve negatif yönde ilişkilidir. Bankaların cinsiyet çeşitliliği seviyesi yükseldikçe LLP azalmaktadır. Sonuçlar, cinsiyet çeşitliliği arttıkça bankaların kredilerinin takibe düşme ihtimallerinin daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, daha yüksek kadın personel oranına sahip bankaların kredilendirme noktasında daha tutucu ve ihtiyatlı bir strateji izlediklerini göstermekte ve bu yöndeki çalışma sonuçlarını desteklemektedir (Velte, 2017; Sims ve Morris, 2018).

Model sonuçlarına göre, cinsiyet çeşitliliği ile Z-Skor arasında H3'ü destekler sonuçlar bulunamamıştır. Genel panel sonuçları, cinsiyet çeşitliliği ile banka kârlılık göstergeleri olan ROA ve ROE arasında negatif bir ilişki olduğunu gösterdiği için H4 ve H5 reddedilmiştir. Sonuçlar hipotezlerin aksine kadın personel oranı ile kârlılık göstergeleri olan ROA ve ROE arasında anlamlı ve negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Artan cinsiyet çeşitliliğinin kârlılıklar üzerinde azaltıcı etkide bulunduğunu gösteren bu ilginç sonuçlar duyarlılık analizleri ile test edilmiştir.

Panel A'da yer alan duyarlılık test sonuçları piyasa payı %9'dan büyük bankaların kredi riski ile kadın personel oranı arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu söylerken Panel B'deki sonuçlar piyasa payı %9'dan küçük bankaların kredi riski ile kadın personel oranı arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir.

Model 4 ve 5'e bakıldığında aktif büyüklük bakımından piyasa payı %9'dan büyük olan bankaların kadın personel oranı arttıkça kârlılıkları artarken piyasa payı %9'dan küçük olan bankaların kadın çalışan oranı arttıkça kârlılıkların azalma eğilimi içerisine girdiği anlaşılmaktadır. Piyasa payı %9'dan büyük olan bankaların kadın personel oranının piyasa payı %9'dan küçük olan bankalara göre daha düşük olması bu sonucun ortaya çıkmasının sebebi olabilir. Bu sonuçlar cinsiyet çeşitliliği ile finansal performans arasında ilişki olduğuna dair sonuçlar elde eden Owen ve Temesvary (2018) çalışmasını destekler niteliktedir. Yani bankalardaki kadın personel oranı belirli bir eşik seviyesine kadar kârlılıkları pozitif olarak etkilerken belirli bir eşikten sonra kadınların daha az risk alan ve ihtiyatlı tutumları sebebiyle kârlılıkları azaltan bir etki ortaya çıkarmaktadır.

Model sonuçları faiz dışı gider arttıkça (EFFECTIVE) banka kârlılıklarının azaldığını göstermektedir. Ayrıca tüm modellerde, Türkiye'de piyasa faiz oranlarındaki artışın bankaların sorunlu kredi oranlarını anlamlı olarak azaltırken, banka kârlılıklarını anlamlı olarak artırdığını göstermektedir. Bu çalışmanın önemli bir sonucu olarak görülebilir. Türkiye'de faiz oranlarındaki artış, bankaları hem risk hem de kârlılık açısından olumlu etkilemektedir. Ayrıca sonuçlar, Türkiye'de konvansiyonel bankaların kredi vermede uzmanlaştıkça (SPECIAL) takipteki alacakların artmasına sebep olan riskli müşterileri ve kredileri daha iyi tespit ve takip edebildiklerini göstermekte ve bu sonuçlar piyasa payları %9'dan büyük bankalarda daha ön plana çıkmaktadır.

Ek olarak bankaların mevduatının krediye dönüşüm oranını yani verimlilikleri (EFFICIENT) ile kredi riski göstergeleri olan NPL ve LLP arasında negatif ve anlamlı bir ilişki varken; kârlılık göstergeleri olan ROA ve ROE arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır. Yani bankalar daha verimli çalışarak topladıkları mevduatı krediye çevirdikçe kredi riskleri azalırken kârlılıkları anlamlı şekilde artmaktadır. Bu durum bankacılık sektörü açısından verimliliğin önemini göstermesi bakımından değerlidir. Özellikle 2008 küresel finans krizine kadar pek dikkate alınmayan takipteki kredilerin, 2008 küresel finans krizinin ardından bir erken uyarı sistemi gibi çalışarak olası finansal krizlerin tahminlemesinde kullanılabileceği düşünüldüğünde bunu önlemek için bankaların kredi tahsis sürecinde daha temkinli ve riskli kredileri azaltacak önlemler almasının önemi ön plana çıkmaktadır. Bunu sağlayabilmek için bu çalışma sonuçlarının da gösterdiği gibi kadın personel oranının belirli bir seviyeye kadar artırabileceği söylenebilir. Fakat belirli eşik seviyelerin üzerine çıkan kadın personel oranı bankalar açısından daha tutucu ve ihtiyatlı kredi tahsisine yol açtığından bankaların kârlılıklarının azalması sonucunu ortaya çıkarabilmektedir.

Bu çalışmanın bulguları, cinsiyet farklılıkları teorisini desteklemekle beraber Basel Komitesi'nin banka yönetim yapılarının güçlendirilmesine ve risk yönetimi uygulamalarının değerlendirilmesine ilişkin düzenleyici tartışmalarla katkı sağlayabilir. Ayrıca bulgular, politika yapıcılar, düzenleyici ve denetleyici kurum ve kuruluşlar, araştırma komisyonları, banka yöneticileri ve araştırmacılar için önemli bilgiler sunmaktadır. Banka yönetimleri banka politikasında, belirli düzeyde cinsiyet çeşitliliğini sağlama gibi şartlar uygulamaya koyabilirler. Bunun yanında politika yapıcılar ile düzenleyici ve denetleyici kurumlar bankalara belirli düzeyde, alanında uzman kadın personel istihdam etmeye dönük teşvik edici düzenlemeler getirebilir. 2020 yılında dünyayı etkisi altına alan ve küresel ekonomiyi olumsuz etkileyen Covid-19 pandemisinin ülke ekonomileri, finansal sistem ve bankacılık sistemi üzerindeki etkileri yeni yeni ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu dönemde ekonomiler üzerindeki olumsuz etkileri azaltmak ve ekonomik aktiviteyi canlandırmak amacıyla verilen düşük faizli krediler, kurtarma paketleri ve teşvikler özellikle gelişmekte olan ülkelerde kredilerin hızla büyümesi ve kredi kalitesinin bozulmasına sebep olmuştur. Bu durum dünyada özellikle de gelişmekte olan ülkelere bankacılık sektörü için yeni ve yıkıcı finansal krizlerin tetikleyicisi olabilir (Pilatin ve Ayaydın, 2022). Bu noktada bankalar bu riskleri azaltmak ya da daha kontrollü bir şekilde ortaya çıkmasını sağlamak adına cinsiyet çeşitliliği faktörünü destekleyici bir etken olarak ele alabilir.

Piyasa payı %9'dan büyük olan bankalar ile %9'dan küçük olan bankaların kadın personel oranları ve bunun risk ve kârlılıklara etkisi çalışma sonuçlarından anlaşılacağı üzere farklıdır. Sonraki çalışmalarda kadın personel oranının ne olması gerektiği ve hangi düzeyden sonra kârlılığı azaltıcı

sonuçların ortaya çıktığına kritik kütle teorisi çerçevesinde odaklanılabilir. Çalışmada cinsiyet çeşitlilik oranının ayırt edilmeden kullanılması, kadın personelin iş deneyimi, yaşı, eğitim seviyesi gibi özelliklerin yer almaması bu çalışmanın kısıtları arasında sayılabilir. Bundan sonra yapılacak çalışmalar, bu göstergeler ile kadın personelin nitelikleri de dikkate alınarak genişletilebilir. Çalışma BİST'te işlem gören bankalar üzerinde yapılabilir ve finansal performans göstergesi olarak hisse getirileri de eklenebilir. Ayrıca Covid-19 dönemindeki veriler kullanılarak cinsiyet çeşitliliğinin kredi riski ve banka kârlılıklarına etkisini ele alan yeni çalışmalar da yapılabilir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Abou-El-Sood, H. (2021). "Board Gender Diversity, Power and Bank Risk Taking," *International Review of Financial Analysis*, 75, 101733.
- Adams, R. ve Ferreira, D. (2004). "Gender Diversity in the Boardroom", European Corporate Governance Institute, Finance Working Paper, No. 57.
- Aksoy, T. ve Donduran, M. (2020). "Türk Bankacılığında Rekabet ve İstikrar," *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 57(651), 133-147.
- Alhan, Y. ve Yüksel, S. (2018). "Kadın Çalışanların Banka Büyüklüğü ve Karlılığına Etkisi: Engle-Granger Eş Bütünleşme Analizi İle Türkiye Üzerine Bir Uygulama," *İş'te Davranış Dergisi Journal of Behavior at Work*, 3(2), 140-148.
- Ayaydın, H., Pilatin, A. ve Barut, A. (2021). "Takipteki Kredilerin Bankaya Özgü, Finansal ve Makroekonomik Belirleyicileri: Türkiye Örneği," *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 33, 169-186. DOI: <https://doi.org/10.18092/ulikidince.1013685>.
- Baltagi, B.H. (2013). *Econometric Analysis of Panel Data*, 5.Edition, John Wiley & Sons Ltd., NY.
- Beck, R., Jakubik, P. ve Piloiu, A. (2015). "Key Determinants of Non-Performing Loans: New Evidence Froma Global Sample," *Open Economies Review*, 26(3), 525-550.
- Beck, T. ve Laeven, L. (2006). "Resolution of Failed Banks by Deposit Insurers: Cross-Country Evidence," World Bank Policy Research Working Paper, 3920.
- Beck, T., Behr, P. ve Guettler, A., (2013). "Gender and Banking: are Women Better Loan Officers?", *Review of Finance*, 17, 1279-1321.
- Berge, T.O. ve Boye, K.G., 2007. "An Analysis of Bank's Problem Loans", *Norges Bank Economic Bulletin*, 78, 65-76.
- Berger, A., Kick, T. ve Schaeck, K. (2014). "Executive Board Composition and Bank Risk Taking," *Journal of Corporate Finance*, 28, 48-65.
- Bertay, A.C. ve Sinar, Ş. (2020). *Türkiye Bankacılık Sektöründe Kadın İstihdamı*. Center of Excellence in Finance Araştırma Raporu, Sabancı Üniversitesi.
- BDDK (2022). "Bankacılık Sektörü Verileri", <https://www.bddk.org.tr/Veri/Detay/160>, (Erişim Tarihi: 16.02.2022).
- Boadi, I. ve Osarfo, D. (2019). "Diversity and Return: The Impact of Diversity of Board Members' Education on Performance", *Corporate Governance: The International Journal of Business in Society*, 19, 824-842.
- Boyd, J.H. ve Graham, S.L. (1986). "Risk, Regulation, and Bank Holding Company Expansion into Nonbanking", *Quarterly Review*, Spring 1986, 2-17.
- Bunda, I. ve Desquilbet, J.B. (2008). "The Bank Liquidity Smile Across Exchange Rate Regimes," *International Economic Journal*, 22(3), 361-386.
- Carter, D.A., Simkins, B.J. ve Simpson, W.G. (2003). "Corporate Governance, Board Diversity and Firm Value," *Financial Review*, 38(1), 33-53.
- Charness, G. ve Gneezy, U. (2012). "Strong Evidence for Gender Differences in Risk Taking," *Journal of Economic Behavior ve Organization*, 83(1), 50-58.
- Chiaramonte, L., Grocı, E. ve Poli, F., (2015). "Should We Trust The Z-Score? Evidence from the European Banking industry," *Global Finance Journal*, 28, 111-131.
- Croson, R. ve Gneezy, U. (2009). "Gender Differences in Preferences," *Journal of Economic Literature*, 47(2), 448-474.
- Damian, L.E., Negru-Subtirica, O., Domocus, I.M. ve Friedlmeier, M., (2020). "Healthy Financial Behaviors and Financial Satisfaction in Emerging Adulthood: A Parental Socialization Perspective," *Emerging Adulthood*, 8, 548-554.
- Dezsö, C.L. ve Ross, D.G. (2012). "Does Female Representation in Top Management Improve Firm Performance? A Panel Data Investigation," *Strategic Management Journal*, 33(9), 1072-1089.
- Dimitrios, A., Helen, L. ve Mike, T. (2016). "Determinants of Non-Performing Loans: Evidence from Euro-Area Countries," *Finance Research Letters*, 18, 116-119.
- Dinçer, H., Yüksel, S. ve Kartal, M.T. (2020). "Evaluating the Gender Effect in the Banking Performance: An Ownership-Based Analysis in Turkish Banking Sector", *Role of Women in Turkish Economy: Current Situation, Problems and Policies*, 67-86.
- Eckel, C.C. ve Grossman, P.J. (2008). "Differences in The Economic Decisions of Men and Women: Experimental Evidence," *Handbook of Experimental Economics Results*, 1, 509-519.

- Espinoza, R. ve Prasad, A. (2010). "Nonperforming Loans in the GCC Banking System and Their Macroeconomic Effects", IMF Working Paper WP/10/224, International Monetary Fund, Washington.
- Fama, E. ve Jensen, M. (1983). "Separation of Ownership and Control," *Journal of Law and Economics*, 26(2), 365-375.
- Farag, H. ve Mallin, C. (2017). "Board Diversity and Financial Fragility: Evidence from European Banks," *International Review of Financial Analysis*, 49, 98-112.
- Festic, M.K. ve Repina, S. (2011). "The Macroeconomic Sources of Systemic Risk in The Banking Sectors of Five New EU Member States", *Journal of Banking & Finance*, 35, 310-322.
- Foos, D., Norden, L. ve Weber, M. (2010). "Loan Growth and Riskiness of Banks," *Journal of Banking and Finance*, 34(12), 2929-2940.
- Ghosh, A. (2015). Banking-Industry Specific and Regional Economic Determinants of Non-Performing Loans: Evidence From US States," *Journal of Financial Stability*, 20, 93-104.
- Goddard, J., Molyneux, P. ve Wilson, J. (2004). "Dynamics of Growth and Profitability in Banking," *Journal of Money, Credit and Banking*, 36(6), 1069-1090.
- Gulamhussen, M.A. ve Santa, S.F. (2015). "Female Directors in Bank Boardrooms and Their Influence on Performance and Risk-Taking," *Global Finance Journal*, 28, 10-23.
- ILO (2020). Global İstatistikler. <http://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/lang--en/index.htm>, (Erişim Tarihi: 21.01.2022).
- ILO (2021). "The Future of Diversity", Editörler: Kuptsch, C. ve Charest, É, https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-/dgreports/-/dcomm/-/publ/documents/publication/wcms_831316.pdf, (Erişim Tarihi: 15.01.2022).
- Işık, Ö., Noyan Yalman, İ. ve Koşaroğlu, Ş.M. (2017). "Türkiye'de Mevduat Bankalarının Kârlılığını Etkileyen Faktörler", *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 362-380.
- Jain, T. ve Jamali, D. (2016). "Looking Inside The Black Box: The Effect of Corporate Governance on Corporate Social Responsibility", *Corporate Governance: An International Review*, 24, 253-273.
- Jebran, K., Chen, S. ve Zhang, R. (2020). "Board Diversity and Stock Price Crash Risk", *Research in International Business and Finance*, 51, 101122.
- Jianakoplos, N.A. ve Bernasek, A., (1998). "Are Women More Risk Averse?," *Economic Inquiry*, 36, 620-630.
- Jin, J.Y., Kanagaretnam, K., Liu, Y. ve Liu, N. (2019). "Banks' Loan Growth, Loan Quality, and Social Capital", *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 21, 83-10.
- Keeton, W.R. (1999). "Does Faster Loan Growth Lead to Higher Loan Losses? Economic Review," *Federal Reserve Bank of Kansas City*, 84(Q II), 57-75.
- Kinateder, H., Choudhury, T., Zaman, R., Scagnelli, S. D. ve Sohel, N. (2021). "Does Boardroom Gender Diversity Decrease Credit Risk in the Financial Sector? Worldwide evidence," *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 73, 101347.
- Klein, N. (2013). "Non-Performing Loans in CESEE: Determinants ve Impact on Macroeconomic Performance", IMF Working Paper No. 13/72.
- Kosmidou, K., Pasiouras, F. ve Tsaklanganos, A. (2007). "Domestic and Multinational Determinants of Foreign Bank Profits: The Case of Greek Banks Operating Abroad", *Journal of Multinational Financial Management*, 17(1), 1-15.
- Kurtaran, A. ve Eker, D. (2017). "Bankaların Yönetim Kurullarındaki Cinsiyet Çeşitliliği ve Finansal Performans İlişkisi," *Global Journal of Economics and Business Studies*, 6(12), 64-72.
- Laeven, L. ve Levine, R., (2006). "Corporate Governance, Regulation and Bank Risk Taking", World Bank, Washington.
- Lewellyn, K.B. ve Muller-Kahle, M.I. (2020). "The Corporate Board Glass Ceiling: The Role of Empowerment and Culture in Shaping Board Gender Diversity," *Journal of Business Ethics*, 165, 329-346.
- Liu, H., Molyneux, P. ve Wilson, J.O.S. (2013), "Competition and Stability in European Banking: A Regional Analysis", *The Manchester School*, 81, 176-201.
- Louzis, D.P., Vouilidis, A.T. ve Metaxas, V.L. (2012). "Macroeconomic and Bank-Specific Determinants of Non-Performing Loans in Greece: A Comparative Study of Mortgage, Business ve Consumer Loan Portfolios," *Journal of Banking Finance*, 36(4), 1012-1027.
- Macit, F. (2012). "What Determines the Non-Performing Loans Ratio: Evidence from Turkish Commercial Banks," *Center for Economic Analyses Journal of Economics*, 13, 33-39.
- Makri, V., Tsigkanos, A. ve Bellas, A. (2014). "Determinants of Non-performing Loans: The Case of Eurozone." *Panoeconomicus*, 61, 193-206.

- Messai, A.S. ve Jouini, F. (2013). "Micro and Macro Determinants of Non-Performing Loans," *International Journal of Economics ve Financial Issues*, 3, 852-860.
- Moreno-Gómez, J., Calleja-Blanco, J. (2018). "The Relationship Between Women's Presence in Corporate Positions and Firm Performance: The Case of Columbia," *International Journal of Gender and Entrepreneurship*, 10, 83-100.
- Nadeem, M. (2020a). "Corporate Governance and Supplemental Environmental Projects: A Restorative Justice Approach," *Journal of Business Ethics*, 427, 1-20.
- Nadeem, M., (2020b). "Does Board Gender Diversity Influence Voluntary Disclosure of Intellectual Capital in Initial Public Offering Prospectuses? Evidence from China," *Corporate Governance: An International Review*, 28, 100-118.
- Nadeem, M., Zaman, R. ve Saleem, I. (2017). "Boardroom Gender Diversity and Corporate Sustainability Practices: Evidence From Australian Securities Exchange Listed Firms," *Journal of Cleaner Production*, 149, 874-885.
- Owen, A.L. ve Temesvary, J. (2018). "The Performance Effects of Gender Diversity on Bank Boards," *Journal of Banking ve Finance*, 90, 50-63.
- Ozili, P.K. (2017). "Bank Earnings Management, Income Smoothing Using Commission and Fee Income: A European Context," *International Journal of Managerial Finance*, 13(4), 419-439.
- Pilatin, A. ve Ayaydın, H. (2022). "The Relationship Between Banks' Credit Quality, Credit Growth and Social Capital: Evidence from Turkish Banking Sector. *Middle East Development Journal*, 14(1), 133-170.
- Rehman, A.U. Aslam, E. ve Iqbal, A. (2022). "Intellectual Capital Efficiency and Bank Performance: Evidence From Islamic Banks," *Borsa Istanbul Review*, 22(1): 113-121.
- Reinhart, C. ve Rogoff, K. (2011). "From Financial Crash to Debt Crisis," *American Economic Review*, 101 (5), 1676-1706.
- Rinaldi, L. ve Sanchis-Arellano A. (2006). "Household Debt Sustainability: What Explains Household Non-Performing Loans?: An Empirical Analysis", ECB Working Paper.
- Russell, L.T., Beckmeyer, J.J., Coleman, M. ve Ganong, L. (2016). "Perceived Barriers to Postdivorce Coparenting: Differences Between Men and Women and Associations with Coparenting Behaviors," *Family Relations*, 65, 450-461.
- Samırkaş, M.C., Evci, S. ve Ergün, B. (2014). "Türk Bankacılık Sektöründe Karlılığın Belirleyicileri," *KAU IIBF Dergisi*, 5(8), 117-134.
- Shukeri, S.N., Shin, O. W. ve Shaari, M. S. (2012). "Does Board of Director's Characteristics Affect Firm Performance? Evidence from Malaysian Public Listed Companies," *International Business Research*, 5(9), 120-135.
- Sims, C.M. ve Morris, L.R., (2018). "Are Women Business Owners Authentic Servant Leaders?," *Gender in Management: An International Journal*, 33, 405-427.
- Skala, D. ve Weill, L. (2018). Does CEO Gender Matter for Bank Risk?. *Economic Systems*, 42(1), 64-74.
- Staikouras, C. ve Wood, G. (2003). The Determinants of Bank Profitability in Europe", Paper presented at the European Applied Business Research Conference, Venice, 9-13 June.
- Staikouras, C., Mamatzakis, E. ve Koutsomanoli-Filippaki, A. (2008). "Cost Efficiency of the Banking Industry in the South Eastern European Region", *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 18(5), 483-497.
- Tatoğlu F.Y. (2018). "Panel Veri Ekonometrisi-Stata Uygulamalı", 4. Baskı, Beta Yayınları, İstanbul.
- TBB, (2022). "Banka, Çalışan ve Şube Bilgileri", <https://www.tbb.org.tr/tr/bankacilik/banka-ve-sektor-bilgileri/istatistiki-raporlar/59>, (Erişim Tarihi: 01.02.2022).
- TBB (2020). "İstatistik Raporlar", https://www.tbb.org.tr/Content/Upload/istatistikraporlar/ekler/1295/Banka_Calisan_ve_Subey_Sayilari-Mart_2020.pdf, (Erişim Tarihi: 12.11.2021).
- TÜİK (2020). "İstatistiklerle Kadın 2020", <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Istatistiklerle-Kadin-2020-37221>, (Erişim Tarihi: 10.02.2022).
- UNWOMEN (2022). "Progress on The Sustainable Development Goals The Gender Snapshot 2022", https://www.unwomen.org/sites/default/files/2022-09/Progress-on-the-sustainable-development-goals-the-gender-snapshot-2022-en_0.pdf, (Erişim Tarihi: 6.01.2023).
- UNDP (2022). "Gender Equality", https://www.undp.org/sustainable-development-goals?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=CjwKCAjw7p6aBhBiEiwA83fGuv_juP-

M9UsSQh0tuPrCVKHgB3Zt9z5FWx87C5FyScPFVgIWqw0fGRoCkkEQAvD_BwE#gender-equality, (Erişim Tarihi: 6.01.2023).

- Ün, T. (2018). "Applied Panel Data Econometrics", Der Yayınları, İstanbul.
- Velte, P., (2017). "Do Women on Board of Directors Have an Impact on Corporate Governance Quality and Firm Performance? A Literature Review," *International Journal of Sustainable Strategic Management*, 5, 302-346.
- Westphal, J. ve Milton, L. (2000). "How Experience and Network Ties Affect The Influence of Demographic Minorities on Corporate Board," *Administrative Science Quarterly*, 45(2), 366-417.
- Yurt, N. (2020). "Borsa İstanbul'da İşlem Gören Firmaların Yönetim Kurullarındaki Kadın Üye Varlığı ile Firma Kârlılığı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi," *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 29(1), 163-177.
- Zaman, R., Jain, T., Samara, G. ve Jamali, D. (2020). "Corporate Governance Meets Corporate Social Responsibility: Mapping the Interface," *Business ve Society*, 61(3), 690-752.

Modelling Strategy of Airline Tankering with Nonlinear Programming*

Niyazi Cem GÜRİSOY¹, Nesrin ALPTEKİN²

ABSTRACT

Purpose: This study aims to reduce the fuel costs, which constitute the largest share of total cost that airline companies have, with extra fuel transportation.

Methodology: A nonlinear programming model has been developed for tankering application that takes advantage of the different fuel prices at the airports. General Reduced Gradient Method (GRG) is used to solve the generated nonlinear programming problem.

Findings: In the application part of study, two applications have been studied on and one of them is parametrical and other assumes İstanbul as a hub airport in order to analyze the effect of flight distance, load rate, fuel price difference between the airports and altitude of cruise flight on tankering and cost. Although the load rate is high and the fuel price difference is low, flights have been conducted between the centers which have short flight distances, the model allowed to tanker. It was observed that when the amount of fuel recommended by the problem result was taken for the designed scenarios, the fuel consumption increased by 2.5-3% compared to the trips without tankering. Despite the increase in fuel consumption, it has been found that a total fuel cost can be saved of 1% to 47% for round trips.

Originality: The efficiency of the original optimization model created with non-linear modeling was developed and tested for various scenarios.

Keywords: Tankering, Airline Fuel Management, Nonlinear Programming, General Reduced Gradient Method, Optimization.

JEL Codes: C61, L52, L93, O21.

Doğrusal Olmayan Programlama ile Havayolu Fazladan Yakıt Taşıma Stratejisinin Modellenmesi

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı havayolu firmalarının en büyük maliyetini oluşturan yakıt maliyetlerini fazladan yakıt taşıma ile azaltmaktır.

Yöntem: Havalimanlarında yakıt fiyatlarının farklı olmasından faydalanan fazladan yakıt alma uygulaması için bir doğrusal olmayan programlama modeli geliştirilmiştir. Oluşturulan doğrusal olmayan programlama problemini çözmek için Genel İndirgenmiş Gradyan Metodundan yararlanılmıştır.

Bulgular: Çalışmanın uygulama kısmında uçuş mesafesinin, doluluk oranının, uçulan merkezler arasındaki yakıt fiyat farkının ve düz uçuş yüksekliğinin fazladan yakıt taşıma ve maliyet üzerine etkisini analiz etmek amacıyla parametrik ve İstanbul'u merkez alan iki uygulama yapılmıştır. Uçuş mesafesi kısa olan merkezler arasında gerçekleşen seferlerde doluluk oranı yüksek ve yakıt fiyat farkı az olsa da model fazladan yakıt taşımaya izin vermiştir. Tasarlanan senaryolar için problem sonucunun önerdiği miktarlarda yakıt alındığında, fazladan yakıt alınmadan gerçekleştirilen seferlere kıyasla uçağın yakıt sarfiyatının %2,5-3 artırdığı gözlemlenmiştir. Bu yakıt sarfiyatının artışına rağmen gidiş-dönüş seferleri için toplam yakıt maliyetinden %1-%47 arasında tasarruf sağlanabileceği tespit edilmiştir.

Özgünlük: Doğrusal olmayan modelleme ile oluşturulan orijinal optimizasyon modelinin verimliliği çeşitli senaryolar geliştirilerek test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fazladan Yakıt Taşıma, Havayolu Yakıt Yönetimi, Doğrusal Olmayan Programlama, Genel İndirgenmiş Gradyan Metodu, Eniyileme.

JEL Kodları: C61, L52, L93, O21.

* This study is derived from the Master's Thesis titled "Modeling Strategy of Airline Tankering with Nonlinear Programming and Application" which is conducted by Niyazi Cem GÜRİSOY at Anadolu University Graduate School of Social Sciences under the supervision of Prof. Dr. Nesrin Alptekin.

¹ Lecturer, University of Turkish Aeronautical Association, Faculty of Air Transportation, Department of Flight Training, Ankara, Turkey, ncgursoy@thk.edu.tr, 0000-0003-2743-5314 (*Corresponding Author*).

² Prof. Dr., Anadolu University, Business Administration Faculty, Department of Business Administration, Eskişehir, Turkey, nesrinesen@anadolu.edu.tr, 0000-0002-8967-8955.

1. INTRODUCTION

Since the start of flights with engine-driven aircraft in the early 20th century, the air transport industry has developed very rapidly and today it has an important place in our lives because it is a fast and reliable method of transportation for people to reach each other. Due to the fact that aviation industry is inevitable, the efficiency and productivity of service providers such as stakeholders; airports, airline companies, air traffic etc. is of utmost important. Since in the supply of air transport, the costs are higher compared to all other modes of transport and it has been mandatory to manage it effectively in order to obtain sufficient profit margins.

The sustainability of the air transport industry depends on the success of the airline companies. Success of airline that is the only organization that carries out the passenger transportation business and provides transportation services to people depends on many factors such as their profitability, operational performance, quality etc. The airline's profitability directly related with its costs and how effectively those costs are managed.

In order to reduce fuel costs, which is one of the biggest costs of airlines' direct operating cost, they apply an operational strategy that reduces the total fuel cost by carrying the optimum amount of extra fuel by taking advantage of the fuel price differences at the airports. In the implementation of this procedure that is called fuel tankering or fuel transportation, many factors needed taking into account such as the structural features of the aircraft, daily fuel prices, load factor, air temperature, flight altitude, wind, etc. How much extra fuel will be transported is generally determined by flight planning software in airline companies. In this study, a nonlinear programming model that can be applied to an airline network with N different destinations is proposed. The model, which recommends how much fuel will be taken by meeting the legal requirements at the points where the aircraft should buy fuel, aims to optimize the total fuel cost.

Generalized Reduced Gradient (GRG) method, which is used for solving constrained nonlinear programming problems, is chosen to solve the research model that gives the tankering amount. The GRG method, which has been widely used to solve many problems for more than 20 years, has been preferred because it has been tested many times and proved that it has a robust algorithm (Lasdon et al., 1978; Lasdon et al., 1974). The disadvantage of GRG, which have gradient-based solution technic, is that it can increase the processing load because it tests that the constraints whether they are in the feasible region or not in each iteration. If the problem is modeled properly, it is very comfortable for the solution to reach the global optimum. MS Excel solver using GRG2 algorithm is used to solve the research problem.

The implementation of the research problem is based on the Airbus A319 aircraft model and the Flight Crew Operating Manual (FCOM) of this aircraft is used for fuel burn estimates. In the model, it is assumed that the airline flight network structure is accepted as a hub and spoke in such a way that aircraft take off from the origin airport to the destination and returns to the origin airport. The first application is made parametrically and the aircraft load factors are accepted as 70%, 80%, 90% and 100% in the created scenario. The flight distances between airports are tested at 300nm, 500nm, 700nm, 900nm, 1100nm, 1300nm, and 1500nm. The altitudes chosen in the scenario during flights are evaluated as 29.000ft, 31.000ft, 33.000ft, 35.000ft, 37.000ft, and 39.000ft. The fuel price ratio between the centers flown is determined as 50%, 60%, 70%, 80%, and 90%. In all scenarios created, problems have been successfully solved and results have been found. In the other application, in order to show the fair fuel price advantages of İstanbul, it is thought that an airline based in İstanbul will fly to seven different centers with medium-range flight distance. The load factors for flights to Sofia, Athens, Florence, Bratislava, Baghdad, Tehran, and Tripoli were taken as 70%, 80%, 90%, and 100% as in the case study, and level flight altitude are 29,000ft, 31,000ft, 33,000ft, Tested at 35.000ft, 37.000ft and 39.000ft. The created problems are successfully resolved on Excel and the results are interpreted.

With this study, a nonlinear programming model has been proposed that may support to optimize the amount of fuel purchase from airports. In the experiments, the most suitable conditions for tankering have been investigated with different scenarios first parametrically then with a designed case scenario. It is stated that İstanbul is an attractive hub in terms of fuel costs, and it is founded that airlines can save money with the tankering procedure on medium-haul flights to the extent that the difference in fuel price allows. İstanbul is a convenient and advantageous center for tankering to put in place.

Fuel is one of the biggest factors affecting the economy, strategy, profitability, and efficiency of airline companies. According to IATA data, the total billed fuel expense of the global airline industry was \$ 188 billion in 2019, and when the average barrel price is \$ 65.0 (barrel Brent), it corresponds to 27.7% of operational expenses (IATA, 2019a). As can be seen in the Table 1 according to Turkish Airlines fuel price analysis, although the ratio of fuel costs in operational expenses has been irregular over the years, it did not fall below 25%.

Table 1. Turkish Airlines fuel cost

Costs	2015	2016	2017	2018	2019
Fuel Expenses (Million \$)	2,997	2,673	2,866	3,768	3,873
Fuel Consumption (000 Tons)	4,272	4,693	4,847	5,275	5,525
Average Change of Unit Cost (%)	-30	-19	4	20.7	-1.8
Fuel Expense Rate in Operational Expenses (%)	30	26	28	32	35

Source: Turkish Airlines (2019)

The fuel costs of the airline business vary depending on the market value of the jet fuel, the network structure of the airline, the weight of aircraft, the direction and intensity of the wind which is exposed to during the flight, air pressure, density and temperature, and finally the cost index used during the flight. Airlines use operational practices and financial instruments in order to reduce fuel costs. Effective determination of the center of gravity of the aircraft, prevention of excess weight, proper flight planning and selection of the most suitable route, single engine shutdown during taxi, keeping turnaround times short for efficient use of the auxiliary power unit and finally tankering the optimum amount of fuel by taking advantage of the different fuel prices at the airports have been implemented by the airlines. are among their fuel-saving operational procedures (Airbus, 2004). It is known that aircraft used in airline fleets for a long time consume more fuel, and therefore one of the reasons for lowering the average age of the fleet by modernizing them is to reduce fuel consumption. When it comes to significantly lowering the cost of air transportation, it is seen to be an effective procedure to calculate the optimum amount of tankering to be put into the aircraft during the flight planning phase. As a result, companies will be able to employ their resources as effectively as possible and boost their profitability. Over the long run, with the help of efficient operational procedures their position will be improved, giving them a competitive edge over rivals in the market.

Airlines can also make hedging agreements with fuel suppliers in order to minimize the risk arising from the fluctuation of fuel prices. Financial instruments that can be used to hedge the risk of fuel price can be listed as forward contracts, futures contracts, call options, collars, and swaps (Tuncer and Aydoğan, 2019).

In October 2003, with the elimination of the DGCA 1996-year decisions which prevents private airlines to the entry into the domestic market, the competitive environment in the domestic market is ensured and therefore the pace of development of commercial civil aviation transport operations in Turkey has been accelerated. It is aimed to make the market attractive for airline companies by reducing airport usage fees, reducing or removing some of the additional taxes, and giving incentives to companies that want to establish airlines with the regulations (Gerede and Orhan, 2015). With the developments after 2003, more than 50% of Turkish Airlines' shares were offered to the public. One of the incentives given by the government to the development of the airline industry in Turkey has been also for fuel used in aircraft. With the decision taken by the Council of Ministers in 2011, the Special Consumption Tax (SCT) used for air fuels is applied as zero³. In another law related to the taxation of air fuels, fuel and oils to be used by aircrafts in international flights are exempted from import tax in the Customs Law⁴. Although Turkey has very few oil resources, the air-fuel prices in Turkey are more affordable than many other countries because of the incentives provided by the government. Air fuel prices due to the incentives generated by oil or raw material resources, as in Turkey in some countries it may be more economical.

Many airline companies around the world have made use of the fuel price differences in various countries and regions as an opportunity and have managed to reduce their fuel costs by carrying extra fuel. According to the study conducted by EUROCONTROL (European Air Navigation Safety Organization), it was estimated that every 2.1 million of the annual 10 million flights made in countries within the ECAC (European Civil Aviation Conference) applying tankering; It was estimated that 1.6 million flights overall implemented full tankering with 16.5% and 0.45 million flights performing partial tankering. As a result, with tankering, fuel consumption increased by 136 kg per flight, while on average 126 € was saved in cost per flight (EUROCONTROL, 2019).

Aircraft manufacturers have developed tables and calculations based on fuel prices in the flight operations manual to determine how much to tanker. Yet these tables and calculations are rarely used for today's aircraft. The airline company states that the amount of tankering to be carried in the operation manuals should be based on the flight planning, and in the notes that the company conveyed to the flight crew the tankering can be considered as holding fuel if the fuel price difference is too much, and if there is no suitable fuel at the destination tankering should be performed.

³ Republic of Turkey, Council of Ministers Decision No. 1435, Official Gazette. 25/02/2011. Number: 27857, art. one.

⁴ Republic of Turkey, Article 176 of Customs Law No. 4458.

Airlines develop their own flight planning systems or outsource it. The factors affecting the airline company's outsourcing can be summarized as the current economic status of the company, the company's ownership, capital status, age, and service level (Rutner and Brown, 1999). Outsourcing of the flight planning system is more common in newly established airlines. Tankering amount is determined by algorithms in flight planning software and no information has been obtained about which type of optimization techniques are used in it.

It is seen that airlines those flights are planned to Turkey or from Turkey may found Turkey's airports attractive to save money with tankering application because of the incentives that government had been proposed such as taxation absence for carbon dioxide produced by aircraft and available tax regulations which hinder the increase of the fuel costs. This study shows the strategies that airline companies can follow in reducing fuel costs and aims to provide a model that can encourage airlines to develop tankering strategies as part of their flight planning system.

In this study, firstly, the importance of fuel cost in airline companies and what kind of strategies they have developed in management to deal with fuel cost are explained. Studies done to calculate the optimum tankering amount have been compiled in the literature review section. The GRG2 algorithm used to solve the research problem is explained in the third section. The definition and modeling of the research problem are given in the fourth chapter. Two different experiments were designed for the analysis of the proposed model. In one of the experiments, flights to 7 different centers based in İstanbul were designed and the assumed situations in the flights were explained. In the other experimental design, it was assumed that the aircraft flew at different load rates and distances between 300-1300 nm. In line with the assumptions accepted in the analysis part of the experiment, the most effective tankering application was investigated at which load rates and at which distances. Finally, in the conclusion part, the results obtained from the study were summarized and in which cases the tankering application was efficient was examined.

2. LITERATURE REVIEW

It has been observed that not many studies have been done in the literature on tankering. When crude oil prices increased after the oil crisis in 1973, it had reflected in airlines as a doubling of fuel costs. Therefore, airlines have had to develop fuel management strategies. Tankering as a fuel management strategy, firstly Darnell and Loffin (1977) tried to optimize the fuel cost by considering the fuel management strategy of National Airlines. Developed the linear programming model based on fuel prices, fuel availability, fuel burn rate, flight data, and extra fuel cost in order to determine the amount of fuel to be purchased, from which station and vendor. National Airlines was able to save multi-million dollars thanks to the fuel management strategy developed.

Stroup and Wollmer (1992) worked on a linear programming model that minimizes fuel cost by carrying extra fuel. In their proposed fuel management model, they based the flight schedules of airlines, fuel prices, stop restrictions and supplier restrictions. They tried to solve the problem by handling the airline's single flight and the entire network. McDonnell Douglas aircraft company used the fuel management policy developed with the proposed model to estimate the possible profitability of various aircraft types. As a result of the implementation of the model, they concluded that fuel costs can be reduced up to 5-6%.

Abdelghany et al. (2005) developed a nonlinear model that aims to reduce the cost by purchasing excess fuel from airports where fuel prices are cheap in order to reduce the fuel cost. They used the GRG2 algorithm to solve the model. In the model, the objective function is not considered as single flight, but by considering the whole flight network; they included the cost of the fuel purchased, the cost of remaining fuel in the fuel tank of the aircraft before fueling, and the maintenance cost arising from the increased weight due to tankering. They got the solution of the models using Excel. At the end of the study, they concluded that tankering is more effective with efficient aircrafts with low fuel burn rate, savings can be achieved by tankering on short-haul flights and high maintenance costs may limit tankering amount.

Guerreiro Fregnani et al. (2013) tried to optimize the amount of tankering with a linear programming model based on the domestic flight network in Brazil. They wrote the objective function in the model to minimize the total fuel cost. In the experiment, a regionally used aircraft type has been considered and airline network structure is like an aircraft was taking off from a single point, stopping by 12 different airports and returning to the airport of origin. The data inputs of the model were taken from the aircraft operation manual to determine the amount of fuel that the aircraft will consume without tankering in the designed routes. With the model they proposed, although it was observed that 1% increase on fuel consumption, 5% savings were achieved in the total fuel cost.

Hubert et al. (2015) analyzed the use of the tankering strategy of the US Air Force in air operations. Using historical data from the US Air Force, they investigated how much they could save from costs with tankering in the future for war and peacetime. According to the results of their studies, the most economical

aircraft models were C-5, C-17, and C 130. They stated that with the additional fuel tanks to the aircraft to buy extra fuel, tankering capacity increased and the fuel cost savings could increase up to 460%. Finally, they stated that the fuel savings achieved with tankering has been also vary depending on the scenario applied.

Deo et al. (2020), studied tankering strategy with taking into account the cost index determined by the airline and embodied optional intermediate fueling stops. They applied integer linear programming based on airline network structure to solve tankering problem. They applied a case study on a network of sixteen airports with different fuel prices and seventeen different intermediate refueling stations to demonstrate the benefits of determining the optimum amount of tankering using the flight cost index and intermediate refueling stops. According to the results of the study, they observed a 3% cost reduction compared to traditional methods when fuel transportation strategy was applied to the optimized flight routes within the multi-stop flight network. They argued that the fuel cost for aircraft carrying cargo or passengers on long-haul flights can be reduced with an intermediate refueling stop.

When the studies on tankering optimization were examined, it was seen that, except for one study, the others used the linear programming model. In some studies, the flight network is reflected in the model. It has been determined that there is no detailed parametric study showing the effectiveness of the tankering application in the literature, and that the flight network which is hub&spoke is not integrated into the model. With this study, an experiment was created on how to make tankering application in airlines using hub&spoke system and the amount of tanking fuel was optimized with nonlinear programming. With the parametric application, it has been shown that how much tankering can be done at which level flights, at which load rates, at what distance, which has not been mentioned before in the literature.

3. GENERALIZED REDUCED GRADIENT (GRG) METHOD

Generalized Reduced Gradient (GRG) method is used to solve the studied non-linear tankering strategy model. The Reduced Gradient (RG) method was first presented by Wolfe in 1967 which is based on the simple variable elimination technique for equality constrained problems (Arora, 2017). Later, Abadie and Carpentier (1969) developed the RG method and proposed the Generalized Reduced Gradient (GRG) method as a solution method for nonlinear problems with inequality constraints. In 1974, Lasdon explained the GRG method with a few changes, making its principles and logic suitable for computer programs (Lasdon et al., 1974). In GRG method and the RG method, the variables are divided into basic (dependent) and non-basic (independent) variables as similar to the in the solution of linear problems with the simplex method. Instead of using penalty functions, the GRG method changes the inequality constraints so that the required change in basic variables can be calculated directly with non-basic variables (Frank et al., 2012). By adding a slack variable to the inequality constraints, it is transformed into an equality constraint and a nonlinear equally constrained model is obtained. Then, the total incremental change in the objective function can be calculated with the generalized reduced gradient defined from the objective function, considering both the basic and non-basic variables.

One of the main difficulties in solving nonlinear programming problems is deciding which of inequality constraints are active in the solution or which is not (Nocedal and Wright, 2006). Active constraints will remain fully active even in small search movements while applying steps in the GRG method. If some active constraints are not fully met due to the nonlinearity of the constraint function, the Newton-Raphson method is used to satisfy the constraints. In this respect, GRG is similar to the Gradient Projection method (Arora, 2017: 592).

The GRG method has been theoretically studied and Rao has been taken as reference (Rao, 2009: 412–418). A nonlinear programming problem is shown in Equations 1-5.

$$\text{Minimize } f(X) \tag{1}$$

$$h_j(X) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m \tag{2}$$

$$l_k(X) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, l \tag{3}$$

$$x_i^{(l)} \leq x_i \leq x_i^{(u)}, \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{4}$$

$$X = \{X_1 \ X_2 \ \dots \ X_n\}^T \tag{5}$$

In the equations given symbols defined as $f(X)$ objective function, $h_j(X)$ inequality constraints, $l_k(X)$ equality constraints, X set of design variables, $x_i^{(l)}$ and $x_i^{(u)}$ are the lower and upper limits of the design variables. All constraints should be given as equality for the solution of the proposed GRG models. For this reason, a non-negative slack variable is added to the inequality constraint in Equation 2. Thus, the lower

limit of the design variables is 0 and the upper limit becomes a very large number (infinite) and the model is found as follows.

$$\text{Minimize } f(X) \tag{6}$$

$$h_j(X) + x_{n+j} = 0, \quad j = 1, 2, \dots, m \tag{7}$$

$$l_k(X) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, l \tag{8}$$

$$x_i^{(l)} \leq x_i \leq x_i^{(u)}, \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{9}$$

$$x_{n+j} \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m \tag{10}$$

Thus, it turns into a model with $n + m$ variables ($x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots, x_{n+m}$). Equations 11-13 is obtained when the problem is edited.

$$\text{Minimize } f(X) \tag{11}$$

$$g_j(X) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, m + 1 \tag{12}$$

$$x_i^{(l)} \leq x_i \leq x_i^{(u)}, \quad i = 1, 2, \dots, n + m \tag{13}$$

The GRG method is based on the view that variables are eliminated using equality constraints. Thus, theoretically one variable x_i ($i = 1, 2, \dots, n + m$) can be reduced by one variable for each of the $m + 1$ equality constraints given in Equations 7 and 8. In order to do this, it is appropriate to divide $n + m$ design variables into two sets arbitrarily as follows.

$$X = \begin{Bmatrix} Y \\ Z \end{Bmatrix} \tag{14}$$

$$Y = \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_{n-1} \end{Bmatrix} = \text{Basic or Independent Variables} \tag{15}$$

$$Z = \begin{Bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_{m+1} \end{Bmatrix} = \text{Non - basic or Dependent Variables} \tag{16}$$

If the first partial derivatives of the objective and constraint functions are taken, the following Equations 17 and 18 are obtained.

$$df(X) = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\partial f}{\partial y_i} dy_i + \sum_{i=1}^{m+1} \frac{\partial f}{\partial z_i} dz_i = \nabla_Y^T f dY + \nabla_Z^T f dZ \tag{17}$$

$$dg_i(X) = \sum_{j=1}^{n-1} \frac{\partial g_i}{\partial y_j} dy_j + \sum_{j=1}^{m+1} \frac{\partial g_i}{\partial z_j} dz_j \tag{18}$$

Short representation is as in Equations 19-25.

$$dg = [C]dY + [D]dZ \tag{19}$$

where,

$$\nabla_Y f = \begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial y_1} \\ \frac{\partial f}{\partial y_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial f}{\partial y_{n-1}} \end{Bmatrix} \tag{20}$$

$$\nabla_Z f = \begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial z_1} \\ \frac{\partial f}{\partial z_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial f}{\partial z_{m+1}} \end{Bmatrix} \tag{21}$$

$$[C] = \begin{bmatrix} \frac{\partial g_1}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial g_1}{\partial y_{n-1}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial g_{m+1}}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial g_{m+1}}{\partial y_{n-1}} \end{bmatrix} \quad (22)$$

$$[D] = \begin{bmatrix} \frac{\partial g_1}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial g_1}{\partial z_{m+1}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial g_{m+1}}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial g_{m+1}}{\partial z_{m+1}} \end{bmatrix} \quad (23)$$

$$dY = \begin{pmatrix} dy_1 \\ dy_2 \\ \vdots \\ dy_{n-1} \end{pmatrix} \quad (24)$$

$$dZ = \begin{pmatrix} dz_1 \\ dz_2 \\ \vdots \\ dz_{m+1} \end{pmatrix} \quad (25)$$

If it is assumed that all the constraints of the vector X elements satisfy $g(X) = 0$, it must correspond to $dg = 0$ in order to maintain its feasibility in $X + dX$. If $dg = 0$ is in Equation 19, Equation 25 is obtained.

$$dZ = -[D]^{-1}[C]dY \quad (26)$$

If the change in the objective function caused by the change in the vector X specified in Equation 17 is written using the Equation 26, Equation 27 is obtained.

$$df(X) = (\nabla_Y^T f - \nabla_Z^T [D]^{-1}[C])dY \quad (27)$$

In other words, the Generalized Reduced Gradient notation is presented in Equations 28 and 29.

$$\frac{df}{dY}(X) = G_R \quad (28)$$

$$G_R = \nabla_Y f - ([D]^{-1}[C])^T \nabla_Z f \quad (29)$$

The Generalized Reduced Gradient vector is shown in Equation 29. Geometrically, the GRG can be called the projection of the original n -dimensional gradient defined over the $(n-m)$ dimensional feasible region by the basic variables.

If an unconstrained multivariable problem is minimized, its gradient must be set to zero to reach the optimum (Erdoğan and Alptekin, 2006). Similarly, for a constrained problem, when its reduced gradient equals zero, it will take its smallest value. This situation can be justified in the same way that the minimum value of the problem satisfies the Kuhn – Tucker conditions. The Generalized Reduced Gradient (G_R) can be used to generate the search direction (S) to reduce the value of the constrained objective function, similar to the ∇f gradient that can be used to generate a search direction (S) for an unconstrained function. A suitable step length (λ) value should be chosen to minimize the (f) value along the search direction (S). For each λ value, the dependent variable vector Z is updated using Equation 26. Equation 26 also determines the step size with a linear approach to the nonlinear problem, so constraints in λ values may not be found exactly equal to zero ($dg \neq 0$). When Y kept constant, Equation 30 is obtained. If dg in Equation 30 is replaced in Equation 19, the following equation is obtained. The dZ value obtained by Equation 31 is used to update the Z value as given in Equation 32.

$$g(X) + dg(X) = 0 \quad (30)$$

$$dZ = [D]^{-1}(-g(X) - [C]dY) \quad (31)$$

$$Z_{update} = Z_{current} + dZ \quad (32)$$

The updated X vector is tested in constraints and the process of using Equation 31 is continued until the dZ value is sufficiently small. For Equation 31 dZ , Newton's equations can be considered as a method of solving simultaneously. The algorithm of the GRG method is given below (Rao, 2009: 416–418).

1. *Basic and non-basic variables are determined:* First, initial trial vector X is determined. Using the guidelines below, the basic and non-basic variables Y and Z of the problem are determined. The non-basic variables matrix $[D]$ is determined such that its determinant is not 0. Since the elements of the X matrix will be adjusted through iterative processes to provide the feasible region, any element of X equal to the lower and upper bounds of the problem should first be taken as the basic

variable. Slack variables added to the constraints to ensure equality, since they are linear terms, should be taken as non-basic variables. But if the initial value of any nonbasic variable is 0 (the lower limit of the slack variable), it should be taken as the basic variable.

2. *Calculate the generalized reduced gradient:* The GRG is determined using Equation 29. The derivatives in Equation 29 can be taken as numbers when necessary.
3. *Test for convergence:* If all components of the GRG are close to zero, it is considered to be sufficiently convergent and the current X vector is considered to be the optimum solution to the problem. The following test given in Equation 33 can be used for this.

$$\|G_R\| \leq \varepsilon \tag{33}$$

where ε is a small number. If this relation is not satisfied, proceed to Step 4.

4. *Determine the search direction:* The GRG can be used to find the appropriate search direction (S) as if the gradient of objective functions of unconstrained problems was found. Techniques such as Steepest Descent, Fletcher – Reeves, Davidon – Fletcher – Powell or Broydon – Fletcher – Goldfarb – Shanno can be used here. In the steepest descent method, the S vector is determined as follows (Equation 34).

$$S = -G_R \tag{34}$$

5. *Find the minimum along the search direction:* An estimate is made for the step length (λ). When considering the basic variables Equation 35 is used and the i^{th} element of the S vector s_i represents. Similarly, considering the non-basic variables, the Equation 36 is obtained by using $dY = \lambda S$ in Equation 26.

$$\lambda = \begin{cases} \frac{y_i^{(u)} - (y_i)_{old}}{s_i} & \text{if } s_i > 0 \\ \frac{y_i^{(l)} - (y_i)_{old}}{s_i} & \text{if } s_i < 0 \end{cases} \tag{35}$$

$$T = -[D]^{-1}[C]S \tag{36}$$

Equation 37 is used and t_i represents the i^{th} element of the T vector.

$$\lambda = \begin{cases} \frac{z_i^{(u)} - (z_i)_{old}}{t_i} & \text{if } t_i > 0 \\ \frac{z_i^{(l)} - (z_i)_{old}}{t_i} & \text{if } t_i < 0 \end{cases} \tag{37}$$

The λ_1 value obtained from Equation 35 can enable some basic variables to reach their upper or lower limits. Similarly, the value of λ_2 obtained from Equation 37 can make some non-basic variables reach their lower or upper limits. The smaller of λ_1 or λ_2 can be used as the upper limit λ value to initiate a one-dimensional minimization process. The vector X_{new} is found using Equation 38.

$$X_{new} = \begin{Bmatrix} Y_{old} + dY \\ Z_{old} + dZ \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Y_{old} + \lambda^*S \\ Z_{old} + \lambda^*T \end{Bmatrix} \tag{38}$$

If the vector X_{new} found with the λ^* step is not feasible, Y_{new} is kept constant and the modified Z_{new} is obtained by using Equation 31 and $dZ = Z_{new} - Z_{old}$. Finally, when the convergence is proven using Equation 31, the following X_{new} (Equation 39) is obtained and goes to Step 1.

$$X_{new} = \begin{Bmatrix} Y_{old} + \Delta Y \\ Z_{old} + \Delta Z \end{Bmatrix} \tag{39}$$

To solve the tankering problem proposed in this study, MS Excel solver plugin based on GRG2 algorithm written by Lasdon et al. (1978) was used. The written GRG2 code has been used for nonlinear programming models for years; It has proven to be one of the robust and reliable approaches.

The standard Microsoft Excel Solver has a limit of 200 decision variables and 100 constraints (in addition to the limits on variables) for nonlinear problems. Premium Solver Platform can run up to 500 decision variables and 250 constraints for nonlinear problems. The LSGRG code written by Smith and Lasdon (1992) for large-scale problems is based on a powerful GRG method. The solver they developed uses sparse matrix storage methods, advanced techniques to select the basis or prevent degenerations, "crashing" collision methods to quickly reach a feasible solution, and other algorithmic methods adapted

for large problems. LSGRG solver can solve problems with 12,000 variables, 12,000 constraints, including the boundaries of the variables (Smith and Lasdon, 1992).

There are studies in the literature that develop a new optimization approach inspired by the GRG method or make changes, additions to some steps of this method. Rudd et al. (2013) studied problems dealing with the optimum state and control course for a multi-scale dynamic system composed of many dynamic systems or vehicles. They presented a Generalized Reduced Gradient Method for problems with stochastic differential equations defined as small intermediary systems with distributed optimal control points.

Rudd et al. (2017) inspired by the GRG method and developed an indirect method that optimizes for very large robotic systems and dispersed optimal control points in complex environments. They showed that the GRG method is significantly more efficient than classical optimal control methods with their complex calculations. They have used their proposed method for very large robotic systems to navigate environments where there are obstacles, and they are exposed to external forces and abuses. The result of the study shows that the method significantly improves its performance compared to current direct distributed optimal control and stochastic gradient methods.

Toplu and Körpe (2018) have developed an optimization solver using the GRG method. The developed model is applied to a problem and compared with different solvers. According to their study, the developed solver 700 seconds faster than the sequential second order solver in order to solve a problem.

4. PROBLEM DEFINITION and FORMULATION

4.1. Problem Statement

The fact that aviation fuel prices have different prices in different centers has been seen as an opportunity to reduce the fuel cost, which has the largest share in the costs of airline companies. In order to control fuel costs marginally and to save money, a fuel management problem that deals with reducing the cost by purchasing extra fuel from where the fuel is cheap has been tried to be solved. In this study, a nonlinear programming model aimed at minimizing the fuel cost was developed in order to determine the amount of tankering that is optimized to the extent permitted by the performance and capacity of the aircraft for airline companies that operate flights to airports where fuel prices vary. In order to solve the proposed model, an application was performed with MS Excel Solver using the Generalized Reduced Gradient Method (GRG).

The nonlinear programming model was used in the study because it was necessary to calculate the cost of the fuel that was still in the aircraft before it refueled when it landed at a different location. This dependent variable, abbreviated as c'_i , was calculated with the weighted average technique as in Equation 47. This approach, which is used to improve the accuracy of the cost computation in the problem, has been tested to produce the most precise results. On the other hand, as in many studies in the literature (Stroup and Wollmer, 1992; Fregnani et al. 2013; Deo et al. 2020), it is seen that tankering problems can be modelled and solved by linear programming model.

In this study, firstly, different jet fuel prices, different flight distances and different cruising altitude levels were applied to the model and the amount of savings by tankering was tried to be parametrically tested. İstanbul has been accepted as the center for the other application of the study. Based on the aviation fuel prices dated 14.02.2020, it will be accepted that flights are organized to the cities of Bratislava, Florence, Athens, Sofia, and Baghdad, where the fuel price is higher than İstanbul, and to Tehran and Tripoli, where the air fuel price is lower. The application of the research problem and its results will be shown by trying to include the airline load factor, flight altitude, aircraft type, flight network structure, flight safety and limits determined by the relevant national and international laws and regulations.

4.2. Notation

The notations and objective function determined for the coefficients and variables to be used in the research problem model are as follows:

Decision variable

x_i : fuel amount loaded at i airport

Parameters

y_i : the amount of fuel remaining in the aircraft after landing from the i airport to the $i + 1$ airport

c_i : fuel cost at airport i

c'_i : the cost of remaining fuel from the previous flight in the aircraft fuel tank before refueling at airport i

p_i : payload weight loaded from airport i

f_{max} : fuel tank capacity

OEW : Operating Empty Weight - the total weight of the aircraft ready for service without fuel, cargo and passengers

$MTOW_i$: Maximum Take-off Weight of the aircraft from the airport i (calculated based on the flight distance from i airport to $i + 1$ airport)

MLW : Maximum Landing Weight

$BLOCK_i$: total fuel weight of the aircraft in the parking position after refueling at airport i

$TRIP_i$: the estimated trip fuel weight spent from the i airport to the $i + 1$ airport

$TRIP_{cont_i}$: contingency fuel weight for trip loaded from i airport for $i + 1$

HLD_i : The estimated holding fuel weight, which must be loaded with the regulation taken due to the traffic in the $i + 1$ airport or for other reasons

ALT_i : fuel weight taken for a planned flight from airport i to another airport due to inability to land at airport $i + 1$ or missed approach (alternate fuel)

$TAXI_i$: The estimated weight of fuel consumed during taxi from parking position to runway take-off point at airport i and from runway landed at $i + 1$ airport to parking position

APU_i : The weight of fuel consumed to operate the APU in the parking position after loading fuel at airport i and after landing at the airport $i + 1$ until the fuel is loaded in the parking position

$TANKER_i$: tankering fuel weight loaded from airport i to airport $i + 1$ to minimize cost

$TANKER_{M_i}$: structural maximum tankering capacity determined for the flight distance from airport i to airport $i + 1$ and p_i .

4.3. Problem Modelling

The objective function (Equation 40) is used to minimize the fuel cost. Fuel cost calculation in objective function was created by considering the current fuel prices at the airport and the amount of fuel remaining in the aircraft after each flight. The main reason for using the nonlinear programming model is that the coefficient c'_i in the objective function is not linear.

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^N c_i x_i + c'_i y_i \quad i = 1, 2 \dots N \quad (40)$$

In Equation 41, the maximum take-off weight is determined according to the fuel estimation by considering the flight distance to the airport $i + 1$. In cases where the flight distance is short, $MTOW$ may be higher. If the $MTOW$ amount determined by the aircraft manufacturer for short-haul flights is taken as a criterion and full capacity fuel is taken, fuel may have to be discharged to meet the structural landing weight before landing.

$$OEW + x_i + y_i + p_i \leq MTOW_i \quad (41)$$

The landing weight of the aircraft is specified in the manuals for each aircraft. The constraint in the Equation 42 is written by assuming that it consumes trip fuel until it is reduced from the take-off weight. The maximum structural landing weight here is valid for all flights.

$$OEW + x_i + y_i + p_i - (TRIP_i) \leq MLW \quad (42)$$

Adequate fuel constraint Equation 43 has been written to prevent the fuel taken on board exceeding the total capacity of the storage tanks.

$$x_i + y_i \leq f_{max} \quad (43)$$

$BLOCK_i$ i specified in Equation 45 is the amount of fuel that should be in the aircraft parking position at the airport after loading fuel. The inequality showing that the sum of the fuel already existing in the aircraft and taken at the airport to which the aircraft is flown is more than the $BLOCK_i$ is given in Equation 44.

$$x_i + y_i \geq BLOCK_i \quad (44)$$

$$BLOCK_i = TRIP_i + TRIP_{cont_i} + HLD_i + ALT_i + TAXI_i + APU_i \quad (45)$$

In Equation 46, the calculation of the fuel remaining in the plane after landing at the airport $i + 1$ is shown.

$$y_{i+1} = x_i + y_i - TRIP_i \tag{46}$$

The price calculation of the fuel remaining in the aircraft is shown in Equation 47. The cost of fuel remaining in the aircraft is calculated by calculating the weighted average.

$$c'_i = \frac{c_i x_i + (c_{i-1})(y_i)}{x_i + y_i} \tag{47}$$

Since it is assumed that the aircraft does not hold due to any missed approach or traffic, the fuel constraint that should be in the aircraft after landing at the airport $i + 1$ is shown in Equation 48.

$$y_{i+1} \geq ALT_i + HLD_i \tag{48}$$

In order to reach $i + 1$ airport using Equation 49, it is found how much more fuel will be taken on top of the required fuel specified in Equation 45.

$$TANKER_i = (x_i + y_i) - BLOCK_i \tag{49}$$

The amount of tankering loaded from airport i to airport $i + 1$ will vary depending on the structural weight constraints of the aircraft, the flight distance and the payload to be loaded. Therefore, the following Equation 50 tankering constraint is added to the model.

$$TANKER_i \leq TANKERM_i \tag{50}$$

Equation 51 is added to the model because the amount of fuel purchased at the airports ($i = 1,2,3 \dots N$) is not negative.

$$x_i \geq 0 \quad i = 1,2,3 \dots N \tag{51}$$

In order to show the research problem, a parametric experiment is first applied to the model. This model first flight distances of 300nm, 500nm, 700nm, 900nm, 1100nm, 1300nm and 1500nm; assuming the load factors as 70%, 80%, 90% and 100%; at 29.000ft, 31.000ft, 33.000ft, 35.000ft, 39.000ft flight levels of cruising flight altitude; fuel price differences are 50%, 60%, 70%, 80%, and 90%. Later, a real-life case is studied and it was tested by selecting centers with short and medium flight distances such as Bratislava, Athens, Sofia, Florence, Baghdad, Tehran, Tripoli where there are fuel price differences by taking İstanbul as the center.

MS Excel solver plug-in using GRG2 algorithm was used to solve the model. The convergence value is taken as = 0.000001. The computer used to solve the problems has a 64 bit operating system and 8 GB of RAM and the solution of the problems took an average of 0.5 seconds.

4.4. Problem Limitations

Every part of the aircraft needs to be changed and maintained after certain hours of flight. Increasing the weight carried in airplanes can cause more wear of some parts during landings and take-offs and additional maintenance costs. Maintenance costs due to increased weight and increased carbon dioxide emission tax costs due to tankering results in excess weight are not included in the model.

In the literature, in studies about tankering, the flight network was designed and optimized on a network basis (Abdelghany et al., 2005; Deo et al., 2020; Stroup and Wollmer, 1992). The airline network structure in Turkey is generally based on hub-and-spoke. The developed model is designed in a way that it may apply tankering optimization for n different destinations within the network structure determined by the airline. However, for the research, it is assumed that the airline company's network structure is hub-and-spoke form, so the flights between the two centers were considered as the origin and destination. Thus, it is assumed that the aircraft took off from the origin to destination and come back again to the origin.

The fuel estimation data to be included in the model is calculated using FCOM (Flight Crew Operating Manual). There is 200 kg. between weights in the tables referenced for the fuel estimates. By taking the average of these values, the fuel consumption estimation accuracy has been reduced to 50 kg. The application of the model is limited due to the fact that the variability of weather conditions cannot be reflected on the problem.

5. EXPERIMENTAL DESIGN

A319 type passenger aircraft is taken as a basis for the application of the study and some features of Airbus A319 are given in Table 2. First, it is assumed that the airports flown are at sea level and the air temperature is at standard atmospheric (ISA) conditions, that is, 15 ° C at sea level and the wind speed is 0 kt. The distances to the alternate airport have been taken as 100nm and the cruise flight level to alternate airport is 1500ft. Normally, flight altitude levels can change during cruise flight. However, in this study, in order to provide uniformity, it was assumed that the aircraft go to the destination point without changing the flight

level after reaching the cruising flight altitude and the fuel estimation calculations in the FCOM were made accordingly. The conditions assumed by FCOM for fuel estimates are given below:

- The fuel estimates made for take-off were accepted as the speed of the aircraft increased as 250kt/300kt/M.78⁵ respectively, from the moment the aircraft released the brake.
- In the fuel estimates made for cruise flight, it is assumed that the aircraft travels at a speed of M.78, the distance from the center of gravity to the aerodynamic center of the wings is 33%, the air temperature ISA, the air conditioners are operating normally, the anti-ice system is turned off and the highest thrust is applied for cruise flight.
- The speed of the aircraft during landing is assumed to be M.78/300kt/250kt respectively.
- For the fuel estimates made for the alternate airport, take-off speed is 250kt/300kt/M.78, and landing flight speed is M.78/300kt/250kt, respectively, the distance of the center of gravity to the aerodynamic center of the wings is 33%, the air temperature ISA, the air conditioners are operating normally and -ice system is assumed to be closed.
- In the fuel estimates for holding, it is assumed that the speed of the green dot and the clean configuration (flaps and landing gear are in the stowed position). Green dot speed gives the best lift and resistance ratio when all motors are running (De Baudus and Castaigns 2016). At the same time in holding, it is assumed
- that the distance of the center of gravity from the aerodynamic center of the wings is 33%, the air conditioners are operating normally and the anti-ice system is turned off. The fuel allocated for holding is planned to wait 30 minutes at an altitude of 1500ft above the alternate airport in the aircraft operations of ICAO's Annex 6, Article 4.3.6.3. (ICAO, 2018:4-12).
- Contingency fuel for the possibility of deviation from the planned route during the cruise is taken as 5% of the cruise fuel according to Annex 6 standards (ICAO, 2018: 4-11).
- It has been assumed that the aircraft spend an average of 12 minutes for taxi maneuvers. During the taxi, it is stated that the aircraft consumes 10kg of fuel per minute.
- It has been stated that the fuel consumption will be 130kg per hour while the APU is running on the ground. The time A319 spends on the ground is given as approximately 100 minutes (Schonland, 2019). In the study, it has been assumed that the aircraft operate APU for 1 hour at the airport.

Table 2. Some features of Airbus A319

<i>Airbus A319 Type of Weight Limitations</i>	<i>Weight Limits</i>
Engine Type	CFM-56-5B
Maximum Takeoff Weight (MTOW)	68.000 kg
Maximum Landing Weight (MLW)	61.000 kg
Maximum Zero Fuel Weight (MZFW)	57.000 kg
Minimum Weight	35.400 kg
Operational Empty Weight (OEW)	41.400 kg
Maksimum Fuel Capacity (MAXF)	18.729 kg

Source: Airbus (2005)

A319 type aircraft produced by Airbus company was used in the study. It has similar characteristics with A319, A320, and A321 types belonging to the A320 family. The characteristics of the model used in this study of A319, which is a member of the A320 family, which is the second most used passenger plane used since 1988. To find the operational empty weight, the seat, cabin systems, fire tubes, etc. that the airplane operator adds to the aircraft for operation. The total weight of such tools is taken as 6000 kg. Operational empty weight may vary depending on the seat design of the airline company and many factors, and in this study, 41,000 kg was accepted in this study. The number of seats in the FCOM used is given as 156. The total weight of a passenger and his/her baggage is considered to be 100 kg. It was assumed that the airline did not carry any cargo other than the passenger baggage on the plane and the payload weights were determined according to the load factors.

In the case study part of the study, a scenario (Table 3) was developed by considering the possible flights of an airline company using İstanbul Airport as a central airport (hub). It has been assumed that flights will be made to 7 different airports from İstanbul where jet fuel prices and distances are different. Fuel prices dated 14.02.2020 were used (aeroportos.weebly.com, 2020). The distances of the flights are determined by the routes created from the skyvector.com site according to the city from which they depart

⁵ The abbreviation M stands for Mach number and is the ratio of the velocity of a mass in motion to the velocity of sound under the conditions of existing gravity. When $M = 1$, the speed of the airplane becomes equal to the speed of sound. M.78 means 78% of the speed of sound.

from Istanbul and can be seen in Annex 7-13 (skyvector.com, 2020). The departure and return flight distances of the planes are considered equal. Jet A1 fuel density is taken 0.785 kg/ L, thus the price per kilogram of Jet fuel has been obtained.

Table 3. Flight information to be used in the scenario

<i>Airport</i>	<i>IATA Code</i>	<i>ICAO Code</i>	<i>Fuel Price (USD/kg)</i>	<i>Distance (nm)</i>
Istanbul	ISL	LTFM	0.72	-
Bratislava	ISL - BTS	LZIB	1.94	645.1
Florence	ISL - FLR	LIRQ	1.65	907.4
Athens	ISL - ATH	LGAV	1.70	317.8
Sofia	ISL - SOF	LBSF	1.54	257.6
Teheran	ISL - THR	OIII	0.63	1122.7
Baghdad	ISL - SDA	ORBI	1.85	955.4
Tripoli	ISL - MJI	HLLM	0.45	995

It has been deemed to be a fuel supplier for the airports to be operated. It is assumed that there is no restriction on the amount of fuel to be purchased from the airports. Each center has the capacity to provide sufficient fuel supply. It has been accepted that there are no emergency incidents, missed approach, holding due to traffic and landing at an alternate airport during the planned flights. Therefore, it will be assumed that emergency, contingency, alternate aerodrome, and holdings fuels remain in the fuel tank after the aircraft lands. Load factor may vary depending on the flights made by the airline companies, the business model applied and the demand. According to the report of IATA, the annual occupancy rate for domestic flights for the whole world is 83.8% and the annual occupancy rate for international flights is 85.5% (IATA, 2019b). Since the passenger aircraft is considered in this study, the load factor is accepted as 70%, 80%, 90%, and 100%. The take-off weight of the aircraft was determined according to the load factors selected (Table 4).

5.1. Forecasting Amount of Flight Fuel Burn

A flight plan was made and it was estimated how much fuel the aircraft would consume according to the distance and weight to be traveled, before putting the model created for the research problem into the solver, FCOM (Flight Crew Operations Manual) prepared by the aircraft manufacturer was used for the estimation.

Table 4. Total fuel to be loaded by distances (FL290)

<i>Load Factor/ Flight Distance</i>	<i>Total Fuel Amount to Be Loaded (kg)</i>			
	<i>70%</i>	<i>80%</i>	<i>90%</i>	<i>100%</i>
<i>300 nm</i>	4.726	4.858	4.908	5.055
<i>500 nm</i>	6.091	6.189	6.267	6.315
<i>700 nm</i>	7.404	7.502	7.548	7.575
<i>900 nm</i>	8.519	8.553	8.600	8.835
<i>1100 nm</i>	9.768	9.900	10.069	10.096
<i>1300 nm</i>	11.047	11.283	11.329	11.386

The take-off weight limits of the aircraft will be determined according to the distance to be flown, before determining the amount of tankering. Since if the plane takes the highest take-off weight as the limit and reaches the destination with full capacity fuel, the landing weight of the plane will be above the limit when the plane reaches the destination will have to dump fuel on the airport where it will land. Fuel consumption estimation was made by using the table in FCOM (Table 5).

Table 5. The amount of fuel required for various flights from Istanbul (FL330)

<i>Load Factor / Flight Distance from Istanbul</i>	<i>Total Fuel Amount to Be Loaded (kg)</i>			
	<i>70%</i>	<i>80%</i>	<i>90%</i>	<i>100%</i>
Sofia (257nm)	4.463	4.509	4.588	4.634
Athens (317nm)	4.779	4.876	4.923	5.002
Bratislava (645nm)	6.616	6.714	6.813	6.840
Florence (900nm)	7.982	8.132	8.230	8.258
Baghdad (955nm)	8.413	8.500	8.598	8.625
Tripoli (995nm)	8.560	8.710	8.809	8.888
Tehran (1122nm)	9.365	9.419	9.491	9.570

Take-off weight was determined according to different aircraft load factors, different flight distances and different cruise flight altitude levels and then fuel consumption was estimated. When flying in FL290, the total amount of fuel that the aircraft should take according to different flight distances and load factors is given in Table 4. After the amount of tankering was determined by processing the data into the model and solving the problem, a further fuel consumption estimation was made to see the effect of carrying extra fuel on fuel consumption.

The fuel calculations made for given so far are at 300 nm, 500 nm, 700 nm, 900 nm, 1100 nm, 1300 nm flight distances, FL290, FL310, FL330, FL350, and FL390 cruise flight altitude levels and 70%, 80%, 90%, and 100% load factors. In addition, the same flight levels and load factors is used to calculate for flights to seven destinations, taking İstanbul as the center. In Table 5, the total amount of fuel required to be loaded in flights to different centers in FL330 is given.

6. EXPERIMENTAL ANALYSIS

6.1. Problem Solving

As mentioned in the research problem, the flight is planned to start from the center, go to another destination and return to the central airport. In Equation 54, the ratio of the fuel price at the airport of origin (c_1) to the fuel price at the destination airport (c_2) is calculated as a percentage.

$$100 \times \left(\frac{c_1}{c_2} \right) \quad (54)$$

According to the model given when starting the solution of the problem, the amount of fuel remaining in the aircraft at the airport (1st airport) that flight comes from unknown airport accepted as comes from previous airport that aircraft will be land. Thus $y_1 = ALT_2 + HLD_2$ equation added the model and while calculating c'_1 , c_0 assumed as equals to c_2 ($c_0 = c_2$) then c'_1 was found as in Equation 55.

$$c'_1 = \frac{c_1 x_1 + c_2 y_1}{x_1 + y_1} \quad (55)$$

Fuel consumption was determined in scenarios created for flights with different load factors and at different distances. The model of the problem, which aims to minimize the aircraft fuel cost by tankering in flights between centers with different fuel prices, has been solved in MS Excel by taking into account the aircraft limits given in Table 2.

During the solution of nonlinear problem, two different results were encountered one of them allows tankering and the other does not allow tankering. Two answer report examples are examined. First, in Table 6, it is stated that the tankering is allowed at 900nm flight distance and at cruise flight altitude 33000ft. An answer report was given for the problem with 70% load factor and 50% fuel price difference. As can be seen in the problem answer report given in Table 6, the model allows the aircraft to buy 10,641 kg of fuel at the airport of origin and only 1,198 kg of fuel on return. It appears that all of the tankering capacity is used. According to the response report, the first of the binding constraints is the constraint on the total amount of fuel that must be taken from the destination airport to the airport of origin. The BLOCK1 restrictor is non-binding because there is 4721 kg capacity freedom from origin to destination. It reaches the upper limit of tankering restrictor as seen in this amount.

As seen in Table 7, the Lagrange multipliers of the binding constraints in the model are given. The Lagrange multiplier tells how the change of the constrained resource will affect the objective function value, in other words, it expresses the marginal value of the resource. In this solution, where tankering is allowed to be transported, an increase of 1 kg in the amount of fuel to be loaded on return from the destination will increase the total fuel cost by \$ 2.24 for round trips. Likewise, 1kg increase in the tankering capacity of the aircraft will reduce the total fuel cost by approximately 0.6 \$.

The solution to a problem solution that is not allowed tankering is given in Table 8. The problem scenario has been determined as 700 nm flight distance, cruise flight altitude 29,000 ft, fuel price difference 80% and load factor 70%.

Table 6. Problem answer report that allows tankering

Solution Time: 0.406 Seconds.			
Iterations: 1 Subproblems: 0			
<i>Solver Options</i>			
Max Time Unlimited, Iterations Unlimited, Precision 0,000001, Use Automatic Scaling			
Convergence 0.00001, Population Size 100, Random Seed 0, Derivatives Central, Require Bounds			
Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 1%, Assume NonNegative			
<i>Objective Cell (Min)</i>			
<i>Original Value</i>	<i>Final Value</i>		
26344,2	19171.07445		
<i>Variable Cells</i>			
<i>Name</i>	<i>Original Value</i>	<i>Final Value</i>	<i>Integer</i>
x1	15000	10641.67	Contin
x2	1198.334	1198.334	Contin
<i>Constraints</i>			
<i>Name</i>	<i>Cell Value</i>	<i>Status</i>	<i>Slack</i>
MTOW1	65023.9	Not Binding	776.1
MTOW2	60302.234	Not Binding	5497.766
MLW1	59103.9	Not Binding	1896.1
MLW2	54382.234	Not Binding	6617.766
MFW1	12703.9	Not Binding	6025.415
MFW2	7982.234	Not Binding	10746.766
BLOCK1	12703.9	Not Binding	4721.666
BLOCK2	7982.234	Binding	0
LEFT1	6783.9	Not Binding	4721.666
LEFT2	3102.234	Not Binding	1040
TANKER	4722	Binding	0

Table 7. Problem sensitivity report allowing tankering

<i>Adjustable Cells</i>		
<i>Name</i>	<i>Final Value</i>	<i>Reduced Gradient</i>
x1	10641.67	0
x2	1198.334	0
<i>Constraints</i>		
<i>Name</i>	<i>Final Value</i>	<i>Lagrange Multiplier</i>
MTOW1	65023.9	0
MTOW2	60302.23	0
MLW1	59103.9	0
MLW2	54382.23	0
MFW1	12703.9	0
MFW2	7982.234	0
BLOCK1	12703.9	0
BLOCK2	7982.234	2.245887
LEFT1	6783.9	0
LEFT2	3102.234	0
TANKER	4721.666	-0.59903

Problem answer report example in Table 8 shows that not to allow tankering. Since factors affecting the fuel consumption such as flight distance, altitude, load factor, and aircraft fuel burning rate of the departure are thought to be the same with return flights, the optimum fuel amount to be taken from the origin and destination airports were equal. After the total fuel constraints to be loaded on the aircraft (BLOCK1, BLOCK2) have been satisfied, no more fuel was allowed to be loaded to keep the cost low. Table 9 shows Lagrange multiplier values and reduced gradient values of the binding constraints. The higher destination fuel price in the problem caused the Lagrange multiplier values of the total fuel constraints to differ. While 1 kg increase in the total amount of fuel required to be loaded at the destination affects the cost 1.67 \$, this value is 0.62 \$ at the origin. In the origin, the fuel constraint in the aircraft before the start of the flight was created by assuming that the aircraft came from the 2nd airport. The price of the remaining fuel in tank was effective in finding the optimum result, as it was calculated by weighted average calculation.

Table 8. Problem answer report that not allows tankering

Solution Time: 0.656 Seconds.			
Iterations: 3 Subproblems: 0			
<i>Solver Options</i>			
Max Time Unlimited, Iterations Unlimited, Precision 0,000001, Use Automatic Scaling			
Convergence 0.00001, Population Size 100, Random Seed 0, Derivatives Central, Require Bounds			
Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 1%, Assume NonNegative			
<i>Objective Cell (Min)</i>			
	<i>Original Value</i>	<i>Final Value</i>	
	34704.99	21991.16896	
<i>Variable Cells</i>			
<i>Name</i>	<i>Original Value</i>	<i>Final Value</i>	<i>Integer</i>
x1	10000	5342.5	Contin
x2	5342.499574	5342.5	Contin
<i>Constraints</i>			
<i>Name</i>	<i>Cell Value</i>	<i>Status</i>	<i>Slack</i>
MTOW1	59724.434	Not Binding	5675.566
MTOW2	59724.43399	Not Binding	5675.56601
MLW1	54381.934	Not Binding	6618.066
MLW2	54381.93399	Not Binding	6618.06601
MFW1	7404.434	Not Binding	11324.881
MFW2	7404.43399	Not Binding	11324.56601
BLOCK1	7404.434	Binding	0
BLOCK2	7404.43399	Binding	0
LEFT1	2061.934	Binding	0
LEFT2	3046.93399	Not Binding	984.9999899
TANKER	0	Not Binding	5029.566

Table 9. Problem sensitivity report not allows tankering

<i>Adjustable Cells</i>		
<i>Name</i>	<i>Final Value</i>	<i>Reduced Gradient</i>
x1	5342.5	0
x2	5342.5	0
<i>Constraints</i>		
<i>Name</i>	<i>Final Value</i>	<i>Lagrange Multiplier</i>
MTOW1	59724.43	0
MTOW2	59724.43	0
MLW1	54381.93	0
MLW2	54381.93	0
MFW1	7404.434	0
MFW2	7404.434	0
BLOCK1	7404.434	0.6187
BLOCK2	7404.434	1.675591
LEFT1	2061.934	1.110617
LEFT2	3046.934	0
TANKER	0	0

6.2. Analysis of Parametric Solution Results

It has been investigated how tankering is affected by flight distances, fuel price differences, cruise flight altitude and different load factors with the scenarios and problems established parametrically. The findings are presented in Figure 1 and Figure 2.

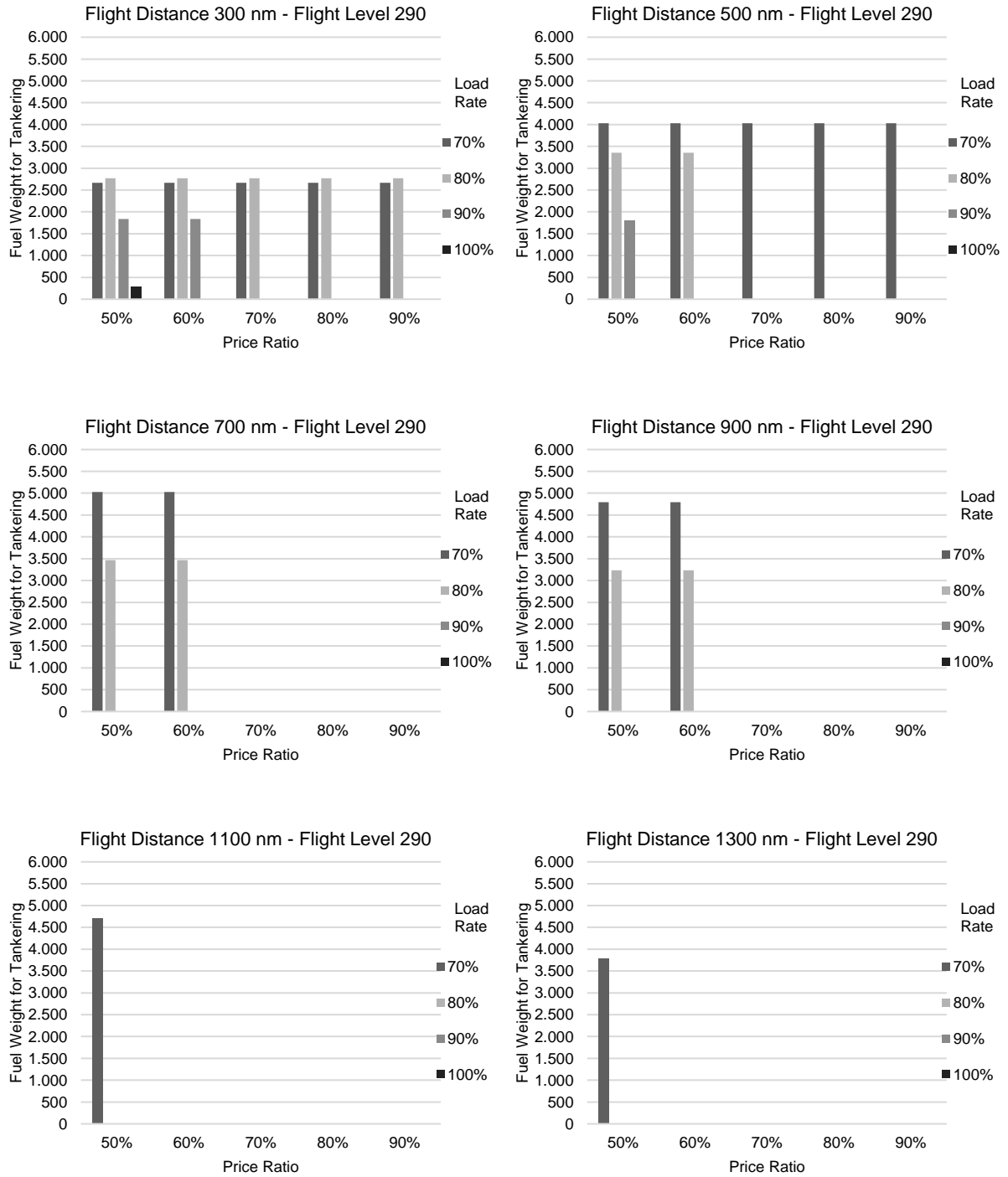


Figure 1. Tankering amount suggested by parametric problem solution for FL290

The maximum tankering capacity was occurred at a distance of 700 nm and the model suggested tankering in some scenarios depending on the appropriate fuel price differences and load factors. Figure 1 shows how much tankering will be done at 29,000 feet flight level, flight distance from 300 nm to 1300 nm at various load rates and different price ratios. In Figure 2, how much savings will be achieved in the specified scenarios is given for 29,000 feet flight level. The amount of tankering and savings realized at other flight levels are specified in the Appendix Table A1 and Table A2.

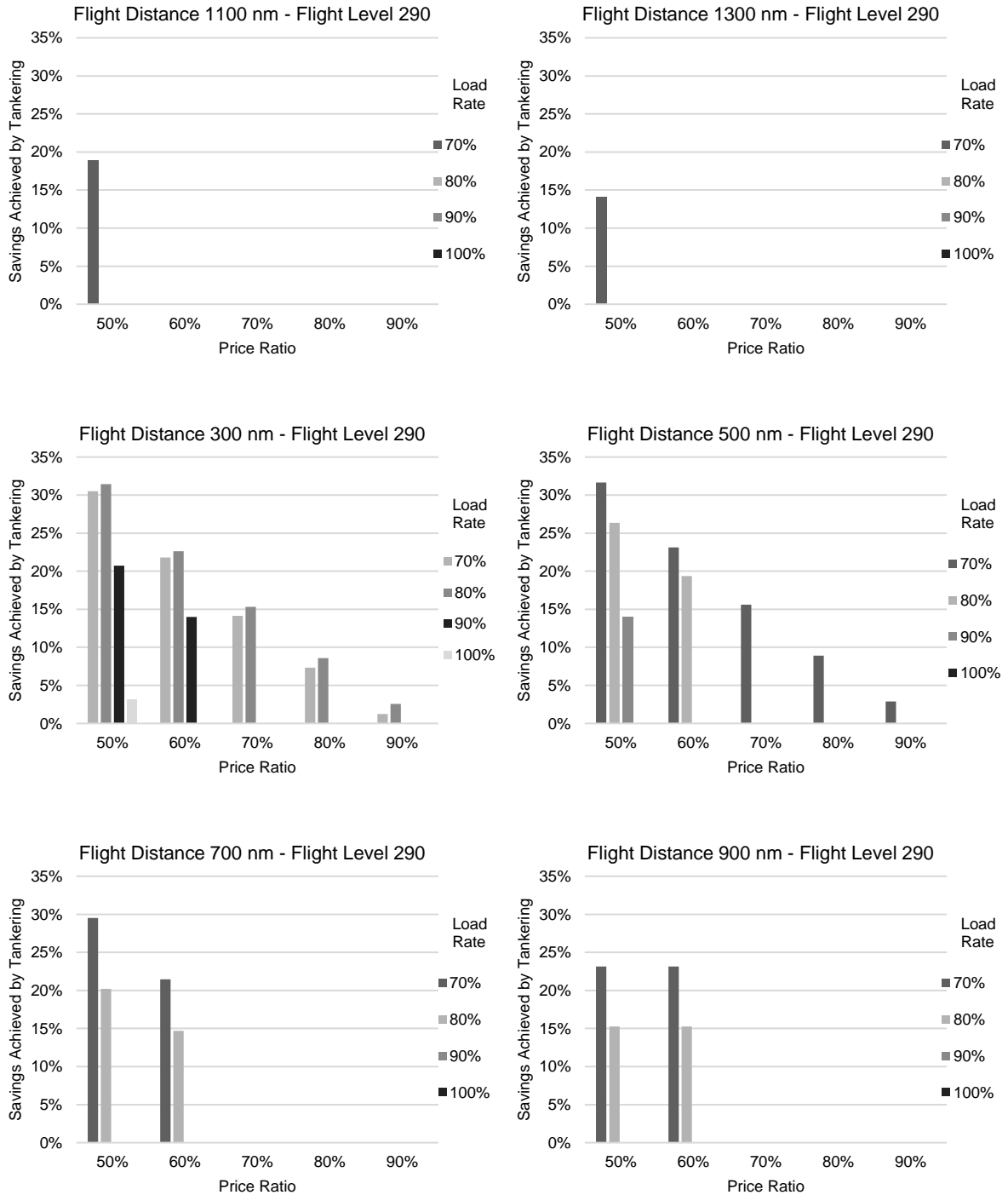


Figure 2. Savings achieved by tankering as a result of parametric problem solution for FL290

It has been observed that fuel consumption increased due to the increased weight resulting from tankering. Increasing fuel consumption caused additional fuel costs. However, in Figure 2, how much the total fuel cost is saved as a result of tankering is calculated by deducting the additional cost caused by the increased weight after fuel transportation. It has been observed that the strategy of reducing the cost by tankering is achieved when the load factor is the lowest and the fuel price difference is the highest. It has been found that the best savings rate with slight differences varies depending on the flight distance when comparing different cruise flight altitudes. It has been determined that the most suitable altitude is 31,000 ft to save with tankering strategy on round trip flights where the flight distance is 300 nm and 500 nm, but when the flight distance reaches 700 nm, the optimum cruise flight altitude is 35,000 ft.

6.3. Analysis of the Problem Solution Results of the Scenario Takes İstanbul as Hub

Since geopolitical position of Turkey is advantageous in accordance with fuel prices compared to many centers and proximity to many centers in Europe and the Middle East where population density is more, tankering application centered on İstanbul has been implemented. Flights from İstanbul are simulated to Bratislava, Florence, Athens, Sofia, and Baghdad airports where the fuel price is more expensive and to Tehran and Tripoli, where fuel prices are cheaper given in Table 3. As in the parametric study, cruise flight levels were tested at 29.000ft, 31.000ft, 33.000ft, 35.000ft, 37.000ft and 39.000ft (Figure 3).

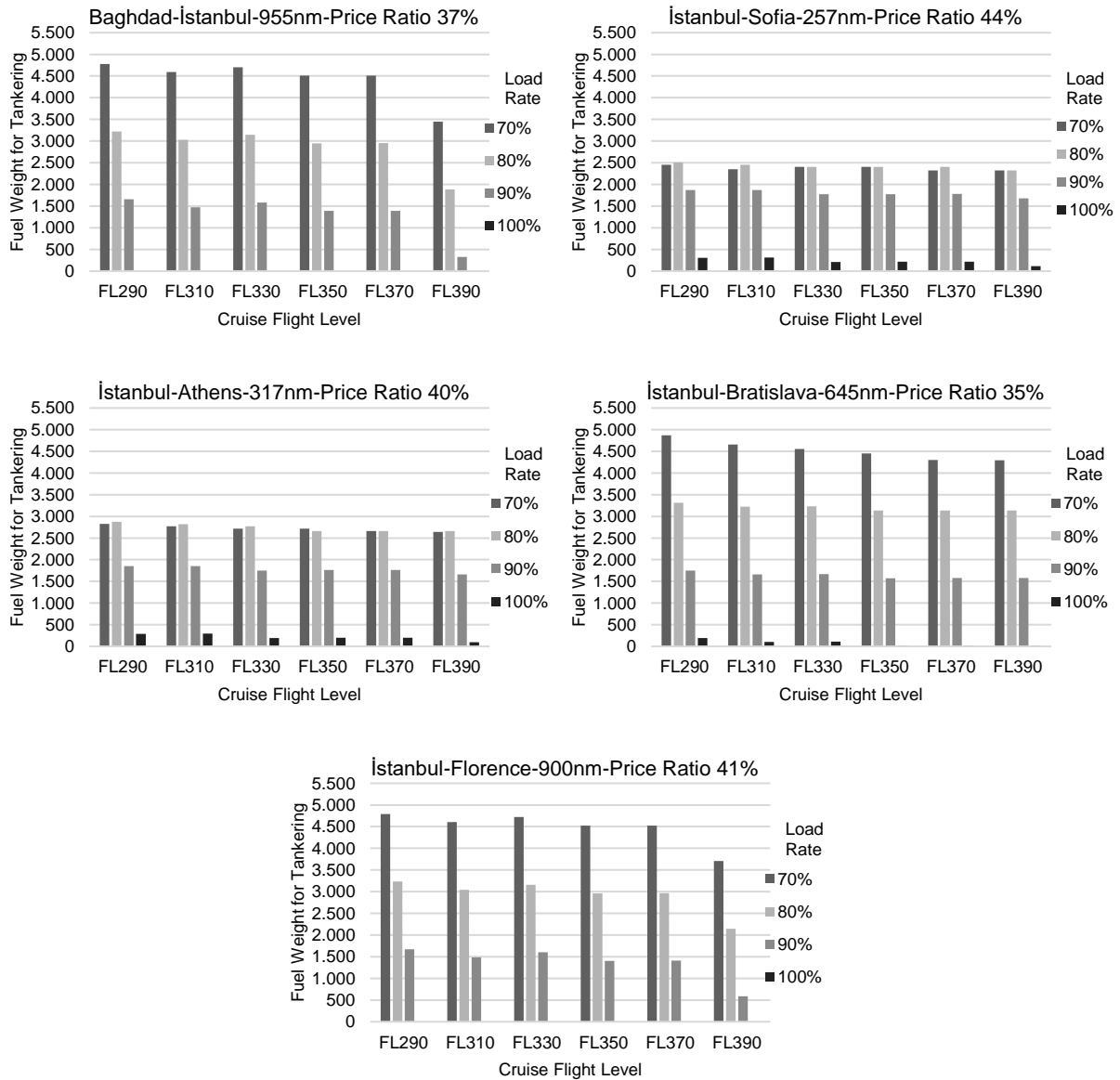


Figure 3. Tankering amount suggested by İstanbul based flight network

As can be seen in Figure 3, it is recommended to fly from İstanbul by tankering even if the plane flies with 100% load factor to five centers where the difference in fuel price is not much and the flight distance is short. Tankering to Tehran and Tripoli, where the fuel price difference is less and the flight distance is higher, is not recommended for any load factor. Because of that their chart is not located in the figure. When the amount of extra fuel transport for flights with close flight distances is compared with the different level flight levels flown, it is seen that there is not much difference. Similar to the parametric studies given before, the highest tankering capacity was ocured while flying to Bratislava, whose flight distance was 645nm, and because of the fuel price ratio of 35% in all load factors, extra fuel could be carried. The fact that the price of fuel in İstanbul is more than twice as cheap as Sofia, Athens, Bratislava, Florence, and Baghdad indicates that tankering can be achieved in almost all scenarios. The model returned aircraft from

the destination without loading any fuel, thanks to the excess fuel taken in short distances and low load factors.

Figure 4 shows how much savings have been achieved from the total fuel cost for the round trip with tankering on flights based in İstanbul compared to the flight with common fuel. When the table is examined, saving rates around 40% from the total fuel cost is seen on the trips when there are the least load factors and the highest price differences. It is seen that the most savings were achieved in the 645 nm distance Bratislava flight. Although there is no big difference between the levels of cruise flight, it can be said that the most suitable cruise flight altitude for saving with tankering is 33.000ft and 35.000ft. The amount of tankering and savings realized at other flight levels are specified in the Appendix Table A3 and Table A4.

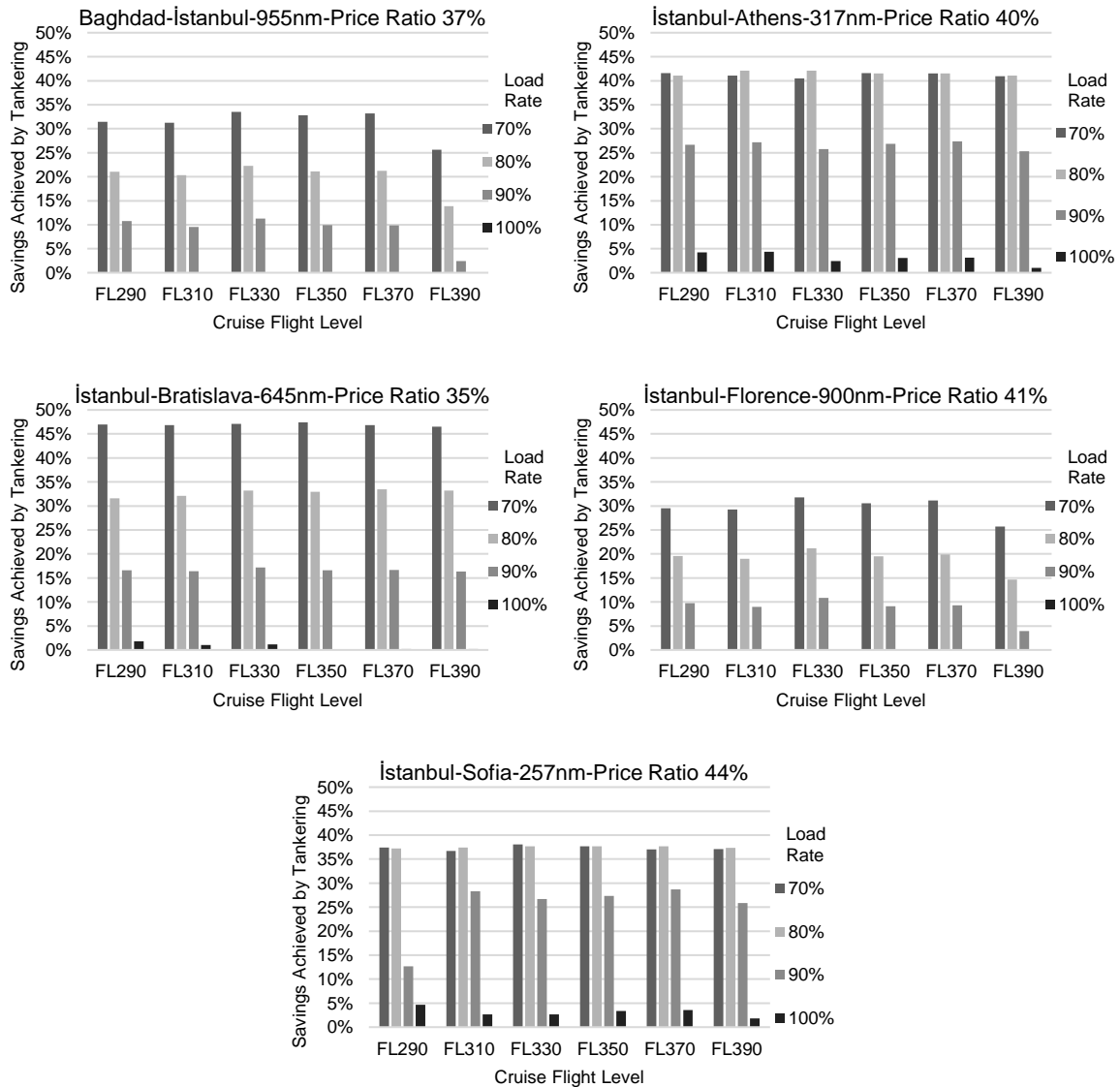


Figure 4. İstanbul based flight network problem solution resulting savings rates

7. CONCLUSION

Fuel cost is one of the major parts of the expenses in airline management. In this study, tankering operational application nonlinear programming problem is modeled and a flight planning application is proposed that will support the determination of optimum fuel purchases from each airport that will optimize the fuel cost for flights between centers with high fuel price differences. The GRG method was used to solve the problems, and a global optimal result was achieved in all of them. MS Excel plug-in was used as a solver.

In the experimental part of the study, scenarios were developed in order to evaluate the most appropriate conditions for tankering and the effect of flight distance, fuel price ratio, cruise flight altitude,

and load factor on tankering was shown parametrically. If the fuel price ratio between the flight centers is over 50% and the load factor is over 70%, tankering for 1300nm and above flight distances will increase the total fuel cost. It has been observed that as the flight distance between the centers gets shorter, tankering is allowed even though the fuel price factors are low and the load factors are high. In cases where the flight distance is over 300nm, if the load rate is 80% and above and the fuel price ratio is 70% and above, tankering for these flights will increase the cost. When the problem solution results are examined, it is seen that the cruise flight altitude does not affect the amount of tanker. However, in terms of fuel consumption, it has been observed that the most efficient flight levels increase the amount of extra fuel transport.

Although it is observed that there is an average 3-3.5% increase in fuel consumption with the tankering proposed by the research problem, compared to the flights that will take place without tankering, it has been shown that savings can be made from 2% to 30% which the total fuel cost of the round trip flights is directly proportional to the increase in the fuel price difference and inversely proportional to the increase in the load factor.

The developed model has been applied on an İstanbul-based flight network scenario. This practice is important as there can be large fuel differences between the centers that are close. It has been observed that the model allows tankering at almost all load factors between these centers, as the price of fuel in İstanbul is twice or cheaper than those in cities such as Sofia, Athens, Florence, Bratislava, and Baghdad. With Tankering, it has managed to save between 2% and 47% of the total fuel cost of round trips.

As a result of the interpretation of the right-hand side values of the constraints with the Lagrange multiplier value during the solution of the problem, it has been observed that more savings can be achieved when tankering is applied with efficient and high load carrying capacity aircraft that consume less fuel. Airline companies will be able to save more on fuel costs with tankering, as the new generation aircraft produced have these features.

Airbus A319 aircraft was taken as the basis in the application of this study. FCOM developed by the aircraft manufacturer was used for fuel estimation. In order to reach more accurate results, software that makes more precise fuel estimation calculations from FCOM can be used and airlines can develop their flight planning software themselves without outsourcing.

In the scenario, factors such as various weather conditions, wind, airport elevation, flight level change during cruise flight have been ignored as they increase the complexity of the operation. In addition, it was assumed that flight network is hub&spoke and flights are round trips. Although this default situation is in line with the network structure of traditional business model airline companies, the network structures of low cost, charter, regional airlines and air cargo carriers may differ. In addition to this research, the effect of assumed weather conditions can be emphasized while estimating aircraft fuel consumption for tankering studies. Lastly, since the established model will meet the needs of all network structures, it can be applied to network structures of a low-cost airline, charter airline, regional airline and air cargo carrier for optimization of tankering.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Niyazi Cem Gürsoy: Literatür taraması, Modelleme, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *Nesrin Alptekin*: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Niyazi Cem Gürsoy: Literature review, Modelling Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft *Nesrin Alptekin*: Conceptualization, Methodology, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the author

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

REFERENCES

- Abadie, J. and Carpentier, J. (1969). "Generalization of the Wolfe Reduced Gradient Method to the Case of Nonlinear Constraints", *Optimization*, 37-47.
- Abdelghany, K., Abdelghany, A. and Raina, S. (2005). "A Model for the Airlines' Fuel Management Strategies", *Journal of Air Transport Management*, 11(4), 199-206, DOI: 10.1016/j.jairtraman.2004.10.002.
- aeropostos.weebly.com. (2020). "Fuel Prices", <http://aeropostos.weebly.com/fuel-prices.html#.XfdHkugzblW> (Access Date: 14.02.2020).
- Airbus (2004). "Getting to Grips with Fuel Economy", <https://ansperformance.eu/library/airbus-fuel-economy.pdf>, (Access Date: 06.03.2020).
- Airbus (2005). "A319-Airplane Characteristics for Airport Planning", <https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcpta136/files/2021-11/Airbus-Commercial-Aircraft-AC-A319.pdf>, (Access Date: 06.03.2020).
- Arora, J.S. (2017). "Introduction to Design Optimization", Elsevier, Waltham. DOI: 10.1016/b978-0-12-800806-5.00001-9.
- Darnell, D.W. and Loflin, C. (1977). "National Airlines Fuel Management and Allocation Model", *Interfaces*, 7(2), 1-6, DOI: 10.1287/inte.7.2.1.
- De Baudus, L. and Castaigns, P. (2016). "Control Your Speed... in Cruise", *Safety First*, 9-21.
- Deo, V.A., Silvestre, F.J. and Morales, M. (2020). "The Benefits of Tankering Considering Cost Index Flying and Optional Refuelling Stops", *Journal of Air Transport Management*, 82, DOI: 10.1016/j.jairtraman.2019.101726.
- Erdoğan, N.K. and Alptekin, N. (2006). "Lineer Olmayan Programlama Problemleri". Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- EUROCONTROL (2019). "Fuel Tankering in European Skies: Economic Benefits and Environmental Impact | EUROCONTROL", <https://www.eurocontrol.int/publication/fuel-tankering-european-skies-economic-benefits-and-environmental-impact> (Access Date: 30.12.2019).
- Frank, S., Steponavice, I. and Rebennack, S. (2012). "Optimal Power Flow: A Bibliographic Survey I", *Energy Systems*, 3, 221-258, DOI: 10.1007/s12667-012-0056-y.
- Gerede, E. and Orhan, G. (2015). "Türk Hava yolu Taşımacılığındaki Ekonomik Düzenlemelerin Gelişim Süreci", *Türk Hava yolu Taşımacılığındaki Ekonomik Düzenlemelerin Gelişim Süreci*, 169-170, Republic of Turkey Directorate General of Civil Aviation, Ankara.
- Guerreiro Fregani, J.A.T., Müller, C. and Correia, A. R. (2013). "A Fuel Tankering Model Applied to a Domestic Airline Network", *Journal of Advanced Transportation*, 47(4), 386-398, DOI: 10.1002/atr.162.
- Hubert, T., Guo, C., Mouton, C.A. and Powers, J. D. (2015). "Tankering Fuel on U.S. Air Force Transport Aircraft: An Assessment of Cost Savings" RAND Corporation, California.
- IATA. (2019a). "Fuel Fact Sheet", <https://www.iata.org/contentassets/ebdba50e57194019930d72722413edd4/fact-sheet-fuel.pdf> (Access Date: 08.07.2019).
- IATA. (2019b). "Air Passenger Market Analysis", <https://www.iata.org/contentassets/08ea7f485007409d998575257c822ee9/passenger-analysis-jun-2019.pdf> (Access Date: 06.03.2020).
- ICAO (2018). "Annex 6 - Operation of Aircraft-Part I-International Commercial Air Transport - Aeroplanes" International Civil Aviation Organization, Montréal.
- Lasdon, L.S., Waren, A.D., Jain, A. and Ratner, M. (1978). "Design and Testing of a Generalized Reduced Gradient Code for Nonlinear Programming", *ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS)*, 4, 34-50, DOI: 10.1145/355769.355773.
- Lasdon, L.S., Fox, R.L. and Ratner, M.W. (1974). "Nonlinear Optimization Using The Generalized Reduced Gradient Method", *Revue Française D'automatique, Informatique, Recherche Opérationnelle. Recherche Opérationnelle*, 3(8), 73-103, DOI: 10.1051/ro/197408V300731.
- Nocedal, J. and Wright, S.J. (2006). "Numerical Optimization", 2, Mikosch, T.V., Resnick, S.I., Robinson, S.M., Springer Science and Business Media, New York, DOI: 10.1201/b19115-11.
- Rao, S.S. (2009). "Engineering Optimization: Theory and Practice: Fourth Edition", In *Engineering Optimization: Theory and Practice (Fourth Edi)*. John Wiley & Sons, New Jersey, DOI: 10.1002/9780470549124.
- Rudd, K., Foderaro, G. and Ferrari, S. (2013). "A Generalized Reduced Gradient Method for the Optimal Control of Multiscale Dynamical Systems", *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control*, 3857-3863. DOI: 10.1109/CDC.2013.6760478.

- Rudd, K., Foderaro, G., Zhu, P. and Ferrari, S. (2017). "A Generalized Reduced Gradient Method for the Optimal Control of Very-Large-Scale Robotic Systems", *IEEE Transactions on Robotics*, 33(2), 1226-1232. DOI: 10.1109/TRO.2017.2686439
- Rutner, S. and Brown, J. (1999). "Outsourcing as an Airline Strategy", *Journal of Air Transportation World Wide*, 4(2), 23-31.
- Schonland, A. (2019). "Total Ground Time – A Key Operational Metric for Airlines» AirInsight", <https://airinsight.com/total-ground-time-a-key-operational-metric-for-airlines/> (Access Date: 13.03.2020).
- skyvector.com. (2020). "SkyVector: Flight Planning / Aeronautical Charts", <https://skyvector.com/> (Access Date: 16.12.2020).
- Smith, S. and Lasdon, L. (1992). "Solving Large Sparse Nonlinear Programs Using GRG", *ORSA Journal on Computing*, 4(1), 2-15, DOI: 10.1287/ijoc.4.1.2.
- Stroup, J.S. and Wollmer, R.D. (1992). "Fuel Management Model for the Airline Industry", *Operations Research*, 40(2), 229–237, DOI: 10.1287/opre.40.2.229.
- Toplu, M.S. and Körpe, D.S. (2018). "Genel İndirgenmiş Gradyan Metodu İle Eniyileme Çözücüsü Geliştirilmesi", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(3), 960–969, DOI: 10.16984/saufenbilder.298972.
- Tuncer, B. and Aydoğan, K. (2019). "Yakıt Maliyetlerinin Taşınan Hava Kargo Miktarı Üzerine Etkileri: 2007-2018 Türkiye Örneği", *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, Bor Özel Sayısı, 146–147. DOI: 10.18092/ulikidince.517774
- Turkish Airlines (2019). "Turkish Airlines Board Activity Report", [https://investor.turkishairlines.com/documents/ceyreklik-sonuclar/2019_yili_yk_faaliyet_raporu_en\(2\).pdf](https://investor.turkishairlines.com/documents/ceyreklik-sonuclar/2019_yili_yk_faaliyet_raporu_en(2).pdf) (Access Date: 03.07.2019).

APPENDIX

Table A1. Tankering amount suggested by parametric problem solution (kg)

Cruise Flight Altitude	FL290	FL310					FL330					FL350					FL370					FL390									
		Price Ratio (%)																													
Flight Distance	Load Factor (%)	50	60	70	80	90	50	60	70	80	90	50	60	70	80	90	50	60	70	80	90	50	60	70	80	90	50	60	70	80	90
300 nm	70	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.718	2.718	2.718	2.718	2.718	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.560	2.560	2.560	2.560	2.560	2.560	2.560	2.560	2.560	2.560
	80	2.770	2.770	2.770	2.770	2.770	2.770	2.770	2.770	2.770	2.770	2.718	2.718	2.718	2.718	2.718	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.560	2.560	2.560	2.560	2.560	2.508	2.508	2.508	2.508	2.508
	90	1.834	1.834	0	0	0	1.859	1.859	0	0	0	1.762	1.762	0	0	0	1.762	1.762	0	0	0	1.767	1.767	0	0	0	1.665	1.665	0	0	0
	100	274	0	0	0	0	299	0	0	0	0	202	0	0	0	0	202	0	0	0	0	207	0	0	0	0	105	0	0	0	0
500 nm	70	4.030	4.030	4.030	4.030	4.030	3.925	3.925	3.925	3.925	3.925	3.715	3.715	3.715	3.715	3.715	3.715	3.715	3.715	3.715	3.715	3.610	3.610	3.610	3.610	3.610	3.558	3.558	3.558	3.558	3.558
	80	3.354	3.354	0	0	0	3.261	3.261	0	0	0	3.267	3.267	0	0	0	3.169	3.169	0	0	0	3.174	3.174	0	0	0	3.172	3.172	0	0	0
	90	1.794	0	0	0	0	1.701	0	0	0	0	1.707	0	0	0	0	1.609	0	0	0	0	1.614	0	0	0	0	1.612	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
700 nm	70	5.030	5.030	0	0	0	4.761	4.761	0	0	0	4.772	4.772	0	0	0	4.765	4.765	4.765	4.765	4.765	4.660	4.660	4.660	4.660	4.660	4.581	4.581	4.581	4.581	4.581
	80	3.470	3.470	0	0	0	3.201	3.201	0	0	0	3.212	3.212	0	0	0	3.222	3.212	0	0	0	3.119	3.119	0	0	0	3.120	3.120	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	1.461	0	0	0	0	1.652	0	0	0	0	1.669	0	0	0	0	1.559	0	0	0	0	1.560	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
900 nm	70	4.794	4.794	0	0	0	4.604	4.604	0	0	0	4.722	4.722	0	0	0	4.522	4.522	0	0	0	4.527	4.527	0	0	0	3.706	3.706	0	0	0
	80	3.234	3.234	0	0	0	3.044	0	0	0	0	3.162	0	0	0	0	2.962	0	0	0	0	2.967	0	0	0	0	2.146	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100 nm	70	4.715	0	0	0	0	4.549	0	0	0	0	4.667	0	0	0	0	4.467	0	0	0	0	4.472	4.472	0	0	0	2.594	0	0	0	0
	80	0	0	0	0	0	2.948	0	0	0	0	3.102	0	0	0	0	2.907	0	0	0	0	2.912	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1300 nm	70	3.794	0	0	0	0	4.092	0	0	0	0	4.509	0	0	0	0	4.417	0	0	0	0	4.417	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1500 nm	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table A2. Savings achieved by tankering as a result of parametric problem solution (%)

Cruise Flight Altitude		FL290					FL310					FL330					FL350					FL370					FL390				
Price Ratio (%)																															
Flight Distance	Load Factor (%)	50	60	70	80	90	50	60	70	80	90	50	60	70	80	90	50	60	70	80	90	50	60	70	80	90	50	60	70	80	90
300 nm	70	30.50%	21.81%	14.14%	7.33%	1.23%	31.83%	23.31%	15.79%	9.11%	3.13%	31.80%	23.28%	15.76%	9.07%	5.26%	32.46%	24.01%	16.56%	9.94%	4.02%	31.07%	22.45%	14.85%	8.09%	2.04%	32.43%	23.99%	16.54%	9.91%	3.99%
	80	31.43%	22.61%	15.30%	8.57%	2.56%	32.47%	24.03%	16.58%	9.96%	4.04%	32.68%	24.27%	16.85%	10.25%	4.34%	33.32%	24.99%	17.64%	11.10%	5.25%	31.87%	23.35%	15.84%	9.16%	3.18%	30.80%	22.15%	14.52%	7.74%	1.67%
	90	20.72%	14.01%	0	0	0	21.76%	16.09%	0	0	0	21.03%	15.55%	0	0	0	21.03%	15.39%	0	0	0	21.95%	16.07%	0	0	0	19.82%	14.17%	0	0	0
	100	3.17%	0	0	0	0	3.57%	0	0	0	0	2.46%	0	0	0	0	2.34%	0	0	0	0	2.62%	0	0	0	0	1.30%	0	0	0	0
500 nm	70	31.67%	23.13%	15.59%	8.89%	2.90%	32.07%	23.58%	16.09%	9.43%	3.45%	31.31%	22.72%	15.15%	8.41%	2.39%	31.78%	23.25%	15.73%	9.04%	3.05%	31.74%	23.21%	15.68%	8.98%	3.00%	30.99%	22.36%	14.75%	7.98%	1.93%
	80	26.34%	19.36%	0	0	0	26.62%	19.56%	0	0	0	27.32%	19.90%	0	0	0	26.84%	19.53%	0	0	0	27.67%	20.13%	0	0	0	27.12%	19.45%	0	0	0
	90	14.06%	0	0	0	0	13.60%	0	0	0	0	14.03%	0	0	0	0	13.20%	0	0	0	0	14.18%	0	0	0	0	13.96%	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
700 nm	70	29.53%	21.46%	0	0	0	29.35%	21.06%	0	0	0	30.74%	22.21%	14.65%	0	0	32.13%	23.65%	16.17%	9.51%	3.56%	31.12%	22.51%	14.91%	8.16%	2.12%	30.52%	21.83%	14.17%	7.35%	1.26%
	80	20.21%	14.70%	0	0	0	19.20%	13.56%	0	0	0	20.54%	14.95%	0	0	0	21.66%	15.91%	0	0	0	20.30%	14.47%	0	0	0	20.30%	14.47%	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	9.56%	0	0	0	0	10.48%	0	0	0	0	11.31%	0	0	0	0	10.11%	0	0	0	0	9.99%	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
900 nm	70	23.15%	23.15%	0	0	0	22.79%	16.25%	0	0	0	25.14%	18.31%	0	0	0	23.86%	17.12%	0	0	0	24.24%	17.26%	0	0	0	20.05%	14.36%	0	0	0
	80	15.26%	15.26%	0	0	0	14.77%	0	0	0	0	16.79%	0	0	0	0	15.07%	0	0	0	0	15.37%	0	0	0	0	11.42%	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100 nm	70	18.89%	0	0	0	0	19.12%	0	0	0	0	20.47%	0	0	0	0	19.43%	0	0	0	0	19.76%	13.96%	0	0	0	11.50%	0	0	0	0
	80	0	0	0	0	0	12.36%	0	0	0	0	13.33%	0	0	0	0	12.47%	0	0	0	0	12.29%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1300 nm	70	14.11%	0	0	0	0	14.47%	0	0	0	0	17.01%	0	0	0	0	16.92%	0	0	0	0	16.48%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1500 nm	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table A3. Tankering amount suggested by İstanbul based flight network problem solution (kg)

Destination, Flight Distance and Price Ratio	Load Factor (%)	Cruise Flight Altitude					
		FL290	FL310	FL330	FL350	FL370	FL390
Sofia-257nm-44%	70	2.455	2.350	2.402	2.402	2.323	2.324
	80	2.507	2.455	2.402	2.402	2.402	2.324
	90	1.868	1.871	1.771	1.774	1.779	1.675
	100	308	311	211	214	219	115
Athens-317nm-40%	70	2.823	2.770	2.717	2.717	2.665	2.639
	80	2.875	2.822	2.770	2.665	2.665	2.665
	90	1.851	1.850	1.750	1.761	1.761	1.660
	100	291	293	194	201	201	100
Bratislava-645nm-35%	70	4.870	4.660	4.555	4.450	4.300	4.293
	80	3.310	3.221	3.229	3.134	3.136	3.135
	90	1.751	1.661	1.669	1.574	1.579	1.575
	100	191	101	109	14	16	15
Florence-900nm-41%	70	4.793	4.604	4.721	4.522	4.527	3.706
	80	3.233	3.044	3.161	2.962	2.967	2.146
	90	1.673	1.484	1.601	1.402	1.407	586
	100	0	0	0	0	0	0
Baghdad-955nm-37%	70	4.778	4.589	4.704	4.509	4.512	3.445
	80	3.218	3.029	3.144	2.949	2.952	1.885
	90	1.658	1.469	1.584	1.389	1.392	325
	100	0	0	0	0	0	0
Tripoli-995nm-59%	70	0	0	0	0	0	0
	80	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0
Tehran-1122nm-87%	70	0	0	0	0	0	0
	80	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0

Table A4. İstanbul based flight network problem solution resulting savings rates with tinkering (%)

Destination, Flight Distance and Price Ratio	Load Factor (%)	Cruise Flight Altitude					
		FL290	FL310	FL330	FL350	FL370	FL390
Sofia-257nm-44%	70	37.42	36.68	38.06	37.71	37.01	37.12
	80	37.21	37.40	37.71	37.71	37.69	37.35
	90	12.69	28.33	26.69	27.31	28.68	25.85
	100	4.64	2.65	2.67	3.36	3.59	1.80
Athens-317nm-40%	70	41.61	41.05	40.47	41.57	41.55	40.95
	80	41.10	42.13	42.12	41.54	41.54	41.08
	90	26.67	27.20	25.77	26.84	27.36	25.30
	100	4.24	4.36	2.41	3.11	3.17	1.02
Bratislava-645nm-35%	70	46.95	46.84	47.11	47.39	46.84	46.52
	80	31.56	32.09	33.19	32.95	33.46	33.22
	90	16.61	16.43	17.17	16.57	16.68	16.35
	100	1.83	1.01	1.13	0.15	0.18	0.16
Florence-900nm-41%	70	29.50	29.27	31.81	30.53	31.15	25.68
	80	19.59	18.98	21.21	19.51	19.91	14.64
	90	9.73	8.97	10.83	9.13	9.33	3.91
	100	0	0	0	0	0	0
Baghdad-955nm-37%	70	31.42	31.24	33.49	32.80	33.21	25.60
	80	21.03	20.33	22.27	21.12	21.22	13.87
	90	10.80	9.57	11.28	9.91	9.87	2.45
	100	0	0	0	0	0	0
Tripoli-995nm-59%	70	0	0	0	0	0	0
	80	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0
Tehran-1122nm-87%	70	0	0	0	0	0	0
	80	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0

Son Kilometre Koli Teslimatı Literatür Taraması: Yükselen Eğilim ve İlgili Teknolojilere Bir Bakış*

Zehra Burçin KANIK¹, Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN², Mehmet SOYSAL³

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, son kilometre koli teslimatı alanıyla ilgili bir literatür taraması gerçekleştirmek ve literatürde yer alan yükselen eğilim ve teknolojilere bir bakış açısı sunmaktır.

Yöntem: Çalışma kapsamında bir literatür taraması gerçekleştirilerek tanımlayıcı analizler yapılmış ve son kilometre koli teslimatı yazını kapsamında literatürde yer verilen yeni iş modelleri, yükselen eğilim ve teknolojiler belirlenerek gruplanmış; detaylı bir şekilde açıklanarak tanıtılmış ve her birinin sağladığı potansiyel faydalar ifade edilmiştir.

Bulgular: İlgili literatür taramasının analizlerinde son kilometre koli teslimatı kavramıyla ilgili yayın sayısında önemli bir artış görülmektedir. Çalışmaların büyük çoğunluğu, nicel teknikleri uygulamaktadır. Literatür taraması neticesinde, en çok yayın yapılan dergiler ve dergilerin etki faktörlerine de yer verilmiştir. Üç gruba ayrılan ve alt başlıklarıyla detaylandırılan eğilim ve teknolojiler ise teknoloji odaklı teslimat seçenekleri, çevre dostu teslimat uygulamaları ve yeni iş modelleridir.

Özgünlük: İlgili literatür incelemeleri bu çalışmanın son kilometre koli teslimatı alanında, öncü bir Türkçe literatür taraması olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Koli Teslimatı, Son Kilometre Lojistiği, Literatür Taraması, Yükselen Eğilim ve Teknolojiler.

JEL Kodları: L90, L91, R40.

A Literature Review on the Last-Mile Parcel Delivery: An Overview of the Emerging Trend and Associated Technologies

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to perform a literature review on the last-mile parcel delivery concept and provide a detailed perspective on the emerging trends and innovative technologies within the scope of the subject and to propose a new research area.

Methodology: In this study, a literature review has been carried out and new business models, emerging technologies in last-mile parcel delivery have been determined and grouped, explained in detail and the potential benefits of each have been expressed.

Findings: In the analysis of the relevant literature review, a significant increase has been seen in the number of publications related to the concept of last-mile parcel delivery. In the vast majority of studies quantitative techniques have been applied. As a result of the literature review, the journals that cover last-mile delivery concept frequently and the impact factors of these journals were also included. The trends and technologies were divided into three groups and detailed with subheadings: Technology-oriented delivery options, environmentally friendly delivery practices and new business models.

Originality: Considering the relevant literature, this study seems to have a pioneering role in the Turkish literature review about last-mile parcel delivery.

Keywords: Parcel Delivery, Last Mile Logistics, Literature Review, Emerging Trends and Technologies.

JEL Codes: L90, L91, R40.

* Bu çalışma, Zehra Burçin KANIK tarafından Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN danışmanlığında yürütülen "Son Kilometre Koli Teslimatı İçin Bir Hibrit Çok Kriterli Karar Verme Modeli Önerisi" başlıklı Doktora Tezi'nden türetilmiştir.

¹ Arş. Gör., Çankaya Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü, Ankara, Türkiye, zbkantik@chankaya.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1683-060X (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye, mergun@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6905-1154.

³ Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye, mehmetsoysal@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1570-660X.

EXTENDED ABSTRACT

There has been a significant expansion in electronic and mobile commerce worldwide due to the rise of urbanization, digital technology, the internet and changes in consumer behaviour. Due to the increase in the volume and frequency of mobile commerce, customers have higher expectations for quicker and cheaper purchases. To achieve this expectation, service providers are under pressure to provide services cost-effectively and affordably. Last-mile parcel delivery refers to the relationship between the end customer and the package delivery provider, which is the final link in the supply chain. This term has also led to the development of the concept of "city logistics". Companies are increasing their efforts to improve the economic, social, and environmental efficiency of last-mile parcel delivery because it is the most expensive link in the supply chain.

The importance of "Last-mile parcel delivery" has recently been highly recognized around the world, and as a result, there has been a sharp increase in the number of papers published about the topic in recent years. However, last-mile parcel delivery is a relatively unexplored area in the relevant literature in Turkey. Based on this inference, this study intends to explain the notion of last-mile parcel delivery and provides a detailed perspective on the growing trends and novel technologies within the scope of the subject, and serves as a reference for future research. For this purpose, new business models, emerging innovations, and Technologies within the scope of the last-mile parcel delivery literature have been identified, categorized, and discussed in depth, and their potential benefits have been expressed.

The literature review papers and articles have initially been identified in the Web of Science Core Collection database with the parcel delivery keyword. The studies have been analyzed individually. 17 literature review papers and 230 additional papers have been taken under consideration for this review. Not only have descriptive statistics been presented from the literature about last-mile parcel delivery, but new business models, upcoming innovations, and current technology in the sector have been introduced, categorized, and the potential benefits of each have been explained as well.

This study is the first systematic literature attempt on last-mile parcel delivery in Turkey. Therefore, the study is thought to be unique among literature reviews in a sense that it provides a synthesis of prior knowledge. Last-mile parcel delivery is becoming an increasingly important topic, as shown by the descriptive data. It has been observed that UAVs (*Unmanned Aerial Vehicles*) and sustainability are the subjects that have been studied most about the topic. The review shows that quantitative methods have been applied in the vast majority of studies in the field of last-mile parcel delivery. In this study, current methods for more successful and efficient items delivery over the last-mile have been categorized into three classes, which are named technologically-driven delivery options, environmentally-friendly distribution practices, and innovative business models, and described in detail.

In light of these findings, it is crucial to undertake an additional study to establish sustainable, cost-effective and productive business models. This topic is still crucial in terms of harmonizing the innovations coming from the industry. The majority of the technologies compiled from the literature are still in the experimental phase, and their consumer adoption is uncertain. It is especially important to determine the current situation of the last-mile parcel delivery industry in Turkey. Studies that are to be conducted should be in harmony with the sector to support last-mile parcel delivery service providers in Turkey to benefit from the innovations and improve their delivery processes. In this context, it is also beneficial to educate service providers and assess their willingness to adapt to change. In addition, learning about the associated consumer trends and technologies in Turkey, as well as their usage patterns, might be an additional research topic. This study, which summarizes the current state of the literature and reveals potential research directions, has the potential to lead to future research and developments in this field.

1. GİRİŞ

Günümüzde sürekli artan çevrimiçi alışveriş, müşterilerin satın alma davranışları ile perakendecilerin iş yapış şekillerini oldukça değiştirmiştir (Mucowska, 2021). Geleneksel perakendecilerin fiziksel mağazalarına ek olarak çevrimiçi mağazalarını kurmaları ve tüketicilerin çeşitli teknolojileri kullanarak fiziksel mağaza ziyaretlerine, çevrimiçi mağaza ziyaretlerini de dahil etmeleriyle çok kanallı bir alışveriş ortamı doğmuştur. Çok kanallı ortamda çevrimiçi ve çevrimdışı dünyalar birleşmektedir ve alışveriş zamanla sınırlı değildir (Rai ve diğerleri, 2019). Müşteriler, istedikleri zaman siparişlerini verebilmektedir. Benzer durumda perakendeciler de zamanla sınırlı olmadan satış gerçekleştirebilmektedir. Başka bir deyişle, bu ortamda çevrimiçi alışveriş deneyimi hızlı erişilebilir, esnek, kişiselleştirilmiş ve kullanışlı olmak durumundadır (Chen ve diğerleri, 2018). Özellikle Covid-19 pandemi süreci de bahsedilen bu durumu sokağa çıkma yasağı vb. kısıtlamalar neticesinde hızlandırmıştır.

İçinde bulunduğumuz dijital çağda ürünler, dünyanın her yerinden satın alınabilmekte ve dört bir yanına taşınarak özellikle şehirlerde nihai müşterilere ulaştırılmaktadır. Bu yolculuğun son kısmı ise literatürde son kilometre teslimatı (last-mile delivery) olarak yer almaktadır (Mucowska, 2021). Son kilometre teslimatı, bir kolinin perakendecinin yerel deposu ile son müşteri arasında yaptığı son yolculuk olarak tanımlanmakta ve literatürde koli teslimatı (parcel delivery) olarak da ifade edilmektedir (Gläser ve diğerleri, 2021). Çok kanallı perakendeciliğin hızla büyümesi ve artan şehirleşme ile kentsel koli teslimatındaki yükselen ivme, şehir lojistiği operasyonlarını önemli bir noktaya taşımıştır (Zhao ve diğerleri, 2018).

Son kilometre koli teslimatı, artan çevrimiçi ticaretle beraber bir zorluk haline de gelmiştir (Luo ve diğerleri, 2022). Artan nüfus ve satış hacmi, kentlerdeki koli dolaşımını ve buna bağlı olarak teslimat hareketliliğini tetiklemektedir (Olsson ve diğerleri, 2019). Hızlı kentleşme hava kirliliği, gürültü ve trafik sorunlarına yol açmaktadır (Soysal ve Bloemhof-Ruwaard, 2017; Dünder ve diğerleri, 2021). Müşteriler ise kolilerinin kendilerine hızlı ve düşük maliyetli teslim edilmesini beklemektedir. Bu nedenle perakendeciler ve teslimat gerçekleştiren firmalar ekonomik, sosyal ve çevresel faktörleri hesaba katarak kentsel alanlarda koli teslimatı yapmanın verimli ve etkin yollarını bulmaya çalışmaktadır (Zhao ve diğerleri, 2018).

Firmalar, müşteri memnuniyeti için güvenilir, hızlı yanıt veren, uygun fiyatlı ve profesyonel bir teslimat deneyimi sağlarken aynı zamanda operasyonel verimliliklerini de göz önünde bulundurmaya istemmektedir (Wang ve diğerleri, 2019a). Bu nedenle firmalar, teslimat sürelerini kısaltırken işçilik maliyetlerini düşürmek ve çevresel kaygıları da gözetmek durumundadır (Mohsan ve diğerleri, 2022). Ayrıca, başarısız teslimatları azaltmak ve pazardaki rekabet avantajını korumak firmalara önemli kârlar sağlamaktadır (Florio ve diğerleri, 2018). Tüm bunları bir arada gerçekleştirebilmek için perakendeciler, teslimat süreçlerini iyileştirmenin yollarını aramaktadır (Muharemovic ve diğerleri, 2021). Bu ihtiyaç, yeni teknolojiler ve yenilikler aracılığıyla yeni iş modellerini beraberinde getirmiştir (Scherr ve diğerleri, 2019). Bu açıdan bakıldığında, son kilometre koli teslimatı sektörü, günümüzde önemli bir teknolojik ilerleme alanı olarak da görülmektedir (Ghommam ve diğerleri, 2020). İşletmeler, lojistik operasyonlarında hizmet kalitesini arttırmak, müşteri memnuniyetini sağlamak ve son kilometre koli teslimatının verimliliğini arttırmaya yönelik yenilikçi çözüm ve teknolojilere her daim gözetmek durumundadır. Teknoloji kullanımının artması ve operasyonlara entegre edilen yeniliklerin çeşitlenmesi, işletme verimliliğinin artırılmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda, son kilometre koli teslimatı süreçlerinin verimliliğinde gerçekleşen pozitif ivme, tedarik zincirinde topyekûn ve zincir boyunca tüm aktörlerin verimliliğinin artmasına katkı sunmaktadır.

Konunun dünyada artan önemiyle paralel bir şekilde, gerçekleştirilen literatür çalışmaları neticesinde son yıllarda son kilometre koli teslimatı ile ilgili yayın sayısının oldukça arttığı görülmektedir. Ancak, son kilometre koli teslimatı kavramının Türkçe literatür için yeni bir alan olduğu söylenebilir. Bu çıkarımdan hareketle bu çalışmanın amacı, Türkçe literatürdeki bu açığı gidermek, son kilometre koli teslimatı kavramını açıklamak, konu kapsamında yer alan yükselen eğilim ve yenilikçi teknolojilere detaylı bir bakış açısı sunmak ve araştırmacılara gelecek çalışmalar için yön gösterebilmektir. Bu amaçla, ilgili yazında literatür taraması yapılarak son kilometre koli teslimatı yazını kapsamında literatürde yer verilen yeni iş modelleri, yükselen yenilik ve teknolojiler belirlenerek gruplanmış; detaylı bir şekilde açıklanarak tanıtılmış ve her birinin sağladığı potansiyel faydalar ifade edilmiştir.

Çalışmanın takip eden bölümleri şu şekildedir. İkinci bölümde son kilometre koli teslimatı kavramı üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde ilgili literatür taraması ile ilgili analizler yapılmıştır. Dördüncü bölümde güncel eğilim ve teknolojiler özelinde yeni iş modelleri, yenilikçi teknolojiler ve araçlar detaylı bir şekilde açıklanarak tanıtılmıştır. Son bölümde ise, çalışmanın genel sonuçları yer almaktadır.

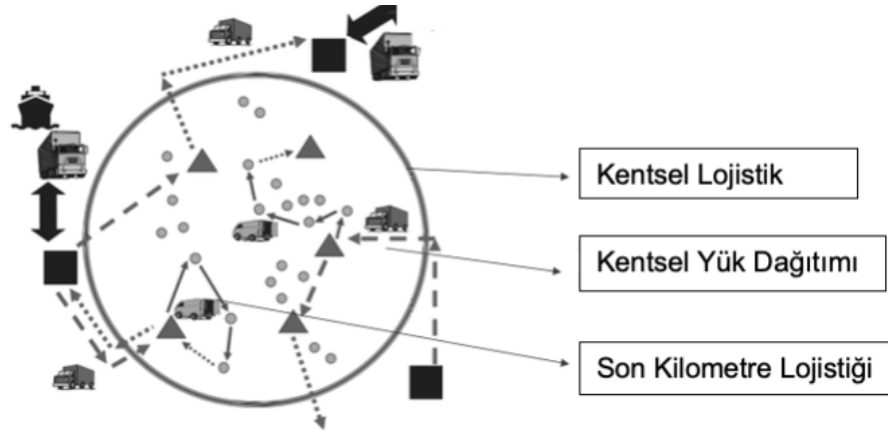
2. SON KİLOMETRE KOLİ TESLİMATI KAVRAMI

Son kilometre koli teslimatı, kentsel lojistik alanının en önemli alt alanlarından biri olarak araştırmalara konu olmaktadır. Kentleşme oranındaki artış, artan nüfus, e-ticaretin gelişmesi, tüketici davranışlarının

değişmesi ve artan çevresel kaygılarla beraber tedarik zincirinin en verimsiz ve maliyetli halkası olan son kilometre koli teslimatına çözüm bulma konusunda önemli gelişmeler yaşanmaktadır (Olsson ve diğerleri, 2019). Bu konuda hem ekonomik hem de çevresel ve sosyal faktörlerin devreye girdiği çözüm yaklaşımları yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Soysal, 2015).

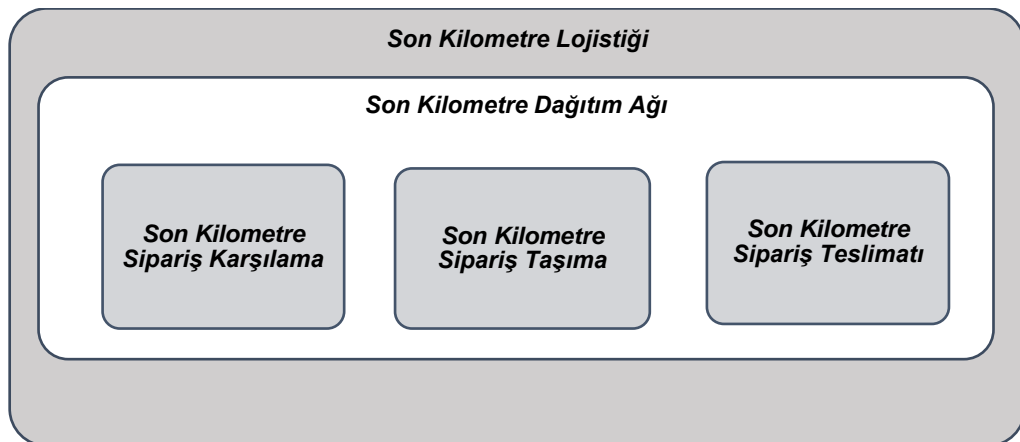
Son kilometre koli teslimatı, ürünlerin son dağıtım merkezi olan konsolidasyon merkezinden müşterinin talep ettiği noktaya teslimatı anlamına gelmektedir (Özbekler, 2021). Bu teslimat gerçekleştirilirken trafik sıkışıklığı, çevre kirliliği, kamu güvenliği, lojistik maliyetlerin azaltılması, operasyonlardaki verimliliğin artırılması ve müşteri memnuniyetinin sağlanması amaçlarıyla lojistik ve teslimat maliyetlerinin optimize edilmesine önem verilmektedir. Bunu yaparken de teknoloji kullanımı konunun ana noktasındadır. Bir başka deyişle, şehre doğru, şehirden dışarı ve şehir içindeki tüm faaliyetlerin topyekûn koordinasyonu, son kilometre koli teslimatının ana odak noktasıdır (Cardenas ve diğerleri, 2017).

Şekil 1’de Cardenas ve diğerleri (2017)’nin çalışmalarında yer verdiği kentsel lojistiğin coğrafi kapsamı yer almaktadır. Bu çalışmaya göre kentsel lojistik makro seviye faaliyetleri göstermektedir. Kentsel yük dağıtımını orta seviyeyi ifade ederken, son kilometre lojistiği ise mikro seviye faaliyetleri ifade etmektedir. Mikro seviye faaliyetler kapsamında mikro ölçekli dağıtım merkezlerinin kurulması, çoklu dağıtım ve toplama faaliyetlerinin yürütülmesi, uygun rota optimizasyonu ve araç türlerinin seçilmesi yer almaktadır. Bunların yanı sıra, dağıtım faaliyetlerinin devamlılığı için erişimin artırılması, yük verimliliğinin sağlanması, müşteri beklentilerinin karşılanması için hızlı, esnek ve kaliteli dağıtım çözümlerinin geliştirilmesi ve sosyal ve çevresel konuların da verimlilik kapsamında gözetilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Kentsel lojistiğin coğrafi kapsamı (Cardenas ve diğerleri, 2017)

Olsson ve diğerleri (2019)’nin gerçekleştirdiği sistematik literatür taraması çalışmasına paralel şekilde, Özbekler (2021)’in çalışmasında son kilometre lojistik süreçlere yer verilmiştir. Son kilometre lojistiği ağının çevrelediği sistemde, son kilometre dağıtım ağı bir alt sistemi ifade etmektedir. Son kilometre lojistik ağının kapsamında ise sipariş karşılama, sipariş taşıma ve sipariş teslimatı alt süreçleri yer almaktadır.



Şekil 2. Son kilometre lojistik süreçleri (Olsson ve diğerleri, 2019; Özbekler, 2021)

Şekil 2’ye göre son kilometre lojistiği, uzun vadeli ve stratejik kararları kapsamaktadır. Son kilometre dağıtım ağı, orta vadeli yani taktiksel kararları içermektedir. Sipariş karşılama, sipariş taşıma ve sipariş

teslimatı süreçlerinin her biri kısa vadeli, bir başka deyişle, operasyonlara dayalı kararları konu almaktadır. Her bir süreçte farklı kararların alınması ve uygulamadaki problemlerin çözümleri için zincirin her halkasına yönelik uygulamaların hayata geçirilmesi son derece önemlidir.

Hizmet sağlayıcılar, müşteri talepleri ile verimlilik arasında denge kurmak adına yeni teslimat uygulamaları ve teknolojileri geliştirmeye her geçen gün daha fazla önem vermektedir (Lim ve Shiode, 2011). İlgili literatür incelemelerinde de pek çok yükselen eğilim ve teknoloji dikkat çekmektedir. Kitle kaynaklı veya paylaşımlı teslimat, geleneksel ev teslimatlarına bir alternatiftir. Bu teslimat türü, paylaşım ekonomisi esasına ve araçlardaki âtil kapasitenin kullanımına dayanmaktadır. Kitle kaynak kullanımlı teslimat sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik konusunda önemli fayda sağlamaktadır (Kang ve diğerleri, 2019).

Geleneksel teslimat yönteminde ağırlıklı olarak kullanılan kamyon ve kamyonetler, kentsel alanlarda düşük yakıt verimliliği ve yüksek çevresel etkiye yol açmakta, trafik sıkışıklığını ve operasyon maliyetlerini artırmaktadır. Daha çevreci yakıt tipini içeren teslimat araçlarının kullanımı, her geçen gün daha fazla desteklenmektedir (Zhang ve diğerleri, 2019a).

Daha sürdürülebilir, hızlı ve ucuz teslimat alternatifleri sunmak amacıyla şirketler kargo bisikletleri, koli dolapları, gel-al noktaları, mağazadan teslimat, akıllı kilit ve otonom araç kullanımı gibi alternatifler üretmektedir (Luo ve diğerleri, 2022). Akıllı kilitler, tüketicilerin akıllı telefonları aracılığıyla çalıştırılan ve kuryelerin alıcıların olmaması durumunda kolileri teslim etmek için tek kullanımlık dijital bir anahtarla tüketicilerin talep ettikleri yerlere erişimlerini sağlamaktadır (Rai ve diğerleri, 2021). Koli dolapları, müşterilerin kolilerini geçici olarak depolamak amacıyla kullanılmaktadır ve 7/24 teslimat hizmeti vermektedir (Jiang ve diğerleri, 2021). Ayrıca rekabet avantajı sağlamak ve müşteri memnuniyetini arttırmak amacıyla firmalar, ekspres teslimat seçenekleri sunmaktadır. Müşterilere aynı gün, ertesi gün veya kendi seçtikleri zaman dilimlerinde, esnek teslimat sunan firmaların operasyon performansı artmaktadır (Patella, 2021).

Koli teslimatı için otonom araçların kullanımı, son kilometre teslimatının verimliliğini artırma potansiyeli nedeniyle son yıllarda oldukça ilgi görmektedir (Luo ve diğerleri, 2021). Otonom araçların en popülerleri ise insansız hava araçları (İHA)'dır. Özerklik, çeviklik ve esneklik gibi teknolojik özellikleri nedeniyle koli teslimatı alanında İHA kullanımı yaygınlaşmaktadır. Amazon gibi şirketler, İHA kullanarak hızlı ve sürdürülebilir teslimatlarla hem toplam maliyeti düşürmeyi hem de müşteri memnuniyetini arttırmayı amaçlamaktadır (Kirschstein, 2020). Bunun yanı sıra, bütünlük teslimat seçenekleri ve Kamyon-İHA iş birliği literatürde üzerinde sıkça çalışılan alt başlıklar arasındadır. Kamyon-İHA iş birliği gibi, tır-İHA ve toplu taşıma aracı-İHA iş birlikleri de bu bağlamda, dikkat çekmektedir (Liu ve diğerleri, 2021).

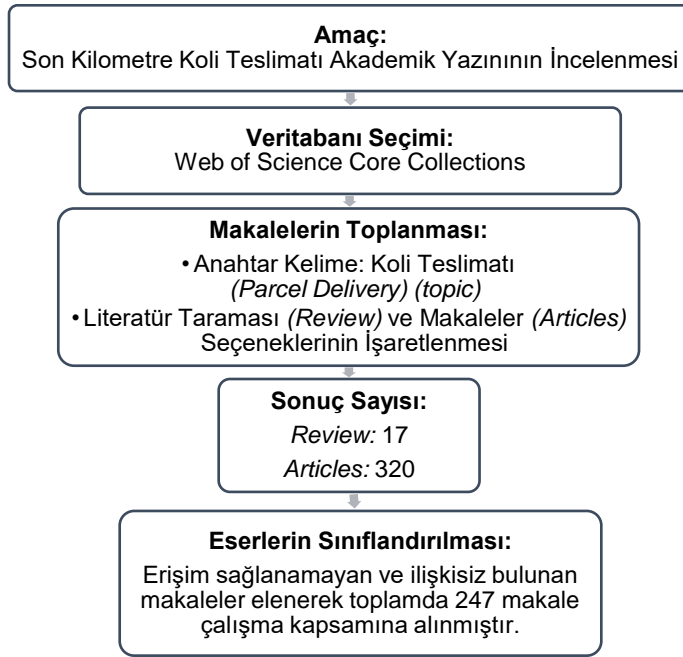
Şimdiye kadar bahsi geçen tüm yenilikler hem müşteri perspektifinden hem de firmalar açısından pek çok avantajı bünyesinde barındırmakta ve ekonomik, sosyal, çevresel performans artışına yol açmaktadır. Teslimat şirketleri teslimat sürelerini kısaltmak, işçilik maliyetlerini düşürmek, dağıtım verimliliğini arttırmak ve müşteri memnuniyeti sağlamak istemektedir. Tüketiciler ise kolilerini talep etmek için daha esnek ve çeşitli teslimatlar aramaktadır (Chen ve diğerleri, 2018). Son zamanlarda tüketicilerin son kilometre koli teslimatının çevresel yönünü fark ettiği de görülmektedir (Mucowska, 2021).

3. İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümün temel amacı, son kilometre koli teslimatı literatürüne genel bir bakış sunmaktır. Burada, araştırma kapsamına alınan çalışmalar hakkında tanımlayıcı bilgiler verilecek ve bu çalışmanın literatüre sağlayacağı katkılar üzerinde durulacaktır. Makale koleksiyonunda yapılan araştırmanın yöntemi, Şekil 3'te görselleştirilmiştir.

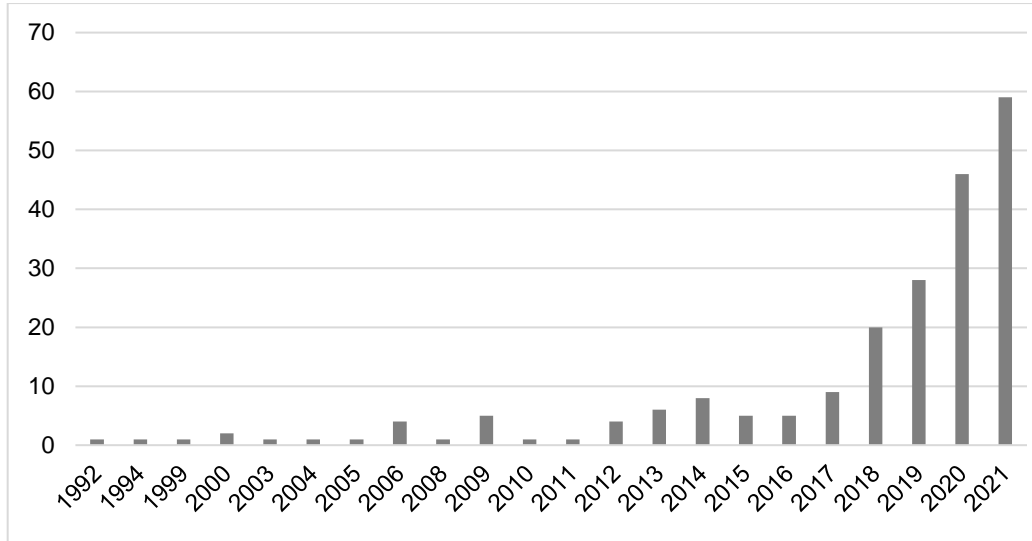
İlk olarak, konu (topic) alanında koli teslimatı (parcel delivery) anahtar kelimesi kullanılarak literatür taraması (review articles) ve makaleler (articles) işaretlenmiş; ilgili çalışmalar ayrı ayrı incelenmiştir. Yalnızca İngilizce çalışmalar araştırmaya dahil edilmiştir. Tarama sonucunda 17 adet literatür çalışması makalesi ve 320 adet makale inceleme kapsamına alınmıştır. Literatür çalışması makalelerinin tamamı çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Diğer makaleler incelendikten sonra ilişkisiz bulunan ve erişim sağlanamayan çalışmalar çıkarılmış ve toplamda 230 makale incelenmiştir. Literatür taraması çalışmalarıyla beraber bu çalışmanın kapsamına alınan makale sayısı 247'dir.

Bu kapsamda ele alınan makaleler; yazar(lar), yıl, çalışmanın amacı ve temel bulguları, çalışmaların metodolojisi, varsa problem ve model türü, çözüm yaklaşımı ve temel kararları, çalışmalarda ele alınan temel kavram(lar) ve gelecek çalışma önerileri olarak bir Excel tablosunda tasnif edilmiştir.



Şekil 3. Araştırmanın yöntemi

Son kilometre koli teslimatı kavramının literatürde artan önemine kanıt olarak çalışma kapsamına alınan tüm makalelerin yıllara göre dağılımı, Şekil 4'te yer almaktadır. Bu şekilden de takip edileceği gibi, kavramla ilgili yayın sayısının özellikle son yıllarda dikkat çeken bir biçimde arttığı gözükmemektedir. Konu ile ilgili 2022 yılında da birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, yıl bitmediği için 2022 yılı grafiğe dahil edilmemiştir. Ekte yer alan Tablo 5'te, ilgili yıllarda yayınlanan çalışmalar yer almaktadır.



Şekil 4. Makalelerin yıllara göre dağılımı (Son Güncelleme Tarihi: 22.10.2022)

Literatür taraması/derleme niteliği taşıyan çalışmaların temelde ele aldığı kavramlar, Tablo 1'de gösterilmektedir. Tablo 1 incelendiğinde, bu konuda yapılan literatür taraması/derleme çalışmalarının İHA ve sürdürülebilirlik kavramlarına ağırlık verdikleri söylenebilir. Bu çalışmalarda, incelenen makale sayısı da yine aynı çizelgede yer almaktadır. Makale içerisinde bu detaya yer vermeyen çalışmaların, incelenen makale sayısı sütunu boş bırakılmıştır.

Tablo 1. Son kilometre koli teslimatı alanında literatür taraması/derleme yapan çalışmalar

No	Çalışmalar	Kapsam	İncelenen Makale Sayısı
1	Elbanhawi ve diğerleri (2017)	Mikro Hava Araçları	-
2	Carrio ve diğerleri (2017)	İHA	-
3	Moreri ve diğerleri (2017)	Coğrafi Bilgi Sistemi	-
4	Olsson ve diğerleri (2019)	Son Kilometre Lojistiği	155
5	Macrina ve diğerleri (2020)	İHA	63
6	Chittoor ve diğerleri (2021)	İHA	-
7	Torija ve Clark (2021)	İHA	-
8	Gläser ve diğerleri (2021)	Kitle Kaynak Kullanımı	67
9	Vasiutina ve diğerleri (2021)	Sürdürülebilir Son Kilometre Lojistiği	-
10	Mucowska (2021)	Sürdürülebilir Son Kilometre Lojistiği	126
11	Muharemovic ve diğerleri (2021)	Koli Teslimatı	46
12	Patella ve diğerleri (2021)	Sürdürülebilir Son Kilometre Lojistiği	159
13	Mohsan ve diğerleri (2022)	İHA	-
14	Lauenstein ve Schank (2022)	Sürdürülebilir Son Kilometre Lojistiği	87
15	Rai ve Dablanc (2022)	E-Ticaret Son Kilometre Lojistiği	127
16	Büyüközkan ve Ilıcak (2022)	Akıllı Şehir Lojistiği	130
17	Madani ve Ndiaye (2022)	Kamyon-İHA Teslimat Sistemi	95
18	Bu çalışma	Son Kilometre Koli Teslimatı Yükselen Eğilim ve Teknolojileri	247

Elbanhawi ve diğerleri (2017), mikro hava araçlarının kentsel alanlarda kullanımının artırılmasının önünde bulunan teknolojik ve donanımsal handikaplarına değinmektedir. Carrio ve diğerleri (2017), İHA'ların çok yönlülüğü, otomasyon yetenekleri ve düşük maliyeti nedeniyle son yıllarda farklı alanlardaki sivil uygulamalarda kullanımı hususunda ciddi bir artış yaşandığını vurgulamaktadır. Moreri ve diğerleri (2017), coğrafi bilgi sistemi ile ilgili literatür incelemeleri gerçekleştirerek son kilometre teslimatlarında kullanılmak üzere bir rota optimizasyonu modeli önermektedir. Muharemovic ve diğerleri (2021), koli teslimatında son kilometre lojistiğine ilişkin 46 adet makaleye yönelik sistematik literatür taraması gerçekleştirmektedir. Olsson ve diğerleri (2019), sürdürülebilirlik konusunun ön plana çıktığı 155 makale incelemektedir. Macrina ve diğerleri (2020), çalışmalarında inceledikleri 63 adet makale ile literatürde İHA kullanım alanlarını, sağladıkları faydaları ve sunulan matematiksel modelleri incelemektedir.

Chittoor ve diğerleri (2021), İHA'ların tarihsel gelişimi, yapısı ve kullanım alanlarına yer vermektedir. Torija ve Clark (2021), İHA gürültüsüne insan tepkisini değerlendirmek için dikkate alınması gereken ana faktörleri tanımlamaktadır. Gläser ve diğerleri (2021), kitle kaynak kullanımının son kilometre lojistiğinde sağladığı fayda ve dezavantajlara değinmektedir. Vasiutina ve diğerleri (2021), yeşil kargo teslimatları alanında bir literatür taraması yapmakta, kargo bisikletlerini kentsel lojistik planlarına entegre etmenin faydalarını ve dezavantajlarını araştırmakta ve çevre üzerindeki etkisini değerlendirmeye yönelik metodoloji ve teknikleri incelemektedir. Mucowska (2021), kentsel alanlarda e-ticaret pazarında yeşil son kilometre teslimatı ile ilgili bilimsel makalelerin sistematik bir incelemesini yapmaktadır. Patella ve diğerleri (2021), yeşil araçların benimsenmesine odaklanmaktadır. Lauenstein ve Schank (2022), tanımlayıcı analizlere tabi tuttıkları 87 çalışmayı inceleyerek sürdürülebilir son kilometre lojistiğinin mevcut durumu hakkında bir çerçeve çizmektedir. Mohsan ve diğerleri (2022), İHA'ların önemini, amaçlarını ve işlevsellik problemlerini vurgulamaktadır. Rai ve Dablanc (2022), e-ticaret veri türlerini belirlemek ve karşılaştırmak için sistematik bir literatür taraması sunmaktadır. Büyüközkan ve Ilıcak (2022), sınıflandırma ve analiz için alandaki ana makaleleri toplayarak akıllı şehir lojistiği ile ilgili yayınların bir incelemesini sağlamaktadır. Madani ve Ndiaye (2022), hibrit kamyon-İHA dağıtım sistemleri ile ilgili 95 yayının içeriğini son kilometre teslimatı bağlamında analiz etmektedir.

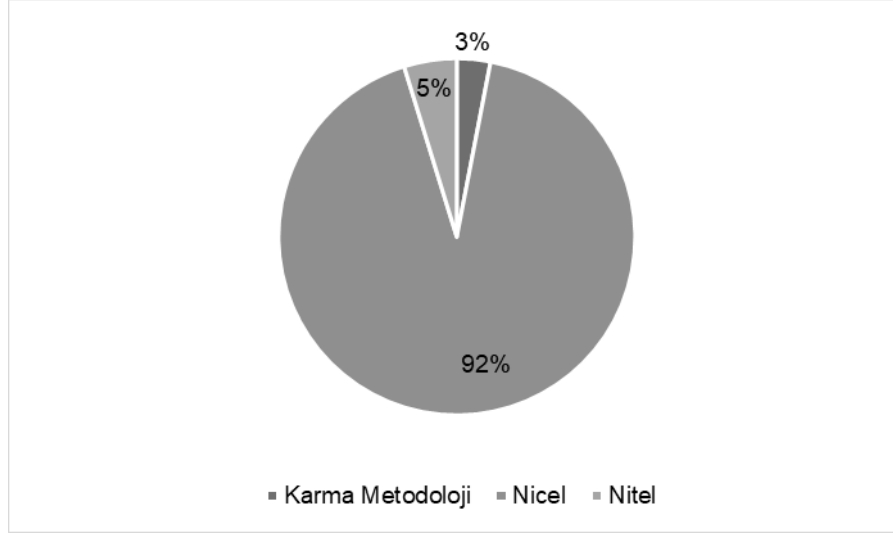
Bu çalışmada ise ilgili yazında literatür taraması yapılarak tanımlayıcı istatistiklere yer verilmiştir. Son kilometre koli teslimatı yazını kapsamında literatürde yer verilen yeni iş modelleri, yükselen yenilik ve teknolojiler belirlenerek gruplanmış; detaylı bir şekilde açıklanarak tanıtılmış ve her birinin sağladığı potansiyel faydalar ifade edilmiştir. Çalışmanın kapsamına bu nedenle 1992 ile 2022 yıllarını kapsayan ve diğer çalışmalara oranla en yüksek sayıda makale dahil edilmektedir.

Tablo 2’de bu araştırmanın kapsamına alınan akademik çalışmaların yayınlandıkları dergiler, dergilerdeki yayın sayıları, dergilerin etki faktörleri ve makalelerin yazar (lar)ı yer almaktadır. Tabloda sınırlandırmaya gidilebilmek için en çok yayın yapılan 10 dergi tabloya dahil edilmiştir. Tablo 2’ye göre, “Sustainability” dergisi, son kilometre koli teslimatı alanında en çok yayın yapılan dergi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yıllık atıf ortalaması en yüksek olan makalelerin ise “IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems” dergisinde yayınlandığı görülmektedir.

Tablo 2. Son kilometre koli teslimatı alanında en çok yayın yapılan dergiler

<i>Dergi</i>	<i>Makale Sayısı</i>	<i>2021 Yılı Etki Faktörü</i>	<i>Yazar(lar)</i>
Sustainability	22	3,889	Lee ve Seo (2017), Troudi ve diğerleri (2018), Brotcorne ve diğerleri (2019), Liu ve diğerleri (2019), Kedia ve diğerleri (2019), Aljohani ve Thompson (2020), Xie ve diğerleri (2020), Matuščík ve Koci (2020), Nam ve Park (2020), Gonzalez-Varone ve diğerleri (2020), Villa ve Monzon (2021), Fraselle ve diğerleri (2021), Büttgen ve diğerleri (2021), Borghetti ve diğerleri (2022), de Assis ve diğerleri (2022), Masteguim ve Cunha (2022), Castiglione ve diğerleri (2022), Lauenstein ve Schank (2022), Mucowska (2021), Patella ve diğerleri (2021), Olsson ve diğerleri (2019)
Computers&Industrial Engineering	14	7,18	Chen ve diğerleri (2021), McWilliams ve diğerleri (2005), Jung ve diğerleri (2006), McWilliams ve diğerleri (2008), McWilliams (2009a), McWilliams (2009b), McWilliams ve diğerleri (2010), McWilliams ve McBride (2012), McWilliams ve McBride (2013), Lüer-Villagra ve diğerleri (2019), Kang ve diğerleri (2019), Chen ve diğerleri (2019), Jung ve Kim (2022), Xiang ve diğerleri (2022)
Transportation Research Part D-Transport and Environment	8	7,041	Allen ve diğerleri (2018b), Köster ve diğerleri (2018), Kirschstein ve diğerleri (2020), Torija ve diğerleri (2020), McLeod ve diğerleri (2020), Elsayed ve Mohamed (2020), Wehbi ve diğerleri (2022), Wiese ve diğerleri (2012)
Computers&Operations Research	7	5,159	Franz ve Woodmansee (1992), Novaes ve diğerleri (2000), Silva ve Cunha (2009), Pina-Pardo ve diğerleri (2021), Lagana ve diğerleri (2021), Luo ve diğerleri (2022)
European Journal of Operational Research	7	6,363	Qin ve diğerleri (2014), Li ve diğerleri (2014), Baidi ve diğerleri (2019), Baniasadi ve diğerleri (2020), Martin ve diğerleri (2021), Nolz ve diğerleri (2022), Novaes ve Graciolli (1999)
IEEE Access	8	3,476	Peng ve diğerleri (2019), Hong ve diğerleri (2019), Pilati ve diğerleri (2020), Proto ve diğerleri (2020), Shrestha ve diğerleri (2021), Gomez-Lagos ve diğerleri (2021), Chittoor ve diğerleri (2021), Madani ve Ndiaye (2022)
IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	6	9,551	Wang ve diğerleri (2020c), Xiao ve diğerleri (2021), Huang ve diğerleri (2021), Das ve diğerleri (2021), Zhang ve diğerleri (2022), Liu ve diğerleri (2021a)
Transportation Research Part C-Emerging Technologies	6	9,022	Perboli ve Rosana (2019), Boccia ve diğerleri (2021), Luo ve diğerleri (2021), Wen ve Wu (2022), Murray ve Chu (2015), Murray ve Raj (2020), Macrina ve diğerleri (2020)
International Journal of Production Research	5	9,018	Lee ve diğerleri (2016), Zhao ve diğerleri (2018), Wang ve diğerleri (2020b), Cortes ve Suzuki (2021), Leung ve diğerleri (2022)
International Journal of Logistics-Research and Applications	5	5,992	Vanelslander ve diğerleri (2013), Lim ve Koo (2016), Yu ve Jiang (2021), Anosike ve diğerleri (2021), Gläser ve diğerleri (2021)

Şekil 5, çalışmalarda kullanılan metodolojileri göstermektedir. Buna göre, çalışmaların %92'sinde nicel, %5'inde nitel ve %3'ünde karma metodolojilerin kullanıldığı görülmektedir. Nicel kategorisinde matematiksel modelleme, anket, çeşitli istatistiksel, sayısal ve ekonometri tekniklerini içeren farklı analitik yaklaşımlar bulunmaktadır. Nitel kategorisinde literatür taraması, vaka çalışması, gözlem, derinlemesine görüşme vb. teknikleri içeren çalışmalar vardır. Karma metodoloji kategorisi ise, bahsi geçen nicel veya nitel tekniklerin bir veya birkaçının bir arada kullanıldığı teknikleri içermektedir. Son kilometre koli teslimatı alanında literatürde var olan çalışmaların büyük çoğunluğunun nicel teknikleri uyguladığı görülmektedir.



Şekil 5. Kullanılan metodolojiye göre literatürdeki çalışmalar

Tablo 3'te yıllık atıf ortalaması en yüksek olan çalışmalar yer almaktadır. Tabloda sınırlandırmaya gidebilmek için yalnızca yıllık atıf ortalaması on iki ve üzeri olan çalışmalar tabloya dahil edilmiştir. Bu çalışmaların kapsamı şu şekildedir:

Tablo 3. Yıllık atıf ortalaması on iki ve üzeri olan çalışmalar

Yazar(lar)	Yıl	Toplam Atıf	Yıllık Atıf Ortalaması	Yazar(lar)	Yıl	Toplam Atıf	Yıllık Atıf Ortalaması
Gomez-Herrera ve diğerleri	2014	114	12,67	Aurambout ve diğerleri	2019	76	19
Li ve diğerleri	2014	116	12,89	Arslan ve diğerleri	2019	132	33
Morganti ve diğerleri	2014	140	15,56	Baniasadi ve diğerleri	2020	37	12,33
Murray ve Chu	2015	457	57,13	Kirschstein ve diğerleri	2020	39	13
Kafle ve diğerleri	2017	105	17,5	Torabbeigi ve diğerleri	2020	43	14,33
Yoo ve diğerleri	2018	67	13,4	de Freitas ve diğerleri	2020	55	18,33
Tong ve diğerleri	2018	70	14	Vaz Penna	2020	98	32,67
Allen ve diğerleri	2018b	129	25,8	Murray ve Raj	2021	25	12,5
Yuen ve diğerleri	2019	54	13,5	Huang ve diğerleri	2021	29	14,5
Perboli ve diğerleri	2019	66	16,5	Das ve diğerleri	2021	54	18
Rosano				Boysen ve diğerleri	2021		

Gomez-Herrera ve diğerleri (2014), çevrimiçi e-ticaretin sınır ötesi ticaret modelleri üzerindeki etkisini ampirik olarak araştırmaktadır. Li ve diğerleri (2014), taksileri kullanarak insan ve paket akışlarını birleştirmenin potansiyel yararlarını ve sakıncalarını incelemektedir. Morganti ve diğerleri (2014)'nin çalışmasının temalarını koli dolapları ve gel-al noktaları oluşturmaktadır. Murray ve Chu (2015), İHA'ları ve teslimat kamyonlarının optimal rotasını ve zamanlamasını bulmayı amaçlayan iki matematiksel programlama modeli sunmaktadır.

Kafle ve diğerleri (2017), kentsel koli aktarımı ve dağıtımı için kitle kaynaklı etkin bir sistem önermektedir. Yoo ve diğerleri (2018), ABD tüketicisinin İHA teslimat hizmetine yönelik tutumlarını araştırmak amacıyla bir anket çalışması uygulamaktadır. Tong ve diğerleri (2018), çalışmada birleşik bir rota planlaması sunmaktadır. Allen ve diğerleri (2018b), Londra'nın merkezindeki paket teslimat operasyonlarını araştıran bir vaka çalışması gerçekleştirmektedir.

Yuen ve diğerleri (2019), tüketicilerin son kilometre teslimatları için akıllı dolap kullanma niyetlerini analiz etmektedir. Perboli ve Rosano (2019), geleneksel taşıyıcılar ve yeşil araçların çeşitli kombinasyonlarını göz önünde bulundurarak, ulaşım ve paket dağıtım sistemindeki iş modellerini, yönetsel bir bakış açısıyla incelemektedir. Aurambout ve diğerleri (2019), insansız hava aracı-arı kovanlarının (*drone beehives*) optimal konumunu tahmin etmek için bir modelleme çerçevesi sunmaktadır. Arslan ve diğerleri (2019), aynı gün teslimatlarda kitle kaynaklı teslimat kullanımını incelemektedir.

Baniasadi ve diğerleri (2020), yeni bir gezgin satıcı modeli geliştirmektedir. Kirschstein ve diğerleri (2020), çevresel koşullara ve uçuş düzenine bağlı olarak İHA teslimatları için enerji talebini tanımlamak üzere bir enerji tüketim modeli önermektedir. Torabbeigi ve diğerleri (2020), müşterilere küçük paketler teslim etmek üzere bir grup İHA'nı ele almıştır. de Freitas ve Vaz Penna (2020), teslimatları daha kısa sürede gerçekleştirmek için kamyon İHA birleşimli bir yöntem sunmaktadır. Murray ve Raj (2020), bir teslimat kamyonunun İHA filosu ile koordineli olarak çalıştığı bir son kilometre teslimat sistemini ele almaktadır.

Huang ve diğerleri (2021), toplu taşıma araçları vasıtasıyla bir İHA'nın rota planlama problemini ele almaktadır. Das ve diğerleri (2021), çok amaçlı bir problem açısından en uygun teslimat rotasını elde etmek için kamyonla eşzamanlı olarak çalışan bir İHA sistemini incelemektedir. Boysen ve diğerleri (2021), bir veya birden fazla nakliye aracıyla depolama tesislerinde uygulanan alternatif son kilometre konseptlerini ele almaktadır.

4. YÜKSELEN EĞİLİM ve İLGİLİ TEKNOLOJİLER

Bu bölümde, ilgili literatür taraması ile tespit edilip gruplandırılan eğilim ve teknolojilere yer verilecektir. Günümüzde şehirler ulaşım, sağlık, eğitim, enerji, su, atık ve çevre yönetimi açısından zorluklarla mücadele etmektedir (Kim ve diğerleri, 2020). Bu durum kentsel ortamda sınırlı kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını gerektirmektedir (Luo ve diğerleri, 2022).

Covid-19 pandemisi, tüketici yapısını ve dağıtım sektörünü geri dönülemez şekilde değişime zorlamıştır. Son yıllarda sürdürülebilir kaygılarla değişime sürüklenen son kilometre koli teslimatı, pandemi ile tüm kaygılarına ek olarak daha rekabetçi bir yapıda mücadele etmeye başlamıştır. Bu nedenle firmalar hem bugünlerini hem de geleceklerini kurtarmak için son kilometre koli teslimatı operasyonlarında teknolojiye sıkı sıkıya sarılmak durumundadır.

Yirmi birinci yüzyılın yaşanan en önemli teknolojik gelişmelerinden olan Endüstri 4.0 kavramı, lojistiğin artan önemiyle de akıllı lojistik anlamına gelen lojistik 4.0 kavramının kullanılmaya başlamasını sağlamıştır. Lojistik 4.0 dijital teknolojilerinin lojistik operasyon süreçlerinde kullanılmaya başlaması, firmalar açısından pek çok avantajı da beraberinde getirmektedir (Barreto ve diğerleri, 2017). Dijital teknolojilerin hızla artması ve şehir lojistiğine olan talebin yükselişiyle birlikte, son kilometre koli teslimatı, şehir içi lojistik alanının teknoloji ile entegrasyonunun en çekici parçası haline getirmiştir (de Araujo ve Etemad, 2021).

Bir önceki bölümde son kilometre koli teslimatı kapsamında bahsi geçen ve genel hatlarıyla yer verilen yenilikçi teknoloji ve eğilimler, ilgili literatür incelemeleri neticesinde gruplandırılarak Tablo 4'te verilmiştir. Literatürde çok disiplinli ve karmaşık bir şekilde yer bulan yenilikçi teknolojiler ve eğilimler, daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmek ve anlaşılmasını kolaylaştırmak amacıyla bir araya getirilmiştir. Buna göre, yükselen eğilim ve teknolojilerin üç gruba ayrıldığı görülebilir. Bunlar, teknoloji odaklı teslimat seçenekleri, çevre dostu teslimat uygulamaları ve yeni iş modelleridir. Her bir grup kendi içinde teknolojik yenilik ve eğilimleri barındırmaktadır. Yükselen eğilim ve teknolojiler ile ilgili detaylı inceleme gerçekleştirmek isteyen araştırmacılar için örnek oluşturabilecek bazı çalışmalar yine aynı tabloda yer almaktadır.

Teknoloji odaklı teslimat seçenekleri başlığı altında kargo otomatları, İHA kullanımı, otonom araçların kullanımı, akıllı kilitler ve bilgi teknolojilerinin kullanımı konularına yer verilmektedir. Çevre dostu teslimat uygulamaları kapsamında kargo bisikletleri, çevre dostu araçlar ve yaya teslimatları yer almaktadır. Yeni iş modelleri, son kilometre koli teslimatındaki yenilikçi çözümleri ifade etmektedir. Bu başlık altında dört grup belirlenmiştir. Bunlar; iş birliğine dayalı uygulamalar, kitle kaynak kullanımı, self-servis teslimat uygulamaları ve konsolidasyon merkezlerinin kullanımınıdır.

4.1.Teknoloji Odaklı Teslimat Seçenekleri

Bu bölümde Tablo 4'te yer alan, çoğu test aşamasında olan ve ikinci bölümde genel hatları sunulan yükselen eğilim ve teknolojilerin kapsamlı incelemelerine yer verilecektir.

4.1.1.Kargo Otomatları

Kargo otomatları, bir çeşit self-servis koli teslimatı hizmetidir. Kargo otomatları, tüketiciler için 7 gün 24 saat hizmet veren teslimat noktalarıdır (Troudi ve diğerleri, 2018). Tüketiciler, kuryeler ile yüz yüze gelmek yerine kargo otomatları ile kolileri gönderebilir veya teslim alabilirler. Kargo otomatları okullar, metro istasyonları ve ofis binaları gibi uygun konumların yanı sıra, yerleşim yerlerine yakın yerlere kurulmaktadır (Yuen ve diğerleri, 2019).

Otomatik bir koli dolabı sistemi, tüketicilerin kolilerini dijital alım kodlarını kullanarak günün herhangi bir saatinde teslim almalarını sağlayan bir hizmettir. Bu teslimat noktalarında uzun bekleme kuyruklarının oluşma olasılığı, geleneksel tesislere göre daha az olduğundan, teslimat sürecini daha ekonomik hale getirmektedir. Bu tür hizmetler, ABD'de Amazon Locker, İsrail'de BoxIt ve Almanya'da DHL PackStation gibi birçok posta ve kurye şirketi tarafından sağlanmaktadır. Türkiye'de de PTT Kargo bu sistemi denemektedir. Koli dolapları, merkezi ve herkesin kolaylıkla ulaşabileceği noktalara kurulmaktadır. İnsan etkileşiminin ortadan kaldırıldığı bu teslimat şeklinde kuryeler, koli dolabına koliyi bıraktıktan sonra tüketicilerin telefonlarına teslimat kodu göndererek tüketicilerin istedikleri zaman kolilerini teslim almalarını sağlamaktadır (Orenstein ve diğerleri, 2019).

Kargo otomatları ile koli teslimat hizmetinin geleneksel ev teslimatlarına göre zaman ve maliyet dahil olmak üzere pek çok avantajı bulunmaktadır (Zhou ve diğerleri, 2020). Kargo otomatları, müşterinin adreste bulunmaması, adres bulma sorunları ve iade sorunları nedeniyle başarısız teslimat olasılığını ortadan kaldırmaktadır (Wang ve diğerleri, 2019b). Bu teslimat şekliyle teslimat noktalarının sayısı ve teslimat aracının kat ettiği kilometre azaltmakta ve bu şekilde teslimat maliyetleri düşmektedir. Çevresel bir bakış açısıyla da emisyon oranı azaltılarak hava kirliliği önlenmekte, trafik gürültüsü ve sıkışıklığına çözüm oluşturulmaktadır (Schneider ve diğerleri, 2021).

Kargo otomatları, dağıtım ve kamu güvenliğini arttırmaları nedeniyle gelecekte pek çok ülkede yer alacağı düşünülmektedir (Lee ve diğerleri, 2019). Özellikle Covid-19 pandemisi ile yaşanan çevrimiçi alışveriş patlaması ve temassız teslimat talebi artışı, kargo otomatlarının kullanım oranlarını arttırmıştır. Hızlı ve ucuz teslimat sunmak, çevrimiçi müşteriler için bir beklenti ve lojistik şirketleri için bir zorluk haline geldiğinden kargo otomatları daha verimli ve sürdürülebilir teslimat seçenekleri olarak tercih edilir hale gelmektedir (Perboli ve diğerleri, 2021). Çevresel ve ekonomik baskılar da göz önüne alındığında kargo otomatlarının artan kullanımı, bu baskının bir kısmını hafifletebilecek bir çözüm olarak görülmektedir (Molin ve diğerleri, 2022).

4.1.2.Otonom Araçlar

İnsansız/otonom araç, insan müdahalesi olmadan çalışan, otomatikleştirilmiş, özerk ve akıllı davranışlar sergileyen; ancak herhangi bir karar verme yeteneğinden yoksun olan bir sistemi ifade etmektedir (Elbanhawi ve diğerleri, 2017). Her biri yeni nesil akıllı ulaşım teknolojilerini ifade eden otonom araçlar, sürücüsüz hava ve kara araçları, sensörler, akıllı yazılımlar, büyük veri ve makine öğrenmesi tabanlı teknolojiler bütünüdür (Özbekler, 2021).

Günümüzde koli teslimatını üstlenerek kendi kendine giden teslimat robotları ve sürücüsüz teslimat araçları, yaygın olarak incelenen konular arasındadır. Otonom teslimat robotlarının ve araçlarının teslimat sürecini desteklemesi durumunda, araç filolarının önemli ölçüde azaltılabileceği düşünülmektedir (Muharemovic ve diğerleri, 2021). Firmalara talep artışıyla başa çıkma konusunda da avantajlar sağlayan otonom araçlar, hizmet kalitesinin iyileştirilmesi ve koli güvenliğinin sağlanması konularında da katkı vermektedir. Son zamanlarda Covid-19 pandemisi ile virüs dağıtma riskini azaltmak amacıyla dünya çapında sık kullanılmakta olan temassız dağıtım, otonom dağıtım araçlarının kullanımını da arttırmaktadır (Liu ve diğerleri, 2021b).

Koli teslimatı için küçük boyutlu otonom arabalar veya robotlar, dünyanın çeşitli şehirlerinde halihazırda test edilmiş ve çalıştırılmıştır. İngiltere'de kendi kendine koli teslimat robotu Starship, İsviçre'de TeleRetail, ABD'de Nuro ve Çin'de JingDong buna örnek verilebilir. Ancak bu uygulamaların araç hızı ve teslimat sıklığı nispeten düşüktür. Bu küçük araçlar, kaldırımlarda sınırlı hızda hareket etmektedir. Aynı zamanda araç büyüklüğü nedeniyle araç taşıma kapasiteleri de sınırlıdır (He ve Csiszar, 2021).

Koli teslimatlarında kullanılmalarının yanında otonom robotların stok yönetimi, depo operasyonları, kolileme, elleçleme ve malzeme akışları gibi süreçlerde kullanılması da gittikçe yaygınlaşmaya başlamıştır. Walmart, Amazon ve Ali Express gibi perakendeci devleri kendi depolarında otonom robot kullanımlarına

yer vermektedir. Depo operasyonlarını otonom robot kullanımıyla otomatikleştirmek, maliyetleri azaltmak ve kaliteyi arttırmak gibi önemli faydalar sağlamaktadır (Gönçer Demiral, 2021).

Tablo 4. Yükselen eğilim ve ilgili teknolojiler

<i>İlgili Grup</i>	<i>Eğilim ve Teknolojiler</i>	<i>Referanslar</i>
Teknoloji Odaklı Teslimat Seçenekleri	Kargo Otomatları	Lee ve diğerleri (2019), Lee ve diğerleri (2016), Schnieder ve diğerleri (2021), Molin ve diğerleri (2022)
	İHA Kullanımı	Aurambout ve diğerleri (2019), Gomez-Lagos ve diğerleri (2021), Yoo ve diğerleri (2018), Hochstenbach ve diğerleri (2015), Liu ve diğerleri (2019)
	Otonom Araçlar	Shin ve diğerleri (2013), Scherr ve diğerleri (2019), Chen ve diğerleri (2021), Yuen ve diğerleri (2019), Rai ve diğerleri (2021), Leung ve diğerleri (2022)
	Akıllı Kilitler	Jung ve diğerleri (2006), Yang ve diğerleri (2013), Proto ve diğerleri (2020), de Araujo ve Etemad (2021)
Çevre Dostu Teslimat Uygulamaları	Bilgi Teknolojilerinin Kullanımı	Conway (2017), Perboli ve Rosano (2019), Huang ve diğerleri (2021), Carlsson ve Delage (2013), Winkenbach ve diğerleri (2016), Martinez-Sykora ve diğerleri (2020), Anosike ve diğerleri (2021)
	Çevre Dostu Araçlar	Novaes ve Graciolli (1999), Peng ve diğerleri (2019), Huang ve diğerleri (2020a), Arbabi ve diğerleri (2020)
	Çevre Dostu Uygulamalar	Çok Modlu Taşımacılık
Yeni İş Modelleri	İşbirliğine Dayalı Uygulamalar	Murray ve Raj (2020), Orenstein ve diğerleri (2019), Salama ve Srinivas (2022), Wu ve diğerleri (2021), Peng ve diğerleri (2019), Das ve diğerleri (2021)
	Kitle Kaynak Kullanımı	Li ve diğerleri (2014), Kafle ve diğerleri (2017), Tong ve diğerleri (2018), Arslan ve diğerleri (2019), Kang ve diğerleri (2019)
	Self-Servis Uygulamaları	Morganti ve diğerleri (2014), Kedia ve diğerleri (2019), Masteguim ve Cunha (2022)
	Konsolidasyon Merkezlerinin Kullanımı	McWilliams ve diğerleri (2005), McWilliams ve diğerleri (2008), McWilliams (2009b), Silva ve Cunha (2009), Čupić ve Teodorovic (2014)

4.1.3. İHA Kullanımı

Geçmişte askeri uygulamalarda kullanımıyla var olan İHA'lar, sivil pek çok uygulamada da yer almaya başlamıştır. Yüksek manevra kabiliyeti, kompakt tasarımı ve hafifliği sayesinde İHA teknolojisi denetimler, tarım, 3D haritalama-modelleme, gözetim, izleme, hasar değerlendirmesi, koli teslimatı, fotoğraf, hobi uçuşu gibi çeşitli uygulamalarda da kullanılmaktadır (Chittoor ve diğerleri, 2021).

Elektronik ve mobil ticaretin gelişmesinin, lojistiğin önemini arttırdığı önceki bölümlerde anlatılmıştır. Bu noktadan hareketle Amazon, Google ve DHL gibi birçok firma, teslimat için İHA'ları kullanacaklarını duyurmuşlardır (Hazama ve diğerleri, 2021). Özellikle kısa mesafelerde küçük kolilerin aynı gün teslimatını gerçekleştiren DHL'in Paketkopteri, Amazon'un PrimeAir'i, Google'ın Project Wing'i, günümüzün popüler uygulamalarındandır (Özbekler, 2021).

Otomasyon ve yapay zekâ teknolojilerinin gelişimiyle beraber, İHA ile teslimat günümüzde mümkün hale gelmiştir. Geleneksel araç teslimatı ile karşılaştırıldığında İHA'lar, engeller ve trafik durumundan etkilenmedikleri için alıcılara doğrudan uçarak teslimat süresini ve maliyetini önemli ölçüde azaltmaktadır. İHA'lar, erişilebilirlik kısıtlamalarına takılmadan her türlü bölgeye teslimat gerçekleştirebilmektedir (Kim ve diğerleri, 2020). Daha düşük güç tüketimine sahip olmalarının yanı sıra daha az hava ve çevresel kirliliğe yol açmaktadır. Tüm bu faydalara rağmen müşterilere İHA ile teslimat yapmak her zaman optimal değildir. Kısa pil ömürleri ve düşük yük kapasitesi ile kısıtlanan İHA'ların uçuş süresi sınırlıdır ve yalnızca küçük koliler taşıyabilmektedir (Liu ve diğerleri, 2021a). Aynı zamanda yüksek yatırım maliyetleri nedeniyle de hizmet sağlayıcıları için ilk etapta tercih sebebi olmayabilmektedir.

İHA'ların sahip olduğu dezavantajların önüne geçmek ve kullanımını arttırmak amacıyla İHA iş birliklerine dayalı teslimat seçenekleri de değerlendirilmektedir. Ekonomik, sosyal ve çevresel faydaları oldukça fazla olan bütünleşik teslimat sisteminde İHA'lar, farklı teslimat seçenekleri ile iş birliği yürütebildikleri gibi birden fazla İHA'nın yer aldığı bütünleşik sistemler de mevcuttur.

4.1.4. Akıllı Kilitler

Akıllı kilit, tüketicilerin akıllı telefonları aracılığıyla çalıştırılan bir mobil uygulama sistemidir. Akıllı kilitler kuryelerin, alıcının teslimat adresinde olmaması durumunda kolileri teslim etmek için özel, tek kullanımlık dijital bir anahtarla tüketicilerin araba bagajlarına ve evlerine erişmesine olanak tanımaktadır. (Rai ve diğerleri, 2021).

Aracın veya evin içine teslimat olarak da literatürde yer bulan akıllı kilitler, kargo dağıtan kuryelerin müşterilerin evine veya kamusal alanda park halinde bulunan aracına teslimatı gerçekleştirmesine olanak sağlamaktadır. Akıllı kilit teknolojisi, nesnelerin interneti teknolojisinin bir uzantısıdır (Ünal ve diğerleri, 2020). Müşteri benimsemesi konusunda tereddütlerin bulunduğu sistem, test aşamasındadır (Özbekler, 2021).

Rai ve diğerleri (2021) çalışmalarında, tüketicilerin çevrimiçi sipariş edilen malları teslim etmek için akıllı kilit sistemlerini kullanmaya hazır olup olmadığı ve hangi koşullar altında hazır olabileceklerini ele almıştır. Gerçekleştirilen odak grup görüşmeleri neticesinde elde edilen bulgular, tüketicilerin özellikle güvenlik endişeleri nedeniyle akıllı kilit sistemlerini benimseme konusunda isteksiz olduklarını göstermektedir. Engelleri hafifletmek için önerilen çözümler arasında kurye bilgilerinin iyileştirilmesi, kurye erişiminin sınırlandırılması ve profesyonel desteğin artırılması yer almaktadır.

4.1.5. Bilgi Teknolojilerinin Kullanımı

Bilgi teknolojileri destekli son kilometre koli teslimatı hizmetleri, daha kısa nakliye sürelerine ihtiyaç duyan müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamaya çalışmaktadır. Aynı zamanda hizmet sağlayıcılara teslimat kapasitelerini yönetme şansını tanıyarak teslimat planlamalarında önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu hızlandırılmış hizmetler, günümüzde birçok hizmet sağlayıcı tarafından sunulmaktadır (Florio ve diğerleri, 2018). Premium teslimat seçenekleri olarak da literatürde yer bulan bu hizmetler ekspres teslimat, aynı gün teslimat ve müşterinin belirlediği zaman diliminde teslimat gibi seçeneklerle tüketicilere hizmet vermektedir.

Ekspres teslimat seçeneğinde hizmet sağlayıcılar, güçlü altyapı sistemleri ve dağıtım ağlarına dayanarak aynı gün, ertesi gün veya ikinci gün sabit zaman pencerelerinde hızlı teslimat sağlamaktadır (Ducret, 2014). Ekspres teslimat gerçekleştirebilen firmalar hem depo maliyetlerini azaltmakta hem de hızlı teslimat gerçekleştirmeleri nedeniyle önemli ölçüde rekabet avantajı ve müşteri tatmini sağlamaktadır. Ayrıca pazarda ekspres koli teslimatının artması ve nakliye kalemi başına fiyatların orantılı olarak düşmesi, firmalara daha verimli bir şekilde operasyon yürütme avantajı sağlamaktadır. Doğru günde teslimatın yanı sıra, doğru zamanda teslimat ile de firmalar, ek maliyetlere katlanmadan teslimat gerçekleştirebilmektedir (Muharemovic ve diğerleri, 2021; Florio ve diğerleri, 2018). Amazon, prime hizmeti ile sektörde bunun öncülüğünü yapmaktadır. Aynı zamanda hızlı market firmaları olan elektronik gıda perakendecileri de bunun öncülüğünü yaparak yerel küçük market ve bakkallarında bu tarz eve servis hizmetleri geliştirmesini sağlamaktadır.

Müşterinin belirlediği zaman dilimli teslimatta ise müşteri, kendisine uygun olan veya ürüne ihtiyaç duyduğu zamanda teslimat yapılmasına yönelik seçim yapabilmektedir. Önemli ölçüde müşteri memnuniyeti sağlayan bu sistemde, çevrimiçi alışveriş esnasında teslimat yapılabilecek zaman dilimlerine kotalar açılarak müşteriye gösterilmektedir. Müşteri, kendisine uyan zaman dilimini teslimat zamanı olarak belirleyebilmekte, seçilen zaman diliminde yeterli teslimat kotası olmadığı durumda ise başka bir alternatifi seçebilmektedir. Bu teslimat türü, şehir içindeki yoğun trafik, yetersiz araç park alanları ve çevrimiçi mağazaların artışı ile zorlaşan koli teslimatlarına, maliyet, insan gücü ve zaman açısından verimli bir alternatif oluşturmaktadır (Aljohani ve Thompson, 2020). Ayrıca, araçların tam kapasite kullanımını sağlayarak operasyonel verimliliğe önemli katkılar sağlamaktadır (Iranmanesh ve Raad, 2019).

Alışveriş festivallerinde çevrimiçi perakendecilerin büyük promosyonları, genellikle koli teslimatında ezici bir talep artışına yol açmaktadır. Çevrimiçi perakendeciler, kendi dağıtım kapasitesini kullanmanın yanı sıra, talep artışıyla başa çıkmak için genellikle kapasite paylaşımını benimsemektedir. Bu nedenle çevrimiçi perakendeciler genellikle bu tür alışveriş festivalleri sırasında ekspres teslimat talebinde büyük artışlara yol açan promosyonlar düzenleyerek âtıl kapasitelerini kullanmakta ve dağıtım maliyetlerini düşürebilmektedir (Liu ve diğerleri, 2021b).

Bilgi teknolojilerindeki gelişmelerle müşterilere dağıtım hizmetinin tam görünürlüğü de sağlanmaktadır. Pek çok hizmet sağlayıcı, müşterilerine teslimat saatini önceden bildirebilecek sistemlerle daha iyi hizmet kalitesi sunmaktadır. Teslimat gerçekleştirdiğinde kuryeler, teslimatı kime ve ne zaman yaptığını otomatik

sistemlerle bildirebilmektedir. Müşteriler, sipariş aşamasından teslimatın gerçekleştiği aşamaya kadar tüm süreci çevrimiçi ve mobil sistemlerle takip edebilmektedir. Yine aynı sistemlerle müşteriler, kolay iade gerçekleştirebilmektedirler. Böylece müşterilere daha iyi hizmet sunmak, operasyonel verimliliği arttırmak, nakliye maliyetlerini ve çevresel problemleri azaltmak gibi avantajlar elde edilmektedir (de Souza ve diğerleri, 2014).

4.2.Çevre Dostu Teslimat Uygulamaları

Bu bölümde çevre dostu teslimat uygulamaları olarak çevre dostu araçlar, çevre dostu uygulamalar ve çok modlu taşımacılık konusuna yer verilecektir.

4.2.1.Çevre Dostu Araçlar

Artan e-ticaret talebini ve çevresel hedefleri gerçekleştirme zorluğunun üstesinden gelmek için birçok lojistik hizmet sağlayıcı, kargo bisikletleri gibi çevre dostu hafif araçları benimseyerek teslimat gerçekleştirmeye başlamıştır. Son kilometre koli teslimatında daha az çevresel problem ile bisiklete dayalı bir ulaşım planı, çevre dostu bir seçim olarak görülmekte ve ekonomik sürdürülebilirliğe hizmet etmektedir (Fraselle ve diğerleri, 2021).

Kargo bisikletleri, şehir trafiğine daha uygundur ve bisiklet şeritlerini kullanabilmektedir. Trafik sıkışıklığını önleyerek şehir içinde daha hızlı teslimat sağlamaktadır. Ek olarak, kargo bisikletleri ile yapılan teslimatlar sadece karbon emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olmakla kalmamakta, aynı zamanda daha az gürültü kirliliği ile sonuçlanmaktadır. Ancak nispeten düşük sürüş menzili ve kapasitesi nedeniyle kullanımıyla ilgili problemler bulunmaktadır. Bu nedenle, geleneksel araçlardan kargo bisikletlerine yük aktarmak gibi çok modlu yollar da değerlendirilmektedir (Büttgen ve diğerleri, 2021). DHL ve UPS gibi öncü son kilometre teslimatı hizmet sağlayıcıları, iki veya üç tekerlekli ve elektrikli bisikletleri küçük koli teslimatlarında kullanmayı gün geçtikçe arttırmaktadır. Yerel hizmet sağlayıcıların da örneğin; yemek siparişleri, geleneksel bisiklet kullanımıyla gerçekleştirdiği bilinmektedir (Özbekler, 2021).

Çevresel sürdürülebilirliğin artan popülaritesi ile son kilometre koli teslimatında da temiz enerji kullanan araçlara yönelik bir eğilim dikkati çekmektedir (Fraselle ve diğerleri, 2021). Geleneksel koli teslimatlarında kullanılan araçların yerini elektrikli, hibrit ve doğalgaz ile çalışan araçlara bırakması konusu günümüzde oldukça öne çıkmaktadır (Hu ve diğerleri, 2022). Elektrikli veya hibrit kamyonlar, minivanlar ve minibüsler çevresel sürdürülebilirlik için tercih edilmektedir. Ayrıca, literatürde yaya kuryelerden oluşan teslimat seçenekleri de değerlendirilmektedir.

4.2.2.Çevre Dostu Uygulamalar

Çevre dostu son kilometre koli teslimatı işleyişine yönelik kamu politika ve düzenlemeleri, şehirlerin sürdürülebilirliğine yönelik çözümlerin ele alınması açısından önemlidir. Genel olarak kentsel yük hareketliliğini sınırlayıcı ya da bazı durumlarda yenilikçi çözümler ile teşvik edici yönde getirilen kuralların ve uygulamaların yetersiz olduğuna inanılmaktadır. (Özbekler, 2021). Bunu gerçekleştirmek için literatürde pek çok uygulama ve araştırma göze çarpmaktadır.

Günümüzde araştırmacılar tarafından geliştirilen çalışmalar vasıtasıyla, tedarik zinciri ve lojistik yönetiminde karşılaşılan stratejik, taktiksel veya operasyonel problemlerin çözümü kolaylaşmaktadır. Bu çözümler rota optimizasyonları, maliyet minimizasyonu, sezgisel algoritmaların kullanılması gibi matematiksel programlama yöntemlerinin kullanılmasını kapsamaktadır (Soysal ve Bloemhof-Ruwaard, 2017). Teslimat rotası, saati, sıralaması ve sürücü davranışlarını içeren planlamalar ile sosyal, ekonomik ve çevresel problemlerin azaltılması amaçlanmaktadır.

Lojistikte operasyon maliyetlerini azaltmak, verimliliği arttırmak ve çevresel problemlerin önüne geçmek için akademik yazında pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bunların başında rota optimizasyonu çalışmaları gelmektedir. Rota optimizasyonu sadece en kısa rotanın seçilmesini içermemekte olup, aynı zamanda kilometre başına maliyeti azaltacak ve geliri artıracak şekilde teslimatların önceden planlanmasını da içermektedir (Moreri ve diğerleri, 2017). İHA'lar ve çeşitli iş birliklerini de içeren planlamalarda pil kapasitesi, yolda pil şarjı ve şarj süresi gibi özellikler de dikkate alınmaktadır (Lauenstein ve Schank, 2022). Paylaşılan hareketlilik için rota planlaması, veri tabanı, veri madenciliği gibi tekniklerin kullanılmasını da kapsamaktadır. Çoğu çalışma, toplam seyahat mesafesini en aza indirmek, sunulan hizmetlerin sayısını en üst düzeye çıkarmak ve toplam geliri maksimize etmek gibi amaçları içermektedir (Tong ve diğerleri, 2018). Yük konsolidasyon merkezlerinin lokasyonu ve teslimat filosunun kapasitesinin optimizasyonu da yine literatürde oldukça fazla çalışılan konulardandır (Gao ve diğerleri, 2018; Bahrami ve diğerleri, 2016).

Çevre dostu araçların kullanılması, elektrikli şarj ünitelerinin yaygınlaştırılması, ağırlık ve hacme göre erişim sağlanması, ücretli yollar, çok amaçlı şerit içeren yolların kullanılması, gece teslimatlarının gerçekleştirilmesi gibi pek çok uygulama gerçekleştirilmektedir (Özbekler, 2021). Özellikle geleneksel

işleyişte kullanılan filoların elektrikli, hibrit ve doğalgazla çalışan araçlara dönüştürülmesi bu konuda öne çıkmaktadır (Hu ve diğerleri, 2022).

4.2.3. Çok Modlu Taşımacılık

Taşımacılıkta en çok kullanılan ulaşım şekli halen karayolu taşımacılığıdır. Sürdürülebilirlik kaygıları ile günümüzde karayolu sistemlerine raylı sistemler, yeraltı yük taşıma sistemleri ve tramvay gibi taşıma türleri entegre edilmektedir. Böylece karayollarındaki yük hafiflemede ve ulaşım kaynaklarının verimliliği artırılabilir.

Dağıtım ağlarının verimli yönetimi, paket dağıtım şirketleri için ciddi bir zorluk haline gelmiştir. Bu zorluğa yanıt olarak, çapraz yükleme fikri ortaya çıkmaktadır. Çapraz sevkiyat, üreticilerden veya tedarikçilerden gönderileri alan, gönderileri ortak nihai varış noktalarıyla birleştiren ve bunları birkaç son müşteriye aktaran bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Arbabi ve diğerleri, 2020). Ayrıca, sevkiyatların bir çapraz sevkiyat noktasındaki depolama sürelerinin 24 saati geçmemesi gerekmektedir. Çapraz sevkiyat, geleneksel dağıtım stratejisine kıyasla, daha düşük maliyetler ve daha kısa teslimat süreleri, daha küçük depolama alanı gibi çeşitli avantajlara sahiptir. Sonuç olarak, çapraz sevkiyat çok pratik ve yüksek elde tutma maliyetleri olan kısa sürede teslim edilmesi gereken malların dağıtımını için faydalıdır.

Paket teslimatında çapraz sevkiyat ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar göndericileri, çapraz sevkiyat tesislerini ve alıcıları içermektedir. Çapraz sevkiyatlar aracılığıyla göndericilerden alıcılara paket akışını yönetmek esastır. Farklı yük taşımacılığı türlerinin tek bir operasyonda kullanılması, yarım yük kamyon verimliliği, çapraz sevkiyat gibi konular kentsel yük taşımacılığını daha verimli ve maliyet etkin kılan yöntemlerdir. Bu çerçevede çok aktörlü bir yaklaşım benimsenerek teslimatın paydaşları için ekonomik, sosyal ve çevresel açılardan daha sürdürülebilir lojistik çözümlerine ulaşılması hedeflenmektedir (Böröcz ve Singh, 2018).

4.3. Yeni İş Modelleri

Bu bölümde son kilometre koli teslimatı alanında kilit öneme sahip yeni iş modelleri ele alınmaktadır.

4.3.1. İş Birliğine Dayalı Uygulamalar

İş birliği veya bütünleşmiş iş modelleri kullanılarak teslimat gerçekleştirilmesi, günümüzde hem hizmet sağlayıcılar hem de akademik çevre tarafından giderek benimsenmektedir. Bütünleşik teslimat, iki veya daha fazla teslimat türünün bir arada kullanılarak teslimat gerçekleştirilmesini ifade etmektedir (Wu ve diğerleri, 2021). Burada amaç, her bir teslimat türünün faydalarını tek bir sistemde toplamak ve teslimat verimliliğini maksimize etmektir. Aynı zamanda hem hizmet sağlayıcılar hem de tüketiciler için maliyet avantajı sağlanabilmektedir.

Bütünleşik teslimat sisteminde araçlar, farklı teslimat seçenekleri ile iş birliği yürütebilmektedir. Geleneksel teslimat seçeneklerine nazaran daha çevreci araçlar kullanarak emisyonu azaltma olanağının yanı sıra, kentsel teslimatın bir başka avantajı da daha yüksek yük faktörleri ve şehre giren trafiğin azalmasıdır (Simoni ve diğerleri, 2018). Literatürde yer bulan bütünleşik teslimat seçenekleri, İHA iş birliğine dayalı sistemler olan kamyon, tır, tren veya toplu taşıma araçları ile çoklu İHA kullanımınıdır.

Bir kamyon-İHA iş birliğine dayalı operasyonda, İHA kamyonun kalkmakta ve daha sonra kamyonun başka bir yerde yeniden katılmaktadır. İHA, teslimatı gerçekleştirirken kamyon da teslimat rotasına devam etmektedir (Murray ve Chu, 2015). Operasyon süresince hem kamyon hem de İHA tarafından hizmet verilmektedir. Her iki araç da dağıtıma depodan başlamakta ve dağıtımını depoda tamamlamaktadır. Burada depo, kamyon için merkezi depoyu, İHA için ise kamyonun depo olduğu bir sistemi ifade etmektedir (Marinelli ve diğerleri, 2018). Bazı durumlarda kamyon, İHA için depo görevi görmeyen yanı sıra şarj istasyonu da olabilmektedir (Huang ve diğerleri, 2021). Bu sistemde amaç, İHA'ların sağladığı teknolojik avantajları geleneksel teslimat sistemine entegre etmektir (de Freitas ve Vaz Penna, 2020).

İHA'ların sağladığı teknolojik faydalar, kamyonla olan iş birliğiyle benzer şekilde tır, tren ve toplu taşıma araçları ile de gerçekleştirilebilmektedir. Bahsi geçen sistemler yine bir İHA için depo veya şarj istasyonu görevi görmektedir. Teslimat tırı, bir müşteriden başka bir müşteriye hizmet vermek için hareket ederken, İHA tırın seyahat rotası boyunca daha yakın müşterilere teslimat yapmaktadır. (Baniyasi ve diğerleri, 2020). Sabit ücret ve güzergaha sahip tarifeli trenler, otobüs ve tramvaylar da kendi öncelikleri olan toplu taşımacılığı aksatmadan bir İHA'yla teslimat sisteminin parçası olabilmektedir (Fessler ve diğerleri, 2022).

İHA'ların teslimat kapasitesini ve şarj gücünü artırma konusunda gerçekleştirilen teslimat yaklaşımlarından biri de çoklu İHA kullanımınıdır. Amacı İHA teknolojisinin sağladığı faydaları maksimize etmek olan sistemde, bir büyük İHA'nın depo ve şarj istasyonu görevi gördüğü, birden fazla küçük İHA'nın teslimatı gerçekleştirdiği bir yapı popülerleşmektedir (Wen ve Wu, 2022). Sistem, akademik literatürde henüz yenidir; ancak umut vaat etmektedir.

4.3.2.Kitle Kaynak Kullanımı

Son zamanlarda, paylaşım ekonomisinin evrimi ile iletişim ve mobil cihaz teknolojilerindeki gelişmeler, dağıtım verimliliğini artırmak için yeni fırsatlar doğurmaktadır. Bu yenilikçi fırsatlardan biri paylaşımli teslimattır (Arslan ve diğerleri, 2019). Kitle kaynaklı teslimat, şehir içi koli teslimat operasyonlarını desteklemek için halihazırda yapılan yolculuklarda özel binek araçların ve toplu taşıma araçlarının mevcut yük kapasitesinin kullanılmasını içermektedir. Lojistik hizmet sağlayıcılar için bir nevi dış kaynak kullanımı olduğu söylenebilir. Bu kavram, araç kullanımındaki azalma ve özellikle şehir içi koli teslimatı için maliyet tasarrufu ile ilişkili faydalar nedeniyle daha fazla popülerlik kazanmaya devam etmektedir. Bu faydaların aynı zamanda gelişen e-ticaretin neden olduğu ekonomik, çevresel ve sosyal olumsuz etkileri azaltma potansiyeli de bulunmaktadır (Zhen ve diğerleri, 2021).

Paylaşımli teslimat sisteminde geleneksel hizmet sağlayıcılar yerine sürücüler, kendi inisiyatifleriyle gönüllü olarak bu hareketliliğe dahil olmaktadır. Bu sistemde sürücüler, halihazırda yapmakta oldukları belirli bir yolculuk boyunca koli teslimatı da gerçekleştirmektedir. Gerektiğinde zamanlama ve rota değiştirme esnekliğini gösterebilmektedirler (Arslan ve diğerleri, 2019). Tek yönlü bir dağıtım şekli olan paylaşımli teslimat, teslimata çıkan aracın depoya geri dönüş hareketini içermemektedir. Paylaşımli dayalı bu hareketlilik, rota değişiklikleri yaparak ve boş kalan araç kapasitelerini kullanarak kirliliği azaltmakta ve teslimat maliyetlerini düşürmektedir (Tong ve diğerleri, 2018).

Kitle kaynak kullanımında taşımaya gönüllü olanlar, yalnızca araç sahipleri değildir (Nieto-Isaza ve diğerleri, 2022). Bisikletliler, toplu taşıma kullanımı gerçekleştirenler ve hatta yayalar da bu sisteme dahil olabilmektedir. Yine âtıl kapasitelerin önüne geçilerek, boş depolama alanına sahip olan her türlü aktör bu sisteme dahil olabilmektedir. Tüm lojistik faaliyetlerde, yolcu taşımacılığında ve depolamada gönüllü katılımcılar fayda sağlamaktadır (Gläser ve diğerleri, 2021). Örneğin; taksi hizmeti veren bir şoför yolcu taşıma önceliğini değiştirmeden, sadece kısa bir rota sapmasıyla koli teslimatı gerçekleştirebilmektedir. Sabit ücret tarifesine ve güzergahına sahip toplu taşıma araçları, otobüs, metro vb. araçlar, dağıtım merkezinden güzergâh üzerindeki başka bir noktaya teslimatı sağlayabilmektedir. Otonom araçların dağıtım faaliyetlerinde kullanımının artmasıyla beraber, bu tür araçların teslimat hizmeti esnasında bir yolcu taşıma sistemine entegre edilmesi üzerine inceleme ve çalışmalar çoğalmaktadır. Otonom robotlar veya araçlar, toplu taşıma istasyonlarında toplu taşıma araçları ile transfer edilen malların kabul ve teslim edildiği bir sistemin işleyişini kolaylaştırabilir (He ve Csiszar, 2021).

İnternet ve mobil cihaz teknolojilerindeki iyileşmeler, paylaşımli teslimat şekillerinin yayılmasında ve kullanımında önemli rol oynamaktadır. Hem hizmet sağlayıcıların hem de dağıtıma dahil olacak, kendi hesabına sisteme katılmaya gönüllü kişilerin buluşmasını sağlayan internet siteleri ve mobil cihaz platformları her geçen gün artmaktadır (He ve Csiszar, 2021).

4.3.3.Self Servis Teslimat Uygulamaları

Günümüzde, geleneksel eve teslim hizmetlerine alternatif olarak self-servis koli teslimat hizmetleri de oldukça yaygınlaşmaktadır. Self-servis koli teslimat hizmetinde tüketiciler, kuryelerle yüz yüze teslimat gerçekleştirmemektedir. Tüketiciler, bir gel-al noktasına, koli dolabına giderek veya çevrimiçi satın aldığı bir ürünü mağazadan teslim olarak teslimatı gerçekleştirmektedir. Ayrıca akıllı kilitler de son kilometre koli teslimatına çözüm olarak sunulmaktadır.

Self-servis koli teslimatı seçeneği, geleneksel eve teslimat seçeneğine göre zaman ve maliyet açısından avantajlar barındırmaktadır. Tüketicilerin kendi istedikleri zaman teslimat gerçekleştirmelerine olanak sağlarken, başarısız teslimat oranlarını da önemli ölçüde azaltmaktadır. Ayrıca, hizmet sağlayıcılara sahada daha az personel çalıştırma imkânı sunarak işgücü maliyetlerinin azalması konusunda katkı sağlamaktadır. İnsan hatasını minimize ederek teslimat kalitesini de önemli ölçüde arttırmaktadır (Zhou ve diğerleri, 2020).

Gel-al noktaları, bir çeşit toplama noktasıdır. Gel-al noktaları, hizmet sağlayıcılara farklı müşteri teslimatlarını tek bir noktada birleştirme imkânı sunarak teslimat oranlarını artırma şansı sağlamaktadır (Cardenas ve diğerleri, 2017). Müşteriler içinse evde olmadıkları durumlarda teslimatlarının yapılabileceği ve iade gerektiren durumlarda iadelerini bırakabilecekleri bir alışveriş ortamı sunmaktadır. Böylece hem müşteriler hem de hizmet sağlayıcılar için maliyet etkin ve hızlı teslimat olanağı sağlanabilmektedir (Rai ve diğerleri, 2021). Özellikle, mahalle ortamlarında mahalli mağazalar tüketicilere gel-al noktası hizmeti de sunarak kendilerine ek gelir sağlama yoluna gidebilmektedir. Bazı durumlarda tüketiciler, kolilerinin teslimat süresini beklemek istemeyebilmektedir. Böyle bir durumda mağazalar, çevrimiçi mağazalarından gerçekleştirdikleri satışlarını müşterilerine geleneksel mağazadan teslim alabilmeleri konusunda olanak tanımaktadır.

4.3.4. Konsolidasyon Merkezlerinin Kullanımı

Konsolidasyon merkezleri, kentsel yük taşımacılığı sisteminin yapı taşlarından birisidir. Şehirlerde yük hareketliliğini düzenleyen ve operasyon verimliliğini arttıran konsolidasyon merkezlerinin varlığı, günümüzde yük taşımacılığı sistemini farklı noktalara taşımaktadır (Zhao ve diğerleri, 2018).

Özellikle teslimat süresi için yüksek müşteri beklentileri ve dağınık teslimat noktaları, konsolidasyon merkezlerinin kurulmasını hızlandırmaktadır. Lojistik merkez veya aktarma merkezi olarak da isimlendirilen konsolidasyon merkezleri, son kilometre koli teslimatının tek bir merkezden yürütülmesi anlamına gelmektedir. Başka bir deyişle, yüklerin belirli bir tesisten alınarak teslimatın gerçekleşeceği noktaya taşınması ve ağ üzerinde başka bir destekleyici tesis kullanılmadan yük hareketinin gerçekleştirilmesi anlamına gelmektedir (Olsson ve diğerleri, 2019).

Konsolidasyon merkezi, mikro veya mobil depolar, lojistik merkez veya aktarma noktaları literatürde de geniş yer bulmaktadır. McWilliams ve diğerleri (2005) çalışmalarında, koli teslimat endüstrisindeki konsolidasyon terminalindeki transfer operasyonuna odaklanmaktadır. Amaç, ilk kolinin boşaltılmasından son kolinin yüklenmesine kadar geçen süreyi en aza indirmektir. McWilliams (2009b), koli dağıtım endüstrisinde bir koli konsolidasyon merkezi çizelgeleme problemini çözmek için dinamik bir yük dengeleme algoritması önermektedir. de Camargo ve diğerleri (2013), bir aktarma merkezi kurmak için kurulum maliyetlerinin olduğu bir probleme odaklanmaktadır. Arbabi ve diğerleri (2020) çalışmalarında, bir dağıtım merkezi ve birkaç çapraz yükleme tesisi içeren bir konsolidasyon sistemi önermektedir.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışma, son kilometre koli teslimatı literatürüne ışık tutmayı ve özellikle son kilometre koli teslimatı süreçlerini iyileştirmeyi amaçlayan literatürdeki ilgileri, eğilimleri ve boşlukları ortaya çıkarmayı hedeflemektedir. Son kilometre koli teslimatı kavramının Türkçe literatür için yeni bir alan olduğu söylenebilir. İlgili literatür incelemeleri bu çalışmanın son kilometre koli teslimatı alanında, öncü bir Türkçe literatür taraması olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, 1992-2022 yılları arasındaki güncel son kilometre koli teslimatı literatürüne katkı sağlamaktadır. Araştırma sonucunda literatürde dağınık halde yer bulan yenilikler gruplanarak bir araya getirilmekte ve gelecekte araştırmacılara araştırma yapabilecekleri yeni anahtar kelimeler sunulmaktadır. Bu nedenle çalışma, kümülatif olarak detaylı bir bilgi birikimine sahiptir ve diğer literatür taraması çalışmalarıyla bu noktada ayrılmaktadır.

Son kilometre koli teslimatı literatürü üzerine yapılan çalışmalara ilişkin tanımlayıcı istatistikler, konuya artan ilgiyi ortaya koymaktadır. 1990'lı yıllardan günümüze geldikçe son kilometre koli teslimatı alanında yayınlanan makale sayılarında büyük bir artış yaşanmaktadır. Sadece son kilometre koli teslimatı ile ilgili makalelerin sayısı değil, aynı zamanda bu makalelerin şehir içi yük taşımacılığındaki payının da arttığı tespit edilmiştir. Konu ile ilgili literatürde yer bulan sistematik literatür taraması çalışmalarında en çok incelenen konular İHA'lar ve sürdürülebilirliktir. Konu ile ilgili yayınlanan makale sayısındaki artış, son kilometre koli teslimatı araştırmalarının önemine bir kanıt oluşturmaktadır. Sistematik literatür taraması çalışmaları dışındaki makalelerin metodolojileri değerlendirildiğinde ise matematiksel modelleme, anket, çeşitli istatistiksel ve sayısal teknikleri içeren nicel çalışmaların sayısının ağırlıklı olduğu görülmektedir.

Literatür taraması neticesinde, en çok yayın yapılan dergiler ve dergilerin etki faktörlerine yer verilmiştir. Yayınlanan makale sayıları değerlendirildiğinde "Sustainability, Computers&Industrial Engineering, Transportation Research Part D-Transport and Environment, Computers&Operations Research, European Journal of Operational Research, IEEE Access, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Transportation Research Part C-Emerging Technologies, International Journal of Production Research, International Journal of Logistics-Research and Applications" literatürde, konu ile ilgili en çok yayın yapılan dergiler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yıllık atıf ortalamaları değerlendirildiğinde ise, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems dergisinin en yüksek atıf ortalamasına sahip olan dergi olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada son kilometre koli teslimatını daha etkin ve verimli gerçekleştirmeye yönelik güncel uygulamalar, üç gruba ayrılarak detaylandırılmıştır. Bunlar, teknoloji odaklı teslimat seçenekleri, çevre dostu teslimat uygulamaları ve yeni iş modelleridir. Kargo otomatları, İHA kullanımı, otonom araçlar, akıllı kilitler ve bilgi teknolojilerinin kullanımı literatürde öne çıkan teslimat teknolojileri olarak tespit edilmiştir. Çevre dostu araçlar, çevre dostu uygulamalar ve çok modlu taşımacılık ise çevre dostu teslimat uygulamaları başlığı altında detaylandırılmıştır. Son olarak, iş birliğine dayalı uygulamalar, kitle kaynak kullanımı, self-servis teslimat uygulamaları ve konsolidasyon merkezlerinin kullanımı konuları da yeni iş modelleri olarak çalışmada sunulmaktadır.

Çalışmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. Araştırma, tek bir anahtar kelime ile yalnızca Web of Science veritabanında gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamına yalnızca makaleler ve literatür taraması makaleleri

dahil edilmiş; İngilizce diliyle sınırlı tutulmuştur. Kitaplar, kitap bölümleri, konferans bildirileri gibi dokümanlar araştırma kapsamına alınmamıştır. Ayrıca, detaylı literatür tablosuna bu çalışma kapsamında yer verilmemiş, yalnızca tanımlayıcı istatistikler bu çalışmada kullanılmıştır.

Bu bulgular ışığında, son kilometre koli teslimatı üzerine araştırmaların hızla geliştiği sonucuna varılabilir. Ancak sürdürülebilir, maliyet etkin ve verimli iş modelleri oluşturmak için mevcut araştırmaları daha da geliştirmek gerekmektedir. Çalışmada yer verilen yeniliklerin, sektörle uyumlu hale getirilmesi konusunda hala yolun çok başında olduğu görülmektedir. Literatürden derlenerek gruplandırılan teknolojilerin birçoğunun hala deneme aşamasında olduğu ve tüketici tarafından benimsenmesi konusunda soru işaretlerinin bulunduğu söylenebilir. Özellikle, Türkiye’de son kilometre koli teslimatı sektörünün mevcut durumunun tespit edilmesi önemlidir. Türkiye’deki hizmet sağlayıcıların yeniliklerden yararlanmaları ve teslimat süreçlerini iyileştirmeleri hususunda sektörle uyumlu çalışmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Bu konuda hizmet sağlayıcıların bilgilendirilmesi, değişikliklere adaptasyon sağlama isteklerinin öğrenilmesi de kıymetlidir. İlave olarak, Türkiye’deki tüketicilerin ilgili eğilim ve teknolojilere bakış açıları ile kullanılan eğilimlerini öğrenmek de yine başka bir araştırma konusunu oluşturabilir. Literatürdeki durumu özetleyen ve potansiyel araştırma yönelimlerini ortaya koyan bu çalışmanın, gelecekte bu alanda yapılacak araştırmalara ve gelişmelere öncülük etme potansiyeline sahip olduğuna inanılmaktadır.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Zehra Burçin Kanık: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Makale Yazımı-rijinal taslak
Mine Ömürgönülşen: Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme *Mehmet Soysal: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme*
Zehra Burçin Kanık: Literature review, Conceptualization, Methodology, Writing-original draft
Mine Ömürgönülşen: Writing-review and editing *Mehmet Soysal: Conceptualization, Methodology, Writing-review and editing*

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi’nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Aiello, G., Quaranta, S., Certa, A. ve Inguanta, R. (2021). "Optimization of Urban Delivery Systems Based on Electric Assisted Cargo Bikes with Modular Battery Size, Taking into Account the Service Requirements and the Specific Operational Context", *Energies*, 14(15), 4672.
- Akeb, H., Moncef, B. ve Durand, B. (2018). "Building A Collaborative Solution in Dense Urban City Settings to Enhance Parcel Delivery: An Effective Crowd Model in Paris", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*.
- Aljohani, K. ve Thompson, R.G. (2020). "An Examination of Last Mile Delivery Practices of Freight Carriers Servicing Business Receivers in Inner-City Areas", *Sustainability*, 12(7), 2837.
- Allen, J., Bektas, T., Cherrett, T., Bates, O., Friday, A., McLeod, F., Piecyk, M., Piotrowska, M., Nguyen, T. ve Wise, S. (2018a). "The Scope for Pavement Porters: Addressing the Challenges of Last-Mile Parcel Delivery in London", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 036119811879453.
- Allen, J., Piecyk, M., Piotrowska, M., McLeod, F., Cherrett, T., Ghali, K., Nguyen, T., Bektas, T., Bates, O., Friday, A., Wise, S. ve Austwick, M. (2018b). "Understanding The Impact of E-Commerce on Last-Mile Light Goods Vehicle Activity in Urban Areas: The Case of London", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 325-338.
- AlMuhaideb, S., Alhussan, T., Alamri, S., Altwaijry, Y., Aljarbou, L. ve Alrayes, H. (2021). "Optimization of Truck-Drone Parcel Delivery Using Metaheuristics", *Applied Sciences*, 11(14), 6443.
- Anosike, A., Loomes, H., Udokporo, C.K. ve Garza-Reyes, J.A. (2021). "Exploring the Challenges of Electric Vehicle Adoption in Final Mile Parcel Delivery", *International Journal of Logistics-Research and Applications*.
- Apichottanakul, A., Thanawaritwatthana, N. ve Arunyanart, S. (2021). "Profiting Logistics Businesses Through Optimised Light Rail Transit System: Application to the City of Bangkok", *Cogent Engineering*, 8, 1951111.
- Arbabi, H., Nasiri, M.M. ve Bozorgi-Amiri, A. (2020). "A Hub-and-Spoke Architecture for a Parcel Delivery System Using The Cross-Docking Distribution Strategy", *Engineering Optimization*, 1-20.
- Arslan, A.M., Agatz, N., Kroon, L. ve Zuidwijk, R. (2019). "Crowdsourced Delivery-A Dynamic Pickup and Delivery Problem with Ad Hoc Drivers", *Transportation Science*, 53(1), 222-235.
- Aurambout, J.P., Gkoumas, K. ve Ciuffo, B. (2019). "Last Mile Delivery by Drones: An Estimation of Viable Market Potential and Access to Citizens Across European Cities", *European Transport Research Review*, 11, 30 (2019), DOI: 10.1186/s12544-019-0368-2.
- Avgerinos, J., Mourtos, I. ve Zois, G. (2022). "Multi-Type Facility Location in Printing and Parcel Delivery Services", *Annals of Operations Research*, 309(1), 365-393.
- Baek, D., Chen, Y., Bocca, A., Bottaccioli, L., Cataldo, S.D., Gatteschi, V., Pagliari, D.J., Patti, E., Urgese, G., Chang, N., Alberto, M., Enrico, M., Paolo, M. ve Poncino, M. (2019). "Battery-Aware Operation Range Estimation for Terrestrial and Aerial Electric Vehicle", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68(6), 5471-5482.
- Baek, D., Chen, Y., Chang, N., Macii, E. ve Poncino, M. (2020a). "Optimal Battery Sizing for Electric Truck Delivery", *Energies*, 13(3), 709.
- Baek, D., Chen, Y., Chang, N., Macii, E. ve Poncino, M. (2020b). "Battery-Aware Electric Truck Delivery Route Exploration", *Energies*, 13(8), 2096.
- Baniasadi, P., Foumani, M., Smith-Miles, K. ve Ejov, V. (2020). "A Transformation Technique for the Clustered Generalized Traveling Salesman Problem with Applications to Logistics", *European Journal of Operational Research*, 285(2), 444-457.
- Bahrani, F., Safari, H., Tavakkoli-Moghaddam, R. ve Yazdi, M.M. (2016). "On Modelling Door-to-Door Parcel Delivery Services in Iran", *Iranian Journal of Management Studies*, 9(4), 883-906.
- Baidi, M.M., Manerba, D., Perboli, G. ve Tadei, R. (2019). "A Generalized Bin Packing Problem for Parcel Delivery in Last-Mile Logistics", *European Journal of Operational Research*, 273(3), 990-999.
- Baloch, G. ve Gzara, F. (2020). "Strategic Network Design for Parcel Delivery with Drones under Competition", *Transportation Science*, 54(1), 204-228.
- Baniasadi, P., Foumani, M., Smith-Miles, K. ve Ejov, V. (2020). "A Transformation Technique for the Clustered Generalized Traveling Salesman Problem with Applications to Logistics", *European Journal Of Operational Research*, 285, 44-457.
- Barbeau, M., Garcia-Alfaro, J. ve Kranakis, E. (2022). "Research Trends in Collaborative Drones", *Sensors*, 22(9), 3321.
- Barreto, L., Amaral, A. ve Pereira, T. (2017). "Industry 4.0 Implications in Logistics: An Overview", *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.

- Ben Brahim, I., Addouche, S.A., EL-Mhamedi, A. ve Boujelbene, Y. (2022). "Cluster-Based WSA Method to Elicit Expert Knowledge for Bayesian Reasoning-Case of Parcel Delivery with Drone", *Expert Systems with Applications*, 191.
- Bender, M., Kalcsics, J. ve Meyer, A. (2020). "Districting for Parcel Delivery Services – A Two-Stage Solution Approach and a Real-World Case Study", *Omega*, 96.
- Boccia, M., Masone, A., Sforza, A. ve Sterle, C. (2021). "A Column-and-Row Generation Approach for The Flying Sidekick Travelling Salesman Problem", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 124.
- Borghetti, F., Caballini, C., Carboni, A., Grossato, G., Maja, R. ve Barabino, B. (2022). "The Use of Drones for Last-Mile Delivery: A Numerical Case Study in Milan, Italy", *Sustainability*, 14(3), 1766.
- Boysen, N., Fedtke, S. ve Schwerdfeger, S. (2021). "Last-Mile Delivery Concepts: A Survey from an Operational Research Perspective", *OR Spectrum*, 43(1), 1-58.
- Böröcz, P. ve Singh, S.P. (2018). "Measurement and Analysis of Delivery Van Vibration Levels to Simulate Package Testing for Parcel Delivery in Hungary", *Packaging Technology and Science*, 31(5), 342-352.
- Böröcz, P. ve Molnár, B. (2020). "Measurement and Analysis of Vibration Levels in Stacked Small Package Shipments in Delivery Vans as a Function of Free Movement Space", *Applied Sciences*, 10(21), 7821.
- Bray, R. (2020). "Operational Transparency: Showing When Work Gets Done", *SSRN Electronic Journal*. Brotcorne, L., Perboli, G., Rosano, M. ve Wei, Q. (2019). "A Managerial Analysis of Urban Parcel Delivery: A Lean Business Approach", *Sustainability*, 11(12), 3439.
- Brotcorne, L., Perboli, G., Rosano, M. ve Wei, Q. (2019). "A Managerial Analysis of Urban Parcel Delivery: A Lean Business Approach", *Sustainability*, 11, 3439.
- Bruns, A., Klose, A. ve Stähly, P. (2000). "Restructuring of Swiss Parcel Delivery Services", *OR Spektrum*, 22(2), 285.
- Buzzega, G. ve Novellani, S. (2022). "Last-Mile Deliveris with Lockers: Formulations and Algorithms", *Soft Computing*, DOI: 10.1007/s00500-021-06592-6.
- Büyüközkan, G. ve Ilıcak, Ö. (2022). "Smart Urban Logistics: Literature Review and Future Directions", *Socio-Economic Planning Sciences*, 81, 101197.
- Büttgen, A., Turan, B. ve Hemmelmayr, V. (2021). "Evaluation Distribution Costs and CO₂-Emissions of a Two-Stage Distribution System with Cargo Bikes: A Case Study in the City of Innsbruck", *Sustainability*, 13(24), 13974.
- Cagliano, A.C., Carlin, A., Mangano, G. ve Rafele, C. (2017). "Analyzing The Diffusion of Eco-Friendly Vans for Urban Freight Distribution", *The International Journal of Logistics Management*, 28(4), 1218-1242.
- Cardenas, I.D., Wouter, D., Thierry, V., Smet, C. ve Beckers, J. (2017). "The E-Commerce Parcel Delivery Market and the Implications of Home B2C Deliveries vs. Pick-Up Points", *International Journal of Transport Economics*, 5(12), 1724-2185.
- Carlsson, J.G. ve Delage, E. (2013). "Robust Partitioning for Stochastic Multivehicle Routing", *Operations Research*, 61(3), 727-744.
- Carrio, A., Sampedro, C., Rodriguez-Ramos, A. ve Campoy, P. (2017). "A Review of Deep Learning Methods and Applications for Unmanned Aerial Vehicles", *Journal of Sensors*, 2017, 3296874.
- Castiglione, M., Comi, A., De Vincentis, R., Dumitru, A. ve Nigro, M. (2022), "Delivering in Urban Areas: A Probabilistic-Behavioral Approach for Forecasting the Use of Electric Micromobility", *Sustainability*, 14(15), 9075.
- Chen, Y., Yu, J. ve Yang, S. (2018). "Consumer's Intention to Use Self-Service Parcel Delivery Service in Online Retailing: An Empirical Study", *Internet Research*, 28(2), 500-519.
- Chen, J.C., Chen, T.L., Ou, T-C. ve Lee, Y.H. (2019). "Adaptive Genetic Algorithm for Parcel Hub Scheduling Problem with Shortcuts in Closed-Loop Sortation System", *Computers & Industrial Engineering*, 106114.
- Chen, Y., Chen, M., Chen, Z., Cheng, L., Yang, Y. ve Li, H. (2021). "Delivery Path Planning of Heterogeneous Robot System under Road Network Constraints", *Computers & Electrical Engineering*, 92, 107197.
- Cheng, C., Sakai, T., Alho, A., Cheah, L. ve Ben-Akiva, M. (2021). "Exploring the Relationship between Locational and Household Characteristics and E-Commerce Home Delivery Demand", *Logistics*, 5(2), 29.
- Chittoor, P.K., Chokkalingam, B. ve Mihet-Popa, L. (2021). "A Review on UAV Wireless Charging: Fundamentals, Applications, Charging Techniques and Standards", *IEEE Access*, 9, 69235-69266.
- Coindreau, M., Gallay, O. ve Zufferey, N. (2021). "Parcel Delivery Cost Minimization with Time Window Constraints Using Trucks and Drones", *Networks*, 78(4), 400-420.
- Comi, A. ve Savchenko, L. (2021). "Last-Mile Delivering: Analysis of Environment-Friendly Transport", *Sustainable Cities and Society*, 74, 103213.
- Conway, A., Cheng, J., Kamga, C. ve Wan, D. (2017). "Cargo Cycles for Local Delivery in New York City: Performance and Impacts", *Research in Transportation Business & Management*, 24, 90-100.

- Cortes, J.D. ve Suzuki, Y. (2021). "Last-Mile Delivery Efficiency: En Route Transloading in The Parcel Delivery Industry", *International Journal of Production Research*, 1-18.
- Čupić, A. ve Teodorović, D. (2014). "A Multi-Objective Approach to the Parcel Express Service Delivery Problem", *Journal of Advanced Transportation*, 48(7), 701-720.
- Dalla Chiara, G.D., Alho, A.R., Cheng, C., Ben-Akiva, M., ve Cheah, L. (2020). "Exploring Benefits of Cargo-Cycles versus Trucks for Urban Parcel Delivery under Different Demand Scenarios", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2674(5), 553-562.
- Das, D.N., Sewani, R., Wang, J. ve Tiwari, M.K. (2021). "Synchronized Truck and Drone Routing in Package Delivery Logistics", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(9), 5772-5782.
- de Araujo, A.C. ve Etemad, A. (2021). "End-To-End Prediction of Parcel Delivery Time with Deep Learning for Smart-City Applications", *IEEE Internet Of Things Journal*, 8(23), 17043-17056.
- de Assis, T.F., de Abreu, V.H.S., da Costa, M.G. ve D'Agosto, M.D. (2022). "Methodology for Prioritizing Best Practices Applied to the Sustainable Last Mile-The Case of a Brazilian Parcel Delivery Service Company", *Sustainability*, 14(7), 3812.
- de Camargo, R.S., de Miranda, G. ve Løkketangen, A. (2013). "A New Formulation and an Exact Approach for the Many-to-Many Hub Location-Routing Problem", *Applied Mathematical Modelling*, 37(12-13), 7465-7480.
- Dell'Amico, M., Montemanni, R. ve Novellani, S. (2021). "Modeling the Flying Sidekick Traveling Salesman Problem with Multiple Drones", *Networks*, 78(3), 303-327.
- Demir, E., Syntetos, A., Wales, C. ve Woensel, T.V. (2022). "Last Mile Logistics: Research Trends and Needs", *IMA Journal Of Management Mathematics*, 33, 549-561.
- de Freitas, J.C. ve Vaz Penna, P.H. (2020). "A Variable Neighborhood Search for Flying Sidekick Traveling Salesman Problem", *International Transactions in Operational Research*, 27(1), 267-290.
- De Souza, R., Goh, M., Lau, H-C., Ng, W.-S. ve Tan, P-S. (2014). "Collaborative Urban Logistics – Synchronizing the Last Mile a Singapore Research Perspective", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, 422-431.
- Diaz-Cachinero, P., Muñoz-Hernandez, J.I. ve Contreras, J. (2021). "Integrated Operational Planning Model, Considering Optimal Delivery Routing, Incentives and Electric Vehicle Aggregated Demand Management", *Applied Energy*, 304, 117698.
- Ducret, R. (2014). "Parcel Deliveries and Urban Logistics: Changes and Challenges in The Courier Express and Parcel Sector in Europe-The French Case", *Research in Transportation Business and Management*, 11, 15-22.
- Dündar, H., Ömürganülşen, M. ve Soysal, M. (2021). "A Review on Sustainable Urban Vehicle Routing", *Journal of Cleaner Production*, 285,125444.
- El-Adle, A.M., Ghoniem, A. ve Haouari, M. (2019). "Parcel Delivery by Vehicle and Drone", *Journal of the Operational Research Society*, 72(2), 398-416.
- Elbanhawi, M., Mohamed, A., Clothier, R., Palmer, J.L., Simic, M. ve Watkins, S. (2017). "Enabling Technologies for Autonomous MAV Operations", *Progress in Aerospace Sciences*, 91, 27-52.
- Eliyan, A., Elomri, A. ve Kerbache, L. (2021). "The Last-Mile Delivery Challenge: Evaluating the Efficiency of Smart Parcel Stations", *Supply Chain Forum: An International Journal*, 1-10.
- Elsayed, M. ve Mohamed, M. (2020). "The Impact of Airspace Regulations on Unmanned Aerial Vehicles in Last-Mile Operation", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102480.
- Elsayed, M. ve Mohamed, M. (2022). "The Impact of Airspace Discretization on the Energy Consumption of Autonomous Unmanned Aerial Vehicles (Drones)", *Energies*, 15(14), 5074.
- Fessler, A., Thorhauge, M., Mabit, S. ve Haustein, S. (2022). "A Public Transport-Based Crowdsourcing Concept as a Sustainable Last-Mile Solution: Assessing User Preferences with a Stated Choice Experiment", *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, 158, 210-223.
- Florio, A.M., Feillet, D. ve Hartl, R.F. (2018). "The Delivery Problem: Optimizing Hit Rates in E-Commerce Deliveries", *Transportation Research Part B-Methodological*, 117, 455-472.
- Franz, L.S. ve Woodmansee, J. (1992). "Zone Skipping vs. Direct Shipment of Small Orders-Integrating Order Processing and Optimization", *Computers&Operations Research*, 20(5), 467-475.
- Fraselle, J., Limbourg, S.L. ve Vidal, L. (2021). "Cost and Environment Impacts of a Mixed Fleet of Vehicles", *Sustainability*, 13(16), 9413.
- Gao, Q., Zhang, J., Ma, J., Yang, C., Guo, J. ve Miao, Y. (2018). "LIP-PA: A Logistics Information Privacy Protection Scheme with Position and Attribute-Based Access Control on Mobile Devices", *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018, 1-14.

- Galvão, L.C., Novaes, A.G.N., Souza de Cursi, J.E. ve Souza, J.C. (2006). "A Multiplicatively-Weighted Voronoi Diagram Approach To Logistics Districting", *Computers & Operations Research*, 33(1), 93-114.
- Garver, M.S., Williams, Z., Stephen Taylor, G. ve Wynne, W.R. (2012). "Modelling Choice in Logistics: A Managerial Guide and Application", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(2), 128-151.
- Ghommam, J., Saad, M., Wright, S. ve Zhu, Q.M. (2020). "Relay Manoeuvre Based Fixed-Time Synchronized Tracking Control for UAV Transport System", *Aerospace Science and Technology*, 103, 105887.
- Gläser, S., Jahnke, H. ve Strassheim, N. (2021). "Opportunities and Challenges of Crowd Logistics on the Last Mile for Courier, Express and Parcel Service Providers- A Literature Review", *International Journal of Logistics-Research and Applications*, DOI: 10.1080/13675567.2021.2005005.
- Goebel, P., Moeller, S. ve Pibernik, R. (2012). "Paying for Convenience Attractiveness and Revenue Potential of Time-Based Delivery Services", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(6), 584-605.
- Gomez-Herrera, E., Martens, B. ve Turlea, G. (2014). "The Drivers and Impediments for Cross-Border E-Commerce in The EU", *Information Economics and Policy*, 28, 83-96.
- Gomez-Lagos, J., Candia-Vejar, A. ve Encina, F. (2021). "A New Truck-Drone Routing Problem for Parcel Delivery Services Aided by Parking Lots", *IEEE Access*, 9, 11091-11108.
- González-Varona, J.M., Villafañez, F., Acebes, F., Redondo, A. ve Poza, D. (2020). "Reusing Newspaper Kiosks for Last-Mile Delivery in Urban Areas", *Sustainability*, 12(22), 9770.
- Gönçer Demiral, D. (2021). "Endüstri 4.0'in Lojistik Boyutu: Lojistik 4.0", *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 9, 231-251.
- Hagen, T. ve Scheel-Kopeinig, S. (2021). "Would Customers Be Willing to Use an Alternative (Chargeable) Delivery Concept for The Last Mile?" *Research in Transportation Business & Management*, 39, 100626.
- Harn, P., Zhang, J., Shen, T., Wang, W., Jiang, X., Ku, W. S., Sun, M.T. ve Chiang, Y.Y. (2021). "Multiple Ground/Aerial Parcel Delivery Problem: A Weighted Road Network Voronoi Diagram Based Approach", *Distributed and Parallel Databases*, DOI: 10.1007/s10619-021-07347-w.
- Hazama, Y., Iima, H., Karuno, Y. ve Mishima, K. (2021). "Genetic Algorithm for Scheduling of Parcel Delivery by Drones", *Journal of Advanced Mechanical Design Systems and Manufacturing*, 15(6), 1-12.
- He, Y. ve Csiszar, C. (2021). "Model for Crowdsourced Parcel Delivery Embedded into Mobility as A Service Based on Autonomous Electric Vehicles", *Energies*, 14, 3042.
- Hochstenbach, M., Notteboom, C., Theys, B. ve De Schutter, J. (2015). "Design and Control of an Unmanned Aerial Vehicle for Autonomous Parcel Delivery with Transition from Vertical Take-off to Forward Flight", *International Journal of Micro Air Vehicles*, 7(4), 395-405.
- Hong, H.W. ve Shin, K.S. (2018). "A Study on the Restructuring and Cavitation of the Data-based Pick-up and Delivery Business", *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 34(1), 43-50.
- Hong, H., Li, X., He, D., Zhang, Y. ve Wang, M. (2019). "Crowdsourcing Incentives for Multi-Hop Urban Parcel Delivery Network", *IEEE Access*, 7, 26268-26277.
- Hu, W.J., Dong, J.J. ve Xu, N. (202). "Multi-Period Planning of Integrated Underground Logistics System Network for Automated Construction-Demolition-Municipal Waste Collection and Parcel Delivery: A Case Study", *Journal of Cleaner Production*, 330.
- Huang, H., Savkin, A.V. ve Huang, C. (2020a). "Scheduling of a Parcel Delivery System Consisting of An Aerial Drone Interacting with Public Transportation Vehicles", *Sensors*, 20, 2045.
- Huang, H., Savkin, A.V. ve Huang, C. (2020b). "A New Parcel Delivery System with Drones and a Public Train", *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 100(3-4), 1341-1354.
- Huang, H. ve Savkin, A.V. (2020c). "A Method of Optimized Deployment of Charging Stations for Drone Delivery", *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 6(2), 510-518.
- Huang (2021). "Drone Routing in A Time-Dependent Network: Toward Low-Cost and Large-Range Parcel Delivery", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(2), 1526-1534.
- Huang, H., Savkin, A.V. ve Huang, C. (2021). "Reliable Path Planning for Drone Delivery Using a Stochastic Time-Dependent Public Transportation Network", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(8), 4941-4950.
- Huang, S.H., Huang, Y.H., Blazquez, C.A., Chen, C.Y. (2022). "Solving the Vehicle Routing Problem with Drone for Delivery Services Using an Ant Colony Optimization Algorithm", *Advanced Engineering Informatics*, 51.
- Ignat, B. ve Chankov, S. (2020). "Do E-Commerce Customers Change Their Preferred Last-Mile Delivery Based on Its Sustainability Impact?", *The International Journal of Logistics Management*, 31(3), 521-548.
- Iranmanesh, S. ve Raad, R. (2019). "A Novel Data Forwarding Strategy for a Drone Delay Tolerant Network with Range Extension", *Electronics*, 8(6), 659.

- Iranmanesh, S., Abkenar, F.S., Raad, R. ve Jamalipour, A. (2021). "Improving Throughput of 5G Cellular Networks via 3D Placement Optimization of Logistics Drones", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70(2), 1448-1460.
- Jin, H.W. (2018). "Restructuring Parcel Delivery Network by Considering Dynamic Customer Demand", *E&M Ekonomie a Management*, 21(2), 83-96.
- Jiang, L., Zang, X., Alghoul, I.I.Y., Fang, X., Dong, J. ve Liang, C. (2021). "Scheduling The Covering Delivery Problem in Last Mile Delivery", *Expert Systems with Applications*, 187, 115894.
- Jung, H., Lee, K. ve Chun, W. (2006). "Integration of GIS, GPS, and Optimization Technologies for The Effective Control of Parcel Delivery Service", *Computers & Industrial Engineering*, 51(1), 154-162.
- Jung H. ve Kim, J. (2022). "Drone Scheduling Model for Delivering Small Parcels to Remote Islands Considering Wind Direction and Speed", *Computers & Industrial Engineering*, 163, 107784.
- Kafle, N., Zou, B. ve Lin, J. (2017). "Design and Modeling of A Crowdsourcing-Enabled System for Urban Parcel Relay and Delivery", *Transportation Research Part B: Methodological*, 99, 62-82.
- Kang, Y., Lee, S. ve Chung, B.D. (2019). "Learning-Based Logistics Planning and Scheduling for Crowdsourced Parcel Delivery", *Computers & Industrial Engineering*, 132, 271-279.
- Kawamura, K., Sriraj, P.S., Surat, H.R. ve Menninger, M. (2014). "Analysis of Factors that Affect the Frequency of Truck Parking Violations in Urban Areas", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2411(1), 20-26.
- Kedia, A., Kusumastuti, D. ve Nicholson, A. (2019). "Establishing Collection and Delivery Points to Encourage the Use of Active Transport: A Case Study in New Zealand Using a Consumer-Centric Approach", *Sustainability*, 11(22), 6255.
- Khair, R., Erera, A. ve Toriello, A. (2021). "Two-Stage Sort Planning for Express Parcel Delivery", *IIE Transactions*, 53(12), 1353-1368.
- Kim, S.-J., Lim, H. ve Park, M. (2014). "Analysing The Cost Efficiency of Parcel Distribution Networks with Changes in Demand", *International Journal of Urban Sciences*, 18(3), 416-429.
- Kim, N., Jeong, J. ve Zheng, C. (2019). "Adaptive Energy Management Strategy for Plug-in Hybrid Electric Vehicles with Pontryagin's Minimum Principle Based on Daily Driving Pattern", *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 6(3), 539-548.
- Kim, J., Moon, H. ve Jung, H. (2020). "Drone-Based Parcel Delivery Using the Rooftops of City Buildings: Model and Solution", *Applied Sciences*, 10(12), 4362.
- Kim, S.H. (2020). "Choice Model Based Service Analysis of Consumer Preference for Drone Delivery Service", *Journal of Air Transport Management*, 84, 101785.
- Kim, W. ve Wang, X.K. (2021). "To Be Online or In-Store: Analysis of Retail, Grocery and Food Shopping in New York City", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 126.
- Kim, W. ve Wang, X.C. (2022). "The Adoption of Alternative Delivery Locations in New York City: Who and How Far?", *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, 158, 127-140.
- Kirschstein, T. (2020). "Comparison of Energy Demands of Drone-Based and Ground-Based Parcel Delivery Services", *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 78, 102209.
- Koh, S.R., Hur, S.H. ve Kang, N. (2019). "Feasibility Study on The Korean Government's Hybrid Conversion Project of Small Diesel Trucks for Parcel Delivery Services", *Journal of Cleaner Production*, 232, 559-574.
- Kornatowski, P.M., Bhaskaran, A., Heitz, G.M., Mintchev, S. ve Floreano, D. (2018). "Last-Centimeter Personal Drone Delivery: Field Deployment and User Interaction", *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(4), 3813-3820.
- Kornatowski, P.M., Feroskhan, M., Stewart, W. Ve Floreano, D. (2020). "A Morphing Cargo Drone for Safe Flight in Proximity of Humans", *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5(3), 4233-4240.
- Kosovac, A., Muharemovic, E. ve Trubint, N. (2020). "A Cost Calculation Model for Outsourcing in Parcel Pick-up and Delivery by Commercial Postal Services Operators", *TEM Journal-Technology Education Management Informatics*, 9(1), 216-220.
- Köster, F., Ulmer, M.W., Mattfeld, D.C. ve Hasle, G. (2018). "Anticipating Emission-Sensitive Traffic Management Strategies for Dynamic Delivery Routing", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 345-361.
- Kulkarni, O., Dahan, M. ve Montreuil, B. (2022), "Resilient Hyperconnected Parcel Delivery Network Design under Disruption Risks", *International Journal of Production Economics*, 251.
- Laganà, D., Laporte, G. ve Vocaturro, F. (2021). "A Dynamic Multi-Period General Routing Problem Arising in Postal Service and Parcel Delivery Systems", *Computers & Operations Research*, 129.

- Lammert, M.P., Burton, J., Sindler, P. ve Duran A. (2015). "Hydraulic Hybrid and Conventional Parcel Delivery Vehicles' Measured Laboratory Fuel Economy on Targeted Drive Cycles", *SAE International Journal of Alternative Powertrains*, 4(1), 11-19.
- Lauenstein, S. ve Schank, C. (2022). "Design of a Sustainable Last Mile in Urban Logistics-A Systematic Literature Review", *Sustainability*, 14, 5501.
- Lee, S., Kang, Y. ve Prabhu, V.V. (2016). "Smart Logistics: Distributed Control of Green Crowdsourced Parcel Services", *International Journal of Production Research*, 54(23), 6956–6968.
- Lee, S-Y. ve Seo, Y. (2017). "Corporate Social Responsibility Motive Attribution by Service Employees in The Parcel Logistics Industry as A Moderator between CSR Perception and Organizational Effectiveness", *Sustainability*, 9(3), 355.
- Lee, H., Chen, M., Pham, H.T. ve Choo, S. (2019). "Development of A Decision Making System for Installing Unmanned Parcel Lockers: Focusing on Residential Complexes in Korea", *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(6), 2713-2722.
- Leung, E.K.H., Ouyang, Z. ve Huang, G.Q. (2022). "Community Logistics: A Dynamic Strategy for Facilitating Immediate Parcel Delivery to Smart Lockers", *International Journal of Production Research*, DOI: 10.1080/00207543.2022.2073480.
- Leyerer, M., Sonneberg, M.O., Heumann, M. ve Breitner, M.H. (2019). "Decision Support for Sustainable and Resilience-Oriented Urban Parcel Delivery", *EURO Journal on Decision Processes*, 7(3-4), 267-300.
- Li, B., Riley, M.W., Lin, B. ve Qi, E. (2006). "A Comparison Study of Customer Satisfaction between the UPS and FedEx", *Industrial Management & Data Systems*, 106(2), 182-199.
- Li, B., Krushinsky, D., Reijers, H.A. ve Van Woensel, T. (2014). "The Share-A-Ride Problem: People and Parcels Sharing Taxis", *European Journal of Operational Research*, 238(1), 31-40.
- Li, Y., Yang, W. ve Huang, B. (2020). "Impact of UAV Delivery on Sustainability and Costs under Traffic Restrictions", *Mathematical Problems in Engineering*, 9437605.
- Li, L., He, X., Keoleian, G.A., Kim, H.C., De Kleine, R., Wallington, T.J. ve Kemp, N.J. (2021). "Life Cycle Greenhouse Gas Emissions for Last-Mile Parcel Delivery by Automated Vehicles and Robots", *Environmental Science & Technology*, 55(16), 11360-11367.
- Lian, L., Zhang, S., Wang, Z., Liu, K. ve Cao, L. (2015). "Customers' Mode Choice Behaviors of Express Service Based on Latent Class Analysis and Logit Model", *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, 610673.
- Lim, H. ve Shiode, N. (2011). "The Impact of Online Shopping Demand on Physical Distribution Networks: A Simulation Approach", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41(8), 732-749.
- Lim, H. ve Koo, M.W. (2016). "Promoting Cost Efficiency and Uniformity in Parcel Delivery Centre Locations and Service Areas: A GIS-Based Analysis", *International Journal of Logistics Research and Applications*, 19(5), 369-379.
- Lin, P.C. ve Lee, C.H. (2009). "How Online Vendors Select Parcel Delivery Carriers", *Transportation Journal*, 48(3), 20-31.
- Liu, M., Liu, X., Zhu, M., ve Zheng, F. (2019). "Stochastic Drone Fleet Deployment and Planning Problem Considering Multiple-Type Delivery Service", *Sustainability*, 11(14), 3871.
- Liu, M., Liu, X., Zhu, M. ve Zheng, F. (2021a). "Two-Echelon Routing Problem for Parcel Delivery by Cooperated Truck and Drone", *IEEE Transactions on Systems Man Cybernetics-Systems*, 11, 3871.
- Liu, S., Hua, G., Cheng, T.C.E. ve Dong, J. (2021b). "Unmanned Vehicle Distribution Capacity Sharing with Demand Surge under Option Contracts", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 149, 102320.
- Llorca, C. ve Moeckel, R. (2021). "Assesment of The Potential of Cargo Bikes and Electrification for Last-Mile Parcel Delivery by Means of Simulation of Urban Freight Flows", *European Transport Research Review*, 13(33), DOI: 10.1186/s12544-021-00491-5.
- Lu, S., Suzuki, Y. ve Clottey, T. (2020). "The Last Mile: Managing Driver Helper Dispatching for Package Delivery Services", *Journal of Business Logistics*, 41(3), 206-221.
- Luo, Z., Poon, M., Zhang, Z., Liu Z. ve Lim, A. (2021). "The Multi-Visit Traveling Salesman Problem with Multi-Drones", *Transportation Research Part C-Emerging Technologies*, 128, 103172.
- Luo, R., Ji, S. ve Ji, Y. (2022). "An Active-Learning Pareto Evolutionary Algorithm for Parcel Locker Network Design Considering Accessibility of Customers", *Computers & Operations Research*, 141, 105677.
- Lüer-Villagra, A., Eiselt, H.A. ve Marianov, V. (2019). "A Single Allocation P-Hub Median Problem with General Piecewise-Linear Costs in Arcs." *Computers & Industrial Engineering*, 128, 477-491.

- Macrina, (2020). "Drone-Aided Routing: A Literature Review", *Transportation Research Part C-Emerging Technologies*, 120, 102762.
- Madani, B. ve Ndiaye, M. (2022). "Hybrid Truck-Drone Delivery Systems: A Systematic Literature Review", *IEEE Acces*, 10, 92854-92878.
- Marinelli, M., Caggiani, L., Ottomanelli, M. ve Dell'Orco, M. (2018). "En Route Truck-Drone Parcel Delivery for Optimal Vehicle Routing Strategies", *IET Intelligent Transport Systems*, 12 (4), 253-261.
- Martin, F., Hemmelmayr, V.C. ve Wakolbinger, T. (2021). "Integrated Express Shipment Service Network Design With Customer Choice and Endogenous Delivery Time Restrictions", *European Journal of Operational Research*, 294(2), 590-603.
- Martinez-Sykora, A., McLeod, F., Lamas-Fernandez, C., Bektaş, T., Cherrett, T. ve Allen, J. (2020). "Optimised Solutions to The Last-Mile Delivery Problem in London Using a Combination of Walking and Driving", *Annals of Operations Research*, 295(2), 645-693.
- Masteguim, R. ve Cunha, C.B. (2022). "An Optimization-Based Approach to Evaluate the Operational and Environmental Impacts of Pick-Up Points on E-Commerce Urban Last-Mile Distribution: A Case Study in Sao Paulo, Brazil", *Sustainability*, 14(14), 8521.
- Matušík, J. ve Kočí, V. (2020). "A Comparative Life Cycle Assessment of Electronic Retail of Household Products", *Sustainability*, 12(11), 4604.
- McLeod, F.N., Cherrett, T.J., Bektas, T., Allen, J., Martinez-Sykora, A., Lamas-Fernandez, C., Bates, O., Cheliotis, K., Friday, A., Piecyk, M. ve Wise, S. (2020). "Quantifying Environmental and Financial Benefits of Using Porters and Cycle Couriers for Last-Mile Parcel Delivery", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 82, 102311.
- McWilliams, D.L., Stanfield, P.M. ve Geiger, C.D. (2005). "The Parcel Hub Scheduling Problem: A Simulation-Based Solution Approach", *Computers&Industrial Engineering*, 49(3), 393-412.
- McWilliams, D.L., Stanfield, P.M. ve Geiger, C.D. (2008). "Minimizing The Completion Time of the Transfer Operations in A Central Parcel Consolidation Terminal with Unequal-Batch-Size Inbound Trailers", *Computers&Industrial Engineering*, 54(4), 709-720.
- McWilliams, D.L. (2009a). "Genetic-Based Scheduling to Solve The Parcel Hub Scheduling Problem", *Computers&Industrial Engineering*, 56(4), 1607-1616.
- McWilliams, D.L. (2009b). "A Dynamic Load-Balancing Scheme for The Parcel Hub-Scheduling Problem", *Computers & Industrial Engineering*, 57(3), 958-962.
- McWilliams, D.L. (2010). "Iterative Improvement to Solve The Parcel Hub Scheduling Problem", *Computers & Industrial Engineering*, 59(1), 136-144.
- McWilliams, D.L. ve McBride, M.E. (2012). "A Beam Search Heuristics to Solve the Parcel Hub Scheduling Problem", *Computers & Industrial Engineering*, 62(4), 1080-1092.
- McWilliams, D.L. ve McBride, M.E. (2013). "Exploring Mathematical Approximation for the Time Spans of Transfer Operations in Parcel Transshipment Terminals", *Computers & Industrial Engineering*, 64(1), 342-356.
- Merkert, R., Bliemer, M.C.J. ve Fayyaz, M. (2022). "Consumer Preferences for Innovative and Traditional Last-Mile Parcel Delivery", *International Journal of Physical Distribution&Logistics Management*, 52(3), 261-284.
- Milioti, C., Pramatarı, K. ve Kelepouri, I. (2020). "Modelling Consumers' Acceptance for the Click and Collect Service", *Journal of Retailing and Consumer Services*, 56, 102149.
- Mishra, D. ve Natalizio, E. (2020). "A Survey on Cellular-Connected UAVs: Design Challenges, Enabling 5G/B5G Innovations, and Experimental Advancements", *Computer Networks*, 182.
- Mizutani, F. ve Uranishi, S. (2003). "The Post Office vs. Parcel Delivery Companies: Competition Effects on Costs and Productivity", *Journal of Regulatory Economics*, 23(3), 299-319.
- Mohsan, S.A.H., Khan, M.A., Noor, F., Ullah, I. ve Alsharif, M.H. (2022). "Towards the Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Comprehensive Review", *Drones*, 6(6), 147.
- Molin, E., Kosicki, M. ve van Duin, R. (2022). "Consumer Preferences for Parcel Delivery Methods: The Potential of Parcel Locker Use in The Netherlands", *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 22(2), 183-200.
- Molnar, B. ve Böröcz, P. (2021). "Experimental Comparison of Field and Accelerated Random Vertical Vibration Levels of Stacked Packages for Small Parcel Delivery Shipments", *Applied Sciences-Basel*, 11(7), 2927.
- Moore, S. ve Newsome, K. (2018). "Paying for Free Delivery: Dependent Self-Employment as a Measure of Precarity in Parcel Delivery", *Work, Employment and Society*, 32(3), 475-492.

- Moreri, K.K., Maphale, L. ve Nkhwanana, N. (2017). "Optimizing Dispatch and Home Delivery Services Utilizing GIS in Botswana: Botswana Post Case Study", *Spatial Information Research*, 25, 565-573.
- Morganti, E., Dablanc, L. ve Fortin, F. (2014). "Final Deliveries for Online Shopping: The Deployment of Pickup Point Networks in Urban and Suburban Areas" *Research in Transportation Business & Management*, 11, 23-31.
- Mucowska, M. (2021). "Trends of Environmentally Sustainable Solutions of Urban Last-Mile Deliveries on the E-Commerce Market-A Literature Review", *Sustainability*, 13, 5894.
- Muharemovic, E., Causevic, S., Kosovac, A. ve Husic, J.B. (2021). "Cost and Performans Optimisation in The Technological Phase of Parcel Delivery-A Literature Review", *Promet-Traffic & Transportation*, 33(1), 129-139.
- Murray, C.C. ve Chu, A.G. (2015). "The Flying Sidekick Traveling Salesman Problem: Optimization of Drone-Assisted Parcel Delivery", *Transportation Research Part C-Emerging Technologies*, 54, 86-109.
- Murray, C.C. ve Raj, R. (2020). "The Multiple Flying Sidekicks Traveling Salesman Problem: Parcel Delivery with Multiple Drones", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 110, 368-398.
- Nam, D. ve Park, M. (2020). "Improving The Operational Efficiency of Parcel Delivery Network with A Bi-Level Decision Making Model", *Sustainability*, 12, 8042.
- Nieoto-Isaza, S., Fontaine, P. ve Minner, S. (2022). "The Value of Stochastic Crowd Resources and Strategic Location of Mini-Depots for Last-Mile Delivery: A Benders Decomposition Approach", *Transportation Research Part B-Methodological*, 157, 62-79.
- Nolz, P.C., Absi, N., Feillet, D. ve Seragiotto, C. (2022), "The Consistent Electric-Vehicle Routing Problem with Backhauls and Charging Management", *European Journal of Operational Research*, 302(2), 700-716.
- Novaes, A.G.N. ve Gracioli, O.D. (1999). "Designing Multi-Vehicle Delivery Tours in A Grid-Cell Format", *European Journal of Operational Research*, 119(3), 613-634.
- Novaes, A.G.N., de Cursi, J.E.S. ve Gracioli, O.D. (2000). "A Continuous Approach to The Design of Physical Distribution Systems", *Computers & Operations Research*, 27(9), 877-893.
- Olsson, J., Hellström, D. ve Palsson, H. (2019). "Framework of Last Mile Logistics Research: A Systematic Review of the Literature", *Sustainability*, 11, 7131.
- Orenstein, I., Raviv T. ve Sadan E. (2019). "Flexible Parcel Delivery to Automated Parcel Lockers: Models, Solution Methods and Analysis", *Euro Journal On Transportation and Logistics*, 8, 683-711.
- Orenstein, I. ve Raviv T. (2022). "Parcel Delivery Using the Hyperconnected Service Network", *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 161,102716.
- Otter, C., Watzl, C., Schwarz, D. ve Priess, P. (2017). "Towards Sustainable Logistics: Study of Alternative Delivery Facets", *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(4), 460-476.
- Özbekler, T.M. (2021). "Kentsel Lojistiğin Son Kilometre Dağıtım Ağ Yapısında Mikro Tesis Yer Seçimi ve Çok Aktörlü Yaklaşımla Teslimat Alternatiflerinin Belirlenmesi", Yayımlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Patella, S.M., Grazieschi, G., Gatta V., Marcucci, E. ve Carrese, S. (2021). "The Adoption of Green Vehicles in Last Mile Logistics: A Systematic Literature Review", *Sustainability*, 13(1), 6.
- Peng, K., Du, J., Lu, F., Sun, Q., Dong, Y., Zhou, P. ve Hu, M. (2019). "A Hybrid Genetic Algorithm on Routing and Scheduling for Vehicle-Assisted Multi-Drone Parcel Delivery", *IEEE Access*, 7, 49191-49200.
- Perboli, G. ve Rosano, M. (2019). "Parcel Delivery in Urban Areas: Opportunities and Threats for The Mix of Traditional and Green Business Models" *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 99, 19-36.
- Perboli, G., Rosano, M. ve Wei, Q. (2021). "A Simulation-Optimization Approach for The Management of The On-Demand Parcel Delivery in Sharing Economy", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(8), 10570-10582.
- Pilati, F., Zennaro, I., Battini, D. ve Persona, A. (2020). "The Sustainable Parcel Delivery (SPD) Problem: Economic and Environmental Considerations for 3PLs", *IEEE Access*, 8, 71880-71892.
- Pina-Pardo, J.C., Silva, D.F. ve Smith, A.E. (2021). "The Traveling Salesman Problem with Release Dates and Drone Resupply", *Computers & Operations Research*, 129,105170.
- Praet, S. ve Martens, D. (2019). "Efficient Parcel Delivery by Predicting Customers' Locations*", *Decision Sciences*, 51(5), 1202-1231.
- Proto, S., Di Corso, E., Apiletti, D., Cagliero, L., Cerquitelli, T., Malnati, G. ve Mazzucchi, D. (2020). "REDTag: A Predictive Maintenance Framework for Parcel Delivery Services", *IEEE Access*, 8, 14953-14964.
- Qin, H., Zhang, Z., Qi, Z. ve Lim, A. (2014). "The Freight Consolidation and Containerization Problem", *European Journal of Operational Research*, 234(1), 37-48.

- Rai, H.B., Sara, V. ve Macharis, C. (2018). "Shipping Outside The Box. Environmental Impact and Stakeholder Analysis of A Crowd Logistics Platform in Belgium", *Journal of Cleaner Production*, 202, 806-816.
- Rai, H.B., Sara, V. ve Macharis, C. (2019). "City Logistics in An Omnichannel Environment. The Case of Brussels", *Case Studies on Transport Policy*, 7, 310-317.
- Rai, H.B., Sara, V. ve Macharis, C. (2021). "Unlocking The Failed Delivery Problem? Opportunities and Challenges for Smart Locks from A Consumer Perspective", *Research in Transportation Economics*, 87, 100753.
- Rai, H. ve Dablanc, L. (2022). "Hunting For Treasure: A Systematic Literature Review On Urban Logistics and E-Commerce Data", *Transport Reviews*, 43(2), 204-233.
- Rich, R. (2020). "Inverting the Multiple-Assisting Tool Network Problem to Solve for Optimality", *Advances in Operations Research*, 2020, 1-13.
- Rottondi, C., Malandrino, F., Bianco, A., Chiasserini, C.F. ve Stavrakakis, I. (2021). "Scheduling of Emergency Tasks for Multiservice UAVs in Post-Disaster Scenarios", *Computer Networks*, 184.
- Salama, M.R. ve Srinivas, S. (2022). "Collaborative Truck Multi-Drone Routing and Scheduling Problem: Package Delivery with Flexible Launch and Recovery Sites", *Transportation Research Part E*, 164 (2022), 102788.
- San, K.T. ve Chang, Y.S. (2022). "Drone-Based Delivery: A Concurrent Heuristic Approach Using a Genetic Algorithm", *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 94(8), 1312-1326.
- Scherr, Y.O., Saavedra, B.A.N., Hewitt, M. ve Mattfeld, D.C. (2019). "Service Network Design with Mixed Autonomous Fleets", *Transportation Research Part E-Logistics And Transportation Review*, 124, 40-55.
- Scherr, Y.O., Hewitt, M., Neumann Saavedra, B.A. ve Mattfeld, D.C. (2020). "Dynamic Discretization Discovery for The Service Network Design Problem with Mixed Autonomous Fleets", *Transportation Research Part B: Methodological*, 141, 164-195.
- Shahmohammadi, S., Steinmann, Z.J.N., Tambjerg, L., van Loon, P., King, J.M.H. Ve Huijbregts, M.A.J. (2020). "Comparative Greenhouse Gas Footprinting of Online versus Traditional Shopping for Fast-Moving Consumer Goods: A Stochastic Approach", *Environmental Science & Technology*, 54(6), 3499-3509.
- Shbool, M.A., Al-Bazi, A. ve Al-Hadeethi, R. (2022). "The Effect of Customer Satisfaction on Parcel Delivery Operations Using Autonomous Vehicles: An Agent-Based Simulation Study", *Heliyon*, 8(5), e09409.
- Shin, M.S., Ko, M.C., Ju, Y.W., Jung, Y.J. Ve Lee, B.J. (2013). "Implementation of Context-Aware Based Robot Control System for Automatic Postal Logistics", *Studies in Informatics and Control*, 22(1), 71-80.
- Schnieder, M., Hinde C. ve West, A. (2021). "Sensitivity Analysis of Emission Models of Parcel Lockers vs. Home Delivery Based on HBEFA", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 6325.
- Schnieder, M., Hinde, C. ve West, A. (2022). "Land Efficient Mobility: Evaluation of Autonomous Last Mile Delivery Concepts in London", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16), 10290.
- Schütte, M., Ge, S. ve Hertting-Thomasius, R. (1994). "An Analysis of the Subjective Strain Perceived by Parcel-Deliverers", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 13(1), 15-23.
- Scherr, Y.O., Neumann Saavedra, B.A., Hewitt, M. ve Mattfeld, D.C. (2019). "Service Network Design with Mixed Autonomous Fleets", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 124, 40-55.
- Shrestha, R., Bajracharya, R. ve Kim, S. (2021). "6G Enabled Unmanned Aerial Vehicle Traffic Management: A Perspective", *IEEE Access*, 9, 91119-91136.
- Silva, M.R. ve Cunha, C.B. (2009). "New Simple and Efficient Heuristics for the Uncapacitated Single Allocation Hub Location Problem", *Computers & Operations Research*, 36(12), 3152-3165.
- Simoni, M.D., Bujanovic, P., Boyles, S.D. ve Kutanoğlu, E. (2018). "Urban Consolidation Solutions for Parcel Delivery Considering Location, Fleet and Route Choice", *Case Studies on Transport Policy*, 6, 112-124.
- Singh, S.P., Burgees, G. ve Singh, J. (2004). "Measurement and Analysis of the Second-Day Air Small and Light-Weight Package Shipping Environment within Federal Express", *Packaging Technology and Sciences*, 17(3), 119-127.
- Singh, S.P., Burgess, G.J., Singh, J. ve Kremer, M. (2006). "Measurement and Analysis of the Next-Day Air Shipping Environment for Mid-Sized and Lightweight Packages for DHL, Fedex and United Parcel Service", *Packaging Technology and Science*, 19(4), 227-235.
- Singh, J., Singh, S.P., Voss, T. ve Saha, K. (2009). "A Study of The Effect of Pictorial Markings and Warning Labels on Handling of Packages in The DHL Single-Parcel Environment", *Packaging Technology and Science*, 22(1), 1-8.
- Song, H.Y. ve Han, H. (2020). "A Design of a Parcel Delivery System for Point to Point Delivery with IoT Technology", *Future Internet*, 12(4), 70.
- Soysal, M. (2015), "Decision Support Modeling for Sustainable Food Logistics Management", Diss. Wageningen University and Research.

- Soysal, M. ve Bloemhof-Ruwaard, J.M. (2017). "Toward Sustainable Logistics", *Sustainable Logistics and Transportation*, Editörler: Cinar, D., Gakis, K. ve Pardalos, P.M., 1-17.
- Soysal, M., Çimen, M., Belbağ, S. ve Toğrul, E. (2019). "A Review on Sustainable Inventory Routing", *Computers&Industrial Engineering*, 132, 395-411.
- Tong, Y., Zeng, Y., Zhou, Z., Chen, L. ve Ye, J. (2018). "A Unified Approach to Route Planning for Shared Mobility", *Proceedings of The VLDB Endowment*, 11(11), 1633-1646.
- Torabbeigi, M., Lim, G.J. ve Kim, S.J. (2020). "Drone Delivery Scheduling Optimization Considering Payload-induced Battery Consumption Rates", *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 97 (3-4), 471-487.
- Torija, A.J., Li, Z. ve Self, R.H. (2020). "Effects of a Hovering Unmanned Aerial Vehicle on Urban Soundscapes Perception", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 78, 102195.
- Torija, A.J. ve Clark, C. (2021). "A Psychoacoustic Approach to Building Knowledge about Human Response to Noise of Unmanned Aerial Vehicles", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 682.
- Trott, M., Baur, N.F., Auf der Landwehr, M., Rieck, J. ve von Viebahn, C. (2021). "Evaluating the Role of Commercial Parking Bays for Urban Stakeholders on Last-Mile Deliveries – A Consideration of Various Sustainability Aspects", *Journal of Cleaner Production*, 312, 127462.
- Troudi, A., Addouche, S.A., Dellagi, S. ve El Muhamedi, A. (2018). "Sizing of the Drone Delivery Fleet Considering Energy Autonomy", *Sustainability*, 10, 3344.
- Ünal, V., Ömürgönülşen, M., Belbağ, S. ve Soysal, M. (2020). "The Internet of Things in Supply Chain", *Logistics 4.0: Digital Transformation of Supply Chain Management*, Editörler: Paksoy, T., Koçhan, Ç. ve Samar Ali, S., CRC Press, Taylor&Francis, 27-34.
- van Duin, J.H.R., Vlot, T.S., Tavasszy, L.A., Duinkerken, M.B. ve van Dijk, B. (2020). "Smart Method for Self-Organization in Last-Mile Parcel Delivery", *Transportation Research Record*, 2675(4), 260-270.
- Van, S.N., Hong, N.V.T., Quang, D.P., Xuan, H.N. Babaki, B. ve Dries, A. (2022). "Novel Online Routing Algorithms for Smart People-Taxi Sharing Services", *ETRI Journals*, 44(2), 220-231.
- Vanelslander, T., Deketele, L. ve Van Hove, D. (2013). "Commonly Used E-Commerce Supply Chains for Fast Moving Consumer Goods: Comparison and Suggestions for Improvement", *International Journal of Logistics Research and Applications*, 16(3), 243-256.
- Vasiutina, H., Szarata, A. ve Rybicki, S. (2021). "Evaluating the Environmental Impact of Using Cargo Bikes in Cities: A Comprehensive Review of Existing Approaches", *Energies*, 14, 6462.
- Verheyen, W. ve Kolacz, M.K. (2022). "Enhancing Safety in B2C Delivery Chains", *Transport Policy*, 117, 12-22.
- Villa, R. ve Monzón, A. (2021). "A Metro-Based System as Sustainable Alternative for Urban Logistics in the Era of E-Commerce", *Sustainability*, 13(8), 4479.
- Vukić, L., Stazić, L., Pijaca, M. ve Peronja, I. (2021). "Modelling the Optimal Delivery of Spare Parts to Vessels: Comparison of Three Different Scenarios", *Cogent Engineering*, 8(1), DOI: 10.1080/23311916.2021.1920565.
- Wang, D., Hu, P., Du, J., Zhou P., Deng, T. ve Hu, M. (2019a). "Routing and Scheduling for Hybrid Truck-Drone Collaborative Parcel Delivery with Independent and Truck-Carried Drones", *IEEE Internet of Things Journal*, 6(6), 10483-10495.
- Wang, F., Wang, F., Ma, X. ve Liu, J. (2019b). "Demystifying The Crowd Intelligence in Last Mile Parcel Delivery for Smart Cities", *IEEE Network*, 33(2), 23-29.
- Wang, J.C., Cheng, P., Zheng, L. B., Feng, C., Chen, L., Lin, X.M. ve Wang, Z. (2020a). "Demand-Aware Route Planning for Shared Mobility Services", *Proceedings of the VLDB Endowment*, 13(7), 979-991.
- Wang, S., Cui, W., Chu, F. ve Yu, J. (2020b). "The Interval Min-Max Regret Knapsack Packing-Delivery Problem", *International Journal of Production Research*, 59(18), 5661-5677.
- Wang, F., Zhu, Y., Wang, F., Liu, J., Ma, X. ve Fan, X. (2020c). "Car4Pac: Last Mile Parcel Delivery Through Intelligent Car Trip Sharing", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 1-15.
- Wang, C., Lan, H.J., Saldanha-da-Gama, F. ve Chen, Y.H. (2021). "On Optimizing a Multi-Mode Last-Mile Parcel Delivery with Vans, Truck and Drone", *Electronics*, 10(20), 2510.
- Wang, C-N., Nguyen, N-A-T., Dang, T-T. ve Hsu, H-P. (2021). "Evaluating Sustainable Last-Mile Delivery (LMD) in B2C E-Commerce Using Two-Stage Fuzzy MCDM Approach: A Case Study From Vietnam", *IEEE Access*, 9, 146050-146067.
- Wehbi, L., Bektas, T. ve Iris, C. (2022). "Optimising Vehicle and On-Foot Porter Routing in Urban Logistics", *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 109.
- Wen, X. ve Wu, G. (2022). "Heterogeneous Multi-Drone Routing Problem for Parcel Delivery", *Transportation Research Part C-Emerging Technologies*, 141, 103763.

- Wiese, A., Toporowski, W. ve Zielke, S. (2012). "Transport-Related CO2 Effects of Online and Brick-And-Mortar Shopping: A Comparison and Sensitivity Analysis of Clothing Retailing", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(6), 473-477.
- Winkenbach, M., Roset, A. ve Spinler, S. (2016). "Strategic Redesign of Urban Mail and Parcel Networks at La Poste", *Interfaces*, 46(5), 445-458.
- Wu, Y.Z., Ding, Y.H., Ding, S.S., Savaria, S. ve Li, S. (2021). "Autonomous Last-Mile Delivery Based on the Cooperation of Multiple Heterogenous Unmanned Ground Vehicles", *Mathematical Problems in Engineering*, 5546581.
- Wu, X., Hu, D.V., Ma, B.S. ve Jiang, R.S. (2022). "The Two Echelon Open Vehicle Routing Problem: Optimization of Crowdshipping Based Parcel Delivery", *KSCE Journal of Civil Engineering*, 26(9), 4073-4085.
- Xiao, F., Wang, H., Guo, S., Guan, X. ve Liu, B. (2021). "Efficient and Truthful Multi-Attribute Auctions for Crowdsourced Delivery", *International Journal of Production Economics*, 240, 108233.
- Xiang, X., Fang, T., Liu, C.C. ve Pei, Z. (2022), "Robust Service Network Design Problem Under Uncertain Demand", *Computers&Industrial Engineering*, 172, 108615.
- Xie, F., Lin, J. ve Cui, W. (2015). "Exploring Express Delivery Networks in China Based on Complex Network Theory", *Complexity*, 21(2), 166-179.
- Xie, C., Wang, X. ve Fukuda, D. (2020). "On the Pricing of Urban Rail Transit with Track Sharing Freight Service", *Sustainability*, 12(7), 2758.
- Yang, Z., Lu, J., Zhu, X. ve Jia, P. (2013). "Optimizing Parcel Delivery Paths Using A Highway Passenger Transport-Based Express Service", *Transportation Planning and Technology*, 36(7), 581-598.
- Yoo, W., Yu, E. ve Jung, J. (2018). "Drone Delivery: Factors Affecting The Public's Attitude and Intention to Adopt", *Telematics and Informatics*, 35, 1687-1700.
- Yu, S. ve Yang, Z. (2018). "Optimizing Express Parcel Networks and Delivery Schemes Subject to Timeliness Tolerances", *Transportation Planning and Technology*, 41(5), 519-535.
- Yu, S. ve Jiang, Y. (2021). "Network Design and Delivery Scheme Optimisation Under Integrated Air-Rail Freight Transportation", *International Journal of Logistics Research and Applications*, DOI: 10.1080/13675567.2021.1928032.
- Yuen, K.F., Wang, X., Ma, Fei ve Wong, Y.D. (2019). "The Determinants of Customers' Intention to Use Smart Lockers for Last-Mile Deliveries", *Journal of Retailing and Consumer Services*, 49, 316-326.
- Zhao, Y., Ercan, T. ve Tatari, O. (2016). "Life Cycle Based Multi-Criteria Optimization for Optimal Allocation of Commercial Delivery Truck Fleet in The United States", *Sustainable Production and Consumption*, 8, 18-31.
- Zhang, S., Markos, C. ve Yu, J.J.Q. (2019a). "Autonomous Vehicle Intelligent System: Joint Ride-Sharing and Parcel Delivery Strategy", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(10), 18466-18477.
- Zhang, G. ve Hsu, L-T. (2018). "A New Path Planning Algorithm Using a GNSS Localization Error Map for UAVs in an Urban Area", *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 94(1), 219-235.
- Zhao Q, Wang, W. ve De Souza, R. (2018). "A Heterogeneous Fleet Two-Echelon Capacitated Location-Routing Model for Joint Delivery Arising in City Logistics", *International Journal of Production Research*, 56 (15), 5062-5080.
- Zhang, J., Onal, S., Das, R., Helminsky, A ve Das, S. (2019b). "Fulfilment Time Performance Of Online Retailers – An Empirical Analysis", *International Journal of Retail & Distribution Management*, 47(5), 493-510.
- Zhang, S., Markos, C. ve Yu, J.J.Q. (2022). "Autonomous Vehicle Intelligent System: Joint Ride-Sharing and Parcel Delivery Strategy", *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, 1558-0016.
- Zhen, L., Wu, Y., Wang, S. ve Yi, W. (2021). "Crowdsourcing Mode Evaluation for Parcel Delivery Service Platforms", *International Journal of Production Economics*, 235, 108067.
- Zhou, M., Zhao, L., Kong, N, Camp, K.S., Xu, S., Zhu, G., Cao, X. ve Wang, S. (2020). "Understanding Consumers' Behavior to Adopt Self-Service Parcel Services for Last-Mile Delivery", *Journal of Retailing and Consumer Services*, 52, 101911.
- Zou, B. ve Kafle, N. (2022), "Designing Mechanisms for Crowdsourced Urban Parcel Delivery", *Transportation Letters-The International Journal of Transportation Research*, DOI: 10.1080/19427867.2022.2121013.

EK

Tablo 5. Makalelerin yıllara göre dağılımı

Yıl	Yazar(lar)
1992	Franz ve Woodmansee (1992)
1994	Schütte ve diğerleri (1994)
1999	Novaes ve Graciolli (1999)
2000	Bruns ve diğerleri (2020), Novaes ve diğerleri (2020)
2003	Mizutani ve Uranishi (2003)
2004	Singh ve diğerleri (2004)
2005	McWilliams ve diğerleri (2005)
2006	Galvão ve diğerleri (2006), Li ve diğerleri (2006), Singh ve diğerleri (2006), Jung ve diğerleri (2006)
2008	McWilliams ve diğerleri (2008)
2009	Singh ve diğerleri (2009), McWilliams (2009a), Lin ve Lee (2009), McWilliams (2009b), Silva ve Cunha (2009)
2010	McWilliams (2010)
2011	Lim ve Shiode (2011)
2012	Garver ve diğerleri (2012), Goebel ve diğerleri (2012), McWilliams ve McBride (2012), Wiese ve diğerleri (2012)
2013	McWilliams ve McBride (2013), Shin ve diğerleri (2013), Carlsson ve Delage (2013), Vanelsländer ve diğerleri (2013), de Camargo ve diğerleri (2013), Yang ve diğerleri (2013)
2014	Kawamura ve diğerleri (2014), Kim ve diğerleri (2014), Qin ve diğerleri (2014), Ducret (2014), Morganti ve diğerleri (2014), Li ve diğerleri (2014), Gomez-Herrera ve diğerleri (2014), Čupić ve Teodorovic (2014)
2015	Lian ve diğerleri (2015), Lammert ve diğerleri (2015), Murray ve Chu (2015), Xie ve diğerleri (2015), Hochstenbach ve diğerleri (2015)
2016	Lee ve diğerleri (2016), Winkenbach ve diğerleri (2016), Bahrami ve diğerleri (2016), Zhao ve diğerleri (2016), Lim ve Koo (2016)
2017	Cagliano ve diğerleri (2017), Lee ve Seo (2017), Kafle ve diğerleri (2017), Cardenas ve diğerleri (2017), Otter ve diğerleri (2017), Conway (2017), Moreri ve diğerleri (2017), Elbanhawi ve diğerleri (2017), Carrio ve diğerleri (2017)
2018	Zhao ve diğerleri (2018), Gao ve diğerleri (2018), Jin (2018), Yu ve Yang (2018), Chen ve diğerleri (2018), Hong ve Shin (2018), Simoni ve diğerleri (2018), Marinelli ve diğerleri (2018), Böröcz ve Singh (2018), Allen ve diğerleri (2018a), Moore ve Newsome (2018), Tong ve diğerleri (2018), Köster ve diğerleri (2018), Yoo ve diğerleri (2018), Troudi ve diğerleri (2018), Kornatowski ve diğerleri (2018), Florio ve diğerleri (2018), Akeb ve diğerleri (2018), Rai ve diğerleri (2018), Allen ve diğerleri (2018b)
2019	Peng ve diğerleri (2019), Hong ve diğerleri (2019), Arslan ve diğerleri (2019), Perboli ve Rosano (2019), Lüer-Villagra ve diğerleri (2019), Wang ve diğerleri (2019a), Scherr ve diğerleri (2019), Zhang ve Hsu (2019), Baidi ve diğerleri (2019), Zhang ve diğerleri (2019a), Iranmanesh ve Raad (2019), Kang ve diğerleri (2019), Rai ve diğerleri (2019), Baek ve diğerleri (2019), Lee ve diğerleri (2019), Brotcorne ve diğerleri (2019), Aurambout ve diğerleri (2019), Kim ve diğerleri (2019), Yuen ve diğerleri (2019), Liu ve diğerleri (2019), Koh ve diğerleri (2019), El-Adle ve diğerleri (2019), Kedia ve diğerleri (2019), Orenstein ve diğerleri (2019), Wang ve diğerleri (2019b), Chen ve diğerleri (2019), Leyerer ve diğerleri (2019), Olsson ve diğerleri (2019)

Tablo 5. (Devamı)

Yıl	Yazar(lar)
2020	Pilati ve diğerleri (2020), Proto ve diğerleri (2020), Kirschstein ve diğerleri (2020), Torija ve diğerleri (2020), Baloch ve Gazara (2020), Murray ve Raj (2020), Zhou ve diğerleri (2020), de Freitas ve Vaz Penna (2020), Kim ve diğerleri (2020), Kosovac ve diğerleri (2020), Wang ve diğerleri (2020a), Torabbeigi ve diğerleri (2020), Shahmohammadi ve diğerleri (2020), Rich (2020), Baek ve diğerleri (2020a), Huang ve diğerleri (2020a), Aljohani ve Thompson (2020), Xie ve diğerleri (2020), Song ve Han (2020), McLeod ve diğerleri (2020), Kim (2020), Dalla Chiara ve diğerleri (2020), Matušík ve Koci (2020), Huang ve Savkin (2020), Lu ve diğerleri (2020), Huang ve diğerleri (2020b), Kornatowski ve diğerleri (2020), Wang ve diğerleri (2020b), Ghommam ve diğerleri (2020), Li ve diğerleri (2020), Ignat ve Chankov (2020), Milioti ve diğerleri (2020), Baniasadi ve diğerleri (2020), Arbabi ve diğerleri (2020), Martinez-Sykora ve diğerleri (2020), Elsayed ve Mohamed (2020), Nam ve Park (2020), Praet ve Martens (2020), Wang ve diğerleri (2020c), Bender ve diğerleri (2020), Bray (2020), Gonzalez-Varona ve diğerleri (2020), Böröcz ve Molnar (2020), Scherr ve diğerleri (2020), Mishra ve Natalizio (2020), Macrina ve diğerleri (2020c)
2021	Hazama ve diğerleri (2021), Apichottanakul ve diğerleri (2021), Boysen ve diğerleri (2021), Shrestha ve diğerleri (2021), Vukić ve diğerleri (2021), Gomez-Lagos ve diğerleri (2021), Rottondi ve diğerleri (2021), Boccia ve diğerleri (2021), Pina-Pardo ve diğerleri (2021), Laganà ve diğerleri (2021), Dell'Amico ve diğerleri (2021), Iranmanesh ve diğerleri (2021), Huang ve diğerleri (2021), Coindreau ve diğerleri (2021), Khir ve diğerleri (2021), Wu ve diğerleri (2021), Zhen ve diğerleri (2021), Kim ve Wang (2021), van Duin ve diğerleri (2021), Villa ve Monzon (2021), Molnar ve Böröcz (2021), Cortes ve Suzuki (2021), Liu ve diğerleri (2021a), Chen ve diğerleri (2021), Yu ve Jiang (2021), Luo ve diğerleri (2021), Martin ve diğerleri (2021), Schnieder ve diğerleri (2021), Cheng ve diğerleri (2021), He ve Csiszar (2021), Trott ve diğerleri (2021), Hagen ve Scheel-Kopeinig (2021), AlMuhaideb ve diğerleri (2021), Harn ve diğerleri (2021), Xiao ve diğerleri (2021), Li ve diğerleri (2021), Huang (2021), Fraselle ve diğerleri (2021), Aiello ve diğerleri (2021), Comi ve Savchenko (2021), Das ve diğerleri (2021), Diaz-Cachinero ve diğerleri (2021), Anosike ve diğerleri (2021), Jiang ve diğerleri (2021), Wang ve diğerleri (2021), Eliyan ve diğerleri (2021), Hu ve diğerleri (2022), Llorca ve Moeckel (2021), Büttgen ve diğerleri (2021), de Araujo ve diğerleri (2021), Liu ve diğerleri (2021b), Mucowska (2021), Vasiutina ve diğerleri (2021), Patella ve diğerleri (2021), Torija ve Clark (2021), Gläser ve diğerleri (2021), Chittoor ve diğerleri (2021), Muharemovic ve diğerleri (2021), Perboli ve diğerleri (2021)
2022	Molin ve diğerleri (2022), Huang ve diğerleri (2022), Ben Brahim ve diğerleri (2022), Jung ve Kim (2022), Avgerinos ve diğerleri (2022), Buzzega ve Novellani (2022), Borghetti ve diğerleri (2022), Merkert ve diğerleri (2022), Nieto-Isaza ve diğerleri (2022), Fessler ve diğerleri (2022), Verheyen ve Kolacz (2022), Van ve diğerleri (2022), Kim ve Wang (2022), de Assis ve diğerleri (2022), San ve Chang (2022), Zhang ve diğerleri (2022), Shbool ve diğerleri (2022), Orenstein ve Raviv (2022), Barbeau ve diğerleri (2022), Luo ve diğerleri (2022), Leung ve diğerleri (2022), Elsayed ve Mohamed (2022), Masteguim ve Cunha (2022), Wehbi ve diğerleri (2022), Schnieder ve diğerleri (2022), Wu ve diğerleri (2022), Castiglione ve diğerleri (2022), Wen ve Wu (2022), Kulkarni ve diğerleri (2022), Zou ve Kafle (2022), Xiang ve diğerleri (2022), Nolz ve diğerleri (2022), Madani ve Ndaye (2022), Rai ve Dablanc (2022), Lauenstein ve Schank (2022), Mohsan ve diğerleri (2022), Büyüközkan ve Ilıcak (2022)



STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

