



Demir Çelik Sektöründe Geri Dönüşüm Ekonometrisi: Türkiye Örneği

Recycling Econometrics in the Iron and Steel Industry: The Case of Turkey

Ümit Remzi ERGÜN^{1,*} , Meliha ENER²

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yönetim Bilimleri Anabilim Dalı, Yönetim Ekonomisi Yüksek Lisans Programı, Çanakkale

² Prof. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, İktisat Politikası Ana Bilim Dalı, Çanakkale

ARTICLE INFO

Research Article

Received: 27.08.2023

Accepted: 28.06.2024

Keywords:

Iron Steel, Recycling, Time Series Analysis, Toda-Yamamoto

ABSTRACT

After the second half of the twentieth century, production and consumption values have increased as a result of the changing demographic structure. With this increase, the assets of natural resources need to be protected and recycled. The increase in the assets of natural resources also affects their economic value. The iron and steel sector, which is vital for many industries, is among the sectors primarily affected by this situation. For this reason, in this study, time series analyses on iron and steel sector exports, ferrous waste and scrap imports and shipbreaking imports variables were conducted for Turkey using quarterly data for the period 2013-2022. In this study, the long-term relationship between variables was examined using Johansen cointegration tests. It was found that there exists a strong positive relationship between steel export and the import of iron waste and scrap in Turkey. The findings are subjected to Toda-Yamamoto causality test, the results are evaluated and recommendations are made.

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 27.08.2023

Kabul Tarihi: 28.06.2024

Anahtar Kelimeler:

Demir Çelik, Geri Dönüşüm, Zaman Serisi Analizi, Toda-Yamamoto

ÖZ

Yirminci yüzyılın ikinci yarısından sonra değişen demografik yapının bir nedeni olarak üretim ve tüketim değerleri artış göstermiştir. Bu artışla birlikte doğal kaynakların varlıkları korunmaya ve geri dönüştürmeye ihtiyaç duymaktadır. Doğal kaynakların varlıklarında yaşanan artış onların iktisadi değerlerine de etki etmektedir. Birçok endüstri için hayati önem arz eden demir çelik sektörü de bu durumdan etkilenen sektörler arasında öncelikli olarak yer almaktadır. Bu nedenle çalışmada 2013-2022 yıllarına ait dönemde üçer aylık veriler kullanılarak, demir çelik sektörü ihracatı ile demirli atık ve hurda ithalatı ve gemi söküm ithalatı değişkenleri üzerinde zaman serisi analizleri Türkiye için gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, değişkenler arası uzun dönem ilişkisi Johansen eş bütünleşme testleri ile kontrol edilmiştir. Türkiye’de demir çelik ihracatıyla demirli atık ve hurda ithalatı arasında aynı yönde ve güçlü ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Toda-Yamamoto nedensellik testine tabi tutularak sonuçlar değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

* Sorumlu yazar.

* umit.r.ergun@gmail.com

GİRİŞ

İkinci Dünya Savaşı'nın sonucu olarak ortaya çıkan büyük yıkımdan insanlar ve devletler kadar doğal kaynaklar da etkilenmiştir. Savaşın ortaya çıkardığı kaynak sıkıntısı devletlerin vatandaşlar üzerinde geri dönüşüm konusunda teşvikleri başlatmasıyla çözülmeye çalışılmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısından sonra değişen demografik yapıya bağlı olarak artış gösteren üretim ve tüketim değerleri de doğal kaynakların varlığını da tehdit eder boyutlara ulaştırmıştır. Doğal kaynakların varlıklarında yaşanan azalma doğal kaynakların iktisadî değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Özellikle birçok endüstri kolu için hayati önem arz eden ve lokomotif görev üstlenen demir çelik sektörünün de bu durumdan başlıca etkilenen sektörler arasında yer aldığı değerlendirilmektedir. Sanayi Devrimi ile birlikte ülkelerin endüstrileşme süreçlerinde lokomotif sektör olma özelliği gösteren demir çelik sektörü, hammadde olarak demir cevherinin işlenmesi esasında faaliyet gösterdiğinden doğal kaynaklar ekonomisi içerisinde değerlendirmeye alınmaktadır. Sanayi Devrimi'nin ülkelerin kendi iktisadî faydalarına bakış açılarını değiştiren etkisi, kalkınma süreçlerini tamamlamış ülkeler özelinde büyüme; gelişmekte olan ülkeler özelinde ise kalkınma stratejilerinin belirlenmesinde dış ticaretin önemini ortaya çıkarmıştır. Ortaya çıkan bu önem sanayi kolları arasında demir çelik sektörünü barındıran ülkelerin doğal kaynaklarını etkin yönetebilme veya doğal kaynakları optimum değerlerle tedarik edebilme stratejileri üzerinde yoğunlaştırmaktadır.

Demir çelik sektörünün önemli özellikleri arasında yer alan ileri geri bağlantısının yüksek olması, bir başka ifadeyle demir çelik sektörü tarafından üretilen ürünlerin farklı endüstrilerde hammadde olarak kullanılması ya da kullanım ömrünü tamamlamış demir çelik ürünlerinin yine demir çelik sektörü tarafından hammadde olarak kullanılabilmesi, etkin doğal kaynak yönetiminde dikkate alınması gereken konular arasında değerlendirilmektedir. Çalışma bu nedenle Türkiye'nin demir çelik ihracatıyla demirli atık ve hurda ithalatı ile sektöre önemli ölçüde hammadde sağlayan gemi söküm işlemleri ithalatını incelemeye almıştır. Türkiye'nin uluslararası ticarete demir çelik ihracatçısı olması ve gemi söküm işlemlerinde uluslararası etkinliği çalışmanın motivasyon kaynağını oluşturmaktadır. Çalışmada 2013-2022 döneminde üçer aylık veriler kullanılarak zaman serisi ekonometrisi ile analizler gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular tartışılarak önerilerde bulunulmuştur.

1. DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ VE GERİ DÖNÜŞÜM İLİŞKİSİ

Demir çelik sektörü, topraktan cevher olarak demirin çıkarılmasıyla faaliyetlerine başlayan, demir ve çelik ürünlerini çeşitli üretim yöntemleri kullanarak çeşitlendirmek suretiyle, nihai bir ürün olarak piyasaya veya piyasada kullanım ömrünü tamamlamış hurda olarak bulunan demir ve çelik ürünlerini dönüştürme veya yeniden işleme teknikleriyle kendisine hammadde olarak sağlayan ileri geri bağlantısı yüksek ağır sanayi ve imalat sektörü olarak tanımlanmıştır. Demir çelik sektörünü diğer sektörlerden farklılaştıran unsurlar, sektörün üretimi gerçekleştirebilmesi için büyük sermaye yatırımları ile kurulmuş tesislere ihtiyaç duyulması, diğer sektörlerle mukayese edildiğinde daha az tekeli daha fazla coğrafi yayılım yapısında olması, ekonomik küreselleşme ile kuvvetli bir paralellik göstermesi ve Triad sınırlarını aşması olarak sayılabilecektir. Demir çelik sektörü, değişken, dinamik ve bilfiil küreselleşmiş uluslararası ticaret şartlarında kâr etmenin ve iktisadî fırsatları değerlendirmenin güç olduğu rekabet ortamında ülkeler ve endüstrileri için lokomotif görev üstlenen özelliğini korumaya devam ettirmektedir. Bu nedenle sektör özelinde ülkelerin sadece ihracat odaklı değil, etkin kaynak kullanımına da önem vermelerinin gerekli olduğu değerlendirilmektedir.

Demir çelik sektörü ürünleştirme süreçlerinde ihtiyaç duyduğu demir cevherini yerli demir rezervlerinden tedarik edebilmesiyle birlikte ithalat yöntemine de başvurmuştur. Türkiye'de demir rezervlerinden ihtiyaç duyulan sayı ve nitelikte demir cevherinin tedarik edilememesi durumunda ithal demir cevheri fiyatlarında

görülen artışların da etkisiyle sektörün hurda demire yönelme eğilimi artmıştır (Yaşar, 2009: 53). Tarihsel süreç içerisinde de Kalkolitik Çağ'dan günümüze insanlığın kullanımında olan demir ve çelik ürünlerinin ilk dönemlerinde arama, işleme ve çıkarma maliyetleri nedeniyle fiyatlarının yüksek olduğu bilinmektedir. Mezopotamya'da M. Ö. bininci yılın başlarında demir fiyatının gümüşün beş, altının iki katı olması bu duruma örnek olarak verilebilecektir (Tez, 2011: 33). Günümüzde ise Londra Metal Borsası ve Şangay Vadeli İşlemler Borsası demir çelik başta olmak üzere metal fiyatlarının belirlendiği önemli otoriteler arasında yer almaktadır (Ouyang, Jinming ve Xiao, 2022: 1253). Hurda fiyatları ele alındığında ise hurda demirin fiyat bakımından yüksek değere sahip olmayan bir eşya olması ülkelerin özellikle yakın komşuları ile bu konuda ticaret ilişkisi içerisinde oldukları gözlemlenmektedir (Çetin ve Filiz, 2023: 174). Doğal kaynakların etkin yönetimi ve bu yönetim ile ortaya çıkan maliyet unsuru ile değişen üretim-tüketim yapısı ve kapasitesinin demirli hurda ve atık fiyatlarında artış eğilimi beklenmesine neden olduğu değerlendirilmektedir. Tarihin tüm dönemlerinde olduğu gibi günümüzde de gerek işlenmiş nihaî ürün gerekse de hammadde olarak demir çelik ürünlerinin dikkat çeken değerlere ulaştıkları görülmektedir.

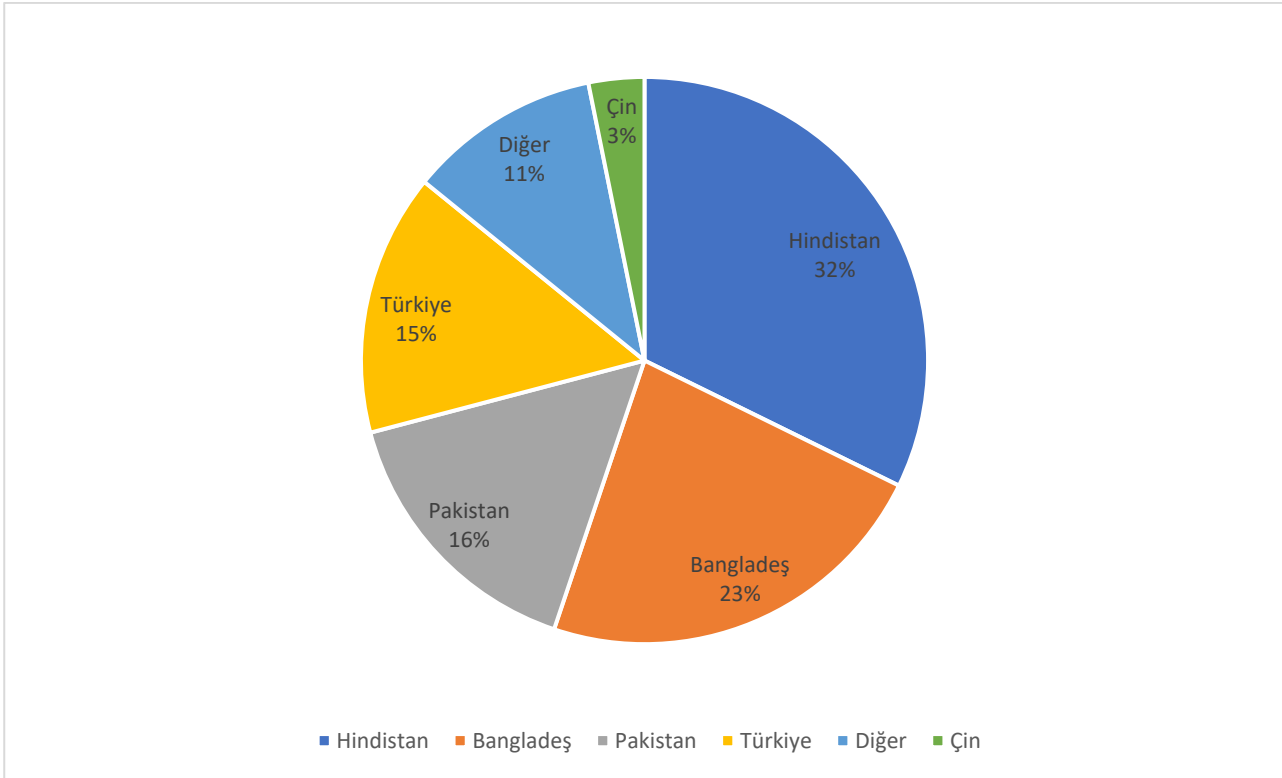
Demir çelik sektörünün stratejik önemi, kalkınma ve büyüme modellerine etkisi ele alındığında demir cevheri fiyat artışlarının sektörü olumsuz etkilediği değerlendirilmesi yapılabilecektir. Bu olumsuzluğun sonuçları olarak hurda demir işleme tesisleri sayısının artışı, demir cevheri işleyen entegre tesis sayısının azalışı, demir çelik sektöründe dışa bağımlılığın artması ve karbon emisyonu gibi çevresel risklerin ortaya çıkması olarak sayılabilecektir. Sayılan unsurların demir çelik sektörü genelini ve sektörün ileri geri bağlantısı yüksek lokomotif özellikli yapısı nedeniyle diğer endüstrileri de etkisi altına almasının kaçınılmaz olduğu öngörülmektedir. Demografik yapının değişimi, tüketim hızındaki artış, teknolojik gelişme, endüstriyel üretimdeki büyüme ve küreselleşme ile tehdit altında bulunan doğal kaynaklar ve çevre kirliliği uluslar üzerinde endişe yaratarak özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısından sonra sürdürülebilir kalkınma kavramının gündeme alınmasına neden olmuştur. Sürdürülebilir kalkınma kavramı temelde iki aşamalı olarak dikkate alınmaktadır. Birinci aşamasını ihtiyaçlar kısmını oluştururken ikinci aşamasını ise doğal çevrenin günümüzde ve gelecekte talepleri karşılayabilmesindeki sınırlamalar oluşturmaktadır. Sanayi ile sürdürülebilir kalkınma arasında da iki etkileşim mevcuttur. Doğrudan üretim ilişkileri ile ilgili olan ilk etkileşim, doğrudan üretim faaliyet ve süreçlerini kapsamakta olup çevre üzerinde oluşan baskıların azaltılması için üretim süreçlerinde uygun yöntem ve teknolojilerin seçiminden oluşmaktadır. İkinci etkileşim ise sanayi ile toplumun iktisadî, toplumsal ve çevresel değerleri üzerinde oluşmaktadır. Her iki etkileşim de bir sonraki aşamalarında doğal kaynakların yönetimini ve ekosistemin korunmasını gündemine almaktadır (Erdem vd., 2004: 2). Sürdürülebilir kalkınma açısından önemli bir gösterge olarak kabul edilen sera gazı emisyonları, değerleri azaltılması gereken çevresel faktörler arasında yer almaktadır. Sera gazı emisyonunun azaltılmasıyla birlikte iklim değişikliğinin etkilerini minimum değerlere indirme çalışmaları enerji, imalat, inşaat ve ulaşım gibi sektörlerde yoğunlaşmaktadır. Bu yoğunlaşmanın etkinliğinin mevzu bahis olması ise madencilik ve demir çelik gibi enerji ve hammadde yoğun sektörleri kapsayan girdilere bağlıdır (Başol, 2013: 3). Bu girdiler, ürünlerin geri kazanımı çalışmaları, sürdürülebilir gelişme, daha az malzeme ve kaynak tüketimi ile birlikte yaygınlaşmıştır.

Endüstriyel ya da kişisel olarak kullanıcısının gereksinimlerini karşılamayan ürünlerden pazarda yeniden kullanılabilen ürüne dönüşme sürecinde son kullanıcıdan üreticiye doğru fiziksel nakliye olarak tanımlanan tersine lojistik kavramı kişisel ürünlerden endüstriyel ürünlere kadar demir çelik sektöründe de önem arz etmektedir (Fleischmann vd., 1997; Karaçay, 2005: 318). Hem çevre hem de maliyet faktörleri dikkate alındığında sürdürülebilir kalkınma, geri dönüşüm ve dış ticaret rekabetçiliği açısından tersine lojistik kavramının da sektör için önem arz ettiği değerlendirilmektedir. Geri dönüşüm ekonomisi, üretken veya bireysel tüketim sonucu kullanılan metallerin fiziksel ve kimyasal işlemler sonucu tekrar hammadde olarak üretim sürecine dahil edilmesi ile tasarruf amacıyla atıklardan sanayide faydalanma süreci olarak

tanımlanmıştır (Kahraman, 2021: 421; Marx, 2016: 110; Pağçev, 2020). Bu nedenle geri dönüşüm ekonomisinin üretim maliyetlerinin azaltılmasıyla kâr maksimizasyonuna ulaşmayı amaçladığı ifade edilebilecektir. Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik kalkınmanın çevreye zarar vermeden sağlanması gerektiğini ifade eden bir kavram olarak öne çıkmaktadır. Sürdürülebilirliğin temellerinin, doğal kaynakların verimli kullanılması, atıkların azaltılması ve kaynakların tekrar kullanımının sağlanması yaklaşımları üzerine şekillenmektedir (Erdem vd., 2004). Dünya genelinde madenler ve demir çelik ürünleri ile ilgili sorumlu kaynak kullanımı ve ürün tedarik zincirleri konusunda farkındalığın yıldan yıla arttığı gözlemlenmektedir. Endüstriyel sürdürülebilirlik, modern toplumun özellikle de demir çelik üretim endüstrilerinin nihai hedefi olarak görülmektedir. Fruehan (2009), sürdürülebilir çelik üretimi hedeflerini, doğal kaynakların korunması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, uçucu emisyonların azaltılması, saha atıklarının azaltılması ve tehlikeli atıkların azaltılması olarak saymaktadır. Ayrıca literatürde tüketimin ve emisyonların kademeli olarak azaltılması veya ultra düşük karbonlu çelik üretimi gibi yeni çığır açıcı teknolojilerin tartışılması yoluyla sürdürülebilirliğin iyileştirilmesi önerilmektedir (Strezov, 2013; Rynkiewicz, 2008).

Demir çelik ürünlerinin özellikle dayanıklı tüketim ve yatırım mamûlleri sanayisinin ana girdisini oluşturması endüstriyel toplam çıktı miktarı ekonomi içerisindeki iktisadî faaliyetler ile kuvvetli biçimde ilişkilidir (Huh, 2011). İktisadî sistem içerisinde yer alan üretim yöntemlerinin dağılımı, yöntemlerin gerektirdiği girdi ve çıktılarının fiyatları ile birlikte maliyetleri etkilemesi endüstriyel maliyetleri etkilemeye, katma değer ve rekabet gücü üzerinde baskı ya da hafifleme yaratabilme yetisine de sahiptir. Bu nedenle demir çelik sektörü hem nihai ürün hem de hurda gibi temel hammadde fiyatları açısından konjonktürel fiyat dalgalanmalarının belirgin bir şekilde gözlemlendiği endüstri olma özelliğine de sahiptir (Bıyık ve Özkale, 2017: 719). Demir çelik sektörü üretim süreçlerinden elde ettiği değeri ihracat yoluyla kazanım değerine dönüştürmeyi hedeflerken, üretimi tamamlayabilmek için de ithalata ihtiyaç duyan özellikli bir sektör olarak ifade edilebilecektir. Bu bağlamda demir çelik sektörünün önemi, hedefi, kurma ve geliştirme faaliyetleri sektörün uluslararası rekabet koşullarına dayanabilen gücüne, en uygun kapasite kullanımına ve modern teknolojiler yardımıyla üretimde verimliliğin etkin bir biçimde sağlanmasına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

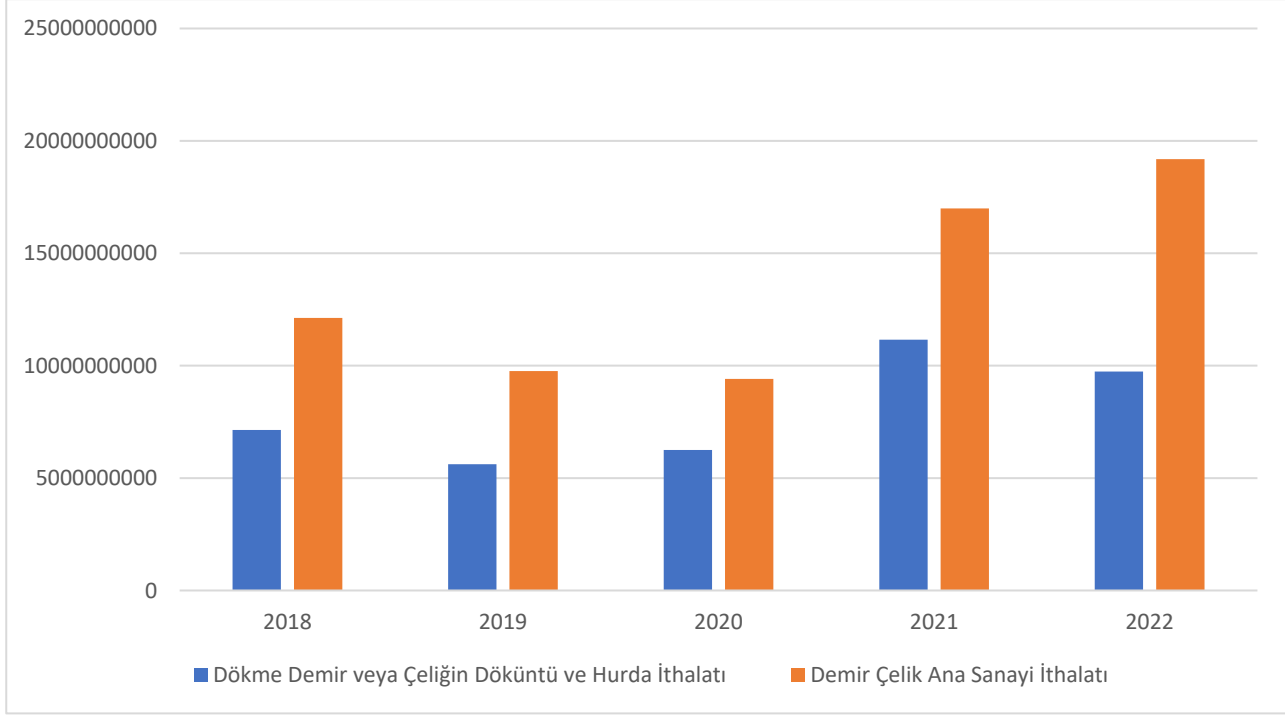
Demir çelik sektörünün başlıca atık ve hurda malzemeleri üretim aşamasında ve kullanım ömrü içerisinde ortaya çıkanlar olarak sınıflandırmak mümkündür. Üretim aşamasında ortaya çıkan atıklara sinter kalıntıları, cüruf, malzeme kırıntıları, kesik çelik parçaları ve hadde talaşı örnek olarak verilebilecektir. Kullanım ömrü içerisinde ortaya çıkan atıklar ise gemi söküm işlemlerinden elde edilen maddeler, dayanıklı tüketim mamûlleri, otomotiv, inşaat, makine ve elektronik ürünlerden kullanım fayda süresini dolduranlar olarak örneklendirilebilecektir. Gemi söküm işlemlerinden elde edilen demir çelik sektörü atıkları sektör için hem parça büyüklüğü hem de işlenebilirlik açısından önemli bir hammadde kaynağını oluşturmaktadır. Hurda gemilerin % 98'inin çelik ve bu oranında %95'lik kısmının yeniden kullanılabilir özellikte olması iktisadî, sürdürülebilirlik, tersine lojistik ve geri dönüşüm ekonomisi açısından kabûl ve tercih edilebilirlik seviyesi yüksek olarak değerlendirilmektedir (Çeviker, 2020: 4). Çelik üretiminde kullanılan hurda malzemenin %11.2 oranındaki karşılığı da gemi söküm tesislerinden elde edilmektedir. Ege Bölgesi'ndeki demir-çelik fabrikaları ve haddehaneler ihtiyaçlarının %80'lik oranına yakın kısmını gemi söküm faaliyetlerinden elde etmekte olup bu oran yıllık 800.000 ton hurda demir ve çelik malzemeye tekabül etmektedir (DPT, 2001). Bu nedenle gemi inşa sanayisinin de demir çelik sektörü gibi ileri geri bağlantısı yüksek sektörler arasında düşünülebileceği ve demir çelik sektörü ile üretimden kullanıma ve hatta geri dönüşüme kadar yoğun bir endüstri ilişkisi ve ekonomik ilişki içerisinde bulunduğu değerlendirilmektedir. Türkiye'nin gemi geri dönüşüm işlemlerinde dünya ülkeleri arasındaki yeri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. 2020 Yılında Dünya Gemi Söküm İşlemleri Gerçekleştirme Yüzdeleri (Çeviker, 2020).

Şekil 1 incelendiğinde Türkiye'nin gemi söküm tesis ve kapasitelerine sahip ülkeler arasında dördüncü sırada yer aldığı görülmektedir. Bu durum dünya ticaretinde 300 grostonun üzerinde denizlerde bulunan 53000 gemi olduğu ve bir geminin ortalama 20 yıllık optimum kullanım süresi düşünüldüğünde gemi geri dönüşüm sektörünün büyüklüğüne işaret etmektedir (Çeviker, 2020). Türkiye'nin demir çelik sektörü üretim yapısı dikkate alındığında üretimin temelde dört çeşit yöntem ve tesis ile gerçekleştiği görülmektedir. Bu yöntemler, entegre - bazik oksijen fırınlı tesisler (BOF), elektrik ark fırınlı tesisler (EAF), indüksiyon fırınlı tesisler (IF) ve haddehaneler olarak sayılabilecektir. Türkiye'ye kıyasla dünya demir çelik otoritelerince daha yaygın olarak kullanıma tercih edilen BOF yönteminde üretim için gerekli olan hammadde demir cevheridir ve Türkiye'de ağırlıklı olarak üç adet demir çelik tesisinde bu yöntem kullanılmaktadır. EAF'li ve IF'li tesislerde üretimin hammaddesini hurda malzemeler oluşturmaktadır. Haddehaneler ise ürün işleme merkezleri olarak da ifade edilebilecektir. 2021 yılı itibarıyla Türkiye, 3 adet BOF'lu, 26 adet EAF'li ve 11 adet IF'li tesise demir çelik üretim tesisine sahiptir. Üretim EAF tesislerinde 28.9 milyon tona ve entegre tesislerde ise 11.5 milyon tona yükselmiştir (Sanayi Genel Müdürlüğü, 2022). Veriler incelendiğinde demir çelik hurdasına üretimi gerçekleştirebilmek adına ihtiyaç duyan tesislerin sayıca daha fazla olmasının Türkiye'nin demir çelik hurda ithalatının belirleyicisi olduğu değerlendirilmektedir. İktisadî coğrafyanın da belirlenmesine etki eden bu durumun bir sonucu olarak da Türkiye'de tesislerin kıyı bölgelerde kümelenme gösterdiği görülmektedir. 2021 yılında demir çelik sektörünün ihtiyaç duyduğu hammadde ithalatı 43.849 bin ton ile gerçekleşirken bu oranın 25.072 bin ton ile %57'lik en büyük paya sahip kısmını hurda malzeme ithalatı oluşturmaktadır (TÜİK). Demir çelik sektörünün ileri geri bağlantısı yüksek özellikli yapısı da dikkate alındığında aynı yıl için hurda malzeme ihracatının hammadde toplam ihracatına oranı 194 bin tona karşılık 4.195 bin ton ile %4'lük bir oranda gerçekleştiği görülmektedir. Buradan hareketle Türkiye'nin demir çelik sektörü üretim yapısı dikkate alındığında hurda malzemenin önemli bir ihtiyaç kaynağı olduğu ve ülkenin hurda ithalatında dışa bağımlı olduğu çıkarılması yapılabilecektir. Türkiye'de sektörün hammadde ihtiyacının ithalat yoluyla karşılanması incelendiğinde ise demir cevherinin %60'ının, hurdanın %70'inin ve koklaşabilir taşkömürünün ise %90'ının

ithalata konu edildiği görülmektedir (Sanayi Genel Müdürlüğü, 2022). Bu oranların demir çelik sektörünün Türkiye özelinde dış ticaret açığı vermesine neden olduğu değerlendirilmektedir. Türkiye'nin demir çelik toplam ithalatı ile dökme demirin, demirin veya çeliğin döküntü ve hurdaları ithalatının 2018-2022 dönemi için değerlerine Şekil 2'de yer verilmiştir.



Şekil 2. 2018-2022 Dökme Demir veya Çeliğin Döküntü ve Hurda İthalatı ile Demir Çelik Ana Sanayi İthalatının Karşılaştırması, ABD Doları (TÜİK Dış Ticaret İstatistikleri).

Şekil 2 incelendiğinde demir çelik ana sanayi ithalat rakamlarına kıyasla dökme demir veya çeliğin döküntü ve hurda ithalatı rakamlarının ortalama %59'luk bir pay ile yüksek bir oran değerinde yer aldığı görülmektedir. Küreselleşme ile koşulları zorlaşan uluslararası ticarete rekabetin demir çelik sektörü başta olmak üzere tüm sektörlerde üretimde iktisadî artırımını mecburî hale getiren faktörler arasında yer almaktadır. Diğer bir faktör olarak da kaynak tüketimi ele alındığında tüketim oranının ivmeli artışına müteakip endüstrilerin temel girdi kaynaklarını karşılamada sorun yaşayacağı öngörüsünün ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte demir çelik sektörünün dış ticaret yapısının Avrupa Yeşil Mutabakatı, karbon ayak izi ve iklim krizi çalışmaları gibi ağır çevre standartları dikkate alındığında değişeceği öngörüsüyle hareket edilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

2. LİTERATÜR

Alanyazın incelendiğinde demir çelik sektörünün dış ticaret yapısı, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm konularında yerli ve yabancı literatürde multi-disipliner çalışmaların ağırlıkta olduğu görülmektedir. Bu nedenle çalışmada konu ana akım başlıkları ile sınırlandırılmış alanyazın taraması gerçekleştirilmiştir.

Dahlström ve Ekins (2006) Birleşik Krallık özelinde gerçekleştirdikleri araştırmalarında kaynak verimliliği konusunu demir çelik sektörü kapsamında ele almışlardır. Malzeme akışlarını ekonomik boyutlarıyla inceleyen yazarlar, uluslararası ticarete özel önem vererek değer zinciri analizi yönteminin sektör özelinde uygulanabilirliğini demir çelik atık ve hurdaları için test etmişlerdir.

Ohimahin (2013), Nijerya çelik sektörünün çöküşünü ve çöküşün nedenlerini incelemeye almıştır. Ülkedeki çelik endüstrisinin kentsel katı atıklardan elde edilen hurda çeliğin geri dönüşümü ile ayakta kalması ve uygulanan yanlış politikalar sonucunda yaklaşık 3 milyar tonluk demir cevheri rezervinin kullanılmaması çalışmanın ana akım yaklaşımı olarak belirlenmiştir. Çalışmada Nijerya'daki haddehanelerin tamamının hurda demir ve çelik geri dönüşümüne odaklanmasının iktisadî ve ticarî etkileri bulgu olarak sunulmuştur. Oda, Akimoto ve Tomoda (2013) çalışmalarında çelik hurdasının uzun vadeli küresel mevcudiyetini ele almışlardır. Çalışmada gelecekteki hurda çelik mevcudiyetinin talebi karşılamayacağı bulgusundan hareketle, yenilikçi düşük karbon teknolojilerini araştırma ve geliştirmede ekonomik uygulamalar üzerinde yoğunlaşılması gerektiği önerilmiştir. Pauliuk ve diğerleri (2013) çalışmalarının başlığını Çelik Hurda Çağı olarak belirlemişlerdir. Yazarlar dünyada endüstriyel karbon emisyonlarının %25'inin çelik üretiminden kaynaklı olduğu verisinden hareketle çelik üretiminde stok modeli ile analizler gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada gelecekte hurda çelik üretiminin birincil çelik üretimini geride bırakacağını ve 21'inci yüzyılın sonlarının çelik çağı olarak isimlendirilebileceğini savunulmuştur.

Higashida ve Managi (2014), hem ihracatçı hem de ithalatçı ülkeler için geri dönüştürülebilir atık ticaretini incelemeye almışlardır. Demir çelik sektörünü de kapsayan çalışmada yazarlar, ithalatçı ülkelerin kişi başına GSYİH değerleri ve nüfuslarının yüksekliği ile geri dönüştürülebilir atık ticaretleri arasında pozitif yönlü ilişki olduğu bulgusunu elde etmişlerdir. Ayrıca yazarlar, gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ülkelere yaptıkları ithalatın ekonomik büyümeyi arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Lee ve Sohn (2015), 1990-2013 arası küresel hurda ürün fiyatları verilerini kullanarak ülkeler arasındaki çelik hurda ağını tespit etmişlerdir. Çalışmada ABD ve Almanya çelik hurda ihracatı için, Kore ve Türkiye ise çelik hurda ithalatı için yüksek potansiyele sahip ülkeler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma ayrıca zaman serisine dayalı çelik hurda tahmini de gerçekleştirmiştir.

Bıyık ve Özkale (2017) tarafından yayımlanan makalede yazarlar, demir çelik sektörünün üretim yöntemleri, katma değeri ve karbon emisyonu azaltma politikalarını incelemeye almışlardır. Çalışmada regresyon ve simülasyon analiz yöntemlerinden faydalanılmış olup karbon salınımı azaltma politikalarının önemli bir maliyet faktörü olduğu bulgusu elde edilmiştir. Kültür (2017), gemi onarımı, tadilatı ve hurdaya ayırma işlemleri sırasında ortaya çıkan atıkların geri dönüşüm ve yeniden kullanım alternatiflerini incelemeye almıştır. Yazar, çalışmasında sektörün rekabet gücü ve dış ticaret yapısına da atıfta bulunarak maliyet analizlerinden elde ettiği bulgularla önerilerde bulunmuştur.

Bilgen (2019), demir çelik endüstrisinde atık yönetimini ve sıfır atık çalışmalarını incelemeye almıştır. Yazar, demir çelik endüstrisinin sıfır atık hedeflerine ulaşabilmesinde izlenecek politikaların alt yapı ve kurulum şekillerine çalışmada yer vermiştir. Tunacan, Nizam ve Tezcan (2020), tersine lojistik bakış açısı ile katı atık yönetimini istatistiksel olarak incelemeye almışlardır. Çalışmada, Karabük bölgesinde tersine lojistik faaliyetlerini gerçekleştiren tesislerin gerekliliğini ortaya çıkarılmış ve bu minvalde önerilerde bulunulmuştur. Erol ve Türkmen (2020), çelik hurdası fiyatlarının ani dalgalanmalarının demir çelik endüstrisinde faaliyet gösteren şirketlerin kâr marjlarına etkilerini araştırmışlardır. Yazarlar çalışmalarında, çelik hurdası vadeli işlem sözleşmeleri ile çelik üreticileri, hurda ve geri dönüşümcülerinin finansal yükümlülüklerini yerine getirebileceklerini ifade etmişlerdir. 2015 yılından bugüne BIST'te işlem görmeye başlayan Çelik Hurda Vadeli İşlem Sözleşmeleri'ne talep olmaması çalışmada bir sorun olarak ele alınmış ve konunun önemi açıklanmıştır.

Tan ve diğerleri (2021) ticareti yapılan metal hurdaların Danimarka için döngüsel ekonomiye katkılarını araştırmışlardır. Çalışmada demir ve çelik, alüminyum ve bakır hurdaları için uluslararası ve döngüsel ticaret

araştırması yapan yazarlar, metal hurda ticaretinin geri dönüşüm yollarını, döngüsel ekonomiye katkılarını ve verimlilik politikalarını tartışmışlardır.

Çetin ve Filiz (2023) demirin geri dönüşümü sayesinde çevreye olan zararın hafifleyebileceğini ve daha az çevresel zarar ile demir elde edilebileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmada yöntem olarak sosyal ağ analizinden faydalanmış olup, 2010 ve 2020 yılları için küresel hurda demir ticaret ağı oluşturulmuştur.

Literatür incelendiğinde araştırmaların demir çelik endüstrisi ve geri dönüşüm ilişkileri açısından sürdürülebilirlik yaklaşımıyla yaygın bir şekilde ele alındığı görülmektedir. Bununla birlikte sektör özelinde araştırma gerçekleştiren çalışmaların sayıca daha az olduğu tespit edilmiştir. Ülkeler özelinde ise demirli atık ve hurda malzemenin üretim yapan bölgelere yeterince odaklanılmaması literatür boşluğu olarak değerlendirilmektedir. Bu anlamda çalışmanın literatüre katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

3. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde Türkiye özelinde demirli atık ve hurda ithalatı ile gemi söküm ithalatının demir çelik sektörü ihracatına etkisini belirlemeye yönelik hazırlanan veri seti ile gerçekleştirilen analizlerin tanıtıcı ve açıklayıcı bilgilerine yer verilmiştir. Çalışmada Türkiye için 2013-2022 döneminde elde edilen üçer aylık veriler kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler ikincil veri olarak Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Dış Ticaret İstatistikleri modülünden derlenmiştir. Kullanılan değişkenlere ilişkin bilgi ve açıklamalara Tablo 1’de yer verilmiştir.

Tablo 1. Değişkenlere Ait Bilgiler ve Açıklamaları

BİLGİLER			
Değişken Adı	Kısaltma	Birim	Kaynak
Demir Çelik İhracatı	DCIHR	ABD Doları	TÜİK
Gemi Söküm İthalatı	GSITH	ABD Doları	TÜİK
Demirli Hurda ve Atık İthalatı	DAHITH	ABD Doları	TÜİK
AÇIKLAMALAR			
DCIHR	ISIC Rev. 3; 271 Demir çelik ana sanayi		
GSITH	HS 4; 7204 Dökme demirin, demirin veya çeliğin döküntü ve hurdaları veya bunların yeniden ergitilmesi ile elde edilen külçeler.		
DAHITH	GTIP; 8908 Sökülecek gemilerle, suda yüzen sökülecek diğer araçlar		

Ekonometrik modellerde yer alan veri setleri içerisindeki verilerin orjinal süreklilikleri özellikle Gauss tipi dağılımı takip etmediğinde analize konu edinen çalışmayı mümkün olduğunca normal hâle getirmek, regresör değişkenlerin stabilitesini sağlamak, tahminlemenin farklı görünümünü ortaya çıkarmak ve aykırı değerleri azaltmak adına model ve denklemlere logaritmalar dahil edilmektedir. Bu nedenle DCIHR, GSITH ve DAHITH değişkenlerinin doğal logaritmaları alınarak değişkenler $\ln DCIHR$, $\ln GSITH$ ve $\ln DAHITH$ kısaltmalarıyla gösterilmiştir. Çalışmada Eviews 12.0 ve Microsoft Excel programları ve programların hesaplama yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Zaman serisi, zamanla ilişkili olarak tanımlanan değişkenlere ait gözlem değerlerini gün, ay, yıl gibi zamana göre sıralanmış olarak gösteren seriler olarak tanımlanmaktadır. Çalışma veri analizi süreçlerinde zaman serileri ekonometrisinden faydalanmıştır. Zaman serileri gelecek tahmini veya öngörü için bir kaynak veya bir araç olma özelliği taşımaktadır. Bu durum bir nedensellik ilişkisinden ziyade, serinin ileriye doğru güvenilir bir uzantısı olduğu varsayımına dayanmaktadır (Dikmen, 2018: 305-310). Zaman serilerinin çoklu doğrusal regresyon model gösterimi k sayıda değişken olduğu varsayıldığı şekilde Eşitlik 3.1’de yer almaktadır.

$$Y_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{i,1} + \hat{\beta}_2 X_{i,2} + \dots + \hat{\beta}_k X_{i,k} + e_i \quad (3.1)$$

Model üzerinde yer alan Y bağımlı değişkeni, X 'ler ise bağımsız değişkenleri temsil etmektedir. β parametreleri tahmin etmede ve e_i ise hata terimlerini ifade etmede kullanılmaktadır. Zaman serilerinde veya zaman serisi barındıran analizlerde durağan ve durağan dışı seriler arasında önemli farklar olduğu yapılan çalışmalarla bulgulanmıştır. Durağan bir seride uzun dönemli olmak üzere sabit bir varyans, sabit bir ortalama ve gecikme uzunluğu arttıkça teorik olarak otokorelasyonun azaldığı görülmektedir. Diğer taraftan varyansın zamandan bağımsız olduğu ve teorik otokorelasyonun azalarak yok olmadığı da görülmektedir. Bu nedenle bir serinin uzun dönemde sahip olduğu özelliğin anlaşılabilmesi için geçmiş dönem değerlerinin seriyi ne şekilde etkilediğinin belirlenmesi de zarurîdir. Serinin zaman yolu sürecinin anlaşılabilmesi için Y_t ve Y_{t-1} ilişkisinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla geliştirilen yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı birim kök testleridir. Bu şekilde bir serinin durağan olup olmadığı anlaşılmaktadır (Dikmen, 2018, s. 315). Modellerde sahte regresyon problemi ile karşılaşmamak adına değişkenler arasında anlamlı ilişkilerin varlığı önemlidir. Değişkenlerin birim köke sahip olmaları durağan olmadıkları anlamına gelmekte ve durağan olmayan seriler arasında anlamlı bir ilişkinin varlığından söz edebilmek mümkün olmamaktadır (Uçan, 2013:162). Bir serinin durağan seri olarak kabul edilebilmesi, serinin ortalaması ile varyansının sabit olmasının iki zaman değeri arasındaki farkına bağlıdır (Aktaş, 2009: 37).

Zaman serilerinin birim köke sahip olup olmadıklarını belirlemede yaygın olarak kullanılan testler Geliştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) testleridir (Nieh ve Yau, 2004: 176). Geliştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) testinin uygulanmasında kullanılan eşitliklerin formülle gösterimine Eşitlik 3.2, 3.3 ve 3.4'te yer verilmiştir.

$$\Delta Y_t = \beta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (3.2)$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (3.3)$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \gamma t + \beta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (3.4)$$

Eşitlik 3.2, 3.3 ve 3.4'te yer verilen ΔY_t terimi, rassal yürüyüş sürecinin kendisinin durağan değilken birinci farkları alındığında durağan hale geldiğini göstermektedir. Eşitlik 3.2 sabit ve trendsiz modeli ifade etmekte, Eşitlik 3.3 modele sabit terimin eklenmiş hale geldiğini ifade etmektedir ve Eşitlik 3.4 ise sabit terim ve trendin eklenmiş haliyle denklemini göstermektedir.

Geliştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) testine ilişkin hipotezler $H_0: \beta = 0$; $H_1: \beta < 0$ şeklinde sınanarak belirlenmeye çalışılmaktadır. Burada temel hipotez birim kökün varlığını ve serinin durağan olmadığını ifade etmektedir. Hesaplanan test istatistiğinin mutlak değerinin tablo kritik değerinden büyük olmasının bulunmasıyla birlikte serinin durağan olduğuna karar verilmektedir. Phillips-Perron (PP) durağanlık testinde ise kullanılacak model Eşitlik 3.5'te gösterilmiştir (Karadaş, 2022:75).

$$\Delta y_t = \beta_0 + \delta Y_{t-1} + \beta_1 \left(t - \frac{T}{2} \right) + u_t \quad (3.5)$$

Phillips-Perron (PP) durağanlık testleri test istatistiğini standart Dickey-Fuller (DF) dağılımına daha yakın uyum göstermesi için kullanılmaktadır (Özer ve Erdoğan, 2006: 99). Hipotez testleri Geliştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) ile aynı olup, kritik değerlerde Mac Kinnon (1996) değerleri kullanılmaktadır. Zaman serisi analizlerinde hangi yöntem, hesaplama ve testlerin tercih edileceğinin belirlenmesi birçok tespit test yöntemi ile gerçekleştirilebilecek olup, ağırlıklı olarak verilerin durağan olup olmama durumlarına göre belirlenmektedir. Verilerin seviyede durağan olması durumunda en küçük kareler (EKK/OLS), aynı seviyede durağan hale gelmeleri durumunda eşbütünleşme ve aynı seviyede durağan hale gelmemeleri durumunda ise gecikmesi dağıtılmış otoregresif sınır testi (ARDL) yöntemleri kullanılmaktadır.

Eşbütünleşme testlerine geçilmeden önce uygun gecikme sayısının belirlenmesi gerekmektedir. İktisadi olayların dinamik yapılı özelliği iktisadi bulguyu ortaya çıkaran faktörlerin geçmiş değerlerinden de etkilenmesini kaçınılmaz kılmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak da iktisadi davranışın zamana uyarlanma sürecinin de dikkate alınması önem kazanmaktadır.

C. A. Sims tarafından 1980 yılında geliştirilen vektör otoregresyon modeli (VAR), eşanlı bir modeldeki herhangi bir denklemin uygun bir şekilde tahmin edilebilmesi için belirlenmiş olması temeline dayanmaktadır. Eğer eşanlı bir model üzerinde iki içsel değişken mevcut ise bunların her biri hem kendi hem de diğer içsel değişkenin belli bir döneme kadar gecikmeli değerleri ile ilişkilendirilmektedir. k sayıda değişkenin yer aldığı çok değişkenli bir VAR modelinin örnek gösterimine Eşitlik 3.6'da yer verilmiştir. (Dikmen, 2018: 344).

$$y_t = c + A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + u_t \quad (3.6)$$

Eşitlik 3.6'da y_t değişken vektörü, c sabit terimler vektörünü, A_i parametre matrisini ve u_t hata terimleri vektörünü ifade etmektedir. VAR Modeli üzerinde istikrar koşulunun sağlanması AR karakteristik polinomunun ters köklerine ait değerlerin çemberin dışına taşmaması ve değerlerin 1'den küçük olarak bulunmasıyla gerçekleşmektedir (Erdoğan ve Karagöl, 2016: 47).

Eşbütünleşme testi öncesinde uygun gecikme sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Uygun gecikme sayısının belirlenmesi LR test istatistiği, FPE, Akaike, Schwarz ve Hannan Quinn bilgi kriterlerine göre belirlenmektedir. İstatistiksel kaliteli model ölçümü kriterlerinden örnek olarak Akaike bilgi kriteri özelinde uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesinin formül ile gösterimine Eşitlik 3.7'de yer verilmiştir.

$$AIC_{(p)} = \log \left(\frac{SSR_{(p)}}{T} \right) + (p + 1) \frac{2}{t} \quad (3.7)$$

Eşitlik 3.7'de SSR hataların açıklanan kareler toplamını ve p gecikme sırasını ifade etmektedir. Bilgi kriterinin temel dayanağının hataların açıklanan kareler toplamının modele ek gecikmeler eklendikçe azalacağı ve gecikme sırası büyüdükçe ilk terimin azalıp ikinci terimin artacağı olduğu ifade edilmektedir (Hanck vd., 2021). Uygun gecikme sayısının belirlenmesine müteakip analizde eşbütünleşme sınamalarının yapımına başlanmaktadır.

İki veya daha fazla durağan olmayan serinin doğrusal kombinasyonlarının durağan olabileceği, başka bir ifadeyle durağan olmayan serilerin doğrusal kombinasyonları durağansa durağan olmayan bu seriler eşbütünleşik serilerdir şeklinde ifade edilmektedir (Engle-Granger, 1987; Sandalcılar, 2012: 281). Eşbütünleşme yaklaşımı, zaman serilerinin durağan olması halinde fark alma işlemi ile durağanlaştırılan serinin değişkenleri etkileyen dışsal şoklara rağmen, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin olabileceğini ifade etmektedir. Değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığı modelde yer alan her bir değişkenin kendine özgü dışsal, kalıcı şokların varlığı değil, bunları beraberce etkileyen ortak stokastik trendlere sahip olmasıyla mümkündür. İki seri arasında eşbütünleşme olabilmesi için u_t hata terimlerinin durağan olması gerekmektedir (Dikmen, 2018: 325). Eşbütünleşme ilişkisinin model gösterimine Eşitlik 3.8'de yer verilmiştir.

$$d = \frac{\sum_{t=2}^T (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=2}^T (\varepsilon_t)^2} \quad (3.8)$$

Eşitlik 3.8'den elde edilen bulgulara göre eşbütünleşik ilişki $H_0: d = 0$ eş bütünleşme ilişkisi yoktur; $H_1: d > 0$ eşbütünleşik ilişki vardır hipotezleriyle sınanmaktadır (Sezer, 2022: 97). Eşbütünleşme analizlerinde de birden fazla yöntem mevcut olup, yaygın olarak kullanılan eşbütünleşme sınamalarından biri de Johansen – Juselius (1988, 1990) tarafından geliştirilmiştir. Johansen eşbütünleşme testinde karakteristik köklerin sıfıra eşit olup olmadığı iki model ile test edilmektedir Test gösterimlerinin formül ile ifade edilmiş biçimleri Eşitlik 3.9 ve 3.10'da yer almaktadır.

$$\lambda_{trace}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n [\ln(1 - \hat{\lambda}_i)] \quad (3.9)$$

$$\lambda_{max} = (r, r + 1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (3.10)$$

Eşitlik gösterimlerinde $\hat{\lambda}_i$ özdeğerleri, T ise gözlem sayısını ifade etmektedir. Eşitlik 3.9'da genel bir alternatife karşı r 'ye eşit veya daha az sayıda eşbütünleşme vektörü olduğunu açıklayan hipotez değerlendirilmekte; Eşitlik 3.10'da ise r kadar eşbütünleşme vektörü olduğunu ifade eden temel hipotez, $r + 1$ kadar eşbütünleşme vektörü olduğunu ifade eden alternatif hipoteze karşı test edilmektedir (Ceylan ve Başer, 2014: 54). Seriler arasında eşbütünleşik ilişkilerin varlığı tespit edildikten sonra serilerin kısa veya uzun dönemli ilişkilerinde meydana gelen dengesizliklerin giderilmesi hata düzeltme modeli ile gerçekleştirilmektedir.

Uzun dönem ilişkisinin araştırılması olarak da tanımlanabilen eşbütünleşme testleri kısa dönemde iki değişken arasında bir denge olacağı anlamını her zaman taşımamaktadır. Bu durumda bulunan hata terimleri u_t kısa dönem değerleri ile arasında bir köprü kurulmasını sağlamaktadır. Bu köprünün kurulumu hata düzeltme modeli aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Örnek olarak Y ve X değişkenlerinin eşbütünleşik olduğu varsayımından hareketle kurulacak hata düzeltme modeli Eşitlik 3.11'de yer almaktadır.

$$\Delta Y_t = a_0 + a_1 X_t + a_2 u_{t-1} + v_t \quad (3.11)$$

Eşitlik 3.11 üzerinde ΔY_t , X_t değişkenindeki kısa dönem dalgalanmaları, u_{t-1} uzun dönem dengesindeki ayarlamaları ve a_2 katsayısı da ayarlama hızını ifade etmektedir. a_2 'nin istatistiksel olarak anlamlı bulunması

X_t 'deki kısa dönem dengesizliğinin ne oranda bir dönem sonra düzeltilebileceğini göstermektedir (Dikmen, 2018: 335). Ekonometrik bulgularda hata düzeltme sayısının -1 ile 0 arasında değer alması beklenmektedir. Kısa dönemdeki dalgalanmaların uzun dönem dengesini ne kadar sürede yakınsayacağını hesaplanmasına ilişkin formül gösterimi Eşitlik 3.12'de yer almaktadır.

$$\text{Süre} = 1/|HDK (ECM)| \quad (3.12)$$

Eşitlik 3.12 üzerinden elde edilen süre değeri çalışmanın veya serinin kullandığı zaman periyoduna uyarlanarak yorumlar yapılabilecektir. Uzun dönem katsayılarının mantıklı ve tutarlı tahminlerin gerçekleştirilebilmesi adına modelin uygunluk denetimi, otokorelasyon, normallik ve değişen varyans sorunu sınamaları da dikkate alınmalıdır. Regresyon modellerinde hata terimleri arasında ilişki olmaması beklenmektedir. Hata terimlerinin bağımsızlığı ile çelişen bu durum otokorelasyon sorununu ortaya çıkarmaktadır. Otokorelasyon sorunu, bulgu ve öngörülerin geçerli olmamasına, hata terimleri varyansının küçük olmasına ve modelin R^2 değerinin olması gerekenden daha büyük elde edilmesine neden olmaktadır. Otokorelasyon sorunuyla karşılaşılması için zaman serisi modelinin doğru kurulmuş olması, bağımlı değişkenlerin kararlı ve yeterli sayıda modele dahil edilmesi, ölçüm hatalarının yapılmaması ve konjonktürel faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir. Otokorelasyon olması veya olmaması durumları Eşitlik 3.13 ve 3.14'te gösterilmiştir (Kutlar, 1998: 139).

$$\text{Cov}(u_i, u_j) = E\{[u_i - E(u_i)][u_j - E(u_j)]\} = E(u_i, u_j) = 0 \quad (3.13)$$

$$E(u_i, u_j) \neq 0, (i \neq j) \quad (3.14)$$

Regresyon modellerinin temel varsayımları arasında yer alan normallik, hata terimlerinin normal dağılım özelliğine sahip olması şeklinde tanımlanmakta ve bağımsız değişkenin alacağı her bir değer için hata terimlerinin normal dağılması olarak ifade edilebilecektir (Dikmen, 2018: 26). Normal dağılımın fonksiyon şeklinde gösterimine Eşitlik 3.15'te yer verilmiştir.

$$f(X_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{X - \mu}{\sigma_x}\right)^2\right] \quad (3.15)$$

Eşitlik 3.15'te X , tesadüfi değişkenin alacağı değeri, μ ve e sabit değerleri, μ ve σ^2 ise değişkenin aritmetik ortalamasını ve varyansını ifade etmektedir. Dağılımın beklenen değeri ve varyansının $E(X) = \bar{X}$ ve $V(X) = \sigma^2$ 'ye eşit olması istenmektedir (Dikmen, 2018: 350). Değişen varyans sorunu da uygunluk denetimi testleri içerisinde yer almaktadır. Gözlem değerlerinden herbirine ait hata terimi varyansının bağımsız değişkenin bütün değerleri için aynı olması sabit varyans olarak ifade edilmekte, bu durumun tersi ise değişen varyans olarak tanımlanmaktadır (Dikmen, 2018: 201). Sabit varyans ve değişen varyansın model ile gösterimine Eşitlik 3.16 ve 3.17'de yer verilmiştir.

$$\text{var}(u_i) = E[u_i - E(u_i)]^2 = E(u_i)^2 = \sigma_u^2 \quad (3.16)$$

$$\text{var}(u_i) = \sigma_u^2 \quad (3.17)$$

Eşitlik 3.17’de yer alan modelin sabit olmaması durumu değişen varyans sorunu anlamına gelmektedir ve modelin işlerliği açısından giderilmesi gereklidir. Uygunluk denetimleri tamamlanan model için nedensellik testleri yapılmaktadır. Aktarılan bilgilerde her bir değişkenin diğer değişkenlere bağımlılığı ifade edilmiştir. Bu bağımlılık ilişkisinin sebep-sonuç ilişkisi olarak da tespit edilmesi gereklidir. Yaygın kullanılan nedensellik testlerinden biri de Toda-Yamamoto testidir. Toda-Yamamoto testini diğer nedensellik testlerinden farklılaştıran en önemli unsurun değişkenlerin durağan hale getirilmesi şartına ihtiyaç duymamasıdır. Toda-Yamamoto testlerinin uygulanabilmesindeki kriter, d_{max} olarak ifade edilen değişkenin maksimum bütünlük derecesinin model için belirlenen uygun gecikme sayısı olarak ifade edilen k ’yı geçmemesidir. Toda-Yamamoto testi $k + d_{max}$ notasyonundan elde edilen sonuç yardımıyla çözülmektedir. Testin formül ile örnek gösterimine iki değişkenli ve gecikmeli olacak şekilde Eşitlik 3.18 ve 3.19’da yer verilmiştir (Alimi ve Ofonyelu, 2013: 131).

$$X_t = \omega + \sum_{i=1}^m \theta_i X_{t-i} + \sum_{i=m+1}^{m+d_{max}} \theta_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^m \theta_i Y_{t-i} + \sum_{i=m+1}^{m+d_{max}} \theta_i Y_{t-i} + v_1 \quad (3.18)$$

$$Y_t = \psi + \sum_{i=1}^m \phi_i Y_{t-i} + \sum_{i=m+1}^{m+d_{max}} \phi_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{t-i} + \sum_{i=m+1}^{m+d_{max}} \beta_i X_{t-i} + v_2 \quad (3.19)$$

Eşitlik 3.18 ve 3.19 incelendiğinde m optimal gecikme sırası olduğunda d_{max} dizinin sistemdeki maksimum entegrasyon sırasını ifade etmektedir (Duvar, 2021). Modeller üzerinde hata terimleri v_1 ve v_2 ile gösterilmiştir. Temel hipotez, X değişkeninin Y değişkeninin nedeni olmadığını, alternatif hipotez ise olduğunu ifade etmektedir (Koca ve Yıldırım, 2021: 455). Eşitlik 3.18 ve 3.19’dan hareketle 1995 yılında Toda ve Yamamoto tahmin edilecek $[k + (d_{max})]$ dereceden bir VAR modelinde WALD testinin ki-kare dağılımına sahip olduğunu ispatlamışlardır.

4. BULGULAR

Demir çelik sektöründe geri dönüşüm ekonometrisi başlığında analizlere yer veren bu çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin özet istatistikler ve korelasyon matrisleri veriler hakkında ön gösterim niteliği taşımaktadır. Değişkenlere ilişkin özet istatistikler Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Değişkenlere ait özet istatistikler

Özet İstatistik	<i>lnDCIHR</i>	<i>lnGSITH</i>	<i>lnDAHITH</i>
Ortalama	9.4467	7.6506	9.2105
Medyan	9.4382	7.6598	9.2243
Maksimum	9.7563	7.9137	9.5412
Minimum	9.2161	7.1734	8.9119
Standart Sapma	0.1369	0.1830	0.1515
Gözlem Sayısı	40	40	40

Tablo 2 incelendiğinde değişkenler arasında en büyük değerlerin *lnDCIHR*’ye ait olduğu görülmektedir. Değişkenler arası olası değer çiftlerinin birbirleriyle olan ilişkileri korelasyon matrisleri ile de gösterilmektedir. Değişkenlere ilişkin korelasyon matrisi Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3. Korelasyon Matrisi

	<i>lnDCIHR</i>	<i>lnDAHITH</i>	<i>lnGSITH</i>
<i>lnDCIHR</i>	1.0000		
<i>lnDAHITH</i>	0.8548	1.0000	
<i>lnGSITH</i>	0.5755	0.7432	1.0000

Korelasyon matrisi ele alındığında *lnDCIHR* ile *lnDAHITH* arasında pozitif yönde yaklaşık %85 düzeyinde ve *lnGSITH* ile de pozitif yönde yaklaşık %57 düzeyinde açıklayıcılık tespit edilmiştir. Bu durum ön bilgi niteliği taşımakta olup ilişkilerin incelenmesi ekonometrik yöntemlerle gerçekleşmektedir. Çalışmada bu anlamda zaman serisi analizinden faydalanılmıştır. Bu bağlamda serilerin durağan olup olmadıkları ADF ve PP birim kök testleri ile kontrol edilmiştir. Kontroller, veri yapısına uygun modellerin belirlenmesiyle gerçekleşmiş, sonuçlara ilişkin bulgular Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Birim Kök Testleri Sonuçları

Seviyede							
		ADF			PP		
Değişken	Düzye	t ist.	t tablo	p olasılık	t ist.	t tablo	p olasılık
<i>lnDCIHR</i>	%5	-0.0832	-1.9496	0.6487	-0.0792	-1.9496	0.6500
<i>lnDAHITH</i>	%5	-0.1236	-1.9496	0.6347	-0.1240	-1.9496	0.6346
<i>lnGSITH</i>	%5	-0.4433	-1.9498	0.5159	-0.4014	-1.9496	0.5325
Birinci Farkı Alındığında							
		ADF			PP		
Değişken	Düzye	t ist.	t tablo	p olasılık	t ist.	t tablo	p olasılık
<i>lnDCIHR</i>	%5	-3.4934	-1.9510	0.0010	-4.8397	-1.9498	0.0000
<i>lnDAHITH</i>	%5	-6.8770	-1.9498	0.0000	-6.8405	-1.9498	0.0000
<i>lnGSITH</i>	%5	-12.345	-1.9498	0.0000	-13.408	-1.9498	0.0000

ADF ve PP birim kök testleriyle serilerin durağanlıkları kontrol edilmiştir. Seviyede elde edilen sonuçlar incelendiğinde serilerin birim kök içerdiği ve durağan olmadıkları; birinci farkları alındığında birim kök içermedikleri ve durağanlaştıkları hem hesaplanan test istatistiğinin mutlak değerce tablo kritik değerinden büyük olmasının hem de *p* olasılık değerlerinin 0.05'ten küçük bulunmasıyla birlikte serinin durağan olduğuna karar verilmiştir. Johansen eşbütünlük testi öncesinde uygun gecikme sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Uygun gecikme sayısının belirlenmesi LR test istatistiği, FPE, Akaike, Schwarz ve Hannan Quinn bilgi kriterlerine göre belirlenmektedir. Elde edilen bulgular Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi

Gecikme	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-	1.83e-06	-4.697628	-4.567013	-4.651580
1	72.76634*	3.29e-07*	-6.416182*	-5.893722*	-6.231991*
2	8.133797	4.13e-07	-6200822	-5.286518	-5.878487
3	13.52727	4.18e-07	-6.215346	-4.909196	-5.754867

Tablo 5, verilerin üçer aylık çeyreklik dönemleri kapsamı nedeniyle seçilen maksimum gecikme sayısı 3 olmak üzere hesaplamalar birinci gecikmeden başlanmak suretiyle 3'üncü gecikmeye kadar her bir gecikme için hesaplanmış olan bilgi kriterlerinden oluşmaktadır. En uygun gecikme sayısı 1 olarak bulgulanmıştır. AR karakteristik polinomunun ters köklerine ilişkin değerler Tablo 8'de yer almaktadır.

Tablo 6. AR Karakteristik Polinomunun Ters Kökleri

Kökler	Değerler
0.858190	0.858190
0.408123	0.408123
-0.236225	0.236225

Tablo 6’da de görüldüğü şekliyle AR karakteristik polinomunun ters köklerine ait değerlerin çemberin içinde olması ve değerlerin 1’den küçük olarak bulunmasıyla modelin istikrar koşulunu sağladığı ifade edilebilecektir. Johansen eş bütünleşme analizi sonuçlarına Tablo 7’de yer verilmiştir.

Tablo 7. Eşbütünleşme Testi Sonuçları

İZ TESTİ				
Eşbütünleşik İlişki Sayısı	Özdeğer	İz İstatistiği	Kritik Değer	Olasılık
Hiç*	0.562478	45.66551	29.79707	0.0004*
En Fazla 1	0.259492	14.25363	14.49471	0.0762
En Fazla 2	0.071956	2.837706	3.841465	0.0921
MAKSİMUM ÖZDEĞER TESTİ				
Hiç*	0.562478	31.41188	21.13162	0.0013*
En Fazla 1	0.259492	11.41592	14.26460	0.1346
En Fazla 1	0.071956	2.837706	3.841465	0.0921

Değişkenler arasında tespit edilen en az bir uzun dönemli ilişki analizin bir sonraki adımı olarak hata düzeltme modeli analizi yapılmasını zarurî kılmaktadır. Hata düzeltme modelinin sonuçlarına Tablo 8’de yer verilmiştir.

Tablo 8. Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Hata düzeltme	$D(\ln DCIHR)$	$D(\ln GSITH)$	$D(\ln DAHITH)$
Hata düzeltme katsayısı	-0.3153	-0.9779	0.0168
Standart hata	0.1055	0.2934	0.1596
t hesaplanan Değeri	-2.9871	-3.3322	0.1057

Otuz ve üstü gözlem sayısında t tablo değerinin 1.96 olduğu bilgisinden hareketle; hata düzeltme katsayıları değerlendirmeye alındığında -0.3153, t istatistik değeri ise -2.9871 olarak hesaplanmıştır. T istatistik değerinin t tablo değerinden büyük olması sebebiyle, hata düzeltme katsayısı anlamsızdır, şeklinde kurulan sıfır hipotezi reddedilmekte, alternatif olan hata düzeltme katsayısı anlamlıdır hipotezi kabul edilmektedir. Bununla birlikte hata düzeltme katsayısının -1 ile 0 arasında değer alması beklentisinin de gerçekleştiği görülmektedir. Kısa dönem dalgalanmalarının uzun dönem dengesini yakınsamasına ilişkin hesaplamalar Eşitlik 4.1’de yer almaktadır.

$$Süre = \frac{1}{|-0.315325|} = 3.2 \quad (4.1)$$

Eşitlik 4.1'den elde edilen sonuçlara göre bir yıldan kısa bir sürede meydana gelen kısa dönemli dalgalanmaların uzun dönem dengesini çeyreklik veriler dikkate alındığında 3.2 dönemde ve yıllık olarak da 1.05 yılda yakınsamakta olduğu görülmektedir. Model özelinde uygulanan otokorelasyon, değişen varyans ve normallik testi sonuçlarına Tablo 9'da yer verilmiştir.

Tablo 9. Otokorelasyon Değişen Varyans ve Normallik Testleri

Gecikme Uzunluğu	Otokorelasyon		Değişen Varyans	
	LRE İstatistiği	p olasılık değeri	Ki-kare	p olasılık değeri
1	10.0019	0.3512	44.0252	0.1683
2	15.8925	0.0696	Normallik	
			Jarque Bera	p olasılık değeri
			1.5770	0.9542

Modele ilişkin uygulanan serisel korelasyon LM, White heteroskedastisite ve Jarque-Bera normallik test sonuçlarının, otokorelasyon, değişen varyans ve hata terimlerinin normal dağılmadığını ifade eden alternatif hipotez olan H_1 reddedilmiş, otokorelasyon, değişen varyans sorunu bulunmadığı ve hata terimlerinin normal dağıldığı tespit edilmiştir. Buradan hareketle eşbütünlük denkleminin $\ln DCIHR$ bağımlı değişken olacak şekilde normalize edilmiş gösterimine Eşitlik 4.2'de yer verilmiştir.

$$\ln DCIHR = 1.42 + 1.80 \ln DAHITH - 1.12 \ln GSITH \quad (4.2)$$

Eşitlik 4.2'ye göre yorumlar dikkate alındığında $\ln DAHITH$ 'nin katsayısı 1.80 olarak bulunmuştur. Bu bulgunun ekonometrik açıdan imâ ettiği durum, $\ln DAHITH$ 'de meydana gelebilecek %1'lik bir artışın, $\ln DCIHR$ 'yi %1.80 oranında ve pozitif yönde etkileyeceğidir. Aynı şekilde $\ln GSITH$ 'nin katsayısı da 1.12 ve negatif olarak bulunmuştur. Bu durumda ise $\ln GSITH$ 'de meydana gelebilecek %1'lik bir artışın $\ln DCIHR$ 'yi %1.12 oranında ve negative yönde etkileyeceğidir. Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçları Tablo 10 gösteriminde yer almaktadır. Sonuçlara ait olasılık değeri E-views üzerinden değil Microsoft Excel üzerinden hesaplanarak elde edilmiştir.

Tablo 10. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Temel Hipotez	Gecikme Uzunluğu	Olasılık Değeri
$\ln GSITH$ 'den $\ln DCIHR$ 'ye	$(k=1) + (d_{\max}=1)=2$	0.0281
$\ln DAHITH$ 'den $\ln DCIHR$ 'ye	$(k=1) + (d_{\max}=1)=2$	0.0000
$\ln DCIHR$ 'den $\ln DAHITH$ 'ye	$(k=1) + (d_{\max}=1)=2$	0.8535
$\ln GSITH$ 'den $\ln DAHITH$ 'ye	$(k=1) + (d_{\max}=1)=2$	0.0217
$\ln DCIHR$ 'den $\ln GSITH$ 'ye	$(k=1) + (d_{\max}=1)=2$	0.8152
$\ln DAHITH$ 'den $\ln GSITH$ 'ye	$(k=1) + (d_{\max}=1)=2$	0.0063

Tablo 10'dan elde edilen bulgular değerlendirmeye alındığında, $\ln DCIHR$ 'den $\ln DAHITH$ 'ye ve $\ln DCIHR$ 'den $\ln GSITH$ 'ye nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. $\ln DAHITH$ ile $\ln GSITH$ arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. $\ln GSITH$ 'den $\ln DCIHR$ 'ye doğru ve $\ln DAHITH$ 'den $\ln DCIHR$ 'ye doğru da tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

SONUÇ

Endüstri öncesi toplumların yararsız ve faydasız olarak değerlendirdikleri hurda veya atık kavramı yirmi birinci yüzyılda tüm dönemleri aşan boyutlarıyla ortaya çıkan tüketim ve bu büyük boyuta cevap verebilmek için artan üretim, hurda veya atık ürünlerinin de ekonomik katma değere sahip olmalarını zorunluluk olarak

sağlamıştır. Demir çelik sektöründe uluslararası düzeyde rekabet avantajını elinde bulunduran ve demir çelik ürünlerinin ihracatında uzmanlaştığı sayısal veriler ve bilimsel çalışmalarla desteklenen Türkiye'nin demir çelik üretiminde demirli hurda ve atıklar öncelikli ithalat kalemleri arasında yer almaktadır. Türkiye'nin üretim yapısının da çelik, demirli atık ve hurdaları hammadde olarak kullanan tesislerden ağırlıklı olarak oluşması bu durumun nedenleri arasında sayılmaktadır. Türkiye aynı zamanda denizcilik ekonomisi içerisinde başlıca gemi söküm tesisi olan ülkeler arasında yer almaktadır. Gemi söküm tesisleri, demir çelik sektörü için kolayca hammadde sağlayan etkin tesisler arasındadır. Gemilerin yapımında kullanılan, sektörün nihai ürünleri bir geminin ağırlıklı olarak büyük bir yüzdesini oluşturmaktadır. Bu nedenle demir çelik hurda ve atıklarını hammadde olarak işleyen EAF'li ve IF'li tesislerin gemi söküm, onarım, tadilat, inşaa gibi faaliyetleri bulunduran kıyı bölgelerinde kümelenedikleri görülmektedir.

2013-2022 yılları arasında üçer aylık veriler kullanılarak yapılan analizlerde Türkiye'de demir çelik ihracatıyla demirli atık ve hurda ithalatı arasında aynı yönde ve güçlü ilişki bulunmuştur. Bu bulgu Türkiye'nin demir çelik üretim yapısını da destekler nitelikte ve uygunluktur. Gemi söküm ithalatı ile demir çelik sektörü ihracatı arasında negatif yönlü ilişki tespit edilmiştir. Açık kaynaklardan ve sektör raporlarından elde edilen bulgular dikkate alındığında gemi söküm tesislerinin sektörün öncelikli demirli atık ve hurda tedarikçileri arasında yer aldığı görülmektedir. Bu durum gemi söküm ithalatının, demir çelik sektörüne hammadde kazandırmasının ancak söküm işlemlerinin tamamlanmasıyla ilişkilendirilmektedir. Çalışmada gerçekleştirilen Toda-Yamamoto nedensellik analizlerinde demirli atık ve hurda ithalatı ile gemi söküm ithalatı arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin bulunmasının da bu açıklamayı destekler nitelikte olduğu değerlendirilmektedir. Gemi söküm ithalatından demir çelik ihracatına ve demirli atık ve hurda ithalatından demir çelik ihracatına doğru bulunan nedensellik ilişkisi değişkenlerin sektör üzerinde etkinliğinin bir göstergesi olarak ifade edilebilecektir.

Sanayileşme politikalarının yıllar içerisinde hayata geçirilerek kalkınma ve büyüme süreçlerinde uygulanması sera gazı emisyonları arttırmış ve bunun sonucunda da karbon ayak izi kavramı önem kazanmıştır. Demir çelik sektörü her ne kadar doğal kaynaklar ekonomisinin çalışma alanı içerisinde olsa da sanayi devrimi ile birlikte sanayi ekonomisi kavramında da ağırlıklı ve kendisinden söz ettirebilecek bir oranda yer almıştır. Sanayi Devrimi ile birlikte kutsallaştırılan sanayileşme, ekonomik büyüme, rekabetçilik gibi kavramlar doğal kaynakların varlığı için tehdit olarak baş göstermeye başlamışlardır. Değişen üretim ve tüketim yapısı, küreselleşme ile tek pazarlı hâle gelen dünya ticareti bu tehditlere alternatif kavramların da ortaya çıkmasına imkân tanımıştır. Alternatif kavramlara örnek olarak geri dönüşüm ekonomisi, sürdürülebilir kalkınma, dögüsel ekonomi ve tersine lojistik verilebilecektir.

Sermaye gerektiren yatırımlarda maliyet düşürme yöntemleri arasında yer alan geri dönüşüm ekonomisi, demir çelik sektörü özelinde değerlendirildiğinde esasen maliyet düşürmeden daha öncelikli olarak özellikle EAF'li IF'li tesislerde doğrudan hammadde kaynağına ihtiyaç duyması nedeniyle doğal kaynak rantları arasında değerlendirilmektedir. Demir çelik otoritelerinin çevresel faktörlerle ilgili uluslararası bağlayıcı kararları dikkate alarak temiz teknoloji, yenilenebilir enerji kaynakları, çevre dostu malzeme kullanımı, geri dönüşüm ve atık yönetimi ile eko-dizayn süreçlerini gözden geçirmeleri gerekmektedir. Bu konuda etkin politika yönetiminin gerçekleştirilememesinin, doğal kaynakların talihsizliğin bir sonucu olarak, sürdürülemez kalkınma sorununa neden olması kaçınılmaz görünmektedir.

Bir kriz olarak iklim değişikliği ve küresel ısınmaya karşı alınan tedbirler içerisinde öncelikli sektör olarak demir çelik sektörü de yer almaktadır. Avrupa Birliği başta olmak üzere bu konuda birçok uluslararası otorite ülkelerle bağlayıcı tedbirler üzerinde anlaşmalar yapmaktadır. Özellikle Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın sınırda karbon düzenlemesi tedbirleri arasında yer alan ürünlerin karbon oranlarına göre fiyatlandırılması

uygulamasının dış ticaret yapısında ve dış ticaretin talep deseni üzerinde etkili ve dönüştürücü olacağı beklenmektedir. Bu nedenle, politika yapıcı otoritelerin karbon emisyonu, Ar-Ge, nitelikli, yenilikçi, çevreci ve katma değerli üretime yönelik tedbir almaları ve bu alanda yapılan araştırmaları ve çalışmalarını desteklemeleri beklenmektedir. Aksi takdirde kalkınma süreçlerini tamamlamış ülkeler özelinde büyüme; gelişmekte olan ülkeler özelinde ise kalkınma stratejilerinin belirlenmesinde lokomotif görev üstlenen ve fabrikalar kuran fabrika gibi anlamlı vecizelerle endüstrinin itici ve ülkelerin jeoekonomik gücü olan demir çelik sektöründe yaşanması muhtemel olumsuzlukların bütün sektörler üzerinde etkili olabileceği beklenmektedir. Demir çelik endüstrisinde sürdürülebilirlik çalışmalarının üretim yöntemlerine göre ayrıştırılmasının ve her bir üretim yöntemine ilişkin değerlerle analiz edilmesinin gelecek çalışmalar için vizyon oluşturabileceği değerlendirilmektedir.

Recycling Econometrics in the Iron and Steel Industry: The Case of Turkey

EXTENDED SUMMARY

In the historical process, it is known that iron and steel products, which have been in the use of humanity since the Chalcolithic Age, had high prices in the early periods due to the costs of exploration, processing and extraction. The price of iron being five times of silver and twice times of gold in Mesopotamia at the beginning of the millennium BC can be given as an example of this situation. Today, the London Metal Exchange and the Shanghai Futures Exchange are among the important authorities where metal prices, especially iron and steel, are determined. When scrap prices are considered, it is observed that scrap iron is a commodity that does not have a high value in terms of price, and that countries are in a trade relationship especially with their immediate neighbors. Natural resources, as well as people and states, were affected by the great destruction that resulted from the Second World War. The resource shortage caused by the war was tried to be solved by the states' initiating incentives for citizens to recycle. Especially after the second half of the twentieth century, production and consumption values, which have increased due to the changing demographic structure, have also threatened the existence of natural resources. The decrease in the existence of natural resources leads to an increase in the economic value of natural resources. It is considered that the iron and steel industry, which is vital for many industries and plays a locomotive role, is among the sectors that are primarily affected by this situation.

The decrease in the existence of natural resources leads to an increase in the economic value of natural resources. It is considered that the iron and steel industry, which is vital for many industries and plays a locomotive role, is among the sectors that are primarily affected by this situation. Therefore, the study examines Turkey's iron and steel exports and imports of ferrous waste and scrap, as well as imports of shipbreaking operations, which provide a significant amount of raw materials to the sector. Turkey's position as an iron and steel exporter in international trade and its international efficiency in shipbreaking operations constitute the motivation of the study. In the study, time series econometric analysis was performed using quarterly data for the period 2013-2022 and the findings were discussed and recommendations were made. The iron and steel sector is defined as a heavy industry and manufacturing sector with a high back and forth connection, which starts its activities by extracting iron as ore from the soil, diversifies iron and steel products by using various production methods, and provides iron and steel products as raw materials to the market as a final product or to the market as scrap iron and steel products that have completed their useful life in the market through conversion or reprocessing techniques. While the iron and steel sector aims to transform the value obtained from production processes into earning value through exports, it can be expressed as a specialized sector that needs imports to complete production. In this context, the importance, target, establishment and development activities of the iron and steel sector depend on the sector's ability to withstand international competition conditions, optimal capacity utilization, and the effective provision of efficiency in production with the help of modern technologies. Among the important characteristics of the iron and steel sector is the high level of back and forth linkage, in other words, the fact that the products manufactured by the iron and steel sector can be used as raw materials in different industries or that iron and steel products that have completed their useful life can be used as raw materials by the iron and steel sector is considered among the issues that need to be taken into account in effective natural resource management. The iron and steel sector continues to be a locomotive for countries and their industries in a competitive environment where it is difficult to make profits and seize economic opportunities in variable, dynamic and globalized international trade conditions. For this reason, it is considered necessary for countries to focus not only on exports but also on efficient resource utilization. While the iron and steel industry can supply the iron ore needed in its productization processes from domestic iron reserves, it also resorts to imports. In the event that the required

quantity and quality of iron ore cannot be supplied from iron reserves in Turkey, the tendency of the sector to turn to scrap iron has increased due to the increases in imported iron ore prices.

The effective management of natural resources and the cost factor arising from this management, as well as the changing production-consumption structure and capacity are expected to lead to an upward trend in ferrous scrap and waste prices. Nowadays, the iron and steel products have reached remarkable values both as processed final products and as raw materials as in all periods of history. Considering the strategic importance of the iron and steel sector and its impact on development and growth models, it can be concluded that iron ore price increases have a negative impact on the sector. The consequences of this negativity can be listed as the increase in the number of scrap iron processing plants, the decrease in the number of integrated plants processing iron ore, the increase in foreign dependency in the iron and steel sector and the emergence of environmental risks such as carbon emissions. It is foreseen that these factors will inevitably affect the iron and steel sector in general and other industries due to the sector's locomotive nature with high backward and forward linkages.

Analyses using quarterly data from 2013 to 2022 reveal a strong positive correlation between iron and steel exports and imports of ferrous waste and scrap in Turkey. This finding supports the structure of Turkey's iron and steel production. Additionally, a negative relationship was identified between ship dismantling imports and iron and steel exports. The Toda-Yamamoto causality analysis conducted in the study indicates a bidirectional causality relationship between imports of ferrous waste and scrap and imports of ship dismantling, further supporting this explanation. The observed causality from shipbreaking imports to iron and steel exports, and from ferrous waste and scrap imports to iron and steel exports, highlights the significant influence of these variables on the sector. Iron and steel authorities need to review clean technology, renewable energy sources, the use of environmentally friendly materials, recycling and waste management, and eco-design processes, considering international binding decisions on environmental factors. Notably, the practice of pricing products according to their carbon content, as part of the European Green Deal's border carbon regulation measures, is expected to significantly impact and transform the foreign trade structure and demand patterns. Therefore, policymakers are encouraged to take measures and support research and development on carbon emissions, as well as the promotion of qualified, innovative, environmentally friendly, and value-added production. The iron and steel sector is also included as a priority in measures against climate change and global warming. Many international authorities, particularly the European Union, have reached binding agreements with countries on these measures. Without such measures, the potential negative impacts on the iron and steel sector—which serves as the driving force of industry and the geoeconomic power of countries—could have widespread effects on all sectors. This sector is pivotal in both developed countries, where it signifies growth, and in developing countries, where it acts as a locomotive in development strategies and is referred to as "the factory that builds factories."

KAYNAKÇA

- Aktaş, C. (2009). Türkiye'nin ihracat, ithalat ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik analizi. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18, 35-47.
- Alimi, S. R., & Ofonyelu, C. C. (2013). Toda Yamamoto causality test between money market interest rate and expected inflation: The Fisher hypothesis revisited. *European Scientific Journal*, 9(7), 125-142. <https://doi.org/10.19044/esj.2013.v9n7p%p>
- Başol, O. (2013). Yeşil işler sürdürülebilir girişimlerde insan onuruna yakışır işler ve düşük karbon ekonomisi. *KESAM*. Erişim tarihi: 01.08.2023, <http://acikerisim.kirklareli.edu.tr:8080/xmlui/handle/20.500.11857/427>
- Bıyık, Y., & Özkale, L. (2017). Demir çelik endüstrisi üretim yöntemleri ile ihracat katma değer ve karbon emisyonu azaltma politikaları arasındaki ilişki. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(13), 718-735.
- Bilgen, D. H. (2019). Demir çelik endüstrisinde atık yönetimi ve sıfır atık çalışmaları. *UDCS'19 Fourth International Iron and Steel Symposium*, 4-6 April, Karabük, 195-198.
- Ceylan, R., & Başer, S. (2014). Türkiye'de petrol tüketimi ile reel GSYİH arasındaki uzun dönem ilişkinin Johansen eş-bütünleşme yöntemi ile analiz edilmesi. *Business and Economics Research Journal*, 5(2), 47-60.
- Çetin, B., & Filiz, T. (2023). Küresel hurda demir ticareti ilişkilerinin sosyal ağ analizi yöntemiyle değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadî ve İdarî Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 158-172. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.1097376>
- Çeviker, E. (2020). Sektör raporu. İzmir: Gemi Geri Dönüşüm Sanayicileri Derneği Yayınları.
- Dahlström, K., & Ekins, P. (2006). Combining economic and environmental dimensions: Value chain analysis of UK iron and steel flows. *Ecological Economics*, 58(3), 507-519. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.07.024>
- Dikmen, N. (2018). Ekonometriye giriş temel kavramlar ve uygulamalar. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Duvar, N. Ç. (2021). Türkiye'de borsa endeksinin altın döviz kuru petrol ve korku endeksi ilişkisinin ekonometrik analizi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Erzurum.
- DPT. (2001). Gemi inşaa sanayi ve rekabet edebilirlik özel ihtisas komisyon raporu.
- Engle, R., & Granger, C. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation and testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
- Erdem, D., Yanmaz, M., Ertem, M. E., & Karakaya, G. B. (2004). Sürdürülebilir kalkınma ve demir çelik sektörü. *MMO Yayınları*.
- Erol, F. G., & Türkmen, S. Y. (2020). Çelik hurdası vadeli işlem sözleşmeleri. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 388-405. <https://doi.org/10.29106/fesa.757906>
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruward, M., Dekker, R., Laan, E., Nunen, A. E. E., & Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research*, 103(1), 1-17. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00230-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00230-0)
- Fruehan, R. J. (2009). Research on sustainable steelmaking. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 40B, 123-133. <https://doi.org/10.1007/s11663-008-9223-x>
- Karaçay, G. (2005). Tersine lojistik: Kavram ve işleyiş. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 317-332.
- Hanck, C., Arnold, M., Gerber, A., & Schmelzer, M. (2021). Introduction to econometrics with R. Germany: Universität Duisburg-Essen.

- Higashida, K., & Managi, S. (2014). Determinants of trade in recyclable wastes: Evidence from commodity-based trade of waste and scrap. *Environment and Development Economics*, 19(2), 250-270. <https://doi.org/10.1017/S1355770X13000533>
- Huh, K. S. (2011). Steel consumption and economic growth in Korea: Long-term and short-term evidence. *Resources Policy*, 36(2), 107-113. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2011.01.005>
- Kahraman, O. (2021). Tasarruf kavramının üretim sürecindeki anatomisi üzerine bir analiz. *Çalışma ve Toplum*, 1(68), 415-426.
- Karadaş, F. C. (2022). İthalat ihracat ve döviz kurunun dış ticaret dengesi üzerindeki etkileri: Zaman serisi analizi. Doktora Tezi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Eskişehir.
- Karagöl, V., & Erdoğan, M. (2016). Cari açığın belirleyicilerine yönelik bir zaman serisi analizi: Türkiye örneği. *Sakarya İktisat Dergisi*, 5(2), 31-56.
- Koca, A., & Yıldırım, N. (2021). Türkiye ekonomisinde hizmet ihracatının temel belirleyicileri: Zaman serisi analizi. *Hacettepe Üniversitesi İktisadî ve İdarî Bilimler Fakültesi Dergisi*, 39(3), 441-458. <https://doi.org/10.17065/huniibf.835921>
- Kutlar, A. (1998). Bilgisayar uygulamalı ekonometriye giriş. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Kültür, M. (2017). Tersanelerde gemi onarımı tadilatı ve hurdaya ayırma işlemleri sırasında ortaya çıkan atık ürünlerinin geri dönüşüm ve yeniden kullanım alternatiflerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Lee, H., & Sohn, I. (2015). Global scrap trading outlook analysis for steel sustainability. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 1, 39-52. <https://doi.org/10.1007/s40831-015-0007-7>
- Marx, K. (2016). Kapital ekonomi politiğin eleştirisi – I. İstanbul: Yordam Kitap.
- Marx, K. (2016). Kapital ekonomi politiğin eleştirisi – III. İstanbul: Yordam Kitap.
- Nieh, C. C., & Yau, H. Y. (2004). Time series analysis for the interest rates relationships among China, Hong Kong, and Taiwan money markets. *Journal of Asian Economics*, 15(1), 171-188. <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2003.11.003>
- Oda, J., Akimoto, K., & Tomoda, T. (2013). Long term global availability of steel scrap. *Resources, Conservation and Recycling*, 81, 81-91. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.002>
- Ohimahin, E. I. (2013). Scrap iron and steel recycling in Nigeria. *Greener Journal of Environmental Management and Public Safety*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.15580/gjemps.2013.1.010613362>
- Ouyang, R., Ma, J., & Xiao, X. (2023). Dependence structure and risk spillover among nonferrous metal futures: A vine copula approach. *Applied Economics Letters*, 30(9), 1253-1260. <https://doi.org/10.1080/13504851.2022.2044010>
- Özer, M., & Erdoğan, L. (2006). Türkiye'de ihracat, ithalat ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin zaman serisi analizi. *Ekonomik Yaklaşım*, 17(60), 93-110.
- Pagçev. <http://www.pagcev.org/> (Erişim Tarihi: 19.08.2023).
- Pauliuk, S., Milford, R. L., Muller, D. B., & Allwood, J. M. (2013). The steel scrap age. *Environmental Science & Technology*, 47(7), 3448-3454. <https://doi.org/10.1021/es303149z>
- Rynikiewicz, C. (2008). The climate change challenge and transitions for radical changes in the European steel industry. *Journal of Cleaner Production*, 16(7), 781-789. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.03.001>
- Sanayi Genel Müdürlüğü. (2023). Demir çelik sektör raporu 2023. Ankara: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayınları.

- Sandalcılar, A. R. (2012). Türkiye’de yabancı doğrudan yatırımların istihdama etkisi: Zaman serisi analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadî ve İdarî Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(3-4), 273-285.
- Sezer, K. (2022). Türkiye’de CDS primleri ile finansal göstergeler arasındaki ilişki: Zaman serisi analizi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Çanakkale.
- Strezov, V., Evans, A., & Evans, T. (2013). Defining sustainability indicators of iron and steel production. *Journal of Cleaner Production*, 51, 66-70. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.016>
- Tan, J., Wehde, M. V., Brond, F., & Kalvig, P. (2021). Traded metal scrap, traded alloying elements: A case study of Denmark and implications for circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 168, 105242. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105242>
- Tez, Z. (2011). Madencilik metalürji ve mineralojinin çileli tarihi. Ankara: Doruk Yayıncılık.
- Tunacan, T., Nizam, T., & Tezcan, B. (2020). Tersine lojistik bakış açısı ile katı atık yönetiminin istatistiksel değerlendirmesi: Karabük bölgesi demir çelik sektör analizi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 8(1), 41-48. <https://doi.org/10.21541/apjes.522552>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Dis-Ticaret-104> (Erişim Tarihi: 19.08.2023).
- Uçan, O. (2013). Döviz kuru dinamikleri. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yaşar, O. (2009). Türk imalat sanayinde lokomotif bir sektör: Demir çelik sanayi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 20, 42-78.

KATKI ORANI / CONTRIBUTION RATE	AÇIKLAMA / EXPLANATION	KATKIDA BULUNANLAR / CONTRIBUTORS
Fikir veya Kavram / <i>Idea or Notion</i> %100	Araştırma hipotezini veya fikrini oluşturmak / <i>Form the research hypothesis or idea</i>	Ümit Remzi ERGÜN Meliha ENER
Tasarım / <i>Design</i> %100	Yöntemi, ölçeği ve deseni tasarlamak / <i>Designing method, scale and pattern</i>	Ümit Remzi ERGÜN Meliha ENER
Veri Toplama ve İşleme / <i>Data Collecting and Processing</i> %100	Verileri toplamak, düzenlenmek ve raporlamak / <i>Collecting, organizing and reporting data</i>	Ümit Remzi ERGÜN Meliha ENER
Tartışma ve Yorum / <i>Discussion and Interpretation</i> %100	Bulguların değerlendirilmesinde ve sonuçlandırılmasında sorumluluk almak / <i>Taking responsibility in evaluating and finalizing the findings</i>	Ümit Remzi ERGÜN Meliha ENER
Literatür Taraması / <i>Literature Review</i> %100	Çalışma için gerekli literatürü taramak / <i>Review the literature required for the study</i>	Ümit Remzi ERGÜN Meliha ENER