



Araştırma Makalesi / Research Article

Hammaddeye Karşı Sorumluluk: Gemi Geri Dönüşümü ve Demir Çelik Endüstrisinde Verimlilik Değerlendirmesi

Ümit Remzi Ergün¹, Elif Bulut²

Öz

Gemi geri dönüşümü ve demir çelik endüstrileri birbirinin tamamlayıcısı olan endüstrilerdir. Her iki endüstrinin de sınırlı kaynaklar dikkate alındığında sürdürülebilirlik, geri dönüşüm ekonomisi ve uluslararası ticaret açısından öneminin yakın gelecekte daha da artacağı beklenmektedir. Literatürde, gemi geri dönüşümü ve demir çelik endüstrilerini bütünlük ve ampirik olarak inceleyen çalışma sayısının oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle çalışmanın tercih ettiği MEREK ve MARCOS yöntemleriyle bu alandaki boşluğu dolduracağı umulmaktadır. Çalışmada yer alan altı kriter arasında yüksek ağırlık skoruna sahip kriterler 2018, 2019, 2020 ve 2022 yılları için demir çelik ihracatı ve gemi söküm miktarı, 2021 yılı için ise demir cevheri ithalatı ve demir çelik ihracatı olarak elde edilmiştir. Alternatifler arasında en yüksek verimliliğe 2018, 2019 ve 2022 yıllarında Çin Halk Cumhuriyeti'nin; 2020 ve 2021 yıllarında ise Hindistan Cumhuriyeti'nin sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirildiğinde demir çelik ve gemi geri dönüşüm endüstrilerine sahip ülkelerin malzeme geri kazanımı yoluyla bir değer yaratma faaliyeti gerçekleştirdikleri ifade edilmektedir. Ülkelerin elde ettikleri bu değerde hem sürekliliği hem de sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla oldukları görülmektedir. Demir çelik ve gemi geri dönüşüm endüstrilerinin birlikte meydana getirdikleri yüksek potansiyel gelişmiş teknolojilerin uygulamaya alınması, çevresel tehditlerin bertaraf edilmesi ve daha iyi operasyonel şartların sağlanmasıyla devinime dönüşebileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Demir Çelik, Gemi Söküm, MEREK, MARCOS

Liability to Raw Material: Ship Recycling and Efficiency of the Iron and Steel Industry

Abstract

Ship recycling and iron and steel industries are complementary industries. Considering the limited resources of both, their importance in terms of sustainability, recycling economy and international trade is expected to increase. In the literature, the number of studies that examine both industries in an integrated and empirical way is quite limited. Therefore, it is hoped that this study will fill the gap in this field with the MEREK and MARCOS methods. Among the six criteria in the study, the criteria with high weight scores are iron and steel exports and the amount of ship dismantling for 2018, 2019, 2020 and 2022, and iron ore imports and iron and steel exports for 2021. Among the alternatives, the People's Republic of China was found to have the highest efficiency in 2018, 2019 and 2022, and the Republic of India in 2020 and 2021. Based on the findings, it is also stated that countries with iron and steel and ship recycling industries realize a value creation activity through material recovery. It is seen that countries aim to ensure both continuity and sustainability in this value they obtain. The high potential of the iron and steel and ship recycling industries together can be turned into momentum by introducing advanced technologies, eliminating environmental threats and providing better operational conditions.

Keywords: Iron and Steel, Ship Dismantling, MEREK, MARCOS.

¹ Sorumlu Yazar (Corresponding Author), MSc., Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale, umit.r.ergun@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8967-1892>

² Doç. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Samsun, elif@omu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-8278-1821>

Atıf/Cite as: Ergün, Ü. R., Bulut, E. (2024). Hammaddeye karşı sorumluluk: Gemi geri dönüşümü ve demir çelik endüstrisinde verimlilik değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2024, 42 (3), 439-470.

GİRİŞ

Demir çelik sektörü, üretim süreçlerinden elde ettiği mamûllerini hammadde, ara ve yarı mamûl olarak endüstrilere ve nihaî ürün olarak da piyasaya sunmaktadır. Bu sunuşun geri dönüşü de kullanım ömrünü tamamlamış demir ve çelik ürünlerinin yeniden işlenmesi yoluyla hammadde olarak yine demir çelik sektörü tarafından kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Dünya demir cevheri rezervlerinin artan nüfus ve değişen tüketim yapısına karşılık vermeye çalışan üretim hacminde genişleme gibi etkenlerle azalması, hurda malzemenin geri dönüşümünü daha da önemli hale getirmektedir. Bu nedenle gemi sanayi demir çelik endüstrisi ile sadece üretim değil hurda ve geri dönüşüm açısından da ilişki içerisindedir. Gemilerde demir çelik ürünlerinin kullanımının büyük ölçekli olması ve demir çelik endüstrisinin ileri geri bağlantısının yüksekliği gemi geri dönüşümünün demir çelik sektörü için girdi kaynağı olmasına imkân sağlamaktadır. Bu konuyu Özsoysal ve Ünsan (2005) çalışmalarında 2840 tonluk çelik tekne ağırlığının geminin toplam detveyt ton ağırlığının %33.4'lük bir kısmını oluşturduğunuyla örneklendirmektedir.

Demir çelik ürünleri ve gemi inşaa sanayi ilişkisi tarihsel süreç içerisinde kullanım yoğunluğunun artması, teknolojiye yaşanan ilerlemeler ve kullanım amaçlarının çeşitlenmesi gibi nedenlerle gelişim göstermiştir. Deniz taşıtlarını hareket ettirmede makine gücünden faydalanma demir ve çelik ürünlerinin su ile ilk buluşmasında önemli bir kilometre taşı kabul edilmiştir. Bu durumu patlayıcı mermilerin icat edilmesiyle birlikte su üzerinde hasarı en aza indirmek amacıyla metal gövdeli gemilerin üretilmesi takip etmiştir. Daha öncesinde Amerika ve Meksika'da ufak fırkateynler ve karakol gemilerinde metal kullanılmış olsa da Fransızların ilk metal gövdeli gemisi Napoleon 1850 yılında suya indirilmiştir. Napoleon'un önemini modern gemiciliğe giden yolda makine, metal bir gövde ve pervane olmak üzere üç önemli unsurunda barındırmış olması oluşturmaktadır. On dokuzuncu yüzyılda buhar motoru, pervaneli itiş, metal gövde ve delici/patlayıcı mermiler gibi teknolojilerin yaklaşık yüz gün içerisinde gelişerek uygulanmaya alınması, bu dönemin denizcilikte yeni bir çağa kapı aralmasına ve dönemin Demir Gemiler Çağı (Ironclad) olarak anılmasına neden olmuştur (Yalçın, 2019). İlk metal gövdeli geminin suya indirilmesinden bugüne kadar geçen yüz yetmiş dört yıllık sürede büyük miktarda ürünlerin tek seferde taşınabilmesi, daha az çevresel kirlilik ve enerji, küreselleşme ile artan dünya ticareti gibi nedenlerle deniz ticareti ülkelerarası ticaretin %75'lik kısmına ulaşacak kadar gelişim göstermiştir (Eryüzlü, 2019; Koçak, 2012). Dünya tarihinde M.Ö. 4000'li yıllardan günümüze sosyo-ekonomik ve teknik hayatın içerisinde kendisinden söz ettiren demir çelik ürünleri gemi inşaa endüstrisinin gelişmesinde de aktif rol üstlenmiştir. Bu etkileşim ile birlikte demir çelik sektörü ve gemi inşaa endüstrisi ilişkisinin gelişimi doğal kaynakların etkin yönetimi politikalarının da dikkate alınmasıyla gemi söküm endüstrisinin de gelişimine etki etmiştir.

Doğal kaynakların etkin yönetimi politikaları özellikle üretim işletmelerinde üretim atıklarının metalaştırılarak geri dönüşüm ekonomisi içerisinde bir değer olarak yer almasıyla birlikte hurda ve atık malzemeler önem kazanmaktadır. Herhangi bir ürünün kullanım ömrünün tamamlanması sonucunda yeniden üretime kazandırılmasında etkili olan faktörler; hurda ve atık malzemenin iktisadî değerinin değişimi, çevresel etkileri ve üretimde maliyet-fayda performansı olarak üç başlık altında toplanmaktadır. Bu bağlamda demir çelik ürünleri çok amaçlı kullanımları, bakım onarım maliyetlerinin düşük olması, dayanıklılıkları ve yeniden işlenebilirlikleri açısından önem arz etmektedir. Uzun bir işlevsel ömre sahip olan çelik ürünler yeniden kullanıldığında veya geri dönüştürüldüğünde değerinin çoğunu geri kazanmaktadır. Küresel olarak çelik ürünlerinin %86'sı geri dönüştürülmektedir. Bu nedenle gemi söküm endüstrisi

emekliye ayrılan gemilerin çoğunu ikincil çelik üretmek üzere geri dönüştürdüğünden net enerji gereksinimi ve çevresel etkilerin azaltılması gibi konularda üretim sürecine katkı sağlamaktadır (Rahman vd., 2016). Günümüzde büyük ölçekli araçlar statüsünde yer alan gemilerde demir ve çelik ürünlerinin kullanımı da dikkate alındığında çalışmada gemi söküm endüstrisi, demir çelik sektörüne hammadde tedarik etmesiyle kaynak verimliliğine olumlu etki etmektedir. Çalışma, demir çelik sektöründe kullanılan ana girdilerin ithalat değerleri ile ham çelik üretimi ve ülkelerin demir çelik ihracatları arasındaki ilişkiden hareketle gemi söküm endüstrilerinin demir çelik sektörü için verimlilik performansını ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu nedenle çalışmada demir çelik endüstrisinde kullanılan ana hammaddelere ait ithalat başlıkları kok, demir cevheri ve demirli atık ve hurda malzemeler olarak belirlenmiştir. Araştırma tasarımı Avinal vd. (2019) raporu dikkate alınarak ithal girdi değerlerinin ham çelik üretimi ve demir çelik ihracatı değerleriyle ilişkilendirilmesi elde edilmiştir.

Doğal kaynakların sürdürülebilir döngülerini ortaya çıkarmak aynı zamanda doğal kaynaklar üzerindeki yükün hafiflemesine de imkân sağlamaktadır. Bu bağlamda doğal kaynakların verimli kullanılması hammaddelerin geri dönüşümden elde edilebilmesiyle de gerçekleştirilmektedir. Bu durum sanayinin çevre sorunlarını dikkate alarak gelişmesinde etkili bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle ülkelerin yeni çevresel uyum düzenine geçişinde kaynak kurtarma endüstrilerinin önem kazandığı ifade edilmektedir. Gemi geri dönüşümü ve hurda malzemenin çelik üretimi kaynak kurtarma endüstrileri açısından birbiriyle yakın etkileşimi olan faaliyetler olarak değerlendirilmektedir. Bu anlamda çalışma, sektörlerin sürdürülebilirliği nasıl ele aldığına ilişkin değerlendirmeler yapan diğer çalışmalardan farklılaşarak makro değerlendirme seviyesinde gemi geri dönüşümü ve demir çelik sektörünü ele almaktadır. Çalışmanın gemi söküm faaliyetleri yoluyla ülkelerin ikincil çelik üretiminde hammadde verimliliklerini incelemesi açısından literatüre katkı sağlayacağı umulmaktadır. Çalışmada yöntem olarak çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanılmıştır. Çok kriterli karar verme tekniklerinde birden fazla kriterin optimize edilerek mümkün çözüm setleri içerisinde en iyi alternatifin belirlenmesi amaçlanmaktadır (Turan, 2018). Tercih edilen MERIC ve MARCOS yöntemlerinin özellikle ülkelerin performans ve verimlilik değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

Çalışmanın ilk bölümünde gemi geri dönüşümü ve demir çelik endüstrileri kavramsal olarak ele alınarak endüstriler arası ilişkiler açıklanmıştır. Gemi geri dönüşümünde kullanılan yöntemler ve demir çelik endüstrisinde hammadde kullanımları karşılaştırmalı ülke incelemeleriyle değerlendirilmiştir. Çalışmada, literatür araştırması demir çelik endüstrisi, gemi geri dönüşüm sektörü ve çok kriterli karar verme yöntemleri çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Ardından araştırmanın yöntemi açıklanarak notasyon gösterimlerine yer verilmiştir. Yöntemsel çıkarımlar literatür ile desteklenerek çalışmanın bulgular bölümünde yer almıştır. Çalışmanın sonuç ve değerlendirme başlığı altında elde edilen bulgulara ilişkin genel değerlendirmelere, politika önerilerine ve gelecek çalışmalara değinilmiştir.

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Kaynak kurtarma endüstrileri küresel sürdürülebilir kalkınmada önemli bir role sahiptir. Ekonomik büyümeyi kaynak kullanımından ayırıştırarak sektörlerin sürdürülebilirliği ele alışı biçimleri uluslararası, orta ölçekli ve firma düzeyinde incelemeler yapılmasını zorunlu kılmaktadır (Dey vd., 2021). Sürdürülebilir kalkınmaya yönelik küresel çabayı desteklemek amacıyla gemi söküm endüstrisi, ekonomik ve çevresel açıdan ömrünü tamamlamış yüzer

yapılara yönelik en sürdürülebilir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Choi vd., 2016). Gemi geri dönüşümü, gelişmekte olan ülkeler arasında özellikle de yerli demir cevheri yataklarına sahip olmayan ülkeler için önemli bir endüstri olarak değerlendirilmeye alınmaktadır (Sujauddin vd., 2015). Gemi geri dönüşüm endüstrisi; ekonomik ömrünü tamamlamış gemilerin seferlerden çekilmesi, yerlerine yeni tonajda ve teknolojiye çevreye duyarlı ve daha fazla işletme verimliliği olan gemilerin getirilmesi işlemlerinde denizcilik risklerini daha aza indiren tabii bir teknolojik süreç olarak tanımlanmaktadır (Deniz Ticaret Odası [DTO]). Bu endüstri, gemilerin yeni ürünlere dönüştürülmesi, yüksek enerji girdisi gerektiren ve ekosistemlere zarar veren işlenmemiş demir cevheri çıkarılmasının çevresel zararlı etkilerini önlemeye katkı sağladığından geniş sürdürülebilirlik hedeflerinin karşılanmasında etkili bir potansiyele sahip bir endüstri olarak değerlendirilmektedir (Yellishetty vd., 2011).

Geminin bakım/işletme maliyetlerinin olası gelirlerini aşması durumunda satışı ya da hurdaya ayrılması gündeme gelmektedir. Geminin ikinci el piyasasından da verim elde edilememesi durumunda hurdaya ayrılmasına karar verilmektedir (DTO, 2014). Ekonomik ömrünü tamamlamış, çevre ve insan için ciddi riskler oluşturabilecek gemilerin ya da deniz yapılarının içerdiği hammadde ve donanımın geri kazanılması çok önemlidir. Bu amaçla, gemi geri dönüşüm tesislerinde söküm işlemleri gerçekleştirilmektedir. Sökülen parçalar ya yüzey temizliği ve boyama ile ya da demir çelik tesisleri ve haddehanelerde eritilerek endüstrinin yeniden kullanımına kazandırılmaktadır. Geri dönüşümle hurdadan çelik geri kazanıldığında enerji %74, hammadde kaynakları ise %90 oranında korunmaktadır. Ayrıca su tüketiminde %40, su kirliliğinde %74, hava kirliliğinde %86 ve maden atıklarında %97 azalma olduğu gözlenmiştir (Gemi Geri Dönüşüm Sanayicileri Derneği [GEMİSANDER], 2020). Gemi söküm faaliyetlerinin temel amacı, kullanım ömrünü tamamlamış bir gemide tekrar kullanılacak her şeyi değerlendirmek ve ortaya çıkan zararlı atıkları kurallara uygun bir şekilde yok etmek olarak ifade edilmektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2022). Gemi geri dönüşüm teknikleri ülkeler ve tesisler özelinde kesim işlemleri olarak benzerlik göstermekle birlikte geminin nasıl ve nereye bağlandığına göre farklılık göstermektedir. Bu şekliyle gemi söküm endüstrilerinde tercih edilen başlıca yöntemler kumsalda söküm, baştankara, rıhtımda söküm ve kuru havuzda söküm olarak sayılmaktadır.

Kullanım ömrünü tamamlamış geminin özellikle gel git olaylarının fazla görüldüğü sahillerde kumsala çekilmesiyle başlayan kumsalda söküm yönteminde geminin parçalarının büyük bloklar halinde kesilmesiyle işleme başlanmaktadır. Bu yöntemde yerçekiminin etkisiyle yere düşen parçalar taşınabilecek hale geldikten sonra söküm alanına taşınmaktadır (Günbeyaz, 2019). Bangladeş, Hindistan ve Pakistan'da yaygın kullanımı görülen bu yöntemin tercih edilme nedeni diğer yöntemlere göre maliyetlerinin düşük olması ve kapsamlı bir altyapıya gereksinim duyulmamasıdır (Sarrafi, 2010). Kumsalda söküm yöntemi diğer yöntemlere göre daha fazla kusur ve risk barındırmaktadır. Söküm işlemleri sırasında tehlikeli atıkların kontrol edilememesi deniz ekosistemi açısından ve gel git olayları nedeniyle acil durumlara tam kapasiteyle müdahale edilememesi de iş güvenliği açısından yöntemin dezavantajları arasında sayılmaktadır. Gemi geri dönüşümü için tercih edilen yöntemlerden biri de baştankara yöntemidir. Bu yöntemde gemi zemini beton olan karaya çekilerek çeşitli boyutlardaki vinçlerden faydalanmak suretiyle söküm işlemi gerçekleştirilmektedir. Genellikle Türkiye ve Avrupa Birliği ülkelerinde tercih edilen baştankara yönteminde vinçlerin sürece dâhil olmasıyla birlikte iş güvenliği ve çevre kirliliği riskleri bertaraf edilmektedir (Hougee, 2013). Çin, ABD ve Belçika'da yaygın olarak kullanılan rıhtımda söküm işleminde ise rıhtıma bağlı geminin sökümü

üst yapılardan başlanarak düşey olarak gerçekleştirilmektedir. Rıhtımda söküm işlemleri sırasında gemideki sıvı ve tehlikeli atıkların denize karışmaması için kontrollü bir şekilde tahliye edilmesi gerekmektedir. Bu bilgilerden hareketle gemi geri dönüşümünü gerçekleştiren Bangladeş, Hindistan ve Pakistan gibi ülkelerin gel git olaylarının doğal avantajlarını kullanarak kumsalda söküm yöntemini tercih ettikleri görülmektedir. Kuru havuz yöntemi, en kontrollü ve riskin en az olduğu yöntemdir. Bununla birlikte kuru havuz yöntemi diğer yöntemlere kıyasla altyapı gereklilikleri ve bu gerekliliklerin karşılanma maliyetleri, tesislerin oluşturulabilmesi için yeterli alan gereksinimleri gibi ihtiyaçlar nedeniyle yüksek maliyetli yöntem olarak değerlendirilmektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2022).

Gemi geri dönüşümü ile hurdadan çeliğin geri kazanılması enerji, hammadde, sanitasyon, maden kaynaklarının kullanımı ve hava kirliliği gibi değerlerde azalmaya imkân vermektedir. Bu azalmalardan maksimum verim elde edilebilmesi amacıyla gemi söküm endüstrisinde kullanılan yöntemler arasında sahile çıkarma (baştankara), kirletici madde içermesinin az olması nedeniyle öne çıkmaktadır. Bu yöntemde asbest gibi tehlikeli maddelerin yönetimine, çevrenin ve işçi güvenliğinin korunmasına özel dikkat gerekmektedir (Zhou vd., 2021). Özel dikkat gerekliliği Dünya Çalışma Örgütü (ILO) tarafından 2004 yılında gemi söküm endüstrisinin en tehlikeli endüstri faaliyetleri arasında sayılmasıyla kayıt altına alınmıştır (International Labour Office [ILO], 2007). Gemi söküm endüstrisinin en tehlikeli endüstri faaliyetleri arasında sayılmasında dünya gemi filosunun ve deniz ticaret hacminin yıllar itibarıyla ulaştığı yüksek hacimli sonuçların etkili olduğu değerlendirilmektedir. Dünya gemi filosunun büyüklüğü ve gemi yaşı profili, bir geminin işletme ömrünün sona ermesine yol açan koşullar gemi geri dönüşüm sektörünün ekonomik dinamikleri arasında yer almaktadır (Mikelis, 2019). Dünya gemi filosunun büyüklüğünü içselleştirebilmek adına ülkelerin sahip oldukları gemilere ilişkin bilgiler Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1: Ülkelerin Sahip Oldukları Gemilere İlişkin Genel Bilgiler, 2022

Ülke	Gemi Ortalama Yaşı	Ticari Filo Gemi Sayısı (Adet)	İnşaa Edilen Gemi Sayısı (Gros Ton)
Çin	14	7939	25893611
Güney Kore	25	2147	16254013
Japonya	19	5193	9585299
İtalya	29	1285	730596
Rusya	31	2925	251722
Hollanda	20	1189	78508
Türkiye	26	1164	77700
ABD	33	3529	72679
Endonezya	20	11243	42661
Hindistan	19	1813	39997
Malezya	19	1763	27769

Kaynak: UNCTAD veri tabanından yazarlar tarafından derlenmiştir.

Tablo 1, ülkelerin sahip oldukları gemi ortalama yaş sürelerini, ticari filo gemi sayılarını ve inşa edilen gemilerin gross ton değerlerini 2022 yılı için göstermektedir. Tabloda yer alan ticari filo gemi sayısı ve gemi ortalama yaşı verileri, gemilerin kayıt bayrağına göre sınıflandırılmasıyla elde edilmiştir. Tablodaki bilgilerde dikkat çeken en önemli durum, inşa edilen gemi sayısı yüksek ülkelerin aynı zamanda dünya ham çelik üretiminde de lider ülkeler arasında yer almasıdır. Gemi söküm endüstrisine sahip ülkelerin demir çelik haddehanelerinde gemi sacı kullanımı ağırlıklı bir orana sahiptir. Tablo 1’de seçilmiş ülkelerin gemi ortalama yaşı 23.18 olarak hesaplanmıştır. Gemi ortalama yaşı en düşük ülkenin Çin, en yüksek ülkenin ise ABD olduğu görülmektedir. İstatistiksel olarak, suda yirmi yılını tamamlamış gemilerin çevre felaketleri ile sonuçlanan kazalara sebebiyet verme riskleri yüksektir. Bir geminin ortalama ömrü 20 ile 35 yıl arasında değişmektedir. Tarihsel olarak hızlı endüstriyel gelişime sahip ve çelik üretimi için doğal kaynakları kıt olan ülkelerin ev sahipliği yaptığı endüstri, doğrudan yerel çelik kaynağı olarak işlev görmektedir. Gemi geri dönüşümü ile %98’i çelik olan hurda gemilerin yaklaşık %95’i yeniden kullanılabilir (GEMİSANDER, 2020).

Tablo 2: Türkiye Gemi Söküm Verileri, 2018-2022

Yıllar	Sökülen Gemi Sayısı	Gross Ton (Milyon)	Sökülen LDT	Elde Edilen Tahmini Çelik Hurda Miktarı
2018	158	1030	602346	511994
2019	128	1060	654802	556226
2020	118	1776	854802	726582
2021	112	1441	801469	681249
2022	86	1012	592459	503590

Kaynak: (NGO Shipbreaking Platform, 2023).

Tablo 2’de gemi söküm endüstrisinin demir çelik endüstrisi ile ilişkisi Türkiye üzerinden örneklendirilmiştir. Tabloda yer alan LDT terimi geminin boş ağırlığını ifade etmektedir. Çelik talebinin artması, hammadde fiyatları ve diğer maliyetlerin artış göstermesi nedeniyle gemi geri dönüşüm faaliyetleri grafikleri hızlı bir şekilde yükselmekte ve gemi geri dönüşüm tesisleri maksimum kapasiteye yakın çalışmaktadır. Gemilerden elde edilen hurda çelik, çelik tesislerinde işlenebilen değerli bir ikincil hammaddedir. Gemiler, düşük kirletici seviyelerdeki E3 özellikleriyle bilinen yüksek kalitede hurda çelik kaynağıdır (NGO Shipbreaking Platform, 2023: 109).

Kullanım ve ekonomik ömürlerini tamamlamış gemilerin gemi geri dönüşüm tesislerine gönderilmesinde armatörlerin kararlarını etkileyen faktörler arasında öncelikli olarak kendilerine sunulan fiyat teklifleri yer almaktadır (Hsuan ve Parisi, 2020). Gemi inşasında kullanılan yüksek kaliteli malzemelerin gemi geri dönüşümü sırasında yeniden satışa konu olması yüksek kârlılık oranlarına ulaşılmasını sağlamaktadır (Hossain vd., 2010). Bu konuda armatörler için en cazip fiyat tekliflerinin uluslararası sağlık ve çevre yönetimi düzenlemelerine uymayan geri dönüşüm tesisleri tarafından verildiği görülmektedir (Dey, vd., 2021). Bu durumun tespit edilmesinin engellenmesi ve sorumlulukların ortadan kaldırılması adına gemi bayrağının sürekli değiştirilmesi etik olmayan ve yaygın olarak kullanılan bir uygulama olarak görülmektedir. Bu durumun varlığı Avrupa Birliği’nin 2004-2015 dönemi raporlarıyla da tespit edilerek kayıt altına alınmıştır (Alcaide vd., 2017; Sant’Ana vd., 2023).

Dünya deniz ticareti ve gemi inşaa sektörünün, gemi geri dönüşümü üzerinde potansiyelini koruduğu ve bu potansiyelini artırma eğilimi içerisinde olduğu ifade edilebilecektir. Denizler ve okyanuslar üzerinde her yıl binden fazla gemi yaklaşık 20 milyon ton potansiyel olarak geri dönüştürülebilir malzemeye denk gelen kullanım ömrünün sonuna ulaşmaktadır (Heidegger, 2015). Küresel ölçekte gemi söküm endüstrisi, kullanımdan kaldırılan gemileri inşaat endüstrisi için çubuklara ve kütüklere, evler ve küçük işletmeler için küçük ekipman ve aletlere dönüştürerek metal kullanım değerlerini genişletmektedir (Gregson, vd., 2010). Dünya çapında üretilen gemi sayısının artması gemi söküm endüstrisi üzerinden elde edilecek sonuçların da başarılı olması beklentisini arttırmaktadır. Hurda geminin sökümü esnasında direkt olarak metal malzemeler değerlendirilmekte ya da haddehanelere gönderilmektedir. Gemi geri dönüşümü bu işlevi ile hurdayı değerli mala çeviren ve kullanılan doğal kaynakları geri dönüştüren bir üretim süreci olarak da ifade edilmektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2022).

Ekolojik dengenin korunmasında etkin bir rol üstlenen gemi geri dönüşümü Dünya Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından yeşil endüstri olarak anılmaktadır. Demir cevherinin doğadan çıkarılması, eritilmesi ve haddelenmesi ile karşılaştırıldığında gemi geri dönüşümünün, enerji ve maliyetlerden büyük tasarruf sağladığı ve daha az çevre kirliliği yarattığı görülmektedir. Bir kilogramlık çeliğin üretimi için 2.5 kg demir cevheri, 2.5 kg demir cevheri elde edebilmek için ise yaklaşık 6 katı toprak kazısı gerekmektedir. Bu hesaplama göre gemi geri dönüşüm hurdasının yerine koyulabilmesi için dünyada her yıl 437.5 milyon ton toprak kazısı gerçekleştirilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Bu verilerden hareketle gemilerin ekonomik faaliyetlerini ve ömürlerini tamamladıktan sonra hurdaya çıktıkları söylemi yerine sürdürülebilir bir kalkınmanın göstergesi olarak geri dönüşüme tabi tutuldukları ifade edilebilecektir (CEYSAN, 2021). Günümüzde gemi geri dönüşüm faaliyetlerinin yaklaşık %97'si Türkiye, Çin, Hindistan, Pakistan ve Bangladeş'te yürütülmektedir (Mikelis, 2010; Kaya, 2012). Türkiye'nin gemi geri dönüşümü 2022 yılı için 476534 gros ton (GT) olarak gerçekleşmiştir. 2022 yılı değerlerine bakıldığında Çin'in 178522 GT, Hindistan'ın 2333085 GT, Pakistan'ın 1297497 GT ve Bangladeş'in 2871342 GT'lik gemi geri dönüşümü gerçekleştirdiği görülmektedir (UNCTAD, 2023). Mikelis (2010) ve Kaya (2012)'nin çalışmalarından günümüze Türkiye'nin gemi geri dönüşümü sektöründe ivme kattığı değerlendirilmesi yapılabilecektir. Yazarlar, çalışmalarında ele aldıkları dönemlerdeki veriler üzerinde yaptıkları analizlerde, Türkiye'nin değerlerinin diğer dört ülkeden düşük olduğu sonucuna ulaşımlardır. Bununla birlikte STK Gemi Söküm Platformu (2023) Türkiye özelinde kontamine hurda çeliğin güvenli bir şekilde işlenmesi ve geri dönüştürülmesini düzenleyen bir mevzuat bulunmamasına vurgu yapmakta ve hurda çeliğin fabrikalara satışından önce içerdiği kirlenici maddelerin türü ve miktarına ilişkin tarama yapılmasını önermektedir.

1980'li yıllardan günümüze politik otoriteler, artan endişelere yanıt olarak gemi söküm endüstrisinin olumsuz etkilerini ele alabilmek adına uluslararası bir çerçeve geliştirme çabası içinde bulunmaktadır (Moncayo, 2016). Bu tür düzenleyici çabalara rağmen yorum, uygulama ve tesis yapılarının farklılıkları gibi nedenlerle sürecin yavaş işlediği değerlendirilmektedir. Pakistan, Hindistan ve Bangladeş gibi Güney Asya ülkelerinde değerlerin yüksek olarak bulgulanması, çevre, sağlık ve güvenlik açısından gerekli asgarî düzeydeki şartların bu ülkelerde karşılanamamasıyla açıklanmaktadır. Çevre ve güvenlik standartlarına uyumlu gemi geri dönüşüm faaliyetleri dünya geneli toplam kapasitesinin %30'lık kısmına karşılık gelmekte ve bu kapasitenin büyük bir bölümünün Çin'e ait olduğu bilinmektedir (Kaya, 2012). Gemi geri dönüşüm endüstrisindeki bu durum uluslararası politik ve ticari otoritelerin de dikkatini çekerek konunun gündeme alınmasına neden olmuştur. Bu nedenle Avrupa Birliği Konseyi'nde 27

Haziran 2013 tarihinde Gemi Geri Dönüşüm Yasası kabul edilmiştir. Bu yasanın çıkarılmasıyla, AB bayraklı gemilerin geri dönüşümü sırasında oluşabilecek olumsuz emniyet ve çevre etkilerinin azaltılması ve AB bayraklı gemilerin OECD ülkeleri dışında kalan ülkelerde gerekli emniyet ve çevre koşullarının yerine getirilmesiyle söküme tabi tutulması amaçlanmıştır (European Union [EU], 2013). IMO ve Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)'nın yönetmelikleri ile Hong Kong ve Basel sözleşmeleriyle eşgüdümlü kapsama sahip olan Gemi Geri Dönüşüm Yasası'nın, tehlikeli sınıfta yer alan gemilerin ve gemi sökümünden elde edilen zararlı atıkların etkilerini azaltma açısından güvence niteliği taşıdığı değerlendirilmektedir. Gemi geri dönüşümünün yasa ile güvence altına alınmasının demir çelik işletmeleri için, özellikle hurda malzemedan üretim yapan tesislerde, önem arz ettiği ifade edilmektedir. Demir çelik tesislerinde demir cevherinden üretim yapan tesislerin ana girdilerin başında koklaşabilir kömür ve demir cevheri, hurda malzemedan üretim yapan tesislerde ise demirli atık ve hurdalar yer almaktadır. Bu nedenle çalışmada incelemeye alınan ülkelerin hurda ithalatı, kok kömürü ithalatı ve demir cevheri ithalatı verilerinden faydalanılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çok kriterli karar verme teknikleri tüm disiplinlerde yer alacak şekilde literatürde yaygın bir kullanıma sahiptir. Bu nedenle çalışmanın alanyazın taraması MEREC ve MARCOS yöntemlerini bütünleşik olarak tercih eden çalışmalar, demir çelik endüstrisinde çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanan çalışmalar ve gemi söküm endüstrisine ilişkin çalışmalar olarak daraltılarak gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda literatür araştırması öncelikli olarak gemi söküm endüstrisini incelemeye alan çalışmalar ile gerçekleştirilmiştir.

Kaya (2012), Basel ve Hong Kong Sözleşmeleri kapsamında gemi söküm endüstrisini incelemeye almıştır. Yazar, gemi söküm endüstrisinin çevre, sağlık ve güvenlik politikalarını uluslararası hukuk çerçevesinde değerlendirmiştir. Gemi söküm işlemlerinin çevresel açıdan uygun koşulların sağlanmasıyla ve ekonomik katma değer ortaya çıkarılmasıyla tamamlanmaktadır. Bu nedenle dünya deniz hacmine bağlı olarak geri dönüştürülmesi gereken gemi sayısındaki artış beklentisi çalışmanın motivasyon kaynağını oluşturmaktadır. Merikas vd. (2015), çelik sektörünün gelişiminin gemi söküm endüstrisine ait fiyatlarda belirleyici olup olmadığını araştırmak istemişlerdir. Zaman serileri ekonometrisinden faydalanan çalışmada yazarlar yöntem olarak genelden özele modellemeyi (GETS) tercih etmişlerdir. Yazarlar, gemi söküm fiyatlarının temel belirleyicisinin demirli atık ve hurda ihracatı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmalarında Türkiye'ye de dikkat çeken yazarlar, Türkiye'nin fiyatların oluşumunda küresel bir bakış açısına sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Boran (2016), gemi söküm sanayinin ağırlıklı olarak gelişmiş ülkelere kaymasına dikkat çekmektedir. Gelişmiş ülkelerde işçi sağlığı ile çevrenin korunmasına yönelik önlemlerin yetersizliğinden hareketle yazar, ortaya çıkan atıkların bertarafında lisanslı araçların ve tesislerin kullanılmasını önermektedir. John ve Kumar (2016), gemi söküm endüstrisine ait tesislerde etkili olan kriterleri analiz ederek bir karar destek sistemi geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Bu bağlamda çalışma AHP metodolojisini yöntem olarak benimsemiştir. Yazarlar, sadece denizcilik şirketleri ve komisyoncularının endüstride karar verici olarak yetersiz kaldığı sonucuna ulaşmışlar ve gemi söküm endüstrisinde ve iş gücü göçüne dikkat çekmişlerdir. Açık ve Başer (2018), navlun oranları ile gemi söküm fiyatları arasındaki ilişkiyi incelemeye almışlardır. Çalışmada, Baltic Kuru Yük Endeksi ve gemi söküm fiyatları değişken olarak seçilmiştir. Analizlerinde korelasyon ve regresyon yöntemlerinden faydalanılan çalışmada yazarlar, değişkenler arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Mikelis (2019) çalışmasında gemi geri dönüşümü endüstrisinin faaliyet süreçlerine odaklanmıştır. Gemi geri dönüşümünün yoğunlaştığı ülkeler üzerinde değerlendirmede bulunan yazar, endüstrinin belirli ülkelerde hâkimiyetinin daha güçlü olmasını çelik üretimi ile ilişkilendirmiştir. Çalışma, güvenli ve çevreye duyarlı gemi geri dönüşümünde asgarî standartların küresel düzeyde güvence altına alınması gerektiğini önermektedir. Tunç ve Açık (2019) çalışmalarında çelik fiyatlarının gemi söküm fiyatları üzerindeki etkisini panel veriler ekonometrisinden faydalanarak araştırmışlardır. 2013-2018 döneminde haftalık veriler kullanan çalışmada yazarlar, çelik fiyatlarından gemi söküm fiyatlarına doğru kolektif bir nedensellik bulgusuna ulaşmışlardır. Menteş ve Yiğit (2020) tarafından yayımlanan makale, gemi söküm endüstrisinde risk değerlendirmesi gerçekleştirmektedir. Yazarlar çalışmalarında öncelikli olarak gemi söküm endüstrisindeki mevcut kural ve düzenlemeleri incelemeye almışlardır. İzmir Aliğa'da faaliyet gösteren bir gemi geri dönüşüm tesisi özelinde Hata Modları ve Etkileri Analizi yaklaşımıyla sayısal uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışma, en fazla riskin meydana geldiği ve en yüksek RPN değerine sahip olan durumun ıslak zemin çalışmaları olduğu bulgusuna ulaşmıştır. Solakivi vd. (2021), Avrupa'da gemi söküm endüstrisinin pazar potansiyelini ve kapasitesini Avrupa Gemi Geri Dönüşüm Yönetmeliği çerçevesinde incelemeye almışlardır. Çalışmada, regresyon analizi ve ANOVA yöntemleri tercih edilmiştir. Yazarlar, Avrupa'daki lisanslı gemi söküm tersanelerinin kapasitelerinin geri dönüşüm talebini karşılamada yeterli olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Mannan vd. (2023), gemi geri dönüşümü yoluyla döngüsel bir ekonomi elde edebilme amacıyla çalışmalarında çok kriterli karar verme ve yorumlayıcı yapısal modelleme yöntemlerinden faydalanmışlardır. Yazarlar tarafından oluşturulan çerçeve, gemi söküm endüstrisinden döngüsel bir ekonomiye ulaşmada lokomotif faktörlerin hükümet politikaları, denizcilik çevresi düzenlemeleri ve kapasite geliştirme finansmanı olduğunu tanımlamaktadır. Sant'Ana vd. (2023) çalışmalarında, gemi geri dönüşüm faaliyetlerinin demir ve demir dışı hurda gibi malzemelerin geri kazanılmasını sağlaması amacıyla döngüsel ekonomiye olan katkılarını incelemiştir. Yazarlar, 128 uzman görüşüyle belirlenen 27 uygulamadan elde edilen verilerle keşfedici faktör analizi ve doğrulayıcı faktör analizi yöntemlerini uygulamaya almışlardır. Yönetim otoritelerinin gemi geri dönüşüm tedarik zinciri oluşturulması açısından etkili olabileceği ve gelişmekte olan ülkelerde gemi geri dönüşümüne odaklanılarak sürdürülebilir tedarik zincirinin geliştirilebileceği çalışmanın sonuçları arasında yer almaktadır.

Çetin ve Filiz (2023), küresel hurda demir ticareti ilişkilerini değerlendirmede sosyal ağ analizi yönteminden faydalanmışlardır. Çalışmada, 7204 GTİP kodlu demirli atık ve hurda ürünler ve alt grupları veri seti olarak yer almıştır. 2010 ve 2020 dönemlerini karşılaştırmalı olarak inceleyen yazarlar, 2010 yılında Almanya, Hollanda ve Belçika'nın ağda en önemli konumda bulunduğunu ve 2020 yılında ise Türkiye, ABD ve Hollanda'nın hurda demir ticaretinde en merkezî ülkeler olduğunu tespit etmişlerdir. Kara (2023), gemi söküm endüstrisini sürdürülebilirlik ve insan başlığında değerlendirmeye almıştır. Yazar, işletme sahiplerinin veya yöneticilerinin kâr hırsıyla çevreyi koruyucu önlemlerden kaçınma gayretlerini, sürekli teşvik edilen aşırı ve lüks tüketimi, tüketicilerin bilinçsizliğini sürdürülebilirlik çabaları için engel olarak değerlendirmektedir. Jarin ve Rahman (2023), Bangladeş özelinde yeşil gemi geri dönüşüm uygulamalarını incelemeye almışlardır. Ülkede bulunan yaklaşık 150 gemi geri dönüşüm tesisinin yüksek maliyetler nedeniyle yeşil tesise dönüşme konusunda isteksiz olduklarını belirten yazarlar, yeşil gemi geri dönüşümü için atık yönetimi, çalışan güvenliği ve çevresel etkiler konusunda önerilerde bulunmuşlardır. Mannan vd. (2023), gemi söküm endüstrisinin son otuz yılını incelemeye alarak bibliyometrik analizler yardımıyla endüstriyi 1991-2021 dönemi için incelemiştir. Çalışma, ömrünü tamamlamış gemiler hakkında gerçekleştirilen araştırma

sayısının azlığından hareketle literatürü bu anlamda teşvik etmektedir. Gemi geri dönüşüm endüstrisinin sürdürülebilirliği açısından model önerisinde bulunan Zhou, Li ve Loh (2023) ise konuyu Çin özelinde ele almaktadır. Çalışma, planlı davranış teorisini içeren teorik bir model önererek, gemi geri dönüşümü sırasında işçilerin çevre dostu ve güvenlik davranışlarının belirleyicilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Yazarların elde ettiği bulgular tutum, algılanan davranış kontrolü, öznel normlar, güvenlik farkındalığı ve algılanan duyarlılık gibi faktörlerin çalışanların çevre dostu ve güvenlik davranışlarını doğrudan veya dolaylı olarak etkilediğini vurgulamaktadır. Gemi geri dönüşümüne ilişkin çalışmalar incelendiğinde literatürde konunun ağırlıklı olarak çevre, sağlık, güvenlik, uluslararası hukuk, fiyatlar ve pazar stratejileri başlıklarında incelemeye alındığı görülmektedir. Gemi geri dönüşümü endüstrisi ve demir çelik sektörü ilişkisini değerlendirmeye alan çalışmaların diğer başlıklara kıyasla literatürde sayıca daha az yer aldığı tespit edilmiştir. Literatürde demir çelik endüstrisinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanan çalışmalar da incelemeye alınmıştır. Tablo 3'te bu çalışmalara ilişkin bilgiler gösterilmiştir.

Tablo 3: Demir Çelik Endüstrisinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Faydalanan Çalışmalar

Yazarlar	Çalışmanın İçeriği	Yöntem
Geldermann vd. (2000)	Demir çelik endüstrisinde yaşam döngüsünün değerlendirilmesi	PROMETHEE
Uygurtürk ve Korkmaz (2012)	Ana metal sanayi işletmelerinde finansal performans değerlendirmesi	TOPSIS
Bakırcı vd. (2014)	BIST'te demir çelik metal ana sanayi sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin finansal performans analizi	VZA ve TOPSIS
Mohaghar ve Zarchi (2015)	Çelik endüstrisi tarafından finanse edilen projelerin sıralanması	AHP ve DEMATEL
Quader ve Ahmed (2016)	Sürdürülebilir demir çelik üretimi için karbon yakalama teknolojilerinin belirlenmesi	Bulanık AHP
Quader vd. (2016)	Demir çelik endüstrisinde karbon yakalama ve depolama kriterlerinin belirlenmesi	DEMATEL
Eş ve Çobanoğlu (2017)	Demir çelik sektöründe işletme performanslarının sıralanması	TOPSIS
Toklu vd. (2018)	Demir çelik sektöründe tedarikçi seçim kriterlerinin değerlendirilmesi	SWARA ve WASPAS
Jain ve Singh (2018)	Hindistan demir çelik endüstrisinde tedarikçi seçim kriterlerinin değerlendirilmesi	AHP ve WASPAS
Şimşir vd. (2018)	Demir çelik endüstrisinde hata türleri ve etkilerinin analiz edilmesi	HTEA, Hibrid DEMATEL, TOPSIS ve ELECTRE

Tablo 3'ün Devamı:

Yazar (Yıl)	Türkiye'de çelik sektörü için uluslararası pazar seçimi	AHP
Bayata (2019)		
Olçay (2019)	Çelik üretim sürecinde iş değerlendirme analizlerinin değerlendirilmesi	Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS
Özcan ve Ömürbek (2020)	Bir demir çelik işletmesinin işletme performansının değerlendirilmesi	ENTROPI, TOPSIS, MULTIMOORA ve MAUT
Kasap vd. (2020)	Demir çelik endüstrisinde en uygun yatırım seçeneğinin belirlenmesi	BAHS ve VIKOR
Özcan ve Yılmaz (2020)	Demir çelik sektöründe yatırım kararının analiz edilmesi	AHP
Azdemir vd. (2020)	Demir çelik endüstrisinde torpido taşıma sistemi verimliliğinin değerlendirilmesi	TOPSIS
Yıldırım vd. (2021)	BIST'te işlem gören demir çelik şirketlerinin finansal performanslarının değerlendirilmesi	GIA
Kumar ve Barmen (2021)	Demir çelik üretiminde yeşil tedarikçi seçimi	Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR
Muzaç (2022)	BIST'te yer alan demir çelik sektörü işletmelerinin finansal performanslarının değerlendirilmesi	MOORA, Gri MOORA ve COPELAND
Nguyen vd. (2022)	Çelik endüstrisinde sürdürülebilir tedarikçi seçimi	SF-AHP, SF-WASPAS ve VZA
Liu vd. (2023)	Demir çelik endüstrisinde baca gazı arıtma teknolojilerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi	AHP, ANP, BWM, DEMATEL, EW ve SWARA
Güçlü ve Muzaç (2023)	Demir çelik endüstrisinde finansal performans değerlendirilmesi	Genişletilmiş Gri MULTIMOORA
Prasad ve Rajesh (2023)	Düşük karbonlu çelik üretimi için kaplama malzemesi seçimi	Bulanık AHP ve CODAS
Abdel-Basset vd. (2023)	Demir çelik endüstrisi için sürdürülebilir baca gazı arıtma sistemlerinin değerlendirilmesi	SF-CRITIC, SF-CODAS, MARCOS ve WASPAS
Gürdal ve Durmuş (2024)	BIST'te işlem gören demir çelik sektörü işletmelerinin firma performanslarının değerlendirilmesi	GIA

Demir çelik endüstrisine ilişkin ampirik araştırmalarda çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanan çalışmaların literatürde yaygın bir şekilde yer aldığı görülmektedir. Değerlendirmeye alınan çalışmalarda makroekonomik kriterler, finansal göstergeler, dış ticaret, tedarik ve tedarikçi yönetimi, sürdürülebilirlik ve karbondan arındırma başlıkları öne çıkmaktadır. Bununla birlikte demir çelik endüstrisine ilişkin çok kriterli karar verme yaklaşımlarında ulusal çalışmalarda finansal performans, işletme performansı ve dış ticaret gibi

konuların ağırlıkta olduğu, uluslararası literatürün ise bu konuda çevresel performans, karbonsuzlaştırma teknolojileri ve yeşil çelik üretimi gibi başlıklara doğru eğilim gösterdiği tespit edilmiştir. Literatür araştırması süreçlerinde MEREK ve MARCOS yöntemlerinden faydalanan çalışmalara ilişkin özet gösterim Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4: MEREK ve MARCOS Yöntemlerinden Faydalanan Çalışmalar

Yazarlar	Çalışmanın İçeriği	Yöntem
Ayçin ve Arsu (2021)	Sosyal gelişme endeksine göre ülke performanslarının değerlendirilmesi	MEREK ve MARCOS
Ivanovic vd. (2022)	İnşaat sektöründe ekipman seçiminin değerlendirilmesi	MEREK ve (DN)MARCOS
Noyan (2022)	Türkiye perakendecilik sektöründeki işletmelerin finansal performanslarının değerlendirilmesi	MEREK ve MARCOS
Simic vd. (2022)	Kentsel ulaşımın iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi	MEREK ve MARCOS
Ersoy (2022)	OECD ve AB ülkelerinin inovasyon performanslarının değerlendirilmesi	MEREK ve MARCOS
Ul-haq vd. (2022)	Sürdürülebilir malzeme seçiminin belirlenmesi	MEREK ve MARCOS
Kaya vd. (2023)	Avrupa ülkeleri özelinde sosyal faktörlerin döngüsel ekonomi kapsamında değerlendirilmesi	CRITIC, MEREK ve MARCOS
Yalman vd. (2023)	Türkiye ekonomisinin makroekonomik performansının değerlendirilmesi	MEREK, LOPCOW ve MARCOS
Noyan (2023)	Bankacılık sektöründe personel seçiminin değerlendirilmesi	MEREK ve MARCOS
Taş ve Alptekin (2023)	Gelişmekte olan ülkeler üzerinde büyük şehirlerin akıllı şehirler açısından değerlendirilmesi	MEREK ve MARCOS
Sharabiani ve Musavi (2023)	Sürdürülebilir proje yönetiminin değerlendirilmesi	MEREK, MARCOS, (PF)MEREK, (PF)ENTROPY, TOPSIS, VIKOR
Seyhan (2023)	Avrupa Birliği ülkelerinin üretim ve tüketim süreçlerinin döngüsel ekonomi bağlamında değerlendirilmesi	MEREK ve MARCOS
Miskic vd. (2023)	Avrupa Birliği ülkelerinin lojistik performanslarının değerlendirilmesi	MEREK ve MARCOS
Ecer ve Ayçin (2023)	G7 ülkelerinin inovasyon performansının değerlendirilmesi	MEREK ve MARCOS
Mastilo, vd. (2024)	Bosna Hersek bankacılık sektörünün finansal göstergelerle analiz edilmesi	MEREK ve MARCOS

Literatürde MEREK ve MARCOS yöntemlerini bütünleşik olarak ele alan çalışmalar incelendiğinde her iki yöntemin de ülkelerin veya bölgelerin sıralanmasında ağırlıklı olarak tercih edildiği görülmektedir. Değerlendirmeye alınan çalışmalardan elde edilen bulguların karşılaştırma yapılan diğer yöntemler ile uyumlu olduğu sına analizleri ile desteklenmekte ve ilgili literatürde karşılık bulduğu çalışmaların sonuç kısımlarında vurgulanmaktadır. Bu anlamda, çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanan çalışmalar incelendiğinde demir çelik endüstrisini değerlendirmeye alan araştırmalarda MEREK ve MARCOS yöntemlerine sayıca daha az rastlanması, gemi söküm endüstrisine ilişkin çalışmaların gerek çok kriterli karar verme yöntemleri gerekse de diğer yöntemlerle analiz edildiği çalışma sayısının sınırlı olması ve uluslararası literatürün sürdürülebilirlik konusunda eğilim göstermesi bu çalışmanın motivasyon kaynakları arasında sayılmaktadır. Literatür araştırmaları sonucunda MEREK ve MARCOS yönteminin ülkelerin performans ve verimlilik sıralamalarının ölçümünde yaygın olarak tercih edilen yöntemler arasında yer alması ve bu türdeki araştırmalarda uygun bir yöntem olması nedenleriyle çalışmanın bu alandaki boşluğu dolduracağı umulmaktadır.

3. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Çalışmada, araştırmaya tabi olan gemi geri dönüşümünü gerçekleştiren ülkeler, Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı'nın veri tabanından, 2018-2022 döneminde tüm yıllar için veri açıklayan 10 ülke olarak seçilmiştir. Bu nedenle çalışmanın alternatiflerini, Çin, Pakistan, ABD, Hindistan, Norveç, Güney Kore, Türkiye, Belçika, İspanya ve Endonezya oluşturmaktadır. Çalışmada yer alan değerlendirme kriterleri, gemi söküm miktarı (GSM), demir çelik ihracatı (DCIHR), dökme demirin, demirin veya çeliğin döküntü ve hurdaları (DAHITH), ham çelik üretimi (HCU), demir cevheri ithalatı (DCITH) ve taş kömürü, linyit ve turbdan elde edilen kok (KKITH) olarak belirlenmiştir.

Çalışmada dış ticarete konu olan kriterlerin seçiminde Harmonize Sistem (H.S.) sınıflandırılmasından faydalanılmıştır. Dünya Gümrük Örgütü tarafından geliştirilen Harmonize Sistem Nomanklatürü, uluslararası ticarete konu olan 5000'e yakın emtia grubundan oluşmakta ve 200'den fazla ülke tarafından kullanılmaktadır (Yılmaz vd., 2017). Kriterler Avinal vd. (2019) tarafından açıklanan çelik üretim süreçlerinde kullanılan girdiler dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışmada, değerlendirmeye alınan kriterlere ilişkin açıklayıcı bilgiler Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5: Değerlendirme Kriterleri Bilgi Tablosu

Kriter	Kaynak	Birim	Opt. Yönü	Açıklamalar
GSM	UNCTAD	Gros Ton	Maksimum	-
DCIHR	ITA Trade Map	ABD Doları	Maksimum	H.S. 72
DAHITH	ITA Trade Map	ABD Doları	Minimum	H.S. 7204
HCU	World Steel Association	Ton	Maksimum	-
DCITH	ITA Trade Map	ABD Doları	Minimum	H.S. 2601
KKITH	ITA Trade Map	ABD Doları	Minimum	H.S. 2704

Karar verme kavramı, karşılaşılan bir problemin çözümünde veya belirli bir amaca erişebilmek adına ortaya konulan kriterler doğrultusunda ilgili çözümü sağlayan seçenekler arasından bir veya birkaç tanesinin seçilme işlemidir (Esmeray ve Özveri, 2023). Bu nedenle

çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanılmıştır. Çalışmada kriter ağırlıklandırma işlemi için kriterlerin kaldırma etkisine dayalı olarak hesaplamalar yapan “Method Based on the Removal Effects of Criteria” (MEREK) yöntemi literatüre uygun biçimde tercih edilmiştir. MEREK yöntemi, kriter ağırlıklandırma yöntemleri içerisinde objektif yöntemler arasında yer almaktadır. Kriterlerin kaldırma etkilerine dayalı olarak ağırlıklandırma sonucunun elde edildiği MEREK yöntemi Keshavarz-Ghorabae vd. (2021) tarafından geliştirilmiştir. MEREK yöntemine ilişkin işlem adımlarının model ile gösterimine aşağıda yer verilmiştir.

Birinci adım; karar matrisinin oluşturulması,

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Eşitlik 1’de yer alan gösterimde m alternatifleri ve n ise kriterleri ifade etmektedir. Doğrusal normalizasyondan faydalanılarak karar matrisinin elemanları ölçeklendirilmekte ve fayda ya da maliyet yönlü normalize değerler Eşitlik 2’den faydalanarak hesaplanmaktadır (Ersoy, 2022).

$$n_{ij}^x = \begin{cases} \frac{\min_{kj} x_{kj}}{x_{ij}}; \text{ fayda yönlü kriter} \\ \frac{x_{ij}}{\max_{kj} x_{kj}}; \text{ maliyet yönlü kriter} \end{cases} \quad (2)$$

Eşitlik 2’de n_{ij}^x terimi normalleştirilmiş matrisin elemanlarını ifade etmektedir. Daha sonra alternatiflerin genel performans değerlerinin (S_i) hesaplaması gerçekleştirilmektedir.

$$S_i = \ln\left(1 + \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n \|\ln(n_{ij}^x)\|\right) \quad (3)$$

Eşitlik 3’te yer alan hesaplamada alternatiflerin genel performansları hesaplanırken doğrusal olmayan bir fonksiyona sahip logaritmik ölçü kullanılmıştır. İlgili kriterin etkisinin yok sayıldığı alternatiflerin performansı (S'_{ij}) Eşitlik 4’te yer aldığı şekliyle hesaplanmaktadır. MEREK yönteminde bir kriterin önem ağırlığı hesaplanırken, o kriter devre dışı bırakılarak toplam kriter ağırlığındaki değişikliğe odaklanılmaktadır (Noyan, 2023).

$$S'_{ij} = \ln\left(1 + \frac{\sum_{j=1, j \neq k}^n (\ln ij)}{n}\right) \quad (4)$$

Eşitlik 3 ve 4’ten elde edilen bulgulara dayalı olarak j kriterinin kaldırma etkisini gösteren E_j değerleri mutlak farkların toplamıyla elde edilmektedir. İşlemin model ile gösterimine Eşitlik 5’te yer verilmiştir.

$$E_j = \sum_i |S'_{ij} - S_i| \quad (5)$$

Eşitlik 6’da yer alan modelden faydalanarak kriterlerin objektif ağırlıkları belirlenmektedir. Modelde w_j terimi j ’inci kriterin ağırlığını temsil etmektedir.

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_k E_k} \quad (6)$$

Kriter ağırlıklarını belirlemede MEREC yönteminin tercih edildiği çalışmada, karar alternatiflerinin sıralanması için uzlaşık çözüme göre alternatifleri değerlendiren “Measurement of Alternatives and Ranking According to Compromise Solution (MARCOS)” yönteminden faydalanılmıştır. Literatürde MEREC ile birlikte yaygın kullanılan yöntemler arasında MARCOS yönteminin de yer aldığı görülmektedir (Ayan vd., 2023). MARCOS yöntemi, mevcut alternatifler ile belirlenen referans değerlerinin ilişkisi üzerinde çalışmaktadır. Bu ilişki ile alternatiflerin fayda fonksiyonları belirlenmekte, ideal ve ideal olmayan çözüme göre alternatiflerin pozisyonunu gösterilmektedir (Madenoğlu, 2020; Stevic, vd., 2020). Yöntemin uygulama adımları aşağıda yer almaktadır.

Yöntemin ilk aşamasında m alternatifli n kritere sahip karar matrisi Eşitlik 7’de yer aldığı şekliye oluşturulmaktadır.

$$X = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{matrix} & \begin{matrix} AAI \\ A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \\ AI \end{matrix} & \begin{bmatrix} X_{aa1} & X_{aa1} & \dots & X_{aa1} \\ X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \\ X_{ai1} & X_{ai2} & \dots & X_{ain} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

Eşitlik 7’deki gösterimde en iyi alternatifi açıklayan AI başlangıç karar matrisine ideal ve en kötü alternatifi açıklayan AAI ise anti-ideal çözümlerin başlangıç karar matrisine eklenmesini ifade etmektedir. Bu eklenme ile genişletilmiş karar matrisi elde edilmektedir. F fayda kriterleri grubunu ve M maliyet kriterleri grubunu ifade etmek üzere AI ve AAI kriterlerin niteliği esas alınarak Eşitlik 8 ve 9’daki kurallara göre karar matrisi tanımlanmaktadır (Koca ve Bingöl, 2022).

$$AAI = \min_i X_{ij} \text{ eğer } j \in F \text{ ve } \max_i X_{ij} \text{ eğer } j \in M \quad (8)$$

$$AI = \max_i X_{ij} \text{ eğer } j \in F \text{ ve } \min_i X_{ij} \text{ eğer } j \in M \quad (9)$$

İşlemlerin ardından başlangıç matrisinin normalizasyonu gerçekleştirilmektedir. $[n_{ij}]_{m \times n}$ normalize edilmiş matrisi ifade etmek üzere X_{ij} ve X_{ai} ifadeleri X matrisinin öğeleri olarak modelde yer almaktadır. Normalize edilmiş matrisin oluşturulması Eşitlik 10 ve 11’de yer almaktadır.

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

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

Normalize edilmiş matris ile kriter ağırlık değerlerinin çarpımı Eşitlik 12’de yer alan model yardımıyla gerçekleştirilerek, ağırlıklandırılmış matris elde edilmektedir.

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

Alternatiflere ilişkin fayda derecesi K_i ile gösterilmek üzere anti ideal ve ideal çözümler dikkate alınarak ayrı hesaplamalar Eşitlik 13 ve 14'te yer almaktadır. Eşitliklerde yer alan S_i değerleri ağırlıklı matris üyelerinin toplamını ifade etmekte ve Eşitlik 15'te model ile gösterimi yer almaktadır.

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

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

$$S_i = \sum_{i=1}^n v_{ij}; S_i = (i = 1, 2, \dots, m) \quad (15)$$

Alternatiflerin fayda fonksiyonu $f(K_i)$ Eşitlik 16'de yer alan anti ideal fayda fonksiyonu $f(K_i^-)$ ve Eşitlik 17'de yer alan ideal fayda fonksiyonu $f(K_i^+)$ hesaplamasından elde edilmektedir. Alternatiflerin fayda fonksiyonu $f(K_i)$ 'nin de hesaplama yöntemi Eşitlik 18'de yer almaktadır (Koca ve Bingöl, 2022).

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

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

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1 - f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1 - f(K_i^-)}{f(K_i^-)}} \quad (18)$$

Alternatiflere ilişkin sonuçlar fonksiyon değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanarak işlem tamamlanmaktadır.

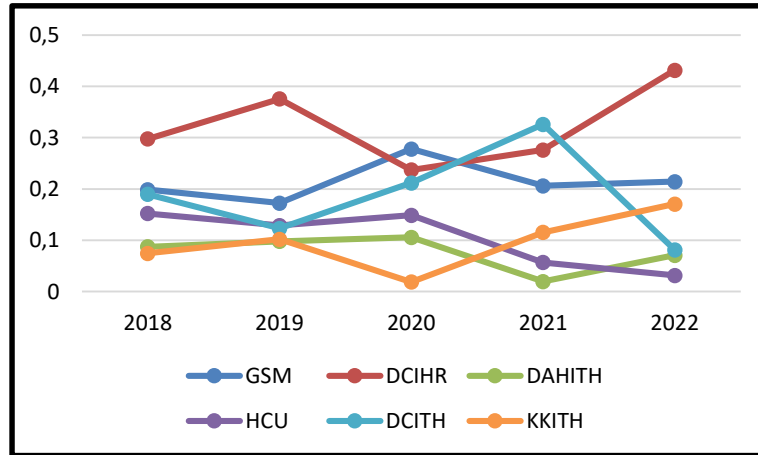
4. BULGULAR

Çalışmada, alternatif olarak yer alan on ülke ve sıralamaya esas olarak belirlenmiş altı kriter yer almaktadır. Analizler, 2018-2022 döneminde yıllar içerisindeki değişimi de ortaya çıkarabilmek adına her bir yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Araştırmanın kısıtlarını gemi geri dönüşümünü gerçekleştiren ülkelere düzenli veri açıklayan on ülke ve düzenli veri setine ulaşılabilen 2018-2022 dönemi oluşturmaktadır. Bununla birlikte 2018 yılı siyasetten sosyal yapıya ve ekonomiden finans piyasalarına kadar birçok alanda görülen dalgalanmaların atlatılarak ekonomik toparlanmanın başladığı yıl olarak değerlendirilmektedir (Eğilmez, 2017). Çalışmanın kriter ağırlıklandırma yöntemine ilişkin sonuçlar Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6: MEREC Yönteminden Elde Edilen Bulgular

Kriterler	2018	2019	2020	2021	2022
GSM	0.1987	0.1724	0.2780	0.2061	0.2144
DCIHR	0.2975	0.3757	0.2370	0.2761	0.4314
DAHITH	0.0875	0.0978	0.1057	0.0197	0.0708
HCU	0.1522	0.1289	0.1487	0.0567	0.0316
DCITH	0.1896	0.1231	0.2119	0.3260	0.0814
KKITH	0.0744	0.1020	0.0187	0.1155	0.1705

Tablo 6 incelendiğinde 2018, 2019, 2020 ve 2022 yıllarında en yüksek ağırlık skorunun sırasıyla demir çelik ihracatı ve gemi söküm miktarı kriterlerine ait olduğu görülmektedir. 2021 değerleri dikkate alındığında ise demir cevheri ithalatının ve demir çelik ihracatının en yüksek ağırlık skoruna sahip olduğu bulgusu elde edilmiştir. Kriter ağırlıklandırma sonuçlarına göre en düşük önem düzeyine sahip kriterler 2018 - 2020 dönemi için demirli atık ve hurda ithalatı ve taş kömürü, linyit ve turbadan elde edilen kok olarak belirlenmiştir. 2021 ve 2022 yıllarında ise ham çelik üretimi ve demirli atık ve hurda ithalatı kriterlerinin ağırlık skorlarının en düşük olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Kriterlerin önem düzeyinin yıllar içerisindeki değişimleri Şekil 1'de yer almaktadır.

Şekil 1: Kriterlere Ait Önem Ağırlıklarının Yıllara Göre Değişimi 2018-2022

Şekil 1 incelendiğinde kriterlerin önem ağırlıkları düzey değişimlerinde ham çelik üretimi ve gemi söküm miktarı kriterlerinin artış ve azalış eğimlerinin benzer yıllarda aynı yönde oldukları görülmektedir. Demir çelik endüstrisinde kullanılan hammaddelerin fiyatları küresel, ekonomik ve politik gelişmelerden etkilenmektedir. Bu durum demir cevheri ve hurda çelik fiyatları arasındaki farkın açılmasına yansımakta ve demir cevherinden üretim yapan entegre tesisler ile hurdadan üretim yapan elektrik ark ocaklı veya bazik oksijen fırınlı tesislerin üretim ve kârlılıklarında farklılığa neden olmaktadır. Demir cevheri fiyatlarındaki gerilemenin hurda fiyatlarına yansımalarının sınırlı olarak gerçekleşmesi, demir cevheri ve hurda çelik fiyatları arasında farkın açılmasına neden olmaktadır (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası [TSKB], 2018). Şekil

1'e göre özellikle 2020-2021 döneminde iki kriter arasındaki farkın en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir. Ayrıca 2018 yılında başlayan ABD - Çin Ticaret Savaşları'nın demirli atık ve hurda malzemeler ve demir cevheri dış ticaretinde en büyük etkiye sahip faktör olduğu değerlendirilmektedir.

Çalışmada, analize dâhil edilen ülkelerin çelik üretim süreçleri Hindistan'da %54.2, İspanya'da %68, Türkiye'de %71 ve ABD'de %69 oranlarına karşılık gelecek şekilde hurda malzemeden üretim yapan tesislerde gerçekleşmektedir. Ayrıca çelik fiyatlarını küresel düzeyde belirleyebilme etkisine sahip Çin'de üretim süreçlerinin %90.5'ini demir cevherini hammadde olarak tercih eden tesislerde gerçekleştirmektedir (World Steel Association [WSA], 2022). 2020 yılının Covid-19 pandemisinin etkisi altında geçirilmesi ve özellikle ilgili yılın ikinci ve üçüncü çeyreğinde tüm dünyada yaşanan tüketim temelli daralmanın demir çelik sektörü ve gemi söküm endüstrisini olumsuz etkilediği değerlendirilmektedir. Ülkeler özelinde sektörün daralma oranları 2019 yılına kıyasla ABD'de %17, Avrupa Birliği genelinde %12, Hindistan'da %10 ve Japonya'da da %16 olarak gerçekleşmiştir (KPMG, 2022).

MEREC analizinden elde edilen 2021-2022 dönemine ait en düşük ağırlık skorunun ham çelik üretimine ait olduğu bulgusunun pandeminin de etkisiyle meydana gelen küresel daralmanın sonucu olduğu değerlendirilmektedir. Endüstrilerin lokomotif sektörleri arasına sayılan demir çelik endüstrisi de pandemi tedbirlerinden etkilenmiştir. Ulusal sınırlar içerisinde ve dünyada talep düşüşüne neden olan pandemi sürecinin etkilerini ticaret ve kur savaşlarının daha da tetiklediği görülmüştür. Bu dönemde kotaların azalmasının da sektör üzerinde olumsuz yansımaları kaydedilmiştir. 2021 yılında dünya çelik üretimi önceki yıla kıyasla %3.7 artış göstermiş, 2022 yılında ise 2021 yılına kıyasla %4.2 azalış kaydetmiştir. Aşırı çelik üretim kapasitesi gelişmiş, yükselen ve gelişmekte olan ekonomilerdeki çelik üreticileri için bir takım zorluklar meydana getirmektedir. Bu zorluklar, fiyatların düşmesi, kârlılık üzerindeki olumsuz etki, ticaret çarpıklıklarının meydana gelmesi, çok uluslu şirketlerin varlıklarının tehdit edilmesi, bölgeler arası dengesizliklerinin yükseltilmesi, ticarî ilişkilerin istikrarsızlaştırılması ve çevresel sorunlarla mücadelenin göz ardı edilmesi olarak sayılmaktadır (Global Forum on Steel Excess Capacity). Karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik hedefler belirleyen ve bu konuda uluslararası politik otoritelerin teşvik ve uyarılarını kabul eden ülkelerde aşırı kapasite ve karbon emisyonu ilişkisinin varlığı kabul edilmiştir. Küresel CO₂ emisyonlarının %8'ine katkıda bulunan çelik endüstrisi, iklim hedeflerine ulaşmanın anahtarı olarak görülmektedir. Küresel çelik üretim kapasitesinin yaklaşık %90'ı net sıfır hedeflerini açıklayan ülkelerde bulunmaktadır. Çelik endüstrisinin düşük karbona geçişi, çeşitli karbondan arındırma seçeneklerinin kombinasyonunun yanı sıra derin bir dönüşüm gerektirmektedir. Bu dönüşüm, aşırı kapasiteyle uyumlu olmayan, sağlam bir iş ortamı gerektiren uzun vadeli bir stratejinin tasavvur edilmesi anlamına gelmektedir. Aşırı kapasitenin gündeme alınmasının, çelik endüstrisinin başarılı bir şekilde karbondan arındırılmasının önünü açmak ve sonuçta iklim hedeflerine ulaşmak açısından kritik öneme sahip olduğu ifade edilmektedir (Report Prepared by the OECD Facilitator, 2022). Bu açıklamalardan hareketle analiz süreçlerinde kriterlerin önem ağırlıklarına ilişkin elde edilen bulguların literatür ve küresel gelişmelerle uyumlu olduğu değerlendirilmesi yapılmaktadır. Çalışmada, alternatiflerin sıralanması için uygulanan MARCOS yönteminden elde edilen bulgular Tablo 7'de yer almaktadır.

Tablo 7: MARCOS Yönteminden Elde Edilen Bulgular

Kriterler	2018	2019	2020	2021	2022
Belçika	0.3254	0.2907	0.2505	0.1600	0.2227
Çin	0.3465	0.5291	0.4014	0.3988	0.5095
Hindistan	0.2976	0.3997	0.4979	0.6056	0.3354
Endonezya	0.0602	0.2121	0.2269	0.2396	0.1843
Güney Kore	0.1738	0.3630	0.2802	0.4882	0.1853
Norveç	0.2181	0.1040	0.2408	0.0926	0.2721
Pakistan	0.3405	0.2414	0.3712	0.2785	0.3770
İspanya	0.2984	0.2196	0.2214	0.2230	0.2514
Türkiye	0.2633	0.2473	0.3486	0.2179	0.2120
ABD	0.2637	0.3290	0.4016	0.1532	0.2073

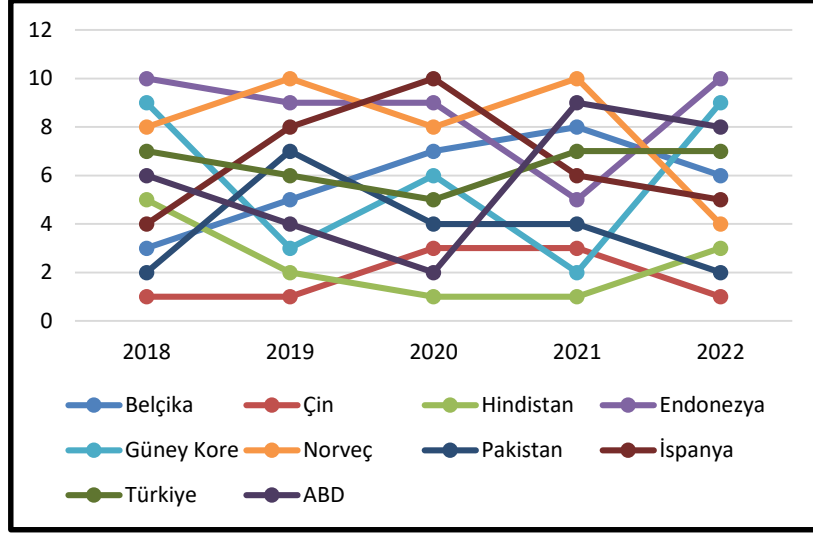
MARCOS yönteminden elde edilen bulgular incelendiğinde 2018, 2019 ve 2022 yıllarında en iyi alternatif değerinin Çin Halk Cumhuriyeti'ne, 2020 ve 2021 yıllarında ise Hindistan Cumhuriyeti'ne ait olduğu görülmektedir. 2018 ve 2022 yılı sonuçlarına göre Endonezya Cumhuriyeti'nin, 2019 ve 2021 yılı sonuçlarına göre Norveç'in ve 2020 yılı sonuçlarına göre ise İspanya'nın en düşük alternatif değerine sahip ülkeler olduğu tespit edilmiştir. Ülkelere ait verimlilik sıralaması Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8: MARCOS Yönteminden Elde Edilen Sıralı Sonuçlar

2018		2019		2020		2021		2022	
Sıra	Ülke	Sıra	Ülke	Sıra	Ülke	Sıra	Ülke	Sıra	Ülke
1	Çin	1	Çin	1	Hindistan	1	Hindistan	1	Çin
2	Pakistan	2	Hindistan	2	ABD	2	G. Kore	2	Pakistan
3	Belçika	3	G. Kore	3	Çin	3	Çin	3	Hindistan
4	İspanya	4	ABD	4	Pakistan	4	Pakistan	4	Norveç
5	Hindistan	5	Belçika	5	Türkiye	5	Endonezya	5	İspanya
6	ABD	6	Türkiye	6	G. Kore	6	İspanya	6	Belçika
7	Türkiye	7	Pakistan	7	Belçika	7	Türkiye	7	Türkiye
8	Norveç	8	İspanya	8	Norveç	8	Belçika	8	ABD
9	G. Kore	9	Endonezya	9	Endonezya	9	ABD	9	G. Kore
10	Endonezya	10	Norveç	10	İspanya	10	Norveç	10	Endonezya

Tablo 8 incelendiğinde sonuçların yıllara göre sıralanmasında İspanya ve Norveç'e ait değerlerin büyük oranlarda değişim göstermesi de dikkat çekici olarak değerlendirilmektedir. Türkiye ise 2018-2022 döneminde yüzdelerik değişimi dengeli ve istikrarlı değişen ülke olarak sonuçlar arasında yer almaktadır. Performans değerlerine ilişkin yıllar içerisindeki değişime Şekil 2'de yer verilmiştir.

Şekil 2: Alternatiflere Ait Performans Değerlerinin Yıllara Göre Değişimi 2018-2022



Gemi geri dönüşümüne ve çelik üretiminde ağırlıklı olarak demirli atık ve hurda malzeme kullanan tesislere sahip ülkelerin 2018-2022 dönemi sıralama verilerinde yüksek değişim gözlemlenmemiştir. Örneğin, Pakistan çelik endüstrisi üretiminin yaklaşık %85'ini indüksiyon ocaklı tesislerde, Hindistan çelik endüstrisi üretiminin yaklaşık %54'ünü elektrik ark ocaklı tesislerde ve Türkiye ise üretiminin yaklaşık %75'ini elektrik ark ocaklı tesislerde gerçekleştirmektedir (WSA, 2023; The Pakistan Credit Rating Agency Limited, 2023). Bu durumun sonuçlara küresel ekonomik gelişmelerden bağımsız olarak örneğin Türkiye'nin 2018-2022 döneminde 5-7, Hindistan'ın 2019-2022 döneminde 1-3 ve Pakistan'ın 2018, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında 2-4 sıralama aralığı ile yansıdığı görülmektedir. Bu bağlamda gemi geri dönüşümü endüstrisinin çelik üretiminde demirli atık ve hurda kullanan tesislere sahip ülkelerin verimlilik göstergelerine etkide bulunduğu değerlendirilmektedir.

2018-2022 dönemi verileri incelendiğinde, Çin'in demir çelik ihracatının ortalama 53 milyar dolar seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Bu değer diğer ülkelerin toplam demir çelik ihracatına karşılık gelen ortalama 13 milyar dolarlık ihracatın yaklaşık dört katı büyüklüğündedir. Çin'in dış ticaret yapısını göz önüne alarak ülkeyi dünyanın imalatçısı olarak nitelendirmek mümkündür. Çin'in ihracatının büyük bir bölümü işlenmiş mamûllerden oluşmaktadır. Ülkenin ihracat ürünleri arasında ise hammaddeler yok denebilecek kadar az bir yer tutmaktadır. Verimlilik sıralaması sonuçlarına göre ülkenin 2020 ve 2021 yıllarında sıralama değerlerinin gerilemesi pandemi süreci ile ilişkilendirilmektedir. Pandeminin, başladığı ülke ekonomisini diğer ülkelerden daha önce etkisi altına alması doğal bir durum olarak değerlendirilmektedir. Yaygın kapanma uygulamalarının başladığı 2020 yılının ilk çeyreğinde Çin ekonomisi Batı ekonomilerine

göre daha keskin bir daralma kaydetmiştir (Oktay, 2023). Ülkenin demir çelik sektörü ve gemi geri dönüşüm endüstrisi de dâhil olmak üzere hızlı toparlanması 2008 krizinden elde ettiği tecrübeler ve uygulamaya aldığı politikalar ile açıklanmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak 2022 yılında ise Çin'in yeniden ilk sırada yer aldığı görülmektedir. 273657 GT gemi sökümü gerçekleştiren Çin, gemi söküm endüstrisinde Türkiye'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'nin beş yıllık gemi söküm miktarı ortalaması 996945 GT olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin gemi söküm endüstrisinde miktar olarak diğer ülkelerden daha fazla söküm gerçekleştirmesine ve demir çelik ihracatında dünya ülkeleri arasında önemli seviyede yer almasına rağmen demir çelik sektörü ve gemi söküm endüstrisi verimlilik sıralamasında 5-7 aralığı sırasında yer almasının, Türkiye'de yaşanan 2018 finansal bulaşma süreciyle ilişkili olduğu değerlendirilmektedir.

Çin'den sonra dünyanın en büyük çelik üreticisi konumunda bulunan Hindistan'ın sıralama değişimleri ise özellikle son yıllarda gemi söküm endüstrisindeki pazar payının bir kısmını daha gelişmiş tesislerin devlet yardımıyla armatörleri cezbediği Çin ve Türkiye gibi ülkelere kaptırmasıyla açıklanmaktadır. 2022 sonrası döneme ilişkin ise yapılan öngörülerde yine Çin'in her iki endüstriye de öncülük eden ülke olabileceği tahmin edilmektedir. Mevcutta Çin gemi söküm endüstrisinde spesifik ve yeterli bir yaptırım mekanizmasının bulunmaması, ülkeyi büyük ölçekli gemi geri dönüşüm tesislerinde çevre koruma, söküm prosedürleri ve teknolojileri ile güvenlik yönetiminde daha ileri uygulamalara yöneltmektedir (Du vd., 2017).

Demir çelik sektörüne ilişkin fiyatlar genel düzeyinin bölgesel olarak farklılıklar göstermesi, fiyat şeffaflığının bulunmaması ve ülkeler üzerinde fiyat dalgalanmalarına karşı koruyucu mekanizmaların olmaması (Erol ve Türkmen, 2020), demir çelik sektörünün ve sektörün ilişkili olduğu gemi söküm endüstrisinin iktisadî sorunları arasında sayılmaktadır. Kömür ve demir cevheri gibi hammaddelerin deniz yoluyla taşınmasında verilecek navlun fiyatları için referans olarak kabul edilen Baltık Kuru Yük Endeksi ile Dow-Jones Demir Çelik Endeksi'nin uzun dönemde birlikte hareket ettikleri görülmektedir (Barut vd., 2020). Demir çelik ve gemi söküm endüstrisi gibi ağır sanayilerin önemli girdileri arasında yer alan demir ve çelik ürünleri de her iki endeksten etkilenmektedir. Bu durumun her iki sektörü de global ekonomik gelişmeler karşısında daha duyarlı ve hassas bir hale dönüştürdüğü değerlendirilmektedir.

Gemi geri dönüşüm tesislerinin Uzak Doğu'da kümelenmiş olması ve bu ülkelerde faaliyet gösteren tesislerin organize olmamış ve dağınık yapıları sektörün dezavantajları arasında sayılmaktadır. Bu durumda Türkiye'nin gemi söküm endüstrisine sahip ülkeler arasında ilk beşte yer alan konumu, tesislerinin yapı ve kapasiteleri, hem demir çelik sektöründe hem de gemi söküm endüstrisinde yetişmiş insan kaynağına sahip olması, Türkiye'nin başlıca sektörel avantajları arasında sayılmaktadır. Türkiye'de özellikle 2018 yılı ve sonrasında Avrupa Birliği Gemi Geri Dönüşüm Tüzüğü'nün kararlarının etkili olduğu ifade edilmektedir. Bu bağlamda, AB bayraklı gemilerin geri dönüşüm süreçlerinin sadece tüzüğe uygun faaliyet gösteren tesislerde gerçekleştirilmesi zorunlu kılınmıştır. Türkiye dokuz adet AB onaylı geri dönüşüm tesisine sahiptir (NGO Shipbreaking Platform, 2023). Bu durumun yakın gelecekte gemi geri dönüşüm, Türkiye ve demir çelik endüstrisi özelinde yeni fırsatların ortaya çıkmasına fırsat vereceği değerlendirilmektedir.

Gemi geri dönüşümünü gerçekleştiren ülkelerin sosyo-ekonomik yapıları incelendiğinde ülkelerin benzer veya yakın oranlı nitelik ve değerlerde yer almadıkları görülmektedir. Son dönemde çevresel etkileriyle gündemde yer alan gemi söküm endüstrisi ve demir çelik sektörü, ülkelerin uluslararası politik otoritelerin kararlarına da farklı tepkiler vermesine yol açmaktadır.

Gelişmiş ülkeler, çevreye ilişkin yasaların daha serbest olduğu ülkelerdeki daha düşük maliyetli üretime kıyasla, dezavantajlı duruma düşmekten şikâyet etmektedirler. Bununla birlikte az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler ise çevresel yasaları kendi ekonomik gelişimlerini geriletme tehdidi olarak algılamaktadırlar (Kotler vd., 1997). Bu duruma bir çözüm olarak alanyazın incelendiğinde çalışmaların genel olarak sürdürülebilirliğin üç büyük sorunu olan çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlara karşılık üç kolaylaştırıcıyı önerdiği görülmektedir. Bu üç kolaylaştırıcı hukuk, politika ve teknoloji olarak sayılmaktadır (Dey vd., 2021). Bu durum sorunun tek boyutlu olarak değil çok boyutlu biçimde hem makro hem de mikro düzeyde ele alınması gerektiğine işaret etmektedir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sürdürülebilir bir gemi söküm tedarik zincirinin oluşturulması için ülkelerin ve ülke sınırları içerisinde faaliyet gösteren şirketlerin, çevrenin korunması ve operasyonel güvenliğin sağlanması amacıyla uluslararası düzenlemeleri ve sözleşmeleri benimsemeleri önemli olarak değerlendirilmektedir (Ocampo ve Pereira, 2019). Bu nedenle gemi geri dönüşümünün standart altı tesislerde gerçekleştirilmesini önleyecek daha etkili düzenlemelere ihtiyaç duyulduğu, Hong Kong ve Basel sözleşmelerinin yetersiz kaldığı ve demir çelik sektörü özelinde önemli bir alıcı konumunda olan AB ülkelerinin yeni düzenlemelerin çerçevesini oluşturması gerektiği ifade edilebilecektir. Bu durum çalışmanın sınırlılıklarına da etki etmiştir. Çalışmanın kısıtlarını gemi geri dönüşümünü gerçekleştiren ülkelere düzenli veri açıklayan on ülke ve düzenli veri setine ulaşılabilen 2018-2022 dönemi oluşturmaktadır. Düzenli verinin açıklanmaması hususunda fiyatlarla birlikte gemi söküm endüstrilerinin standartları da etkili olmaktadır. Örneğin, Bangladeşli gemi söküm endüstrileri, Norveç Gemi Sahipleri Derneği'ni Bangladeş'te gemi geri dönüşümünü gerçekleştirmemeye teşvik ettikleri gerekçesiyle eleştirmişlerdir. Dernek, Hong-Kong Konvansiyonu çerçevesinde Bangladeş'in güvenli ve çevreye duyarlı olarak söküm işlemleri gerçekleştirmemesi nedeniyle böyle bir karar alındığını açıklamıştır (DTO, 2015). Bangladeş hurda piyasasının geciken finansmandan ciddi şekilde etkilenmiş olması hem yeni projelerin uygulamaya alınmasına hem de yurt içi nihaî çelik alımında hızlı bir düşüşe neden olmuştur (SteelRadar, 2023). Bangladeş örneğinden hareketle ülkeler özelinde veri kaybının talepte azalma, kur riski ve yüksek hurda fiyatları gibi faktörler nedeniyle ortaya çıktığı değerlendirilmektedir. Bu anlamda demir çelik sektörü ile birlikte gemi söküm endüstrisi ele alındığında her iki sektörün paydaşları arasında finansal ve teknolojik işbirliklerinin yakın gelecekte sayılarının ve etkinliklerinin artması gerektiği önerilmektedir.

Geri dönüşümün, malzeme geri kazanımı yoluyla bir değer çıkarma faaliyeti olduğunu bilmek, tehlikeli madde envanteri yoluyla gemilerde bulunan tehlikeli maddeler hakkında bilgi sahibi olmak, bu tedarik zincirinin ticari olarak sürdürülebilirliğini sağlamak her iki sektör için de önemli faktörler olarak sayılmaktadır. Bu nedenle hem çelik hem de uluslararası denizcilik sektörleri toplumsal ve çevresel zorlukların karşılanmasında ilk sırada olan sektörler arasında sayılmaktadırlar. Bu durum her iki sektördeki zorlukları aynı anda ele alabilen çok yönlü çözüm üretebilme potansiyeline sahip gemi söküm endüstrisinin potansiyelini ortaya çıkarmaktadır. İkincil çelik üretiminin karbon emisyonlarına ve verimliliğine olan katkısı üretim süreçlerinden elde edilen çıktılarının kullanım oranlarıyla kanıtlanmıştır. Demir çelik endüstrisinde global düzeyde artan hurda talebinin ve ikincil çelik üretiminin gemi söküm endüstrisinin gelişimi için de uygun ortamı hazırladığı değerlendirilmektedir. Toplumlar üzerinde kıyı ve deniz çevresini kirleten, tehlikeli maddeleri işleyen sektör olarak anılan gemi söküm endüstrisinin bölgesel felaketlerle anılmasının önüne geçilebileceği değerlendirilmektedir (Dey vd., 2021). Hurda

talebinin ve kapasitenin arttığı bir gelecekte, gemi geri dönüşümünü yeniden yapılandırılmış bir çelik tedarik zinciri için tedarikçi haline getirecek yeni iş modellerinin de ortaya çıkması beklenmektedir (Franconi, vd., 2022). Bu iyileştirmelerin gerçekleşebilmesi için politik otoritelerden sağlam ve istikrarlı bir gemi söküm pazarı oluşturmaları ve gelecek dönemler için yüzer yapılardan geri kazanılabilecek tahmini çelik stoklarını belirlemeleri beklenmektedir (Bleiswitz vd., 2023). Bu bağlamda gemi geri dönüşüm endüstrisi ile demir çelik sektörü arasındaki bağları güçlendirebilecek ve yeni çıkarları yönetebilecek politik iradenin varlığı, çevresel etkiler konusunda toplum bilgilendirme faaliyetlerinin sayıca artırılması ve hurdaya ayrılmasına karar verilen gemilerin bu süreçte bayrak değişimlerinin etkin takibinin yapılması önem arz etmektedir. Aksi takdirde demir çelik sektörünün gizli kahramanı olarak ifade edilen gemi söküm endüstrisinin, demir çelik sektörünün açık düşmanına dönüşmesi kaçınılmaz bir durum olarak beklenmektedir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Paris İklim Anlaşması'nın taahhütleri doğrultusunda Avrupa Birliği'nin yeni uygulamaları arasında yer alan Avrupa Birliği Kritik Hammaddeler Yasası 14 Eylül 2022 tarihinde gerçekleştirilen 2022 yılında Avrupa Birliği'nin Durumu sunumunda gündeme getirilmiştir (Erkara, 2023). Kritik hammaddeler, ekonomik ve stratejik açıdan önemli ancak kaynakların temin edilmesinde yüksek riske sahip malzemeler olarak tanımlanmaktadır (Demirtaş vd., 2017). Bir hammaddenin kritik olarak sınıflandırılabilmesi için belirli şartların oluşması gerekmektedir. Bu şartlar, otomotiv, savunma, elektronik, çelik gibi kilit sektörler için ekonomik özelliğe sahip olmak, yüksek ithalat bağımlılığı ve belirli ülkelerde yüksek düzeyde yoğunlaşma nedeniyle tedarik riski taşımak ile benzersiz ve güvenilir özelliklerinden dolayı alternatif açısından eksik olmak olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda çelik üretiminin öncelikli hammaddesi olan koklaşabilir taş kömürü de kritik hammaddeler arasında yer almaktadır (CRM Alliance, 2023). Çelik endüstrisinde uygulamaya alınan yeşil üretim prosesleri talep miktarı dikkate alındığında yetersiz kalmaktadır. Koklaşabilir taş kömürüne güvenilir ve sürdürülebilir erişimin güvence altına alınması ekonomi, büyüme ve istihdam verimliliği açısından önem arz etmektedir. Bu durumda, başlıca çelik üreten ülkelerin hammaddelere karşı daha sorumlu davranmaları elzem olarak ifade edilmektedir.

Geri dönüşüm ekonomisinin artan önemi ve iklim krizi tedbirleriyle birlikte çelik endüstrisinin amaçları arasında düşük karbon ve sürdürülebilirlik de yer almaya başlamıştır. Bu nedenle çelik üreticileri için demirli atıkları ve hurda çelikleri korumak önem arz etmektedir. Çelik üretim tesisleriyle birlikte gemi söküm endüstrilerine sahip olan ülkelerin diğer ülkelere kıyasla daha avantajlı ve yüksek bir potansiyele sahip oldukları ifade edilmektedir. Bu potansiyelin gelişmiş teknolojilerin uygulamaya alınması, çevresel tehditlerin bertaraf edilmesi ve daha iyi operasyonel şartların sağlanmasıyla ortaya çıkarılabileceği öngörülmektedir. Ayrıca gemi söküm endüstrisinin ve demirli atık ve hurda fiyatlarına olan etkisi ile gemi geri dönüşümünün ekonomik ve çevresel perspektiflerinin daha önce yeterince çalışılmaması konunun gelecek çalışmalar açısından da önemine işaret ettiği değerlendirilmektedir.

YAZAR BEYANI

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Etik Kurul Onayı

Bu araştırmanın etik kurul izni gerektirmeyen çalışmalardan olduğunu beyan ederiz.

Yazar Katkıları

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Abdel-Basset, M., Gamal, A., Sallam, K. M., Hezam, I. M., & Alshamrani, A. M. (2023). Sustainable flue gas treatment system assessment for iron and steel sector: Spherical fuzzy mcdm-based innovative multistage approach. *International Journal of Energy Research*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/6645065>
- Açık, A., & Başer, S. Ö. (2018). Navlun oranlarıyla gemi söküm fiyatları arasındaki ilişki. *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 16-32. <https://doi.org/10.30711/utead.358662>
- Alcaide, J. I., Rodríguez-Díaz, E., & Piniella, F. (2017). European policies on ship recycling: A stakeholder survey. *Marine Policy*, 81, 262-272. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.03.037>
- Avinal, A., Tosun, C., Dağlı, S., Duhbacı, T. B., & Şık, E. (2019). *Ana Demir Çelik Ürünleri ile Ferro Alaşımların İmalatı*. Ankara: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayınları.
- Ayan, B., Abacıoğlu, S., & Basilio, M. P. (2023). A comprehensive review of the novel weighting methods for multi-criteria decision-making. *Information*, 14(5), 1-28. <https://doi.org/10.3390/info14050285>
- Ayçin, E., & Arsu, T. (2021). Sosyal gelişme endeksinde göre ülkelerin değerlendirilmesi: MEREK ve MARCOS yöntemleri ile bir uygulama. *İzmir Yönetim Dergisi*, 2(2), 75-88. <https://doi.org/10.56203/iyd.1084310>
- Azdemir, S., Ballı, M. F., Erikli, M., & Çağrı, S. E. L. (2020). Demir çelik endüstrisinde torpido taşıma sistemi benzetimi. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 8(1), 22-35. <https://doi.org/10.21541/apjes.529025>
- Bakırcı, F., Shiraz, S. E., & Sattary, A. (2014). BIST'de demir çelik metal ana sanayii sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin finansal performans analizi: VZA süper etkinlik ve TOPSIS uygulaması. *Ege Akademik Bakis*, 14(1), 9-19.

- Barut, A., Görgün, M. R., & Erdoğan A. (2020). Baltık Kuru Yük Endeksi ve Dow Jones Demir- Çelik Endeksi arasındaki ilişki. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 9(3). 3019-3033. <https://doi.org/10.15869/itobiad.700223>
- Bayata, M. (2019). *Türkiye’de çelik sektörü için çok kriterli karar verme ile uluslararası pazar seçimi*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bleischwitz, R., Höller, J., & Kriegl, M. (2023). Ship recycling estimating future stocks and readiness for green steel transformation. *Environmental Research Letters*, 18. 1-8. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad0a55>
- Boran, M. (2016). Gemi sökümünün çevresel etkileri. *Yunus Araştırma Bülteni*, (4). 329-334. <https://doi.org/10.17693/yunusae.v16i26717.281032>
- Ceyşan Geri Kazanım. <https://ceysangerikazanım.com/gemi-geri-donusumu-nedir-hurda-gemi-sokum-sektoru-hakkinda-bilgiler/> (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- Choi, J. K., Kelley, D., Murphy, S., & Thangamani, D. (2016). Economic and environmental perspectives of end-of-life ship management. *Resources, Conservation and Recycling*, 107, 82-91. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.12.007>
- CRM Alliance (2023). *What Are Critical Raw Materials*. <https://www.crmalliance.eu/critical-raw-materials> (Erişim Tarihi: 10.02.2024).
- 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), 158-182. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.1097376>
- Demirtaş, M., Turan, A., Car, E., & Yücel, O. (2017). Kritik hammaddeler. *Metalurji ve Malzeme Mühendisleri Odası Dergisi*, 183, 28-33.
- Deniz Ticaret Odası [DTO]. *Bangladeş Norveç’in Gemi Söküm Politikasına Karşı*. <https://www.denizticaretodasi.org.tr/tr/haberler/banglades-norvecin-gemi-sokum-politikasina-karsi-600-1> (Erişim Tarihi: 21.03.2024).
- Deniz Ticaret Odası [DTO]. *Gemi Geri Dönüşümü Sektörü Raporu*. <https://www.denizticaretodasi.org.tr/tr/sayfalar/gemi-geri-donusum-sektoru> (Erişim Tarihi: 05.03.2024).
- Deniz Ticaret Odası. <https://www.denizticaretodasi.org.tr/> (Erişim Tarihi: 27.11.2023).
- Dey, A., Ejohwomu, O. A., & Chan, P. W. (2021). Sustainability challenges and enablers in resource recovery industries: A systematic review of the ship-recycling studies and future directions. *Journal of Cleaner Production*, 329, 129787. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129787>
- Du Z., Zhu H., Zhou Q., & Wong Y. D. (2017) Challenges and solutions for ship recycling in China. *Ocean Eng.* 137. 429–439. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.04.004>
- Ecer, F., & Ayçin, E. (2023). Novel comprehensive MEREC weighting-based score aggregation model for measuring innovation performance: The case of G7 countries. *Informatica*, 34(1). 53-83. <https://doi.org/10.15388/22-INF0494>
- Eğilmez, M. *2017’den 2018’e Geçerken*. <https://www.mahfiegilmez.com/2017/12/2017den-2018e-gecerken.html> (Erişim Tarihi: 05.03.2024).

- Erkara, E. (2023). *Avrupa Birliği Kritik Hammaddeler Yasası*. www.aperta.ulakbim.gov.tr (Erişim Tarihi: 10.02.2024).
- Erol, F., & 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>
- Ersoy, N. (2022). OECD ve AB üyesi ülkelerin inovasyon performanslarının MEREC-MARCOS bütünlük modeli ile ölçümü. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(3), 1039-1063. <https://doi.org/10.16953/deusosbil.1106249>
- Eryüzlü, H. (2019). Dünya deniz ticareti ve Türkiye dış ticareti ilişkileri: Ekonometrik bir analiz. *The Journal of Social Science*, 3(5), 152-162. <https://doi.org/10.30520/tjsosci.524826>
- Esmeray, M., & Özveri, O. (2023). Tedarikçi seçiminde farklı çok kriterli karar verme yöntemlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 18(72), 587-602. <https://doi.org/10.19168/jyasar.1273595>
- Eş, A., & Çobanoğlu, C. (2017). TOPSIS yöntemiyle şirket performans sıralaması için bir çerçeve: Demir çelik sektöründe bir uygulama. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(2), 249-268.
- European Union (2013). *Regulations No: 1257/2013*. Official Journal of the EU.
- Franconi, A., Ceschin, F., Godsell, J., Harrison, D., Mate, O. A., & Konteh, T. (2022). *2050 Circular Metal Visions, Report*. The Interdisciplinary Centre For Circular Metals.
- Geldermann, J., Spengler, T., & Rentz, O. (2000). Fuzzy outranking for environmental assessment. Case study: iron and steel making industry. *Fuzzy Sets and Systems*, 115(1), 45-65. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(99\)00021-4](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(99)00021-4)
- Gemi Geri Dönüşüm Sanayicileri Derneği. <https://www.gemisander.com/gemi-geri-donusum-endustrisi> (Erişim Tarihi: 24.11.2023).
- Global Forum on Steel Excess Capacity. <https://www.steelforum.org/> (Erişim Tarihi: 01.03.2024).
- Gregson, N., Crang, M., Ahamed, F., Akhter, N., & Ferdous, R. (2010). Following things of rubbish value: End-of-life ships, 'chock-chocky' furniture and the Bangladeshi middle class consumer. *Geoforum*, 41 (6), 846-854. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2010.05.007>
- Gunbeyaz, S. A. (2019). *Designing efficient and contemporary ship recycling yards through discrete event simulation*. Doctoral Thesis. Glasgow: University of Strathclyde.
- Güçlü, P., & Muzaç, G. (2023) Genişletilmiş gri MULTIMOORA yöntemi ile çok dönemli çok kriterli karar verme: Demir-çelik sektöründe finansal performans değerlendirmesi örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(1), 267-291. <https://doi.org/10.17153/oguiibf.1373450>
- Gürdal, H. A., & Durmuş, H. Borsa İstanbul'da işlem gören demir-çelik firmalarının performanslarının gri ilişkisel analiz ile değerlendirmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(1), 316-327.
- Heidegger, P. (2015). *Dangerous and Dirty Ship Demolition and Shipbreaking*. The International Institute of Marine Surveying.

- Hossain, K. A., Iqbal, K. S., & Zakaria, N. G. (2010). Ship recycling prospects in Bangladesh. *Proceedings of MARTEC*, 297-302.
- Hougee, M. (2013). *Shades of green in the shiprecycling industry: An assessment of corporate end-of-life vessel policies and practices*. Master's Thesis. Gelderland: Wageningen University.
- Hsuan, J., & Parisi C. (2020). Mapping the supply chain of ship recycling. *Marine Policy*, 118. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103979>
- International Labour Office. (2007). *Further developments in relation to the drafting of an international instrument on ship breaking/ship recycling*. Committee on Sectoral and Technical Meetings and Related Issues.
- Ivanović, B., Saha, A., Stević, Ž., Puška, A., & Zavadskas, E. K. (2022). Selection of truck mixer concrete pump using novel MEREC DNARCOS model. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 22(4), 173. <https://doi.org/10.1007/s43452-022-00491-9>
- Jain, N., & Singh, A. (2018). Supplier selection in Indian iron and steel industry: An integrated MCDM approach. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118(20), 455-459.
- Jarin, A., & Rahman, A. (2023). *Practice of green ship recycling in Bangladesh: A study on KSRM Steel Ltd*. Proceedings of the 13th International Conference on Marine Technology (MARTEC 2022), Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4446368> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4446368>
- John, J., & Kumar, S. (2016). A locational decision making framework for shipbreaking under multiple criteria. *International Journal of Strategic Decision Sciences (IJSDS)*, 7(1), 76-97. <https://doi.org/10.4018/IJSDS.2016010104>
- Kara, M. (2023). Sürdürülebilirlik ve insan: Örnekler çerçevesinde bir değerlendirme. *Doğanın Sesi*, 6(11), 4-14.
- Kasap, S.S., Şahin, Y., & Çınar, T. (2020). Bulanık tabanlı çok kriterli karar verme teknikleri ile demir çelik endüstrisinde en uygun yatırım seçeneğinin belirlenmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 31, 59-71.
- Kaya, S. K., Ayçin, E., & Pamucar, D. (2023). Evaluation of social factors within the circular economy concept for European countries. *Central European Journal of Operations Research*, 31(1). 73-108. <https://doi.org/10.1007/s10100-022-00800-w>
- Kaya, Y. (2012). Basel ve Hong Kong sözleşmeleri bağlamında gemi söküm endüstrisi: Çevre, sağlık ve güvenlik odaklı bir analiz. *İŞGÜÇ Endüstriyel İlişkiler ve İnsan Kaynakları Dergisi*, 14(4), 71-88.
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2021). Determination of objective weights using a new method based on the removal effects of criteria (MEREC). *Symmetry*, 13(4). 2-20. <https://doi.org/10.3390/sym13040525>
- Koca, G., & Bingöl, M. S. (2022). Hayat-dışı sigorta şirketlerinin performanslarının CRITIC tabanlı MARCOS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1). 70-83. <https://doi.org/10.33905/bseusbed.1106188>

- Koçak, H. İ. (2012). *Dünyada ve Türkiye’de Ekonomik Gelişmeler ve Deniz Ticaretine Yansımaları*. Ankara: Deniz Ticaret Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Kotler, P., Jatusripitak S., & Maesincee, S. (1997). *Ulusların Pazarlanması*. (Çev. Ahmet Buğdaycı). İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- KPMG. (2023). *Çelik Sektörel Bakış Raporu*. İstanbul: KPMG Yayınları
- Kumar, S., & Barman, A. G. (2021). Fuzzy TOPSIS and fuzzy VIKOR in selecting green suppliers for sponge iron and steel manufacturing. *Soft Computing*, 25, 6505-6525. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-05644-1>
- Liu, M., Li, Y., Xu, Y., Chen, L., Wang, Q., Ma, Q., & Yuan, X. (2023). A multi-criteria group decision making framework for sustainability evaluation of sintering flue gas treatment technologies in the iron and steel industry. *Journal of Cleaner Production*, 389, 136048. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136048>
- Madenoglu, F. S. (2020). Dengeli puan kartı-AHP-MARCOS yöntemlerine dayalı tedarikçi seçimi. *Economics Business and Organization Research*, 2(2). 99-120.
- Mannan, B., Rizvi, M. J., & Dai, Y. M. (2023). *Developing a MCDM-Based Framework for Achieving a Circular Economy through Ship Recycling*. Available at SSRN 4447241.
- Mannan, B., Rizvi, M. J., & Dai, Y. M. (2023). Does end-of-life ships research trends change in last three decades? A review for the future roadmap. *Journal of International Maritime Safety Environmental Affairs and Shipping*, 7(1), 2187603. <https://doi.org/10.1080/25725084.2023.2187603>
- Mastilo, Z., Štilić, A., Gligović, D., & Puška, A. (2024). Assessing the banking sector of Bosnia and Herzegovina: An analysis of financial indicators through the MEREK and MARCOS methods. *Journal of Central Banking Theory and Practice*, 13(1), 167-197. <https://doi.org/10.2478/icbtp-2024-0008>
- Menteş, A., & Yiğit, M. (2020). Gemi geri dönüşüm tesisleri ve risk değerlendirmesi. *GİDB Dergisi*, 18, 15-30.
- Merikas, A. G., Merika, A., & Sharma, A. (2015). *Exploring price formation in the global ship demolition market*. Annual Meetings.
- Mikelis, N. (2010) *Introduction To The Hong Kong Convention And Its Requirements, Secretariat of The Basel Convention Ship Recycling*. Technology & Knowledge Transfer Workshop, 14-16 July, Turkey.
- Mikelis, N. (2019). Ship Recycling. In: Psaraftis, H. (eds) *Sustainable Shipping*. Springer, Cham.
- Miškić, S., Stević, Ž., Tadić, S., Alkhayat, A., & Krstić, M. (2023). Assessment of the LPI of the EU countries using MCDM model with an emphasis on the importance of criteria. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 11(3), 258-279. <https://doi.org/10.1504/WRITR.2023.132501>
- Mohaghar, A., & Zarchi, E. S. (2015). Identification and ranking of projects funded by the steel industry by using of multi criteria decision making (MCDM). *Glob. J. Manag. Stud. Res*, 2, 38-47.

- Moncayo, G. A. (2016). International law on ship recycling and its interface with EU law. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 301-309. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.065>
- Muzaç, G. (2022). *MOORA, Gri MOORA ve COPELAND yöntemleri ile Borsa İstanbul'da yer alan demir çelik sektörü işletmelerinin finansal performanslarının ölçülmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çankırı.
- NGO Shipbreaking Platform (2023). *Türkiye'de Gemi Geri Dönüşümü Sorunlar ve İleriye Dönük Hedefler*. Belçika: NGO Shipbreaking Platform Yayınları.
- Nguyen, T. L., Nguyen, P. H., Pham, H. A., Nguyen, T. G., Nguyen, D. T., Tran, T.H., & Phung, H. T. (2022). A novel integrating data envelopment analysis and spherical fuzzy MCDM approach for sustainable supplier selection in steel industry. *Mathematics*, 10(11), 1897. <https://doi.org/10.3390/math10111897>
- Noyan, E. (2022). Türkiye'de Perakendecilik Sektöründeki İşletmelerin Finansal Performanslarının MEREC-MARCOS Bütünleşik Modeli ile Karşılaştırılması. İç. Çakır, E. ve Emen, H. (ed.), *Sosyal ve Eğitim Bilimlerinde Yeni Yaklaşımlar*. Ankara: Berikan Yayınevi. 103-114.
- Noyan, E. (2023). Banka personeli seçiminin çok kriterli karar verme yöntemleri ile ele alınması. *Kapanaltı Dergisi*, (4), 112-121.
- Ocampo, E. S., & Pereira, N. N. (2019). Can ship recycling be a sustainable activity practiced in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 224, 981-993. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.173>
- Oktaç, F. (2023). *Çin ve Dünyanın Geleceği*. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Olcaç, A. (2019). *Çelik üretim sürecinde çok kriterli karar verme teknikleri ile iş değerlendirme analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Özcan, A., & Ömürbek, N. (2020). Bir demir çelik işletmesinin performansının çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirilmesi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, (8), 77-98. <https://doi.org/10.21733/ibad.714295>
- Özcan, B., & Yılmaz, E. (2020). Demir çelik sektöründe yatırım kararının analitik hiyerarşi yöntemi (AHP) ile analizi. *Journal of Turkish Operations Management*, 4(2), 536-548.
- Özsoysal, R., & Ünsan, Y. (2005). Gemi inşaatı sektöründe çelik kullanımı. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Dergisi*. <https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/P25.pdf> (Erişim Tarihi: 06.03.2024).
- Prasad, R. V., & Rajesh, R. (2023). Development of coating material for low carbon steels using MCDM. *International Journal of Enterprise Network Management*, 14(4), 299-315. <https://doi.org/10.1504/IJENM.2023.134576>
- Quader, M. A., & Ahmed, S. (2016). A hybrid fuzzy mcdm approach to identify critical factors and co 2 capture technology for sustainable iron and steel manufacturing. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41, 4411-4430. <https://doi.org/10.1007/s13369-016-2134-2>

- Quader, M. A., Ahmed, S., Ghazilla, R. A. R., Ahmed, S., & Dahari, M. (2016). Evaluation of criteria for CO₂ capture and storage in the iron and steel industry using the 2-tuple DEMATEL technique. *Journal of Cleaner Production*, 120, 207-220. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.056>
- Rahman, S. M. M., Handler, R. M., & Mayer, A. L. (2016). Life cycle assessment of steel in the ship recycling industry in Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, 135, 963-971. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.014>
- Report Prepared by the OECD Facilitator (2022). *Assessing Steel Decarbonisation Progress in the Context of Excess Capacity*. Paris: OECD Pub.
- Sant'Ana, J. F., da Silva Filho, A. B., & Pereira, N. N. (2023). Identification of sustainable practices applied to ship recycling. *Journal of Cleaner Production*, 389, 136050. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136050>
- Sarraf, M. S. L. (2010). *The Ship Breaking and Recycling Industry in Bangladesh and Pakistan*. Washington D.C.: World Bank.
- Seyhan, N. (2023). AB'de döngüsel ekonomi üretim ve tüketim göstergelerinin değerlendirilmesi: MEREC temelli MARCOS uygulaması. *Sosyal Mucit Akademik İnceleme*, 4(3), 364-391. <https://doi.org/10.54733/smar.1338423>
- Sharabiani, A. M. A., & Mousavi, S. M. (2023). A web-based decision support system for project evaluation with sustainable development considerations based on two developed pythagorean fuzzy decision methods. *Sustainability*, 15(23), 16477. <https://doi.org/10.3390/su152316477>
- Simic, V., Gokasar, I., Deveci, M., & Švadlenka, L. (2022). Mitigating climate change effects of urban transportation using a type-2 neutrosophic MEREC-MARCOS model. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 3233-3249. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3207375>
- Solakivi, T., Kiiski, T., Kuusinen, T., & Ojala, L. (2021). The European ship recycling regulation and its market implications: Ship-recycling capacity and market potential. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126235. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126235>
- SteelRadar. *Bangladeş'te İthal Hurdada ve Üretimde Gerileme*. <https://www.steelradar.com/bangladeste-ithal-hurdada-ve-uretimde-gerileme/> (Erişim Tarihi: 21.03.2024).
- Stevic, Z., Pamucar, D., Puska, A., & 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 & Industrial Engineering*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106231>
- Sujauddin, M., Koide, R., Komatsu, T., Hossain, M. M., Tokoro, C., & Murakami, S. (2015). Characterization of ship breaking industry in Bangladesh. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 17, 72-83. <https://doi.org/10.1007/s10163-013-0224-8>
- Şimşir, F., Demir, H. İ., & Azdemir, S. (2018). Demir çelik sektöründe hibrid DEMATEL ve TOPSİS-ELECTRE yöntemleri ile hata türleri ve etkileri analizi. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 6(3), 22-34. <https://doi.org/10.21541/apjes.455767>

- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2022). *İzmir Aliğa Gemi Geri Dönüşümü Sektör Analizi*. İzmir: İzmir Kalkınma Ajansı Yayınları.
- Taş, M. A., & Alptekin, S. E. (2023). Evaluation of major cities in terms of smart cities: A developing country perspective. *Procedia Computer Science*, 225, 1717-1726. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.161>
- The Pakistan Credit Rating Agency Limited (2023). *Steel Sector Study*. Pakistan: PACRA Publishing.
- Toklu, M. C., Çağıl, G., Pazar, E., & Faydalı, R. (2018). SWARA-WASPAS metodolojisine dayalı tedarikçi seçimi: Türkiye'de demir-çelik endüstrisi örneği. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 6(3), 113-120. <https://doi.org/10.21541/apjes.441362>
- Trade Statistics for International Business Development (2023). 72 Demir ve Çelik 20 Kasım 2023 tarihinde <https://www.trademap.org/Index.aspx> adresinden alınmıştır.
- Tunç, M., & Açıık, A. (2019). The impact of steel price on ship demolition prices: Evidence from heterogeneous panel of developing countries. *Sosyoekonomi*, 27(42), 227-240. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2019.04.12>
- Turan, G. (2018). Çok Kriterli Karar Verme. B.F. Yıldırım & E. Öner (Ed.) içinde, *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri* (s. 15-20). Bursa: Dora Yayınları.
- Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (2018). *Sektörel Görünüm: Demir Çelik*. İstanbul: TSKB Yayını.
- Ul-Haq, R. S. U., Saeed, M., Mateen, N., Siddiqui, F., Naqvi, M., Yi, J. B., & Ahmed, S. (2022). Sustainable material selection with crisp and ambiguous data using single-valued neutrosophic-MEREC-MARCOS framework. *Applied Soft Computing*, 128, 109546. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109546>
- United Nations Conference on Trade and Development (2023). Gemi söküm istatistikleri 20 Kasım 2023 tarihinde <https://unctad.org/> adresinden alınmıştır.
- United Nations Conference on Trade and Development. *Stat.* 01 Şubat 2024 tarihinde <https://unctadstat.unctad.org/datacentre/dataviewer/US.ShipScrapping> adresinden alınmıştır.
- Uygurtürk, H., & Korkmaz, T. (2012). Finansal Performansın TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemi ile belirlenmesi: Ana metal sanayi işletmeleri üzerine bir uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadî ve İdarî Bilimler Dergisi*, 7(2), 95-115.
- World Steel Association. (2022). Rakamlarla Dünya Çeliği 11 Kasım 2023 tarihinde <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2023/> adresinden alınmıştır.
- World Trade Organization (2023). Ürün ve Ticaret İstatistikleri 25 Kasım 2023 tarihinde <https://stats.wto.org/> adresinden alınmıştır.
- Yalçın, E. (2019). *Ondokuzuncu Yüzyılda Metal Gemi Çağına Giden Yol*. <https://www.tdefenceagency.com/> (Erişim Tarihi: 27.11.2023).
- Yalman, İ. N., Koşaroğlu, Ş. M., & Işık, Ö. (2023). 2000-2020 döneminde Türkiye ekonomisinin makroekonomik performansının Merce-Lopcow-Marcos modeliyle değerlendirilmesi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 60(664), 57-86.

- Yellishetty, M., Mudd, G.M., Ranjith, P. G., & Tharumarajah, A. (2011). Environmental life-cycle comparisons of steel production and recycling: sustainability issues, problems and prospects. *Environmental Science & Policy*, 14(6), 650-663. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.04.008>
- Yıldırım, M., Bal, K., & Doğan, M. (2021). Gri ilişkisel analiz yöntemi ile finansal performans analizi: BIST’te işlem gören demir çelik şirketleri üzerinde bir uygulama. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 23(1), 122-143. <https://doi.org/10.31460/mbdd.788840>
- Yılmaz, M., Kırbıyık, M., & Çiftçi, Y. (2017). Armonize Sistem neden, nasıl ve ne zaman güncellenir durum çalışması: Biyodizel ve gümrük laboratuvarlarında yapılan analizler. *Gümrük ve Ticaret Dergisi*, (10), 99-105.
- Zhou, Q., Li, H., & Loh, H. S. (2024). A model for sustainable development of the ship recycling industry: Empirical evidence from China. *Sustainable Development*, 32(1), 153-165. <https://doi.org/10.1002/sd.2647>
- Zhou, Q., Liang, J., Du, Z., Zhu, H., & Jiao, Y. (2021). A study on factors affecting workers’ safety during ship recycling. *Ocean Engineering*, 239, 109910. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109910>