



## ALIAĞA BÖLGESİ GEMİ SÖKÜM TESİSLERİNİN VERİMLİLİK ANALİZİ

Sibel BAYAR<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Engineering, Department of Maritime Transportation Management Engineering, 34320, Istanbul, Türkiye

**Özet:** Ekonomik ömürleri dolan gemiler, piyasadaki arz talep dengesini sağlamak için geri dönüşüme yollanmaktadır. Gemi geri dönüşümünün ilk aşaması gemi söküm aşamasıdır. Gemi söküm tesislerindeki söküm sürecinin çevre ve insan sağlığına zarar vermeden etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi önemlidir. Bu nedenle makalede, Aliğa Bölgesindeki gemi geri dönüşüm bölgesinde bulunan 8 gemi söküm tesisinin 2018-2022 yılları arasında gerçekleşen göreceli verimlilik değerleri ayrı ayrı hesaplanmış olup, bölgedeki tesislerin birbirleri ile bir karşılaştırılması yapılması amaçlanmıştır. Göreceli verimlilik analizi yapmak için hibrit bir yöntem olan entropi yöntemi entegre edilmiş EATWOS yöntemi kullanılmıştır. Tesislerin faaliyet alanı ve kapasiteleri girdi, gemi söküm tonajları ve miktarları çıktı değerleridir. Çalışma sonucunda en iyi üç tesis arasında bulunan bir tesisin, AB listesine başvurup, denetlendiği ve onaylanmadığı, en kötü üç tesis arasından bulunan bir tesisin ise AB tesis listesinde bulunduğu görülmüştür. Ancak yapılan analizde tesislerin yeşil gemi geri dönüşüm süreçlerine uyma durumları dikkate ele alınmamıştır. Makale, Aliğa Bölgesi'ndeki tesislerin karşılaştırılması için göreceli verimlilik analizi yapması bakımından literatüre katkı sağlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Aliğa, Gemi, Söküm, Entropi, EATWOS, Verimlilik


### Productivity Analysis of Ship Recycling Facilities in Aliğa Region

**Abstract:** To ensure balance between supply and demand in the market, ships that have reached the end of their economic life are recycled. The first stage of ship recycling is the ship dismantling stage. It is important that the recycling process in ship recycling facilities is carried out effectively and efficiently without harm to the environment and human health. Therefore, in the article, the relative productivity values of 8 ship recycling facilities in the ship recycling zone in Aliğa Region between 2018-2022 were calculated separately and it was aimed a comparison of the facilities in the region with each other. The EATWOS method integrated with the entropy method, which is a hybrid method, was used to analyze relative productivity. The operating area and capacities of the facilities are input values, while the tonnages and quantities of ship dismantling are output values. As a result of the study, it was seen that one facility among the top three facilities applied to the EU list, was audited and not approved, while one facility among the worst three facilities was found to be on the EU facility list. However, the analysis did not take into account the compliance of the facilities with the green ship recycling processes. The article contributes to the literature in terms of relative productivity analysis for the comparison of facilities in Aliğa Region.

**Keywords:** Aliğa, Ship, Recycling, Entropy, EATWOS, Efficiency

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Engineering, Department of Maritime Transportation Management Engineering, 34320, Istanbul, Türkiye

E mail: sibelb@iuc.edu.tr (S. BAYAR)

Sibel BAYAR  <https://orcid.org/0000-0002-9169-935X>

Gönderi: 23 Mayıs 2024

Kabul: 02 Temmuz 2024

Yayınlanma: 15 Temmuz 2024

Received: May 23, 2024

Accepted: July 02, 2024

Published: July 15, 2024

Cite as: Bayar S. 2024. Productivity analysis of ship recycling facilities in Aliğa region. BSJ Eng Sci, 7(4): 705-716.

### 1. Giriş

Ekonomik ömrü dolmuş geri dönüşebilir malzemeye sahip pek çok ürün geri dönüşüm işleminden geçirilmektedir. Gemilerin de mali açıdan uygun ve teknik açıdan işlevsel bir ömrü bulunmaktadır. Bu kapsamda; 2023 yılı itibarıyla dünyadaki toplam denizcilik filosu 2272772 bin ton'luk bir kapasiteye sahip olup, bunun % 12,5'i 20 ve üstü yaşa sahip gemilerden oluşmakla birlikte, gemi adedi olarak ise %41,8'i 20 yaş ve üstü gemileri içermektedir (UNCTAD,2023). Bununla birlikte 2022 yılında 55580 bin GT yeni inşa gemi teslimi yapılmış ve 7531 bin GT'luk gemi geri dönüşüme gitmiştir (UNCTAD, 2023). Bu veriden de anlaşıldığı üzere; gemi piyasalarında arz ve talep dengesinin

sağlanması için, gemiler hizmet ömrünü tamamladıktan sonra turizm gibi amaçlarla yeniden değerlendirilebilir veya geri dönüşüme tabi tutulabilirler (Menteş, 2023). Kullanım ömrü sonunda, bir geminin sökülerek bileşenlerinin ve malzemelerinin yeniden kullanımı için geri kazanılması işlemine gemi geri dönüşümü denir (Sezer ve ark., 2024). Gemi geri dönüşümü, gemilerin önce parçalarına ayrılması ve ardından atıkların geri dönüşüm için kullanılabilir parçalardan ayrılmasından oluşan mühendislik sürecidir (Çelik ve ark., 2024). IMO gemi geri dönüşümünü, "bileşenlerin ve malzemelerin yeniden işlenmek veya kullanılmak üzere geri kazanılması için bir geminin, geri dönüşüm tesisinde kısmen veya tamamen sökülmesi, bileşenlerin ve



malzemelerin depolanması, işlenmesi veya imha edilmesi” olarak tanımlamaktadır (Fariya ve ark., 2019). Bir geminin ağırlığının %95’den fazla geri dönüştürülebilir malzemelerden ve gemilerden çıkarılan parçalardan oluşmaktadır (Çelik ve ark., 2024; Mahindrakar ve ark., 2008; Mathew, 2021). Bu geri dönüştürülebilir malzemelerin %95’i çelikten, toplam LDT’nin yaklaşık %1-2’si diğer değerli metallere, %0,5-8’i ise mobilya ve diğer demirbaşlardan oluşmaktadır (Mahindrakar ve ark., 2008). Gemi geri dönüşümü ekonomik ve sürdürülebilir çevre açısından önemlidir (Menteş, 2023). Endüstri devrimi ile seri üretime geçilmesi ve teknolojik gelişmeler, nüfus artışı vb. nedenlerden dolayı ticari yük hacmi ve tüketimin artmasına paralel olarak doğal kaynak rezervleri azalmakta ve doğal maden kaynakları çıkarırken çevreye fazla zarar verilmektedir. Doğal kaynaklardan geleneksel üretim yöntemleriyle çelik üretmek için önemli miktarlarda enerji tüketimi olmakta, demir cevheri ve diğer minerallerin yeraltından çıkarılması sırasında büyük yüzey hasarlarına sebebiyet verilebilmektedir (Menteş, 2023). 1 ton cevherin endüstriyel dökme demire dönüştürülmesi için 7400 MJ enerji gerektirirken, atmosfere 2200 kg CO<sub>2</sub> salınımı gerçekleşirken, gemi sökümü yoluyla aynı miktarda dökme demir üretimi için 1350 MJ enerji gerekir ve 280 kg CO<sub>2</sub> salınımı söz konusudur (Menteş, 2023). Dolayısıyla gemi sökümü çevre dostu kabul edilmesine karşın; operasyon sırasında meydana gelen kazaların yanı sıra, söküm sırasında çevreye salınan, hem personele hem de çevreye zarar verebilecek zehirli maddeler de sektör için ciddi bir tehdittir (Günbeyaz, 2019; Menteş, 2023). Gemiler asbest, radyoaktif atıklar, ağır metaller ve kalıcı organik kirleticiler (KOK’lar), poliklorlu bifeniller (PCB’ler) ve dioksinlerden oluşan ham petrol gibi tehlikeli maddelerle doludur (Dewan ve Sibilia, 2024). Bu kapsamda; Sezer ve ark. (2024)’nin denizcilik ortamındaki gemi geri dönüşüm sürecinin tehlikelerine ilişkin risk analizi ile ilgili çalışmanın sonucunda ağır metal kalıntıları ve toksinlerin en yüksek risk değerine sahip olduğu görülmüştür. Zhou ve ark. (2021a) gemi söküm prosedürleri sırasında oluşan kirleticileri araştırmışlar ve organizasyon yönetim faktörünün yeşil geri dönüşümü üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu, bunu sırasıyla çevre koruma tesisleri ve planları faktörü ve ekolojik indeks faktörünün takip ettiğini belirtmişlerdir. Carvalho ve ark. (2009), gemi söküm faaliyetlerinin çevresel etkisinin sadece gemi tipi ve büyüklüğü ile ilişkili olmadığı, ayrıca bileşiminin de önemli bir faktör olduğunu görmüşlerdir. Günbeyaz ve ark. (2023) çalışmasında; gemi geri dönüşüm işlerinin kaplamalı ve kaplamasız çeliğin kesme işlemi sırasında işçilerin solunma yoluyla ağır metallerle maruz kalma riskinin yüksek olduğunu göstermişlerdir. Zhou ve ark. (2021b)’a göre; tehlikeli maddelerin bertarafı, söküm operasyonu güvenliği, söküm operasyon yönetimi, söküm operasyon ekipmanı ve güvenlik bilincinin kişisel işçi sağlığını direkt veya dolaylı olarak etkilemektedir. Asbest de, gemi geri

dönüşüm sektöründe çalışanlar ve çevre ve insan sağlığı için de önemli bir tehlike olarak karşımıza çıkmaktadır (Hasanlı ve ark., 2023). Ayrıca; işçiler, söküm esnasında ortaya çıkan asbest, ağır metaller, organik kimyasallara maruz kaldıklarında, hayati organlarının ciddi hasar görmesi söz konusudur (Hasanlı ve ark., 2023). Singh ve ark. (2020) gemi geri dönüşümü sırasında, asbeste maruz kalan işçilerin %15’i uzun dönemde meslek hastalığına yakalanıp ölmelerinin muhtemel olduğunu ifade etmişlerdir. Mathew (2021) gemi geri dönüşüm sektörünün çevre ve insanlar üzerindeki olumsuzlukların çözümü için uluslararası yönergeleri dikkate almanın zorunluluk olduğunu ileri sürmektedir.

Gemi geri dönüşüm sektörünün insan ve çevre sağlığına zarar veren tehlikeli atıklar barındırması nedeniyle; “Tehlikeli Atıkların Sınır Ötesi Taşınmasının ve Bertarafının Kontrolüne İlişkin Basel Sözleşmesi”, “Gemilerin Emniyetli ve Çevreye Uyumlu Geri Dönüşümü Hakkında Hong Kong Uluslararası Sözleşmesi”, “Avrupa Birliği Gemi Geri Dönüşüm Yönetmeliği” gibi gemi geri dönüşümüne ilişkin kural ve düzenlemeler ortaya çıkmıştır (Zhou ve ark., 2021a). Gemi söküm işlemleri ile ilgili ilk kayda değer girişim olan IMO kapsamındaki Basel Sözleşmesi, tehlikeli atıkların hareketinin kontrolü için 1992 tarihinde yürürlüğe giren bir sözleşme olup; 2003 yılında tehlikeli madde içeren tehlikeli madde içeren gemilerin gelişmekte olan ülkelerde sökülmesini de içeren ekonomik ömrünü tamamlayan gemilere yönelik kılavuzları eklenmiştir (Çelik ve ark., 2024). 2019’da yürürlüğe giren, bu gemiler de dâhil tehlikeli atıkların sınır ötesi taşınmasını yasaklamayı amaçlayan yasak değişikliğini de içermesine karşın; gemi söküm sürecine kapsamlı bir şekilde karşı çıkılmaması açısından hala yetersiz görülmektedir (Çelik ve ark., 2024; Solakivi ve ark., 2021). Bu nedenle IMO tarafından 2009 yılında “Gemilerin Emniyetli ve Çevreye Uyumlu Geri Dönüşümü Hakkında Hong Kong Uluslararası Sözleşmesi” kabul edilmiştir (Çelik ve ark., 2024). Bangladeş ve Liberya’nın onay vermesi ile gerekli minimum onay sayısı sağlanması durumunda 2025 yılında yürürlüğe girecektir (Çelik ve ark., 2024). Bu kapsamda; Dewan ve Sibilia (2024) Bangladeş’in Hong Kong sözleşmesini onaylaması durumunun toksik akışları kontrol alma potansiyelini araştırmışlardır ve gemi sökümünden kaynaklı toksik sızıntıları ve eşitsiz güç ilişkilerinin yarattığı yapısal şiddetin ancak denetim ve düzenleyici yaptırımlarla önüne geçilebileceğini ifade etmişlerdir. Bu sözleşme, çevre ve insan güvenliği açısından gereksiz riskleri ortadan kaldırmak için gemilerin tasarımını, inşasını, işletimini ve geri dönüşümünü içermekte (Zhou ve ark., 2021b) ve gemi geri dönüşüm endüstrisi için uluslararası standartları belirlemektedir (Ahmad, 2022). 2009 tarihli Hong Kong Sözleşmesinin erken onaylanmasını kolaylaştırmasını öngören ve büyük ölçüde bu sözleşmeden ilham alan “Avrupa Birliği Gemi Geri Dönüşüm Yönetmeliği” 20 Kasım 2013’de kabul edilmiş ve 31 Aralık 2020’de yürürlüğe girmiştir (Ahmad, 2022; Çelik ve ark., 2024; Solakivi ve ark., 2021). Bu yönetmelik

kapsamında tüm AB bayraklı gemilerin sadece işçi güvenliği ve çevrenin korunması açısından güvenilir "Avrupa Gemi Geri Dönüşüm Tesisleri Listesi"nde bulunan AB ve AB dışı ülkelerdeki sertifikalı tesislerde sökülme (Çelik ve ark., 2024). 2022 yılında yayımlanan 12. baskısında liste, Avrupa'da ve Avrupa dışında bulunan 45 tersaneden oluşmaktadır (European Commission, 2024). Aliğa'daki 9 gemi geri dönüşüm tesisi de bu listede bulunmaktadır (Sakin, 2023). Solakivi ve ark. (2021) Avrupa listesinin mevcut kapasitesinin beklenen gemi geri dönüşüm talebini karşılamaya yeterli olmadığını ve AB dışında önemli bir miktarda ilave kapasiteye ihtiyaç duyulduğunu ifade etmektedir. Glinski (2022) ise; "Avrupa Gemi Geri Dönüşüm Yönetmeliği"nin yönetim yapısının bazı önemli boşluklara sahip olduğu ve belgelendirme kuruluşlarının klasik çıkar çatışmalarına çare olmadığı ve diğer hususların yanı sıra, bir sorumluluk rejimi ile tamamlanması gerektiği sonucuna varmıştır.

1960'lı yıllardan önce gemi sökümü işi, ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde önemli bir işkolu olmasına karşın, daha karlı iş kollarına yönelmeleri nedeniyle, Asya ülkelerine ve Türkiye'ye kaydırılmış bulunmaktadır (Mahindrakar ve ark., 2008). 2022 yılı sonuçlarına göre; satılan gemilerin groston olarak %95'i Bangladeş, Pakistan, Hindistan, Türkiye ve Çin'de gerçekleştirilmektedir (UNCTAD,2023). Tüm gemiler için en yüksek miktarda gemi geri dönüşümüne sahip ülke, %37,2 ile Bangladeş olmuş, bunu %32,3 ile Hindistan takip etmekte olup; Çin, %2,4 ile bu beş ülke en düşük orana sahip olmuş, Türkiye'nin oranı ise %6,4 olarak gerçekleşmiştir (UNCTAD, 2023). Gemi tipleri açısından incelendiğinde ise; en çok gemi dönüşümüne gönderilen gemi tipi %36,1 ile petrol tankeri olmuş, ikinciliği ise %31,5 ile kuru yük taşıyıcıları almış ve üçüncü sırada ise %10,7 ile offshore tesisleri olmuştur (UNCTAD, 2023). Yine 2022 sonuçlarına göre Bangladeş ve Pakistan'ın en çok petrol tankeri ve kuru yük taşıyıcısına, Hindistan ise petrol tankeri ve kuru yük taşıyıcısına ek olarak offshore tesislerine yoğunlaşmış olup; offshore tesislerinin geri dönüşümünün %70'den fazlasını gerçekleştirmektedir (UNCTAD, 2023). Türkiye ise daha çok feribot ve yolcu gemilerine yoğunlaşmış olup, bu tip gemilerin geri dönüşümünün yaklaşık %50'sini gerçekleştirmiş, bunu yaklaşık %36 ile Hindistan takip etmektedir (UNCTAD, 2023). Türkiye'de gemi geri dönüşüm işlemleri İzmir Aliğa Bölgesindeki gemi söküm tesislerinde gerçekleştirilmektedir. Aliğa gemi söküm tesislerinde 9'u AB listesinde olan toplam 22 tesis bulunmaktadır (Sakin, 2023).

Gemi söküm tesisleri iş sağlığı ve çevre açısından ciddi riskleri barındırması nedeniyle kendi içinde rekabet koşullarına dayanarak etkin ve verimli işletilmesi gerekmektedir. Bu nedenle makalede, 5 yıllık söküm tonajı ve söküm miktarları bilinen Aliğa Bölgesinde gemi söküm işlemi yapan 8 tesis için her bir yıl için göreceli verimlilik analizi ile bölgedeki en iyi performansa sahip olan tesisler ve yıllık sıralamalarının

incelenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda öncelikle entropi yöntemiyle ağırlıklandırmalar hesaplanmış ve bu ağırlıklar EATWOS analizinde kullanılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalar, genelde sağlık, emniyet ve çevre ile ilgili çalışmalara yoğunlaşmış olup; Aliğa Bölgesindeki gemi geri dönüşüm sektörü tesislerinin verimlilikleri ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmadığından, tesislerin birbiri arasındaki göreceli verimliliği ölçerek bölgedeki tesislerin karşılaştırılması açısından literatüre katkı sunmaktadır. Çalışmanın giriş bölümünde; gemi geri dönüşümü ile ilgili bilgiler, amaç ve literatüre katkısı belirtilmiştir. Materyal ve Yöntem kısmında ise öncelikle verimlilik analizine değinilmiş ve ardından entropi ve EATWOS yöntemlerine değinilmiştir. Bulgular ve Tartışma bölümünde Aliğa Bölgesi'ndeki gemi söküm tesislerinin verimlilik analizi yapılmış, sonuç bölümünde ise çalışmanın kısıtları, sonuçları ve öneriler verilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada, hibrit bir metot olan entropi yöntemi ile entegre olan EATWOS yöntemi kullanarak Aliğa Gemi Geri Dönüşüm Bölgesinde bulunan söküm tesislerinin göreceli verimlilik analizi yapılmıştır. Bu hibrit yöntemde, entropi yöntemi ile bulunan faktör ağırlıkları EATWOS yönteminde kullanılmaktadır. Bu kapsamda; öncelikle verimlilik analizi kavramına, daha sonra ise entropi ve EATWOS yöntemlerine değinilmiştir.

### 2.1. Verimlilik Analizi

TDK 'ya göre verim ortaya çıkan, istenilen beklenen sonuç ve verimlilik ise verimli olma durumu, verimkârlık olarak tanımlanmıştır (TDK,2024). Basit bir şekilde verim, çıktının girdiye bölünmesi ile bulunmaktadır. Verimlilik, en yalın haliyle var olan girdilerden maksimum çıktı sağlanması olarak ifade edilebilir. İşletmeler için özellikle operasyon süreçlerinde verimlilik önemli olmaktadır. Bu nedenle; verimlilik analizi ile ilgili olarak literatürde pek çok çalışmaya rastlamak mümkündür. Verimliliğin ölçülmesinde, en basit olarak oran analizinden faydalanılmakta olup, tek bir girdi üzerine analiz yapılmaktadır. Kısmi olarak verimlilik bulursa da işletmelerin karmaşık yapısı altında gerçekçi sonuçlar vermeyebilir (Babacan,2006).

Verimlilik analizi yöntemleri genel olarak oran analizi, parametrelili yöntemler ve parametresiz yöntemlerden oluşmaktadır (Casu ve ark., 2004; Porcelli, 2009; Simar, 1992; Yeşilada ve Yaylalı, 2016). Oran analizi, tek girdi ve tek çıktının olduğu, hesaplanmanın basit olduğu bir analiz olup; birden fazla kriteri ele almadığı için verimlilik analizi için sıklıkla yeterli olmamaktadır (Yeşilada ve Yaylalı, 2016; Yeşilyurt, 2009). Parametrelili yöntemler, ekonometrik yöntemler olup, parametrelili yöntemlerde verimlilik sınırı genellikle Cobb-Douglas (log-doğrusal) üretim fonksiyonu biçiminde ekonomik modelleme temelinde oluşturulmaktadır (Asmare ve Begashow, 2018). Bu nedenle, üretim fonksiyonu açıklayıcı değişkenler kümesi (girdiler, çıktılar ve diğer olası açıklayıcı değişkenler) ve bu regresyonun bileşik hata teriminin iki bileşeni (rastgele hata) ve verimsizlik

terimi tarafından tanımlanmaktadır (Asmare ve Begashow, 2018). Parametrel yöntemler, genel olarak deterministik ve stokastik yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır (Murillo-Zamorano ve Vega-Cervera, 2001; Simar, 1992). Deterministik yöntemler, tüm gözlemleri kapsamaktadır ve gözlemlenen üretim ile sınır ve mevcut teknoloji tarafından tanımlanan maksimum üretim arasındaki mesafeyi, teknik verimsizlik olarak tanımlamaktadır (Murillo-Zamorano ve Vega-Cervera, 2001; Simar, 1992). Stokastik yöntemleri ise; üretim fonksiyonu etrafında istatistiksel gürültüye izin veren, teknik verimlilik ile istatistiksel gürültü arasında ayırım yapmayı sağlayan sınır yöntemleridir (Murillo-Zamorano ve Vega-Cervera, 2001; Simar, 1992). Stokastik sınır yaklaşımı, kalın sınır yaklaşımı ve dağıtımsız yaklaşım, parametrel yöntemlerdendir (Asmare ve Begashow, 2018; Kwon ve Lee, 2004). Parametresiz yöntemler ise; verimlilik sınırının en verimli karar alma birimlerinin deneysel sonuçlarından veya kıyaslama ölçütlerinden üretildiği hipotezine dayanmaktadır (Asmare ve Begashow, 2018). Parametrel yöntemler, üretken verimliliğin ölçülmesi, belirli bir sınır fonksiyonunun belirlenmesini gerektirmesine karşın (Murillo-Zamorano ve Vega-Cervera, 2001); parametresiz yöntemler, verimlilik veya teknolojinin altında yatan işlevsel biçim açısından her hangi bir varsayım gerektirmemektedir (Casu ve ark., 2004). Parametresiz yöntemlerde, matematiksel programlama modelleri kullanılmaktadır (Porcelli, 2009). Veri zarflama analizi, EATWOS yöntemi, EATWIOS yöntemi, serbest atılabilir zarf modeli, toplam faktör verimliliği, Malmquist indeks gibi yöntemler parametresiz yöntemlerdendir (Babacan, 2006; Görçün, 2019a; Görçün, 2021; Kwon ve Lee, 2004; Porcelli, 2009; Simar, 1992; Wang ve ark., 2003; Zolfani ve ark., 2023). Verimlilik analizi hizmet ve üretim olan her sektöre uygulanmakta olup; limanlardan (Akyürek, 2017; Ateş ve Esmer, 2015; Chang ve Tovar, 2014; Görçün, 2021; Notteboom ve ark., 2000; Osundiran ve ark., 2021; Schøyen ve Odeck, 2017; Wang ve ark., 2003) tersanelere (Kocak ve ark., 2023; Sezen ve Doğan, 2005), konteyner taşımacılığında (Zolfani ve ark., 2023), gemi filosuna (Fun-Sang ve Caprace, 2015) kadar geniş bir alanda denizcilik sektöründe verimlilik analizinin yapıldığı birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Liman ve terminaller ile ilgili yapılan bazı çalışmalara bakacak olursak; Chang ve Tovar (2014) Peru ve Şili liman terminallerinin verimliliğini ve performansını ölçmek için stokastik sınır analizi uygulayarak toplam faktör verimliliği artışını hedeflemişlerdir. Çalışma sonucunda Şili terminallerinin, Peru terminallerine göre daha verimli olduğu görülmüştür (Chang ve Tovar, 2014). Notteboom ve ark. (2000) parametrel yöntem olan Bayes Stokastik Sınır modellemesine dayalı olarak konteyner terminali verimliliğinin ölçümü için bir yaklaşım sunmaktadır. Çalışmada dört Asya konteyner limanı ile desteklenen 36 Avrupa konteyner terminali karşılaştırılmış olup; kuzey Avrupa konteyner

terminalleri güney terminallerine göre biraz daha yüksek bir verimlilik derecesine sahiptir (Notteboom ve ark., 2000). Ateş ve Esmer (2015) Türk konteyner terminallerinin verimliliğini veri zarflama analizi ve serbest atılabilir zarf modeli ile ölçmeyi hedeflemiştir. Akyürek (2017) ise Karadeniz limanlarının Zonguldak Ereğli limanına göre göreceli verimlilikleri veri zarflama analizi ile hesaplamış ve iyileştirme önerileri vermiştir. Schøyen ve Odeck (2017) Norveç'in konteyner limanlarını, İskandinav ülkeleri ve Birleşik Karalık'taki limanlarla karşılaştırmak için veri zarflama analizi tabanlı Malmquist üretkenlik değişim endeksi kullanmışlardır. Sonuçta Norveç limanlarının verimlilik puanlarının daha yüksek olduğu görülmüştür (Schøyen ve Odeck, 2017). Görçün (2021), Karadeniz konteyner limanlarının verimliliğini analiz etmek için iki hibrit model olan entropi-OCRA ve entropi-EATWIOS yöntemlerini kullanmıştır. Önerilen bu hibrit modellerin denizcilik sektörü çalışmalarına uygulanma durumunu tespit etmek amaçlanmış ve çalışma sonucunda her iki hibrit yöntemin de benzer sonuçlar verdiği ve göreceli liman verimliliği çalışmalarında basit bir şekilde uygulanabileceği görülmüştür (Görçün, 2021). Osundiran ve ark. (2021) Malmquist Verimlilik Endeksi'ni kullanarak Coronavirus hastalığının Singapur konteyner limanı verimliliğine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; salgına rağmen Singapur Deniz Limanı'nın verimlilik seviyelerinde yerleşik bir tutarlılık bulunduğu Singapur limanı için liman verimliliğinin itici güçleri teknoloji ve verimlilik olduğu ve salgının gerçekten de Singapur deniz limanındaki toplam kargo hacmini ve gemi ziyaretini etkilediği tespit edilmiştir (Osundiran ve ark., 2021). Wang ve ark. (2003) dünyanın en önemli konteyner limanları ve terminallerinin verimliliğini veri zarflama analizi ve serbest atılabilir zarf modeli kullanarak değerlendirmeyi amaçlamışlardır.

Denizcilik sektöründe liman ve terminal verimliliği dışında yapılan verimlilik ile ilgili de birçok çalışma mevcuttur. Bu bağlamda; Fun-Sang ve Caprace (2015) 13 gemilik bir filonun yakıt verimliliği ve sera gazı emisyon oranlarını dikkate alarak verimliliklerini ölçmek için parametresiz yöntemlerden biri olan veri zarflama analizi ve Zenginleştirme Değerlendirmeleri İçin Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi (PROMETHEE) kullanmış olup, iki analizin sonucunda filodaki gemilerin performans sonuçları karşılaştırmıştır. Sonuçta sıralamalar farklı çıkmıştır. Örneğin PROMETHEE yönteminde kötü performansa sahip olan gemi1, eski, verimsiz ve tüketimi yüksek bir gemi olmasına karşın, çıktıları, verilen girdileri verimli bir şekilde kullandığı için veri zarflama analizinde yüksek verimliliğe sahip olduğu görülmüştür (Fun-Sang ve Caprace, 2015). Li ve ark. (2015) veri zarflama analizi-Malmquist endeks yöntemini temel alarak, Çin'in 11 kıyı kentinin deniz ekonomisinin "11. Beş Yıllık Plan" dönemindeki toplam faktör verimliliğini ve bu alanlardaki ekonomik verimlilikteki bölgesel farklılıkları karşılaştırmalı olarak analiz etmektedir. Sonuçta kıyı kentlerinin deniz

ekonomisi kalkınma verimliliğinin genel düzeyinin yüksek olmadığı ve teknolojik ilerlemenin, deniz ekonomisini geliştirmenin en büyük gücü olduğu görülmüştür (Li ve ark.,2015) . Zolfani ve ark. (2023) Tip-2 Nötrosofik Bulanık Sayılara (T2NFN'ler) dayalı EATWIOS modelini önermiştir. Bu model, T2NFN setleri öngörülebilir ve öngörülemez belirsizlikleri ele aldığından, EATWIOS tekniğinin son derece güçlendirilmiş bir versiyonudur. Önerilen T2NFN-EATWIOS daha sonra konteyner taşımacılığı endüstrisindeki gerçek dünya değerlendirme problemine uygulanmıştır (Zolfani ve ark.,2023). Ayrıca; Sezen ve Doğan (2005) bir askeri tersanenin atölyelerini karşılaştırmak için veri zarflama analizini kullanmış, atölyeyi etkileyen en önemli kriterlerin boş üretici miktarları ve kayıp işçilik olduğu tespit etmiş ve bu sonuç korelasyon ve regresyon analizi ile göstermiştir. Kocak ve ark. (2023), bir tersanenin verimlilik durumunu gözden geçirmek amacıyla yeni bir yöntem geliştirmiştir. Yöntem, bir tersanenin üst yönetiminin, diğer tersanelerle karşılaştırmaya gerek kalmadan tersanenin kendi durumunu gözlemlemesine yardımcı olur, aynı zamanda daha iyi verimlilik için gemi üretim aşamalarında, gemi tasarımında ve gemi inşa yönetiminde iyileştirilmesi gereken faktörlerin önceliğini de belirler (Kocak ve ark., 2023).

Bununla birlikte; yapılan literatür taramasında gemi geri dönüşüm sektöründe verimlilik ile yapılan bazı çalışmalara, Tablo 1'de yer verilmiştir. Bu kapsamda; Fariya ve ark. (2022) Hong Kong sözleşmesinin uygulanmasının gemi geri dönüşüm tersanesinde verimliliği üzerindeki etkileri araştırılmış olup; sonuç olarak, gemi geri dönüşümünü küresel olarak düzenlemek için yeni uluslararası yönetmelikler uygulanması ve gemi geri dönüşüm tersanelerinin

rekabetçi ve kârlı kalabilmek için etkinliklerini artırmaları gerektiği görülmüştür. Günbeyaz ve ark. (2022) süreçlerin iyileştirilmesi yoluyla tersanelerin verimliliğini artırmayı amaçlamış; ikincil bölgedeki kesme işlemini ayırık olay simülasyonu kullanılarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, plazma kesimin oksijen-yakıt kesime iyi bir alternatif olduğu görülmüştür (Günbeyaz ve ark., 2022). Sunaryo ve Tjitrosoemarto (2022), içinde gerekli tüm endüstrileri ve tesisleri barındıran ve birbirleriyle verimli bir şekilde bağlantılı olan bütünleşmiş bir yeşil ve sürdürülebilir gemi geri dönüşüm endüstrisi alanı konsepti tasarlamayı amaçlamış, düzenlemeyi optimize etmek için Blok Plan programı kullanmıştır. Günbeyaz ve ark. (2018); gemi geri dönüşüm süreçlerini iyileştirmek ve optimize etmek amacıyla gemi geri dönüşüm endüstrisi için bir çerçeve geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada, geliştirilen simülasyon çerçevesi, AB'deki bir gemi geri dönüşüm tersanesinde vaka çalışması olarak uygulanmış; mevcut süreçteki darboğazlar tespit edilmiş ve simülasyonlar aracılığıyla süreci optimize etmek için alternatif çözümler değerlendirilmiştir (Günbeyaz ve ark., 2018). Yan ve ark. (2018) aşındırıcı su jetinin gemi söküm işlemine uygulanmasının ekonomi, güvenlik, verimlilik ve çevre koruma açısından incelemiş; özellikle ekonomik açıdan bazı eksiklikleri olsa da, çevre koruma ve güvenlik açısından kıyaslanamaz avantajlara sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Koga ve ark. (2008) bir gemi geri dönüşüm akışı, temel olarak gemi söküm sürecinin planlanmasına odaklanmaktadır. Bu sistemin girdisi, söküm nesnesi, aşama ve geri dönüşüm sahasının ekipman verileri; çıktısı ise güvenlik, maliyet ve çevresel etkileri dikkate alan bir söküm süreci planıdır (Koga ve ark., 2008).

**Tablo 1.** Gemi geri dönüşüm sektöründe verimlilik ile ilgili yapılan bazı çalışmalar

Yazarlar	Konu
Fariya ve ark. (2022)	Ayrık olay simülasyonu kullanarak IMO'nun Hong Kong sözleşmesinin gereklerinin uygulanmasının bir gemi geri dönüşüm tersanesinin verimliliği üzerindeki etkilerinin belirlenmesi
Günbeyaz ve ark. (2022)	Süreçlerin iyileştirilmesi ile bir gemi geri dönüşüm tesisinde verimliliğin artırılması için, farklı kesme teknolojilerinin ayırık olay simülasyonu ile incelenmesi
Sunaryo ve Tjitrosoemarto (2022)	Endonezya için tüm sanayi ve tesisleri içeren ve birbiriyle verimli bir şekilde bağlantılı entegre yeşil ve sürdürülebilir gemi geri dönüşüm sanayi bölgesi tasarlanması
Günbeyaz ve ark. (2018)	Gemi geri dönüşüm prosedürlerini iyileştirmek ve optimize etmek için gerekli verimli ve çağdaş gemi geri dönüşüm tersanesinin ayırık olay simülasyonu kullanılarak tasarlanması
Yan ve ark. (2018)	Gemi söküm sürecinde tehlikeli maddelerin çevresel etkisi ve gemi söküm sektöründe yeşil teknolojinin geliştirilmesi için su jeti kesme teknolojisinin uygulanabilirliğinin çevre koruma, güvenlik, verimlilik ve ekonomik açıdan incelenmesi
Koga ve ark. (2008)	Güvenli, çevresel etki ve ekonomik verimlilik ele alınarak gemi söküm işlemi için bir planlama modeli önerilerek tesis ekipmanlarının en iyi performansının sağlanması

## 2.2. Entropi Yöntemi

Entropi yöntemi, kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biridir. Birçok çalışmada, EATWOS yönteminde gereken

kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması için, entropi yönteminden faydalanmışlardır. Karar vericilerin değerlendirmelerine gereksinim duymadan, mevcut

veriler üzerinden objektif bir analiz imkânı sunan entropi yöntemi Shannon tarafından 1948’de bulunmuştur (Akan ve Bayar,2021; Wu ve ark., 2011; Çakır ve Perçin, 2013; Doğan, 2020). Aşağıda Entropi yönteminin adımları verilmiştir (Akan ve Bayar,2021, Görçün, 2019a):

1.Adım: Girdi ve çıktı kriterlerine ait karar matrisleri (1)’deki gibi oluşturulmaktadır.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1k} & \dots & X_{1K} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2k} & \dots & X_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{ik} & \dots & X_{iK} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{l1} & X_{l2} & \dots & X_{lk} & \dots & X_{lK} \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1j} & \dots & Y_{1J} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2j} & \dots & Y_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{i1} & Y_{i2} & \dots & Y_{ij} & \dots & Y_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ Y_{l1} & Y_{l2} & \dots & Y_{lj} & \dots & Y_{lJ} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\forall_i = 1,2, \dots, l; \forall_k = 1,2, \dots, K \quad \forall_i = 1,2, \dots, l; \forall_j = 1,2, \dots, J$$

2. Adım: Girdi ve çıktı kriterlerinin karar matrisleri, sırasıyla (2) ve (3)’deki gibi hesaplanıp normalize edilerek, (4) ve (5) matrisleri oluşturulmaktadır.

$$x^*_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad (2)$$

$$y^*_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^m Y_{ij}} \quad (3)$$

$$x^* = \begin{bmatrix} x^*_{11} & x^*_{12} & \dots & x^*_{1k} & \dots & x^*_{1K} \\ x^*_{21} & x^*_{22} & \dots & x^*_{2k} & \dots & x^*_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x^*_{i1} & x^*_{i2} & \dots & x^*_{ik} & \dots & x^*_{iK} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ x^*_{l1} & x^*_{l2} & \dots & x^*_{lk} & \dots & x^*_{lK} \end{bmatrix}$$

$$\forall_i = 1,2, \dots, l; \forall_k = 1,2, \dots, K \quad (4)$$

$$y^* = \begin{bmatrix} y^*_{11} & y^*_{12} & \dots & y^*_{1j} & \dots & y^*_{1J} \\ y^*_{21} & y^*_{22} & \dots & y^*_{2j} & \dots & y^*_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y^*_{i1} & y^*_{i2} & \dots & y^*_{ij} & \dots & y^*_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ y^*_{l1} & y^*_{l2} & \dots & y^*_{lj} & \dots & y^*_{lJ} \end{bmatrix}$$

$$\forall_i = 1,2, \dots, l; \forall_j = 1,2, \dots, J \quad (5)$$

3. Adım: (6) ve (7) formülleri ile girdi ve çıktı kriterleri için entropi değeri hesaplanmakta, bu girdi ve çıktı kriterleri için entropi değerlerinden oluşan matrisler (8) ve (9)’daki denklemler ile gösterilmektedir.

$$e^*_{ij} = x^*_{ij} \cdot (\ln x^*_{ij}) \quad (6)$$

$$e^-_{ij} = y^*_{ij} \cdot (\ln y^*_{ij}) \quad (7)$$

$$E^*_{ij} = \begin{bmatrix} e^*_{11} & e^*_{12} & \dots & e^*_{1k} & \dots & e^*_{1K} \\ e^*_{21} & e^*_{22} & \dots & e^*_{2k} & \dots & e^*_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e^*_{i1} & e^*_{i2} & \dots & e^*_{ik} & \dots & e^*_{iK} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ e^*_{l1} & e^*_{l2} & \dots & e^*_{lk} & \dots & e^*_{lK} \end{bmatrix}$$

$$\forall_i = 1,2, \dots, l; \forall_k = 1,2, \dots, K \quad (8)$$

$$E^-_{ij} = \begin{bmatrix} e^-_{11} & e^-_{12} & \dots & e^-_{1j} & \dots & e^-_{1J} \\ e^-_{21} & e^-_{22} & \dots & e^-_{2j} & \dots & e^-_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e^-_{i1} & e^-_{i2} & \dots & e^-_{ij} & \dots & e^-_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ e^-_{l1} & e^-_{l2} & \dots & e^-_{lj} & \dots & e^-_{lJ} \end{bmatrix}$$

$$\forall_i = 1,2, \dots, l; \forall_j = 1,2, \dots, J \quad (9)$$

Daha sonra her bir kriter için entropi değeri (10) ve (11)’deki gibi hesaplanmaktadır.

$$E^*_{ij} = \left( \frac{-1}{\ln(m)} \right) \sum_{i=1}^m (x^*_{ij} \cdot \ln x^*_{ij}); \forall_j \quad (10)$$

$$E^-_{ij} = \left( \frac{-1}{\ln(m)} \right) \sum_{i=1}^m (y^*_{ij} \cdot \ln y^*_{ij}); \forall_j \quad (11)$$

Daha sonra (12) ve (13) ile dj olarak belirtilen belirsizlik değeri bulunmaktadır.

$$d^*_{ij} = 1 - E^*_{ij}; \forall_j \quad (12)$$

$$d^-_{ij} = 1 - E^-_{ij}; \forall_j \quad (13)$$

4. Adım: En sonunda (14) ve (15) ile her bir girdi ve çıktı kriterlerinin ağırlık değeri bulunmaktadır.

$$w^*_{ij} = \frac{d^*_{ij}}{\sum_{i=1}^m d^*_{ij}}; \forall_j \quad (14)$$

$$w^-_{ij} = \frac{d^-_{ij}}{\sum_{i=1}^m d^-_{ij}}; \forall_j \quad (15)$$

### 2.3. EATWOS Yöntemi

EATWOS (Çıktıların Tatminine Dayalı Etkinlik Analizi Tekniği) (Efficiency Analysis Technique With Output Satisficing) Yöntemi 2006’da Peters ve Zelewski’nin geliştirdiği bir yöntemdir. Bu yöntemin adımları aşağıda verilmiştir (Akan ve Bayar,2021; Görçün, 2019a; Kundakçı, 2019; Peters ve Zelewski, 2006):

1. Adım: Girdi ve çıktı kriterleri normalize edilmektedir. Girdi ve çıktı faktörlerinin normalleştirilmesi (16) ve (17) ile hesaplanmaktadır.

$$S_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij})^2}}; \forall_j \quad (16)$$

$$R_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (y_{ij})^2}}; \forall_j \quad (17)$$

Normalize edilmiş girdi ve çıktı matrisleri (18)’de gösterilmektedir.

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1k} & \dots & S_{1K} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2k} & \dots & S_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{i1} & S_{i2} & \dots & S_{ik} & \dots & S_{iK} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ S_{l1} & S_{l2} & \dots & S_{lk} & \dots & S_{lK} \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1j} & \dots & R_{1J} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2j} & \dots & R_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{i1} & R_{i2} & \dots & R_{ij} & \dots & R_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ R_{l1} & R_{l2} & \dots & R_{lj} & \dots & R_{lJ} \end{bmatrix} \quad (18)$$

2. Adım: Normalize edilmiş girdi matrisleri için minimum normalize edilmiş girdi miktarı (19)’da ve ardından girdiler için mesafe ölçüsü (20)’de gösterilmektedir.

$$s^*_k = \min \left\{ \frac{\rightarrow}{r_j} \right\}; \forall_j = 1, \dots, J \quad (19)$$

$$ip_{ij} = 1 + (s_{ij} - s^*_k); \forall_i = 1, \dots, k \forall_j = 1, \dots, J \quad (20)$$

Ayrıca normalize edilmiş çıktı matrisleri için maksimum normalize edilmiş çıktı miktarı (21)'de ve ardından çıktılar için mesafe ölçüsü (22)'de gösterilmektedir.

$$r_{ij} = \max \left\{ \rightarrow_{s_k} \right\}; \forall_k = 1, \dots, K \quad (21)$$

$$op_k = 1 + (r^*_j - r_{ij}); \forall_i = 1, \dots, I, \forall_j = 1, \dots, J \quad (22)$$

Bu hesaplamalar ile bulunan I normalize edilmiş girdi matrisi ve O normalize edilmiş çıktı matrisi (23)'de görülmektedir.

$$I = \begin{bmatrix} I_{11} & I_{12} & \dots & I_{1k} & \dots & I_{1K} \\ I_{21} & I_{22} & \dots & I_{2k} & \dots & I_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{i1} & I_{i2} & \dots & I_{ik} & \dots & I_{iK} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ I_{11} & I_{12} & \dots & I_{1k} & \dots & I_{1K} \end{bmatrix} \quad O = \begin{bmatrix} O_{11} & O_{12} & \dots & O_{1j} & \dots & O_{1J} \\ O_{21} & O_{22} & \dots & O_{2j} & \dots & O_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ O_{i1} & O_{i2} & \dots & O_{ij} & \dots & O_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ O_{11} & O_{12} & \dots & O_{1j} & \dots & O_{1J} \end{bmatrix} \quad (23)$$

3. Adım: Girdi ve çıktı kriterleri için bulunan mesafe ölçütleri ve entropi yöntemi ile bulunan kriter ağırlıkları ile çarpılarak, ağırlıklandırılmış mesafe ölçütleri (24) ve (25) formülleriyle bulunmaktadır.

$$i^*_{ij} = ip_{ik} \cdot w^*_{ij} \quad (24)$$

$$o^-_{ij} = ip_{ik} \cdot w^-_{ij} \quad (25)$$

(24) ve (25) numaralı eşitsizlik formüllerindeki hesaplamalardan sonra kriterlerin mesafe ölçütlerini gösteren, I\* (26) ve O- (27) matrisleri oluşturulmaktadır.

$$I^* = \begin{bmatrix} I^*_{11} & I^*_{12} & \dots & I^*_{1k} & \dots & I^*_{1K} \\ I^*_{21} & I^*_{22} & \dots & I^*_{2k} & \dots & I^*_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I^*_{i1} & I^*_{i2} & \dots & I^*_{ik} & \dots & I^*_{iK} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ I^*_{11} & I^*_{12} & \dots & I^*_{1k} & \dots & I^*_{1K} \end{bmatrix} \quad (26)$$

$$O^- = \begin{bmatrix} O^-_{11} & O^-_{12} & \dots & O^-_{1j} & \dots & O^-_{1J} \\ O^-_{21} & O^-_{22} & \dots & O^-_{2j} & \dots & O^-_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ O^-_{i1} & O^-_{i2} & \dots & O^-_{ij} & \dots & O^-_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ O^-_{11} & O^-_{12} & \dots & O^-_{1j} & \dots & O^-_{1J} \end{bmatrix} \quad (27)$$

4. Adım: Son adımda her bir alternatifin verimlilik değeri (28) ile bulunmaktadır.

$$F_i = \frac{\sum_{j=1}^i i^*_{ij}}{\sum_{k=1}^K o^-_{ij}} \quad (28)$$

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada; Aliağa Bölgesi gemi söküm tesislerinde bulunan işletmelerin birbiri ile kıyaslanmasını yapmak için göreceli verimlilik analizi yöntemlerinden biri olan entropi yöntemi entegre edilmiş EATWOS yöntemi kullanılmıştır.

Aliağa Bölgesinde yapılan çalışmalar incelendiğinde; genellikle insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkiler ve riskler üzerine çalışmalara yoğunlaşıldığı görülmektedir. Bu kapsamda; Çelik ve ark. (2024) Aliağa bölgesi gemi geri dönüşüm sektörünün çevresel etkisini analiz etmişlerdir. "Gemilerin uluslararası mevzuata uygun şekilde geri dönüştürülmesi", "Avrupa gemi geri dönüşüm sektöründe pazar payını arttırmaya çalışmak",

"gemi geri dönüşüm sektörünün ekonomik ve çevresel katkılarını ön plana çıkarmak için kamu ve hükümet yetkililerinden destek toplayarak daha fazla teşvik aramak" en etkili önlemler olarak bulunmuştur (Çelik ve ark., 2024). Menteş (2023) Aliağa gemi geri dönüşüm tesislerinde hem gemi hem saha operasyonlarında risk analizi ve dayanıklılık araştırması yapmışlardır. Bulgular, Aliağa gemi geri dönüşüm sektörünün acil müdahale gerektiren güvenlik sorunlarıyla yüzleşmeye devam ettiğini ve organizasyon ve personel esnekliğinde boşluklar olduğunu göstermiştir (Menteş, 2023). Ayrıca Menteş ve Yiğit (2020) Aliağa'daki bir gemi geri dönüşüm tesisindeki saha operasyonlarındaki potansiyel riskleri tespit ederek, bu risklerin öncelik sayısını hesaplamış ve en büyük riskin ıslak zemin çalışmaları olduğunu, bunu elektrik panoları, soketleri ve kablolarının takip ettiğini belirtmişlerdir. Marselou ve ark. (2019) Aliağa Bölgesindeki gemi söküm işlemlerinin çevre ve insan sağlığına zararları ve kirlilik analizi yaparak çalışma koşullarına ilişkin risk değerlendirmesi ve yürürlüğe giren düzenlemeler hakkında inceleme yapmışlardır. Sektördeki bu risklerin en aza indirgenmesi, operasyon sürecinin verimli ve etkin bir şekilde yönetilmesi ile mümkündür. Bu bakımdan verimlilik analizi ile tesislerin performanslarının ölçülmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle çalışmada, Aliağa Bölgesi'ndeki gemi söküm tesislerinin göreceli olarak verimlilik analizi yapmak hedeflenmiş ve bunun için entropi yöntemi ile entegre EATWOS yöntemi kullanılmıştır.

Yapılan literatür taramasında EATWOS yöntemi kullanılarak gemi söküm tesislerinde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak; literatürde entropi yöntemi entegre EATWOS yöntemi ile ilgili bir çok sektörle ilgili etkinlik ve verimlilik analizi yapılmış olup, taşımacılık ve lojistik sektöründe de bazı çalışmalar mevcuttur. Bu kapsamda birkaç çalışmaya bakacak olursak; Bansal ve ark. (2014), ambalajlı su üreticisi ve dağıtıcılarının tedarik zinciri performansını ölçmek için EATWOS yöntemini kullanmıştır. Kundakçı (2019) da tedarikçilerin performanslarını ölçmek için EATWOS ve OCRA yöntemlerinin analiz sonuçlarındaki sıralamalarını karşılaştırmıştır. Görçün (2019b) Orta Asya Türk Cumhuriyetlerinin lojistik ve taşımacılık performansını ölçmek için entropi entegre EATWOS yöntemini kullanmış olup; Türkiye'nin en yüksek verimliliğe sahip olduğu görülmüştür. Bir diğer çalışmada; Görçün (2019a) Avrupa'daki önemli bazı tramvay ve hafif raylı sistemlerin verimliliğini bulmak için entropi ve EATWOS yöntemleri kullanılmıştır. Uludağ (2020) ise; 2014-2018 yılları arasında Türkiye'deki havalimanlarının verimliliğini ölçmek için ağırlık kısıtlı EATWOS yöntemi kullanılmıştır. Bununla birlikte; Görçün (2019c) Karadeniz Konteyner limanlarının performans analizini entegre entropi EATWOS yöntemi ile analiz ettiği çalışma sonucunda Contansa limanı en verimli çıkmıştır. Yüksekıldız (2022) ise 22 Türk konteyner limanının 2015-2017 yılları arasındaki verimliliği entropi ve EATWOS yöntemi ile analiz etmiştir. Çalışma sonucunda

verimlilik skoru yüksek limanların Marmara ve Ege Bölgesi'nde, düşük limanların ise Akdeniz ve Karadeniz Bölgesi'nde yoğunlaştığı görülmüştür (Yüksekıldız,2022). Alnıpak (2022) ise; ağırlıklandırması CRITIC yöntemiyle yapılmış EATWOS yöntemi kullanarak TCDD limanlarını analiz etmiş ve verimlilik ve karlılık arasında "pozitif orta derece ilişki" olduğunu bulmuştur.

Aliğa Gemi Söküm Tesisleri bölgesinde toplam 22 tesis bulunmasına karşın; girdi ve çıktı verilerine ulaştığımız raporda, bu 22 tesisin her yıl için ayrı ayrı sökülen gemi tonajı ve sökülen gemi adetleri verilmiş olup, bazı yıllarda bazı tesislerdeki sökülen gemi tonaj ve adetleri verilmemiştir. Bu kapsamda; tesislerin birbiri arasındaki verimliliklerinin yıllara göre değişimlerini doğru bir şekilde analiz edebilmek için sadece 2018-2022 yılları arasında tüm bilgilere sahip olduğumuz 8 tesis analize dahil edilmiş, diğer tesisler ise çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmaya dahil olan 8 tesisin 5 tanesi Avrupa Birliği Tesisleri listesinde yer almakta, 2 tanesi

AB listesine başvurusu yapılmış ancak denetlenmiş ve onaylanmamış, 1 tanesi ise AB listesine başvurmuş ama denetlenme sonucu henüz yayımlanmamıştır. Çalışmada kullanılan veriler NGO platformunun "Türkiye'deki gemi geri dönüşümü" adlı raporundan alınmıştır (Sakin,2023). Çalışmanın girdileri tesis kapasitesi (LDT ton/yıl) ve faaliyet alanı (m<sup>2</sup>) olmakla birlikte çıktıları ise sökülme tonaj (GT) ve sökülme miktarı (adet) olarak alınmıştır. Ele aldığımız girdi kriterleri olan tesis kapasitesi ve faaliyet alanı değerlerinin kısa vadede değişme ihtimalinin düşük olması nedeniyle tüm yıllar için girdilerin değişmediği kabulü yapılarak aynı alınmıştır.

Makalede, her bir yıl için analizler yapılmış olup, yıllar içinde firmaların verimlilik sıralamalarından hareketle değişimler incelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca çalışmada tesislerin rekabet koşullarına zarar verilmemesi açısından tesis adları verilmemiş, her bir tesis bir harf ile belirtilmiştir. Tablo 2'de çalışmaya ait girdi değerleri ve Tablo 3'de çıktı değerleri verilmiştir.

**Tablo 2.** Girdiler

Tesis	Tesis Kapasitesi (LDT ton/yıl)	Faaliyet Alanı (m <sup>2</sup> )
A	75000	10500
B	80000	27000
C	60000	14700
D	75000	16040
E	70000	14490
F	120000	23680
G	90000	17540
H	70000	13490

**Tablo 3.** Çıktılar

Tesis	Söküm Tonajı (GT)					Söküm Miktarı (Adet)				
	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
A	13179	28701	54662	10870	16214	4	3	5	1	1
B	45364	58063	194215	139939	127314	7	4	5	4	2
C	41991	47096	73529	75166	75084	3	8	1	1	2
D	8643	20646	4224	21809	49469	2	4	2	7	5
E	31148	74719	72568	52186	15112	14	14	15	6	6
F	48283	54518	116785	97279	96687	5	3	7	6	3
G	126215	76006	207604	95276	6748	8	4	7	5	1
H	63627	77379	159342	134815	24754	3	4	3	2	2

İlk olarak EATWOS yönteminde öncelikle faktör ağırlıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Entropi entegre EATWOS yönteminde faktör ağırlığını belirlemek için entropi yöntemi kullanılmaktadır. Faktör ağırlıkları her yıl için bulunmuş ve Tablo 4'de gösterilmiştir.

Daha sonra ise bulunan faktör ağırlıkları kullanılarak her bir yıl için ayrı ayrı 8 tesisin göreceli verimlilik skoru hesaplanmış ve sıralamalar belirlenmiştir (Tablo 5). Tablo 5'e yıllar bazında verimlilik skorlarına baktığımızda 2018-2022 yıllarında en yüksek verimlilik skorlarının sırasıyla, yaklaşık 0.855, 0.584, 0.728, 0.781

ve 0.867; en düşük verimlilik skorlarının ise sırasıyla yaklaşık 0.351, 0.315, 0.341, 0.518 ve 0.457 olduğu görülmüştür.

Tablo 5'de yıllara göre tesislerin göreceli verimlilik skorları ve sıralamaları verilmiştir. 2018 yılında verimlilik skorları en yüksek çıkan üç tesis sırasıyla G,E ve H ve en düşük tesisler ise sırasıyla D, A ve F olmuştur. 2019 yılında ise en yüksek çıkan üç tesis sırasıyla E, C ve H ve en düşük tesisler ise sırasıyla F, D, A olmuştur. 2020 yılında ise en yüksek çıkan üç tesis sırasıyla E, G ve H ve en düşük tesisler ise D, C ve A sırasıyla olmuştur. 2021



yılında ise en yüksek çıkan üç tesis sırasıyla H,E ve G ve en düşük tesisler ise sırasıyla A, C ve F olmuştur. 2022 yılında ise en yüksek çıkan üç tesis sırasıyla D, E, B ve en düşük tesisler ise sırasıyla G, A ve H olmuştur.

Tablo 5'e göre tesislerin yıllar içinde göreceli verimlilik skor sıralamalarına bakacak olursak A tesisi AB tesis listesinde olmasına karşın, tüm yıllar için verimlilik sıralaması en kötü olan üç tesislerden biri olmuştur. AB tesis listesinde olan B tesisinin ise kendi içinde istikrarlı bir dağılıma sahip olduğu ve 2022 yılında ise en yüksek 3. Tesis olmayı başardığı görülmüştür. AB tesis listesinde olan C tesisinin ise verimlilik skor ve sıralamalarının istikrarsız bir şekilde dağıldığı ve 2020 ve 2021 yıllarında en kötü ikinci tesis olduğu görülmüştür. AB listesine başvuran ancak denetleme sonucunda onaylanmayan D tesisi ilk üç yılda en kötü üç tesis arasında yer alırken, 2021'de 5. ve 2022 yılında ise 1. Sıraya yükselerek zirvedeki yerini almıştır. AB listesine

başvuran ancak denetleme sonucunda onaylanmayan diğer bir tesis olan E tesisi tüm yıllarda ilk iki sırada yer almış ve en verimli tesis olmayı başarmıştır. AB listesine başvuran ancak denetleme sonucu henüz açıklanmayan F tesisi üç yıl en kötü üç tesis arasında yer almış, 2020 ve 2022 yıllarında 5. Sırada bulunmuştur. AB listesinde bulunan G tesisi 2018,2020 ve 2021 yıllarından en iyi üç tesis arasında olan tesisin 2019 yılında 4. Sıraya düşmesinin sebebi pandeminin çıkışını iyi yönetememesi olabilir. AB listesinde bulunan H tesisi ilk üç yılda 3. sırada yer almış, 2021'de 1. sıraya yükselmesine karşın, 2022'de ani düşüş ile 6. Sırada yerini almıştır. Diğer yıllarda ilk üçte yer alan G ve H tesislerinin 2022 yılında sıralamada en sonlarda olmasının sebeplerinden biri Aliğa Gemi Söküm Bölgesindeki tesislerdeki işçilerin Şubat 2022'de greve gitmesi ve grevden kaynaklı olarak işçilerin %20'sinin işten çıkarılmaları olabilir (Sakin,2023).

**Tablo 4.** Entropi yöntemi ile bulunan faktör ağırlıkları

Yıl	Girdiler		Çıktılar	
	Tesis Kapasitesi (LDT ton/yıl)	Faaliyet Alanı (m <sup>2</sup> )	Söküm Tonajı (GT)	Söküm Miktarı (Adet)
2018	0,42709323	0,57290677	0,574313492	0,425686508
2019	0,42709323	0,57290677	0,312826926	0,687173074
2020	0,42709323	0,57290677	0,474756367	0,525243633
2021	0,42709323	0,57290677	0,515646391	0,484353609
2022	0,42709323	0,57290677	0,641846866	0,358153134

**Tablo 5.** Entropi EATWOS sonuçları

	2018		2019		2020		2021		2022	
	Verimlilik Skoru	Sıra	Verimlilik Skoru	Sıra	Verimlilik Skoru	Sıra	Verimlilik Skoru	Sıra	Verimlilik Skoru	Sıra
A	0,445967	7	0,337826	6	0,495748	6	0,517747	8	0,536385	7
B	0,539058	4	0,343203	5	0,564703	4	0,745496	4	0,820397	3
C	0,504654	5	0,44554	2	0,417641	7	0,631882	7	0,786531	4
D	0,351301	8	0,319929	7	0,340784	8	0,727222	5	0,867495	1
E	0,769597	2	0,583537	1	0,727836	1	0,765747	2	0,843987	2
F	0,484279	6	0,314533	8	0,506869	5	0,718804	6	0,768665	5
G	0,854685	1	0,399945	4	0,666542	2	0,759179	3	0,457017	8
H	0,573764	3	0,433838	3	0,567568	3	0,781234	1	0,618357	6

#### 4. Sonuç

Gemi geri dönüşümü, başta çelik olmak üzere diğer dönüştürülebilir malzemelerin yeniden kullanımına olanak sağlaması nedeniyle doğal kaynakların korunmasını sağlayan ekonomik, sürdürülebilir çevre dostu bir uygulamadır. Ancak özellikle ekonomik ömrü dolmuş eski gemilerde tehlikeli maddeleri barındırma olasılığı bulunmakta, bu nedenle gemi sökümü sırasında bu tehlikeli maddelerin açığa çıkma riski oluşabilmesi sebebiyle, uygun ve dikkatli bir şekilde söküm işlemi yapılmadığında insan sağlığına ve çevreye karışarak zarar verme durumu bulunmaktadır.

Gemilerin ekonomik ve teknik ömürlerini tamamlamaları ve denizcilik filosundaki arz talep dengesinin sağlanması için gemiler geri dönüşüme yollanmaktadır. Gemi geri

dönüşümü ile birlikte her yıl milyonlarca ton çelik geri dönüşümü olmaktadır. Bu nedenle; gemi geri dönüşüm sektörü sürdürülebilirlik açısından yeşil bir sektör olarak düşünülse de; toksik gemilerin sökümünün gerçekleştirilmesi ve tesislerin yeterli donanımına sahip olmaması gibi nedenlerle, aslında insan ve çevre açısından ciddi zararlara sebep olabilmektedir. Maalesef dünya üzerinde gemi geri dönüşümü sektöründe en büyük paya sahip olan gelişmekte olan ülkelerde gemi sökümünde standart altı gemiler sökülmemekte ve söküm işlemleri de belirli standardın altında gerçekleştirilmektedir. Ülkemizdeki duruma baktığımızda öncelikle toksik gemilerin zaman zaman Aliğa Bölgesi Gemi Söküm Tesislerine söküm için geldiği görülmektedir. Bununla birlikte koordinasyon ve denetim eksikliği, çevresel

riskler barındırması gibi durumlarla karşı karşıya kalınmaktadır. Gemi geri dönüşüm sektörü bu gibi nedenlerle çevre ve insan sağlığı açısından ciddi tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeşil bir gemi geri dönüşüm sürecinin gerçekleşmesi için, öncelikle toksik gemilerin ülkeye girmesinin engellenmesi için önlemlerin alınarak denetlemelerin eksiksiz yapılması ve gemi geri dönüşüm tesislerinin insan sağlığı ve çevreye zarar vermemesi için gereken donanımlara sahip olması ve işçi sağlığı için denetlenmesi önem arz etmektedir. Bunun dışında işletmeler de, bu kurallara uymalı ve gerekli donanımları sağlamalı, çevre ve insan sağlığına ve işçilerin eğitim ve sağlığına önem vermeli ve bütün bunları yapabilmek için gemi geri dönüşüm süreçlerini etkin ve verimli olacak şekilde planlamalı ve bu çerçevede süreçlerini gerçekleştirmelidir. Bunun için sürdürülebilir çevre ve insan sağlığı açısından kriterler de göz önüne alınarak her bir sürecin verimlilik durumu ölçülmeli, gerektiğinde iyileştirmeler sağlanmalıdır. Bununla birlikte Aliğa Gemi Geri Dönüşüm Bölgesi'nde 22 tane tesis bulunmaktadır. Bu tesislerin birbiri ile rekabet edebilmesi için sürdürülebilir koşullarda dikkate alınarak diğer tesisler arasındaki verimlilik durumunun karşılaştırılması da, tesislerin rekabet açısından önünü görebilmesi ve gereken iyileştirmeleri yapması için önem arz etmektedir.

Uygun doğru teknik ve prosedürleri takip ederek zararsız bir sökülme işleminin gerçekleştirilmesi ancak tesisin etkin ve verimli bir şekilde yönetimiyle mümkündür. Bu kapsamda tesislerin operasyonlarının verimli bir şekilde gerçekleşmesi diğer tesislerle rekabette de bir avantaj olmaktadır. Bu nedenle makalede, 2018-2022 yılları arasında girdi çıktı değerlerine sahip olduğumuz 8 tesis, entropi yöntemi entegre EATWOS yöntemi kullanılarak her bir yıl için analiz edilmiştir. Analiz sonucunda ilgili 5 yılda en iyi verimlilik skoruna ve sıralamasına sahip üç tesis E, G ve H tesisleri olurken; en kötü verimlilik skoruna ve sıralamasına sahip üç tesis ise A, D ve F tesisleri olarak bulunmuştur. En iyi üç tesis arasında bulunan E tesisi, AB listesine başvuran, denetlenen ama onaylanmayan bir tesis olup; en kötü üç tesis arasında bulunan A tesisi ise AB tesis listesinde bulunmaktadır. Çalışmada ele alınan girdi ve çıktı değerleri, ancak mevcut veriler altında belirlenmiştir. Bu durum gerek gemi geri dönüşüm sektörü, gerekse tesisler bazında şeffaf ve yeterli bilgi ve veri paylaşımının olmamasından kaynaklanmaktadır. AB tesis listesinde bulunan tesisin verimsiz çıkarken, onaylanmayan tesisin ise verimli çıkmasının nedeni kurallara uygun olmayan standart dışı bir şekilde sökülme işlemi yapması veya kullanılan ekipmanlar ve çalışan sayısı gibi kriterlerin dahil edilmemiş olması da olabilir. Bu konuda paylaşılan yeterli veri olmadığından bunun nedenini net bir şekilde tahmin etmek mümkün değildir. Bununla birlikte; Aliğa Bölgesinde toplam 22 adet gemi sökülme tesisi bulunmakla birlikte; yalnızca 8 tesisin analize dahil edilmesinin nedeni diğer tesislerde yeterli veriye ulaşılamamasından kaynaklanmaktadır. Gelecekteki çalışmalarda

sürdürülebilirlik, çevre ve ekonomik vb. olacak şekilde girdi ve çıktı değerleri ile çalışmanın kapsamı geliştirilebilir. Bununla birlikte; yapılan çalışmalarda gemi geri dönüşüm sektörü verimlilik üzerine çok az çalışma yapılmışken, bu çalışmalarda ise ağırlıklı olarak gemi geri dönüşümdeki süreçlerin verimli bir şekilde planlanması ile ilgili çalışmalar yapılmış olup; var olan verimliliğin ölçümüyle ilgili olarak çalışmalar ise göz ardı edilmiştir. Gelecekte, diğer tesislerle rekabet edilebilirliğin ölçülmesi ile ilgili olarak daha fazla gemi geri dönüşüm tesislerinin verimlilik analizi ile ilgili çalışmalar yapılabilir. Bununla birlikte gelecekte, dünyada gemi geri dönüşüm sektöründe öncü ülkeler arasında bir verimlilik analizi yapılarak, Türkiye'nin sektördeki konumu incelenebilir.

Yapılan literatür çalışmasında gemi geri dönüşüm sektöründe entropi yöntemi entegre EATWOS yöntemi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamış olup, Aliğa Bölgesi Gemi Söküm Tesislerinin verimlilik analizinin yapılması açısından da bu çalışma literatüre katkı sağlamaktadır.

### Katkı Oranı Beyanı

Yazarın katkı yüzdesi aşağıda verilmiştir. Yazar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	S.B.
K	100
T	100
Y	100
VTI	100
VAY	100
KT	100
YZ	100
KI	100
GR	100
PY	100
FA	100

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

### Çatışma Beyanı

Yazar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

### Etik Onay Beyanı

Bu araştırmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

### Kaynaklar

- Ahmad M. 2022. Ship recycling in India- environmental stock taking. Indian Law Review, 6(3): 465-478, DOI: 10.1080/24730580.2022.2082100.
- Akan E, Bayar S. 2021. Türk gemi inşa sektörünün yıllara göre

- performansının entegre entropi ve eatwos yöntemiyle analizi. In: Proceedings of Başkent International Conference on Multidisciplinary Studies, 23 - 24 Eylül 2021, Ankara, Türkiye, ss: 519-535.
- Akyürek E. 2017. Türkiye Karadeniz limanları verimlilik analizi. Verimlilik Derg, (4): 29-45.
- Alnıpak S. 2022. Liman operasyonel verimliliğinin karlılık ile ilişkisi: TCDD Limanları üzerine bir araştırma. Maliye Finans Yazıları, 118: 239-256.
- Asmare E, Begashaw A. 2018. Review on parametric and nonparametric methods of efficiency analysis. Biostat Bioinform, 2(2): 1-7.
- Ateş A, Esmer S. 2015. Farklı yöntemler ile Türk konteyner limanlarının verimliliği. Verimlilik Derg, 1: 61-76.
- Babacan A. 2006. Türkiye'deki üniversitelerde VZA yöntemiyle verimlilik analizi. Doktora Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas, Türkiye, ss: 309.
- Bansal A, KrSingh R, Issar S, Varkey J. 2014. Evaluation of vendors ranking by EATWOS approach. J Adv Manage Res, 11(3): 290-311.
- Carvalho IS, Antão P, Soares CG. 2009. Modelling of environmental impacts of ship dismantling. In: Soares CG, Das PK, editors. In Analysis and Design of Marine Structures, CRC Press, London, UK, 1<sup>st</sup> ed, pp: 557-566.
- Casu B, Girardone C, Molyneux P. 2004. Productivity change in European banking: A comparison of parametric and non-parametric approaches. J Banking Finance, 28(10): 2521-2540.
- Chang V, Tovar B. 2014. Efficiency and productivity changes for Peruvian and Chilean ports terminals: A parametric distance functions approach. Transport Policy, 31: 83-94.
- Çakır S, Perçin S. 2013. AB ülkeleri'nde bütünlük entropi ağırlık-TOPSIS yöntemiyle ar-ge performansının ölçülmesi. Uludağ Üniv İktisadi İdari Bilim Fak Derg, 32(1): 77-95.
- Çelik MS, Akyar DA, Ceylan BO. 2024. Navigating environmental sustainability in ship recycling industry: Integrated SWOT-TOWS-ANP approach. Ocean Engin, 295: 116906.
- Dewan C, Sibilia EA. 2024. Global containments and local leakages: Structural violence and the toxic flows of shipbreaking. Environ Planning C: Politics Space, 42(1): 80-101.
- Doğan H. 2020. Türkiye ve AB ülkelerinin arge verimliliklerinin entropi-EATWOS yöntemleri ile karşılaştırılması. Karadeniz Sosyal Bilim Derg, 12(23): 515-533.
- European Commission. 2024. List of ship recycling facilities: first renewals of inclusion for yards located outside the EU. URL: [https://environment.ec.europa.eu/news/list-ship-recycling-facilities-first-renewals-inclusion-yards-located-outside-eu-2023-12-06\\_en](https://environment.ec.europa.eu/news/list-ship-recycling-facilities-first-renewals-inclusion-yards-located-outside-eu-2023-12-06_en), (accessed date: May 10, 2024).
- Fariya S, Günbeyaz SA, Kurt RE, Turan O. 2022. Determining the effects of implementing IMO's Hong Kong Convention's requirements on the productivity of a ship recycling yard by using discrete event simulation. Ships Offshore Struct, 17(11): 2508-2519.
- Fariya S, Günbeyaz SA, Kurt RE, Sunaryo S, Djatmiko EB. 2019. Developing sustainable green ship recycling facilities in Indonesia: Investigation of current situation. In Proceeding Proceedings of the 18th International Congress of the Maritime Association of the Mediterranean (IMAM 2019), September 9-11, Varna, Bulgaria, pp: 439.
- Fun-sang MA, Caprace JD. 2015. Improving ship fleet performance using a non-parametric model. In SNAME Maritime Convention, November 3-7, Rhode Island, USA, pp: D031S008R002.
- Glinski C. 2022. The public-private governance regime on sustainable ship recycling: An in-depth analysis. Rev European, Comparat Inter Environ Law, 31(2): 268-281.
- Görçün ÖF. 2019a. Kentsel lojistikte kullanılan hafif raylı sistem hatlarının entegre entropi ve EATWOS yöntemleri kullanılarak analizi. Gümüşhane Üniv Sosyal Bilim Enstit Elektron Derg, 10(1): 254-267.
- Görçün ÖF. 2019b. Orta Asya Türk Cumhuriyetlerinin lojistik ve taşımacılık performansları ve verimliliklerinin analizi için hibrid birçok kriterli karar verme modeli. MANAS Sosyal Araş Derg, 8(3): 2775-2798.
- Görçün ÖF. 2019c. Entegre Entropi ve EATWOS yöntemleri kullanılarak Karadeniz konteyner limanlarının verimlilik analizi. Eskişehir Osmangazi Üniv İktisadi İdari Bilim Derg, 14(3): 811-830.
- Görçün ÖF. 2021. Efficiency analysis of Black sea container seaports: application of an integrated MCDM approach. Maritime Pol Manage, 48(5): 672-699.
- Günbeyaz SA. 2019. Designing efficient and contemporary ship recycling yards through discrete event simulation. PhD Thesis, University of Strathclyde, Glasgow, Scotland, pp: 447.
- Günbeyaz SA, Giagloglou E, Kurt RE, Rogge KG, Alkaner S, McKenna SA, Turan O, Lord R. 2023. Workers' exposure to dust and potentially toxic elements during steel cutting in two ship dismantling cases. Ocean Engin, 270: 113628.
- Günbeyaz SA, Kurt RE, Turan O. 2018. Designing efficient contemporary ship recycling yards through discrete event simulation. Transport Research Arena (TRA) 2018, April 16-19, Vienna, Austria, pp: 63.
- Günbeyaz SA, Kurt RE, Turan O. 2022. Investigation of different cutting technologies in a ship recycling yard with simulation approach. Ships Offshore Struct, 17(3): 564-576.
- Hasanlı YS, Kendirlihan ŞE, Türk M. 2023. Bir gemi söküm işçisi örneği ile iş hijyeninin önemi ve nedensellik ilişkisi kurmanın zorlukları. Sürekli Tıp Eğitimi Derg, 32(3): 238-242.
- Kocak ST, Helvacioğlu IH, Kahyaoglu N. 2023. A Novel Productivity Evaluation Method for Shipyards. In SNAME Maritime Convention, September 27-29, San Diego, CA, USA, pp: D031S003R002.
- Koga T, Matsubara M, Aoyama K. 2008. Disassembling system of large scaled structure considering safety, environmental impact, and economic efficiency. In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering, August 3-6, New York, USA, pp: 279-288.
- Kundakçı N. 2019. A comparative analyze based on EATWOS and OCRA methods for supplier evaluation. Alphanumeric J, 7(1): 103-112.
- Kwon OS, Lee H. 2004. Productivity improvement in Korean rice farming: parametric and non-parametric analysis. Australian J Agri Resour Econ, 48(2): 323-346.
- Li J, Zhang J, Gong L, Miao P. 2015. Research on the total factor productivity and decomposition of Chinese coastal marine economy: based on DEA-Malmquist index. J Coastal Res, (73): 283-289.
- Mahindrakar AB, Das SK, Asolekar SR, Kura B. 2008. Environmental issues in the ship breaking industry in India. In the proceedings of the A&WMA's Annual Conference, June 24-26, Portland, Oregon, USA, pp: 54.
- Marselou OS, Nikitakos N, Papachristos, D. 2019. Environmental impacts of ship dismantling-the case of Aliaga in Turkey. J Multidisciplinary Engin Sci Technol, 6: 11186-11193.
- Mathew E. 2021. Ship recycling, market imperfections and the relevance of a consortium of ship recycling nations in the Indian subcontinent. J Inter Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping, 5(2): 23-31, DOI:

- 10.1080/25725084.2021.1921994.
- Menteş A, Yiğit M. 2020. Gemi geri dönüşüm tesisleri ve risk değerlendirmesi. *GİDB Derg*, 18:15-30.
- Menteş A. 2023. Risk analysis of on-field and on-board activities and resilience investigation of Izmir Aliaga ship recycling facilities. *Ocean Engin*, 287: 115891.
- Murillo-Zamorano LR, Vega-Cervera JA. 2001. The use of parametric and non-parametric frontier methods to measure the productive efficiency in the industrial sector: a comparative study. *Inter J Product Econ*, 69(3): 265-275.
- Notteboom T, Coeck C, VanDenBroeck J. 2000. Measuring and explaining the relative efficiency of container terminals by means of Bayesian stochastic frontier models. *Inter J Maritime Econ*, 2:83-106.
- Osundiran O, Okonta F, Quainoo H. 2021. An examination of the impact of Covid-19 pandemic on the maritime port of Singapore container port productivity using Malmquist Productivity Index. *Pomorski Zbornik*, 60(1): 85-96.
- Peters ML, Zelewski S. 2006. Efficiency analysis under consideration of satisficing levels for output quantities. In *Proceedings of the 17th Annual Conference of the Production and Operations Management Society - Operations Management in the New World Uncertainties.*, April 28 to May 1, Boston, USA, pp: 54.
- Porcelli F. 2009. Measurement of technical efficiency. A brief survey on parametric and non-parametric techniques. *University of Warwick*, 11(527): 1-27.
- Sakin E. 2023. Türkiye'de gemi geri dönüşümü sorunlar ve hedefler. *NGO Shipbreaking Platform, Brüksel, Belçika*, ss:136.
- Schøyen H, Odeck J. 2017. Comparing the productivity of Norwegian and some Nordic and UK container ports-an application of Malmquist productivity index. *Inter J Shipping Transport Logistics*, 9(2):234-256.
- Sezen B, Doğan E. 2005. Askeri bir tersaneye bağlı atölyelerin karşılaştırmalı verimlilik değerlendirmesi: bir veri zarflama yöntemi uygulaması. *J Aeronautics Space Technol*, 2(2): 77-87.
- Sezer SI, Camlıyurt G, Aydın M, Akyuz E, Boustras G, Park S. 2024. A holistic risk assessment under the D-S evidential theory and FMECA approach of ship recycling process hazards in the maritime environment. *Human Ecol Risk Assess Inter J*, 30 (1-2): 201-216.
- Simar L. 1992. Estimating efficiencies from frontier models with panel data: a comparison of parametric, non-parametric and semi-parametric methods with bootstrapping. *J Product Analysis*, 3(1): 171-203.
- Singh R, Cherrie JW, Rao B, Asolekar SR. 2020. Assessment of the future mesothelioma disease burden from past exposure to asbestos in ship recycling yards in India. *Inter J Hygiene Environ Health*, 225: 113478.
- Solakivi T, Kiiski T, Kuusinen T, Ojala L. 2021. The European ship recycling regulation and its market implications: Ship-recycling capacity and market potential. *J Cleaner Product*, 294: 126235.
- Sunaryo S, Tjitrosoemarto BA. 2022. Integrated ship recycling industrial estate design concept for Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth Environ Sci*, 972(1): 012042.
- TDK. 2024. Türk dil kurumu sözlükleri. URL: <http://sozluk.gov.tr> (erişim tarihi: 20 Haziran 2024).
- Uludağ AS. 2020. Measuring the productivity of selected airports in Turkey. *Transport Res Part E: Logistics Transport Rev*, 141: 102020.
- UNCTAD. 2023. Review of maritime transport- Towards a green and just transition. United Nations Press, Geneva, Italy, pp: 126.
- Wang TF, Song DW, Cullinane K. 2003. Container port production efficiency: a comparative study of DEA and FDH approaches. *J Eastern Asia Soc Transport Stud*, 5: 698713.
- Wu J, Sun J, Liang L, Zha Y. 2011. Determination of weights for ultimate cross efficiency using shannon entropy. *Expert Syst Applicat*, 38(5): 5162- 5165.
- Yan H, Wu L, Yu J. 2018. The environmental impact analysis of hazardous materials and the development of green technology in the shipbreaking process. *Ocean Engin*, 161: 187-194.
- Yeşilada T, Yaylali P. 2016. KKTC'de bankacılık sektöründe şube ve personel sayısındaki gelişmeler ile veri zarflama analizi yöntemi kullanılarak yapılan etkinlik analizi çalışması. *EUL J Soc Sci*, 7(1): 27-49.
- Yeşilyurt C. 2009. Türkiye'deki iktisat bölümlerinin göreceli performanslarının veri zarflama analizi yöntemiyle ölçülmesi: KPSS 2007 verilerine dayalı bir uygulama. *Atatürk Univ J Econ Administ Sci*, 23(4): 135-147.
- Yüksekayıldız E. 2022. Entropi ve EATWOS yöntemleri ile Türkiye konteyner limanlarının verimlilik analizi. *Verimlilik Derg*, 2: 3-24.
- Zhou Q, Du Z, Liu J, Liang J, Jiao Y. 2021a. Factors influencing green ship recycling: A conceptual framework and modeling. *J Clean Product*, 322: 129155.
- Zhou Q, Liang J, Du Z, Zhu H, Jiao Y. 2021b. A study on factors affecting workers' safety during ship recycling. *Ocean Engin*, 239: 109910.
- Zolfani SH, Görçün ÖF, Çanakçıoğlu M, Tirkolae EB. 2023. Efficiency analysis technique with input and output satisficing approach based on type-2 neutrosophic fuzzy sets: A case study of container shipping companies. *Expert Systems Applicat*, 218: 119596.