

Araştırma Makalesi

İstanbul Boğazı Gemi Boğaz Geçiş Kuyruk Teorisi Uygulaması ve Süreç Optimizasyonu

İsmail KARACA^{1*} , Özcan ARSLAN² , Ömer SÖNER¹ ¹ Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği, Denizcilik Fakültesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Zeve Kampüsü, Bardakçı, Tuşba, Van, Türkiye² Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği, Denizcilik Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Tuzla Kampüsü, Manastır Yolu Cad. Postane Mh., Tuzla, İstanbul, Türkiye

Öz

Dünya ekonomisi içerisinde deniz ulaşımının büyük etkisi olduğu yadsınmaz bir gerçektir. Deniz ulaşımı için gemiler ve limanlar kadar dar su yolları da önem arz etmektedir. Bu bağlamda dar su yollarının da dünya ekonomisi içerisinde etkili olduğunu söylemek mümkündür. İstanbul Boğazı dünya ekonomisi için etken rol oynayan dar su yollarının en önemlilerindedir. Her dar su yolunda olduğu gibi İstanbul Boğazı'nda da beklemeler oluşabilmekte, meydana gelen beklemeler dünya ekonomisini etkilemektedir. Bu çalışma ile İstanbul Boğazı gemi bekleme kuyruklarının mevcut durumu yasal mevzuat çerçevesinde değerlendirilmektedir. Güncel mevzuat göz önünde bulundurularak İstanbul Boğazı gemi geçişi için bir kuyruk modellemesi tasarlanmakta, 2020 yılı gemi geçiş verileri tanımlayıcı analizleri ile sürecin değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Tasarlanan modelleme 2020 yılı gemi geçiş verileri ile kıyaslanarak mevcut durum ortaya konulmaktadır. Makalede bekleme kuyruklarının önüne geçmek amacıyla önerilerde bulunulmakta İstanbul Boğazı gemi geçişi için süreç optimizasyonu gerçekleştirilmektedir. Böylelikle İstanbul Boğazı deniz trafiği süreçlerinin optimizasyonunu sağlamak hedefinde dünya ekonomisine katkı sağlayacağı öngörülen önerilerde bulunmak amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: kuyruk teorisi, tanımlayıcı analiz, dar su yolu gemi geçişi, İstanbul boğazı gemi trafiği, süreç optimizasyonu

Istanbul Strait Ship Traffic Queuing Theory Application and Process Optimization

Abstract

It is an undeniable fact that maritime transportation has a profound impact on the world economy. Narrow waterways are as important as ships and ports for maritime transportation. In this context, it is possible to say that narrow waterways are also effective in the world economy. The Bosphorus is one of the most important narrow waterways that play an active role in the world economy. As in every narrow waterway, delays may occur in the Bosphorus, and the waiting periods affect the world economy. In this study, the current situation of the Istanbul Strait ship waiting queues is evaluated within the framework of legal legislation. Considering the current legislation, a queuing model is designed for the passage of ships in the Bosphorus, and the processes are evaluated with the descriptive analysis of the ship passage data for 2020. The current situation is presented by comparing the queuing modelling with the ship transit data of 2020. In the article, suggestions are made to avoid waiting queues and process optimization is conducted for the passage of ships in the Bosphorus. Thus, it is aimed to make suggestions that will contribute to the world economy to perfect the maritime traffic processes of the Bosphorus.

Keywords: Queuing theory, descriptive analysis, narrow waterway ship sailing, Bosphorus ship traffic, process optimization

* İletişim / Contact: İsmail Karaca, ¹Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği, Denizcilik Fakültesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Zeve Kampüsü, Bardakçı, Tuşba, Van, Türkiye. E-Posta / E-mail: ismailkaraca@yyu.edu.tr.

Gönderildiği tarihi / Date submitted: 30.05.2022, Kabul edildiği tarih / Date accepted: 13.08.2022

Alıntı / Citation: Karaca, İ., Arslan, Ö. ve Söner, Ö. (2022). İstanbul boğazı gemi boğaz geçişi kuyruk teorisi uygulaması ve süreç optimizasyonu. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 109–129. doi:10.38002/tuad.1123017



İstanbul Boğazı Gemi Boğaz Geçiş Kuyruk Teorisi Uygulaması ve Süreç Optimizasyonu

Taşımacılık türleri içerisinde en ucuz yöntem olan deniz taşımacılığı küresel ekonomi için önem arz etmektedir (Baird, 2001). Deniz taşımacılığı için gemiler ve limanların önemi uzun yıllardır bilinmekte iken son yıllarda dar su yollarının da gemiler ve limanlar kadar önemli olduğu ortaya konulmuştur (Koday, Koday ve Kaymaz, 2017). Mart 2021'de Süveyş Kanalı'nın altı gün süreyle tıkanmasının neden olduğu ekonomik kriz ile gemilerin dar su yollarında geçiş için beklemelerinin dünya ekonomisi için ne kadar önemli olduğu tekrardan gün yüzüne çıkmıştır (Morrow, 2021). Bu doğrultuda, bu durumun tersi olan beklemelerin azaltılmasının da dünya ekonomisi için kazanç oluşturacağı düşünülebilir. Bu sebeple bu çalışmada dünya ekonomisine katkı sağlayacak bir dar su yolunda gemi geçişi için süreç optimizasyonu gerçekleştirilmektedir.

Karadeniz ile Marmara Denizi'ni birbirine bağlayan İstanbul Boğazı, en işlek ve dar su yollarının en başında gelmesi sebebiyle ulaşım coğrafyası için uluslararası öneme sahiptir (Taşlıgil, 2004). Ayrıca Çanakkale Boğazı ile ele alındığında Karadeniz ülkelerinin tüm dünya ile gerçekleştirecekleri ticari ilişkiler için tek yol olduğu ifade edilmektedir (Sacar, 2018). Bunların yanında İstanbul Boğazı tarih boyunca Türkiye'nin uluslararası ticari faaliyetleri açısından da büyük önem arz etmiştir ve bu durumun devam etmesi öngörülmektedir (Önal Kılıçbeyli, 2018). Böylece İstanbul Boğazı'nda, gemi beklemelerinin küresel ticareti etkileyeceğini söylemek mümkündür. Dolayısıyla çıktılarının küresel ticarete edeceği etki bakımından bu makale önem arz etmektedir.

Yukarıda bahsedilen ekonomik önem sebebiyle İstanbul Boğazı'nda gemi beklemeleri farklı dönemlerde ele alınmıştır. 2004 yılında, 50 bin geminin İstanbul Boğazı'ndan geçtiği, bu durumun bekleme kuyrukları oluşturduğu ifade edilmiştir (Şimşek, 2004). 2010 yılı için dünya ticaret filosunun genişlemesi, Karadeniz ticaretinin artması gibi birçok sebebin İstanbul Boğazı'nda gemi geçiş sayısını artırdığı söylenmiştir (Kol, 2010). 2010 yılından sonra da büyüyen gemi profilleri düşünüldüğünde dar coğrafi yapıya sahip olan İstanbul Boğazı'nda gemi geçişlerinde beklemelerin devam edeceği öngörüsünde bulunulmuştur (Kol, 2010). Daha sonrasında meydana gelen ticari gelişmelerin İstanbul Boğazı'nda gemi trafiğini artıracığı, 2016 yılında da devam edeceği ifade edilmiştir (Ece, 2016). İstanbul Boğazı'ndan geçen gemilerin oluşturduğu yük 2018 yılında da incelenmiş (Kutluk, 2018), 2022 yılında da İstanbul Boğazı trafik yoğunluğu ve bekleme süreleri ele alınmıştır (Balık, Aydın ve Bitiktaş, 2022). Özetlemek gerekirse İstanbul Boğazı bekleme kuyrukları tarih boyunca bir sorun olarak devam etmiş ve günümüzde de hala çözülememiştir. Bu nedenle bu çalışmada İstanbul Boğazı gemi trafiği için süreç optimizasyonu gerçekleştirilecektir.

Yukarıda bahsedilen literatürdeki çalışmalar, İstanbul Boğazı gemi geçişindeki beklemelerin ekonomik etkisini ifade etmiş, özellikle son on yılda bu sorunun çözümüne yönelik öneriler gündeme getirmiştir. Bahsedilen çalışmalarda bekleme kuyruklarını ifade etmede Kuyruk Teorisinin kullanıldığını da görülmektedir. Ancak Türk Boğazlarından geçiş rejimi için 1994 yılından günümüze kadar bir dizi düzenleme yapılmıştır. Yapılan düzenlemeler ışığında gemi beklemelerinin tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada 2020 yılındaki güncel gemi geçiş mevzuatı baz alınarak bir kuyruk modellemesi tasarlanırken 2020 yılı İstanbul Boğazı gemi geçiş verilerinin ikili ve çoklu değişkenlerinin tanımlayıcı analizleri, güncel mevzuatın ve gemi geçişinin değerlendirmesini mümkün kılınmıştır. Bu çalışmada kullanılan mevzuatın mevcut aktif kullanılan, 2019 yılında yayımlanmış mevzuat olması, yayımlanmasından sonraki yılın verileri olan 2020 yılı İstanbul Boğazı gemi geçiş verileri ile değerlendirilmesi bakımından da önemlidir.

İstanbul Boğazı gemi geçişi, geminin limandan kalkışı ile başlayıp boğazdan geçişine kadar bir süreci ifade etmektedir. Bir gemi boğazdan geçmek istiyorsa kalkış limanından hareketinden sonra yapması gereken raporlamalar ve bildirimler bulunmaktadır. Bu raporlama ve bildirimlere göre Türk Boğazlarından gemi geçişi planlanmaktadır. Gemi geçiş organizasyonları içerisinde raporlama ve bildirimlerin oluşturduğu sistem aktif bir biçimde devam ederken, bu konuda yapılan çalışmalarda raporlama ve bildirim sistemleri detaylıca incelenmemektedir. Bu çalışma raporlama ve bildirimlerin oluşturduğu süreçleri ele almak bakımından da önem arz etmektedir. Makalede Türk Boğazları gemi geçiş süreçleri, raporlama ve bildirim sistemleri temel alınarak tanımlanacak ve İstanbul Boğazı gemi geçiş süreçlerini iyileştirmeye yönelik öneriler, bahsedilen süreçlerin her biri için detaylıca irdelenecektir. Türk Boğazları gemi geçiş süreçlerinin tanımlanması ve İstanbul Boğazı'ndan gemilerin geçişine dair analizlerin tanımlanan süreçler baz alınarak yapılması literatürde bulunmayan bir çalışmanın literatüre kazandırılması açısından da önem arz etmektedir.

Bu çalışmada ilk olarak literatürde daha önce tanımlanmayan Türk Boğazları gemi geçiş süreçleri ifade edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla bu bölümde öncelikle Türk Boğazlarından gemi geçiş süreçlerinin oluşmasının kaynağı olan yasal mevzuat açıklanacak, daha sonrasında gemi geçiş süreçleri açıklanacaktır. Bu bölümün ardından bu çalışma içerisinde kullanılacak olan veri, Kuyruk Teorisi ve tanımlayıcı istatistikler yöntem başlığı altında incelenecektir. Daha sonrasında süreç optimizasyonu başlığı altında kuyruk modellemesi ile olması gereken gemi geçiş modellemesi ortaya konulacak, 2020 yılı İstanbul Boğazı gemi geçiş verileri tanımlayıcı analizler ile gemi geçiş rejimi içerisindeki sorunların tespit edilmesi sağlanacaktır. Son olarak sonuç bölümünde çalışmamızın sonuçlarına yer verilirken İstanbul Boğazı gemi geçiş süreci optimizasyonu ile ilgili tartışmalar, tartışma bölümünde açıklanacaktır.

1.1. Türk Boğazları Gemi Geçişine İlişkin Yasal Mevzuat

Türk Boğazları gemi geçişine ilişkin yasal mevzuat uluslararası mevzuat ve ulusal mevzuat olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu iki mevzuat genel itibari ile değerlendirildiğinde ulusal mevzuatın uluslararası mevzuatın işletilmesine yönelik olduğu ifade edilebilir.

Montreux (Montrö) Boğazlar Sözleşmesi, Türk Boğazlarında gemi geçişinin hukuki esaslarını ve boğazların uluslararası hukuk içerisindeki statüsünü belirleyen temel hukuki metindir (Türker, 2020). Bu sözleşme ticaret ve ulaştırma açısından önemlidir, Türk Boğazlarının tartışma konusu olmasının askeri ve stratejik nedenleri olduğu gibi ticari ve ekonomik nedenleri de olduğunu bilinmekte ve bu nedenlerin de diğerleri kadar önemli olduğunu vurgulanmaktadır (Doğru, 2014). Sözleşmenin 25. Maddesine göre, sözleşmenin hiçbir hükmü, Birleşmiş Milletler çatısı altında doğan haklara ve yükümlülükler ters düşemez. Bu maddeye dayanarak Birleşmiş Milletler çatısı altındaki Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization (IMO)) tarafından hazırlanmış, İstanbul Boğazı gemi geçişinde seyir güvenliğini sağlamak için oluşturulan yasal düzenlemelerin ilgili sözleşmenin üzerinde olduğu söylenebilir.

Safety of Life At Sea (SOLAS), Convention on the International Regulations for Preventing Collusion at Sea (COLREG), Standards of Training Certification and Watchkeeping (STCW), International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) gibi IMO düzenlemelerinde, yerel otoriteler için verilen hak ve yükümlülükler boğazlar hususunda da Türkiye Cumhuriyeti Devleti'ne aittir. Bu düzenlemeler ve bunların gerekliliklerinin kontrol ve denetimi Türkiye Cumhuriyeti Devleti'ne aittir. Bunlarla birlikte IMO A.827 (19) ve IMO A.857 (20)'e göre, Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri boğazlar bölgesinden geçen her gemi için izleme, trafik denetleme ve danışmanlık görevlerini yerine getirmektedir. Tüm bu konvansiyonlar yerel otoritelere birçok yetki ve sorumluluk vermiştir. Bu sorumluluğun başında da bu yasal düzenlemeleri ulusal mevzuat ile desteklemek gelmektedir.

2015 yılından itibaren Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü (KEGM) ana statüsüne:

- Türk boğazlarında tekel şeklinde olmak üzere, denizlerimizde ve karasularımızda seyir emniyetine yönelik gemi trafik hizmetleri sistemini kurmak,
- Kurulmuş bulunan Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri (TBGTH) Sistemini ilgili bakanlık adına işletmek,
- Bu sistemin hizmetle ilgili tüm ihtiyaçlarını karşılamak ve bu amaca yönelik gerekli yatırımları yapmak,
- Gerektiğinde ileride kurulacak gemi trafik hizmetleri sistemlerini Bakanlık adına kurma, kurdurma, işletme, işletirme, kontrol etme, denetleme ve belgelendirme hizmetlerini yapmak maddeleri eklenmiştir.

Bu doğrultuda Türk Boğazları Deniz Trafik Yönetmeliği (TBDTY) ve onu uygulamak üzere Türk Boğazları Deniz Trafik Yönetmeliği Uygulama Yönergesi (TBDTYUY) yürürlüğe girmiştir. Bu çalışmada ifade edilen süreçler ve kuyruk modellemesi, bahsedilen iki ulusal mevzuat doğrultusunda belirlenmiştir.

1.2. Türk Boğazları Gemi Geçiş Süreçleri

Boğazdan geçebilmek için gemilerin öncelikle Seyir Planı 1 (SP-1) göndermeleri gerekmektedir. Gemiler daha sonra boğaz geçişi için Seyir Planı 2 (SP-2)'yi sözlü olarak deniz trafik operatörleri aracılığı ile otoriteye bildirmektedirler. SP-2 verseler dahi bazen gemiler boğaz geçişi için uygun olamayabilirler. Birçok gemi boğaz bölgesinde yakıt, kumanya, personel ikmali yapabilmektedir. Bu ikmaller için Deniz trafik operatörlerinin mesleki tecrübeleri baz alınarak bir hazır zamanı bildirim de önerilmektedir. Daha sonrasında gemiler boğaz girişinde ve boğaz çıkışında gemi trafik hizmetlerine bildirimde bulunmaktadır. Bu bağlamda gemi geçiş süreci içerisinde gemiler SP-1 zamanı, SP-2 zamanı, hazır zamanı, Boğaz giriş zamanı ve Boğaz çıkış zamanı olmak üzere 5 adet zaman bildirilmektedir. Bu çalışma içerisinde elde edilen veriler KEGM'den temin edilmiştir. Şu anda uygulamada hazır zamanı kayıt altına alınmamaktadır. Bu sebeple bu çalışma içerisinde 4 süreç oluşmaktadır. Bu süreçler:

- SP-1 ve SP-2 arası Niyet Süreci (NS)
- SP-2 ve Boğaz giriş zamanı arası Bekleme Süreci (BS)
- Boğaz giriş zamanı ve Boğaz çıkış zamanı arasındaki Seyir Süreci (SS)
- SP-1'den Boğaz çıkış zamanına kadar geçen süreci ifade eden Toplam Süreç (TS) 'dir.

Bu çalışmada gerçekleştirilecek süreç optimizasyonu bu 4 süreç sınıflandırması temelinde gerçekleşecektir.

Gemiler boğazdan geçmek niyetlerini SP-1 ile beyan ederler, SP-2 ile ise niyetlerini tasdik etmiş olurlar. Çünkü artık o bölgeye gelmişlerdir. Bu sebeple bu çalışmada SP-1 zamanı ile SP-2 zamanı arasındaki bu süreç NS olarak adlandırılmıştır. Bu süreci etkileyen birçok etmen söz konusu olabilir fakat bazılarının yasal mevzuattan öngörülmesi mümkündür.

Tehlikeli yük taşıyan gemilerle, 500 GT ve daha büyük gemiler; İstanbul Boğazı'na girişten en az 24 saat önce, Marmara Denizi limanlarından kalkacak tehlikeli yük taşıyan gemilerle, 500 GT ve daha büyük gemiler ise kalkışlarından en az 6 saat önce şekli IMO standartlarına göre Bakanlık/İdare tarafından belirlenmiş SP-1 raporunu yazılı olarak gemi trafik hizmetlerine bildirirler (Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü, 2020). Gemilerin boğaz geçiş niyetlerinin

gösterildiği ilk resmî belge SP-1 raporudur. SP-1 raporunun gönderildiği tarih çalışmamız içerisinde NS'nin başlangıcını ifade eder.

İstanbul veya Çanakkale Boğazlarına girişten 2 saat önce veya 20 mil kala (hangisi önce gelirse) belirlenen VHF/RT kanalı aracılığıyla SP-1 raporu gönderen gemiler teknik açıdan uygun oldukları, boğaz bölgesine gelip boğazdan geçme niyetinde olduklarını bir SP-2 raporu ile gemi trafik hizmetlerine bildirirler (Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü, 2020). SP-2 raporunun verildiği tarih NS'nin bittiği tarihi ifade eder. Bahsedilen başlangıç ve bitiş arasındaki süreç bu çalışmada NS olarak ele alınmaktadır. NS genel itibari ile gemilerin kendi operasyonları ile ilgili olması sebebiyle bu sürecin bağlı olduğu etmenleri bulmak güçtür. Fakat SP-1 raporunda belirtilen Marmara Denizi limanlarından kalkacak gemilere tanınan 6 saat önce opsiyonu sebebiyle, boğazdan geçecek gemilerin yön bilgilerine göre NS ayrıca bu çalışmada ayrıca incelenecektir.

SP-2 raporunu veren gemilerin boğaz girişi yapıncaya kadar geçirmiş oldukları süreç bu çalışmada BS olarak ele alınmaktadır. Bu süreç içerisinde ikmal yapan gemilerin hazır zamanı, uygulamada yer verilen bir zaman olmaması sebebiyle ihmal edilmektedir. Gelecek çalışmalarda bu zaman ile bekleme süreci ikiye ayrılarak daha detaylı bir çalışma yapılması mümkündür.

Gemiler SP-2 raporunu verdikten sonra boğazdan hemen geçemeyebilirler. Boğazdan geçme durumları gemi trafik hizmetleri tarafından yapılacak boğaz geçiş planlamasına bağlıdır. Gemilerin beklemelerinin süreç olarak dağılımı bu çalışmada incelenecek en önemli noktalardandır. Çalışmamız içerisinde İstanbul Boğazı gemi geçişinde yapılan planlamayı daha iyi anlayabilmek için gemi trafik hizmetlerinde iki günlük saha çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu saha çalışmamızda gemi geçiş planlamasında dikkat edilen en önemli unsurun gemi büyüklüğü ve hızı olduğu görülmüştür. Bu değişkenlerin bekleme süresi üzerindeki etkisi çalışmamız içerisinde araştırılmıştır. Ayrıca gemilerin geçiş yönüne göre kılavuz kaptan taleplerinin bekleme süreleri üzerindeki etkisi araştırmamız içerisinde incelenecek bir konudur.

Gemilerin boğaza giriş zamanlarından boğazdan çıkışlarına kadar olan süreç çalışmamız içerisinde SS olarak ele alınmıştır. Bu sürecin gemiler için aşağı yukarı aynı değerlerde olması beklenmektedir. Bu sebeple bu sürecin tanımlayıcı istatistikleri bu çalışmada araştırılacaktır. Yön, kılavuz kaptan alma, hız ve boy değişkenlerine göre bu sürecin değişebileceği öngörüldüğünden bu değişkenlere göre süreç verileri de bu çalışmada incelenecektir.

Boğaz geçişinin bahsedilen her aşamasının ayrı ayrı incelenmesi detaylı bir optimizasyon çalışması için önemlidir, fakat toplam süreç değerlendirmesi yapılmaması durumunda mutlaka gözden kaçan kısımlar olacaktır. Bu sebeple bu çalışmada TS de ele alınacaktır. SP-1 göndermek ile başlayıp boğazdan çıkıncaya kadar geçen süreç bu çalışmada TS olarak ele alınmaktadır. Yön, boy, kılavuz kaptan alma değişkenlerinin TS'ye etkisi ve TS'nin genel dağılımı bu çalışmada araştırılmıştır.

2. Yöntem

Bu çalışmada İstanbul Boğazı gemi geçişinde oluşabilecek kuyruk için 2020 yılına ait güncel mevzuat göz önünde bulundurularak Kuyruk Teorisi temelli boğaz geçişi için kuyruk modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında bu çalışmada İstanbul Boğazı gemi geçiş verileri kullanılarak İstanbul Boğaz geçiş süreçleri ve bu süreçlere etkili olacak değişkenlerin ikili ve çoklu değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri ile süreç analiz edilecektir. Süreç analizinde 2020 yılı İstanbul Boğazı gemi geçiş verisi kullanılmıştır. Modelleme ve analizlerin birlikte değerlendirilmesi ile İstanbul Boğazı deniz trafiği için süreç optimizasyonu gerçekleştirilecektir.

Optimizasyon problemlerinin çıkış noktası kısıtlı kaynakların en verimli şekilde kullanılması gereğidir (Paksoy, 2018). Dar yapısı, değişebilen doğa koşulları, tahmin edilemeyen sınırsız kaynağın var olması sebebiyle gemi geçişi için İstanbul Boğazı kısıtlı bir kaynaktır ve en verimli gemi geçişinin planlanması bir optimizasyon problemidir. Elbette ki gemilerin İstanbul Boğazı'ndan geçerken emniyetli bir biçimde geçmesi deniz ulaşımı açısından çok önemlidir fakat İstanbul Boğazı'ndan gemi geçişinin en hızlı ve etkili olabilmesinin yolu süreç optimizasyonundan geçmektedir. İstanbul Boğazı'nın gemi geçişi için en verimli şekilde kullanılmasını hedefleyen süreç optimizasyonunun gerçekleştirilebilmesi için öncelikle optimizasyon probleminin iyi tanımlanması, optimuma ulaştıracak modellemenin doğru olması gerekir.

İstanbul Boğazı'nda gemiler geçerken Türk Boğazları gemi geçiş süreçleri kısmında anlatılan süreçlere tabidirler. Bu süreçler olmasına rağmen bazen gemilerin İstanbul Boğazı'ndan geçebilmek için bekleme kuyukları oluşturdukları görülmektedir. Çalışmamız içerisinde gerçekleştirilecek optimizasyon problemi İstanbul Boğazı'nda geçmek için bekleyen gemilerin oluşturdukları bekleme kuyuklarıdır. Bu çalışmada gemilerin İstanbul Boğazı'ndan geçiş için uymak zorunda oldukları yasal kurallar çerçevesinde, bekleme kuyuklarını analiz etmek için, literatürde bekleme kuyuklarını analiz etmek için en yaygın metot olan kullanılan Kuyruk Teorisi baz alınarak İstanbul Boğazı için bir kuyruk modellemesi gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple bu bölümde öncelikle Kuyruk Teorisi anlatılacaktır.

Optimizasyonun çalışmasında amaç eniyileme, en iyiye ulaşmadır. Doğru matematiksel modelleme ile bunu sağlamanız mümkün olsa da uygulamada en iyiye ulaşabilmeniz için var olan ile en iyi arasındaki farkları bulmanız gerekir. Bu çalışmada da Kuyruk Teorisi ile en iyi olan bekleme kuyruğu modellenirken, mevcut gemi geçiş süreçleri farklı değişkenler göz önünde bulundurularak analiz edilecektir. Analizlerde 2020 yılı İstanbul Boğazı gemi geçiş verisi, veri ön işleme basamakları uygulanarak kullanılacaktır. Böylelikle İstanbul Boğazı gemi geçiş süreci optimizasyonunun sağlanması hedeflenmektedir. Bu neden bu bölümde çalışmamızda kullanılacak veri açıklanacak ardından optimizasyon içerisinde kullanılacak Kuyruk Teorisi ve tanımlayıcı analizler açıklanacaktır.

2.1. Veri

Bu çalışmada gemilere ait değişkenlerin İstanbul Boğazı gemi geçiş süreçleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Yasal mevzuata uygunluğun sağlanabilmesi için 2020 yılı verileri KEGM'den talep edilmiş, talep edilen veri, veri talep mekanizması harekete geçirilerek kısa sürede elde edilmiştir. Elde edilen veriler tez ve makale çalışmamızda kullanılmıştır.

Elde edilen veri, İstanbul Boğazı boğaz geçiş operasyonlarından elde edilen veridir. Gemi trafik hizmetleri tarafından kayıt altında tutulan bu veriler SP-1 ve SP-2 raporlarında elde edilmektedir. Bu verilerde bulunmayan bir gemi boğaz geçişi mümkün değildir. Ayrıca bu veriler ile ulusal ve uluslararası istatistikler oluşturulmaktadır.

Elde edilen veride süreç verileri bulunmamaktadır. Bu sebeple zaman verileri veri dönüştürme işlemi ile süreç verilerine dönüştürülmüştür. Veri birleştirme ile her bir süreç verisi, ilgili gemi geçişine ait bir değişken olarak kullanılmıştır.

Çalışmamızda gemilerin çeşitli değişkenlerinin İstanbul Boğazı geçiş süreçlerine etkisi araştırılmaktadır. Çalışmamızda kullanılan veri setinin içerdiği değişkenler ve bu değişkenlerin tür ve birim verileri Tablo 1 de verilmiştir. Bu çalışmada 2020 yılı İstanbul Boğazı gemi geçiş verileri kullanılarak toplamda 10 değişkenli 38404 gemi geçişi ile oluşturulan veri setine dair süreç analizlerine yer verilmiştir.

Tablo 1. Veri setini oluşturan değişkenler, türleri ve birimleri

Değişken	Türü	Birimi
Boy	Nümerik oransal veriler	m
Hız	Nümerik oransal veriler	kts
Su Çekimi	Nümerik oransal veriler	m
Hava Çekimi	Nümerik oransal veriler	m
Yön	Kategorik nominal veriler	KG / GK
Pilot durumu	Kategorik nominal veriler	Var / Yok
NS	Süreç verisi	Gün Saat Dakika
BS	Süreç verisi	Gün Saat Dakika
SS	Süreç verisi	Gün Saat Dakika
TS	Süreç verisi	Gün Saat Dakika

Çalışmamızda kullanılan 2020 yılı İstanbul Boğazı boğaz geçiş süreci için yön ve kılavuz kaptan durumu kategorik nominal verilerin dağılımı Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. 2020 yılı İstanbul Boğazı boğaz geçiş süreci için yön ve kılavuz kaptan durumu dağılımı

Yönü	Kılavuz kaptan bulundurma durumu	Gemi sayısı
GK	Var	12677
GK	Yok	6541
KG	Var	12077
KG	Yok	7109

2020 yılı İstanbul Boğaz geçişi yapan gemilerin boy, en, su çekimi ve hava çekimi nümerik nominal değişkenlerinin genel tanımlayıcı istatistikleri Tablo 3’te verilmiştir. Süreç değişkenlerine ait tanımlayıcı analizler Süreç Optimizasyonu başlığı altında detaylıca incelenecektir.

2.2. Kuyruk Teorisi (Queueing Theory)

Günlük yaşamda birçok kez kuyruk problemleri ile karşılaşmak mümkündür. Bazen bir bankada, bazen bir hastanede, hemen hemen her yerde bir bekleme kuyruğu söz konusu olabilir. Bilim dünyasında 1907 yılında Kuyruk Teorisinin ilk kullanımının yapıldığı düşünülmese de rağmen, Kuyruk Teorisi ile ilgili etkili ilk makaleler 1909’da Karl Erlang tarafından yayımlanmaya başlanmıştır (Johannsen, 1907; Timör, 2001). Kuyruk sistemleri, 1978’de olasılık ve istatistik içerisinde yerini almış ve Kuyruk Teorisinin pek çok uygulaması o yıllarda da gerçekleşmiştir (Arnold O. Allen, 1978). Bilim dünyası bekleme problemlerine genellikle Kuyruk Teorisi ile çözüm aramakta ve birçok probleme de bu şekilde çözüm bulunabilmektedir (Bishop, Okagbue, Oguntunde, Opanuga ve Odetunmibi, 2018; Taufemback ve Da Silva,

2012). Bir markette alınan ürünlerin ödemesini yapmak için kasada beklerken bu çok önemli bir problem olarak gözükmebilir fakat gemi gibi günlük maliyeti yüksek ticari birimin, birkaç saat beklemesi diğer bekleme kuyruklarına oranla daha büyük kayıplara sebep olabilmektedir. Bu sebeple bu çalışmada gemilerin boğazdan geçmek için bekleme sürelerinin en olması gerektiği biçimi Kuyruk Teorisi ile modellenmektedir.

Tablo 3. 2020 yılı İstanbul Boğaz geçişi yapan gemilerin boy, en, su çekimi ve hava çekimi değişkenlerinin genel tanımlayıcı istatistikleri

Değişken	Aritmetik Ortalama	Medyan (Ortanca)	Mod	Değişim Aralığı	Ortalama Sapma	Standart Sapma
Boy	145,92 m	138,3 m	114 m	[17,37 300]	43,86	52,85
Hız	11,35 kts	11,1kts	10 kts	[0 43]	1,717	2,20
Su çekimi	6,70 m	6,1	4 m	[1 19]	2,44	3,055
Hava çekimi	29,80 m	29,2 m	21 m	[0,28 58,85]	6,87	8,01

Birçok kuyruk problemi olması, kuyruk modellemelerinin de farklı farklı olmasına sebep olmuştur. Literatürde kuyruk modellerini birbirinden ayırmak için en çok kabul gören kısaltma gösterimi olan Kendal gösterimi 1953 yılında ortaya çıkmıştır (Kendall, 1953). (a/b/c) : (d/e/f) gösteriminde: a giriş (varış) sürecini, b hizmet sürecini, c sunucu sayısını, d serviste bekleme süresini e servis disiplini ve f istek kaynağının (sonlu veya sonsuz) büyüklüğünü ifade etmektedir (Cooper, 2010).

Kuyruk teorisinde müşteri başına geçen ortalama sistemde bekleme süreci W , (1) eşitliği ile,

$$W = W_q + W_s \quad (1)$$

kuyrukta bekleme süreci W_q (2), eşitliği ile,

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda_{eff}} \quad (2)$$

servis süreci W_s , (3) eşitliği ile,

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda_{eff}} \quad (3)$$

trafik yoğunluğu ρ , (4) eşitliği ile,

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (4)$$

sistemde olması beklenen birim sayısı L , (5) eşitliği ile ,

$$L = L_q + L_s = \frac{\rho}{1-\rho} + (N+1) \left[1 - \frac{1}{1+\rho^{N+1}} \right] \quad (5)$$

kuyrukta olması beklenen birim sayısı L_q , (6) eşitliği ile,

$$L_q = \frac{\rho^2 (1 + (\rho^N (N-1) - N\rho^{N-1}))}{(1-\rho^{N+1})(1-\rho)} \quad (6)$$

serviste olması beklenen birim sayısı L_s , (7) eşitliği ile,

$$L_s = L - L_q \quad (7)$$

sistemin dolu olması olasılığı P_N , (8) eşitliği ile,

$$P_N = \rho^N \frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}} \quad (8)$$

sistemin boş kalma olasılığı P_0 , (9) eşitliği ile,

$$P_0 = \frac{(1-\rho)}{1-\rho^{N+1}} \quad (9)$$

sisteme dahil olanlar için efektif geliş hızı λ_{eff} , (10) eşitliği ile

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda(1 - P_N) \quad (10)$$

Hesaplanmıştır.

2.2. Tanımlayıcı Analizler

Belli bir araştırma problemine yönelik inceleme ve değerlendirme yapılırken ilgili veriyi elde ettikten sonra o amaca yönelik tanımlayıcı analizler yapmak problemin çözümüne yönelik yorumlamayı kolaylaştırmaktadır. Bu kolaylaştırmada karmaşık ve çok sayıdaki verinin incelenebilirliğini kolaylaştıran grafik, tablo ve istatistiklerin payı yüksektir (National Center for Education Evaluation and Regional Assistance [NCEERA], 2017). Bu çalışmada boğaz geçiş süreçlerinin sebep oldukları İstanbul Boğazı bekleme kuyruklarına çözüm aranırken boğaz gemi geçiş süreçleri 2020 yılı İstanbul Boğazı gemi geçiş süreç verilerinin tanımlayıcı analizleri ile sunulacaktır. Özellikle grafik, tablo ve istatistikler tanımlayıcı analizlerin belirtilmesinde kolaylık sunmaktadır. Bu sebeple Türk Boğazları Gemi Geçiş Süreçleri bölümünde bahsedilen değişkenlerin gemi geçiş süreçleri üzerindeki etkileri grafik, tablo ve istatistikler ile incelenmektedir.

3. Süreç Optimizasyonu

Bu bölümde İstanbul Boğazı gemi geçişi için süreç optimizasyonu gerçekleştirilecektir. Süreç optimizasyonu için kuyruk modellemesi başlığında İstanbul Boğazı gemi boğaz geçişi için Kuyruk Teorisi uygulaması gerçekleştirirken, süreç analizleri başlığında 2020 yılı İstanbul Boğazı gemi boğaz geçişi verileri tanımlayıcı analizlerine yer verilecektir.

3.1. Kuyruk Modellemesi

Bu çalışmada ilk giren ilk çıkar (FIFO) servis disiplinine sahip tek kanallı, tek kuyruk bulunduran, tek hizmet esasına dayalı geliş kaynağı sonsuz (M/M/1):(FIFO:8:∞) kuyruk modellemesi uygulanmaktadır.

Yasal mevzuata göre İstanbul Boğazı için gemi boğaz geçiş hızı karaya göre saatte 10 deniz milidir. İstanbul Boğazı, 17 deniz mili mesafededir ve servis süresi ortalama olarak 1.7 saattir (Taşan, 2019). Tehlikeli yük taşıyan gemiler için uygulanan emniyetli mesafenin fazla olması, tehlikeli yük taşıyan gemi geçişlerinin diğer gemi geçişlerinden daha çok olması sebepleri ile

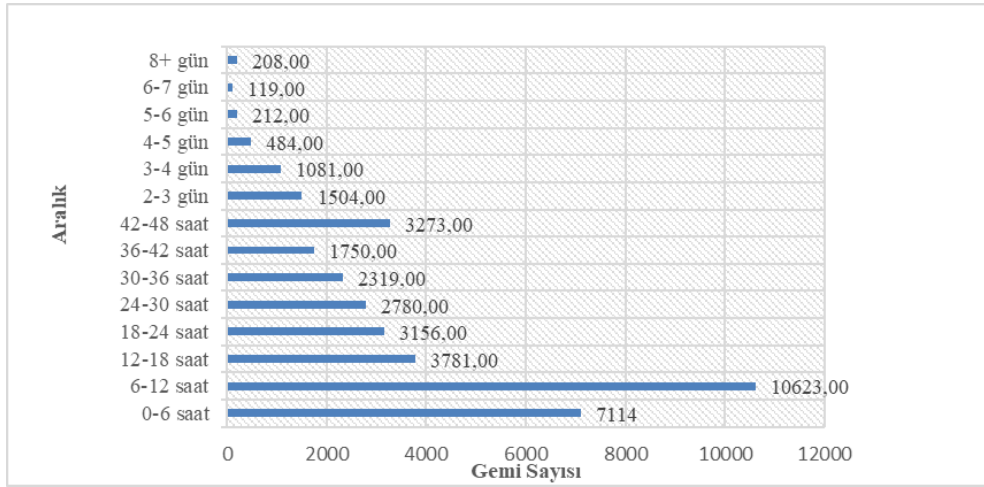
iki gemi arası mesafe bu çalışmada 2 deniz mili olarak belirlenmiştir. Bu durumda bir günde 113 geminin boğazdan geçmesi beklenir. 2020 yılı boğaz geçiş verisine göre de günde ortalama 110 gemi boğazdan geçmiştir. Boğazın bir yılda ortalama 402,5 saat kapalı olduğu belirtilmiştir (Taşan, 2019). Bu durumda İstanbul Boğazı boğaz geçişinde gemilerin oluşturduğu kuyruk modellemesine ait kuyruk değişkenleri Tablo 4’te belirtilmiştir.

Tablo 4. İstanbul Boğazı gemi geçişi için kuyruk modellemesi performans ölçütleri

W	W _q	W _s	λ	μ	ρ	L	L _q	L _s	P _N	P ₀
8 saat	40 dk	7 saat 20 dk	110	113	0,97	33.22	2,86	30,36	0.098	0.125

3.2. Süreç Analizleri

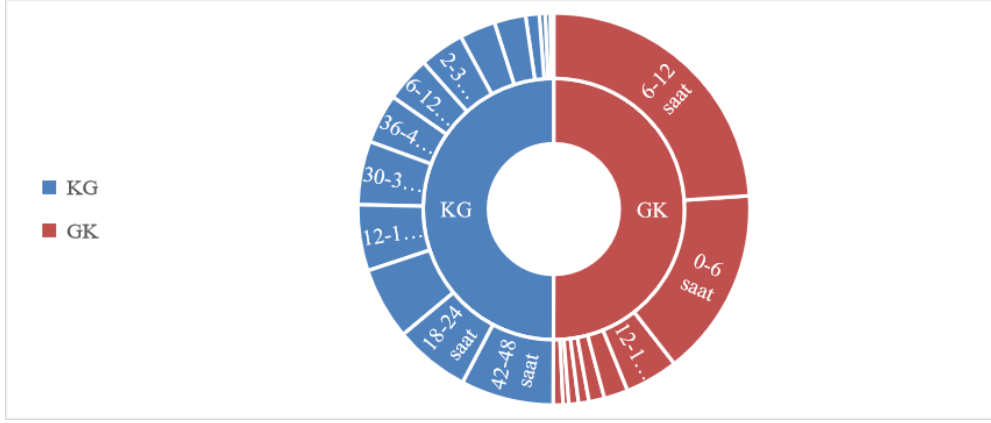
Bu kısımda Türk Boğazları Boğaz Geçiş Süreçleri başlığında tanımlanan 4 sürece ait tanımlayıcı analizlere yer verilmiştir.



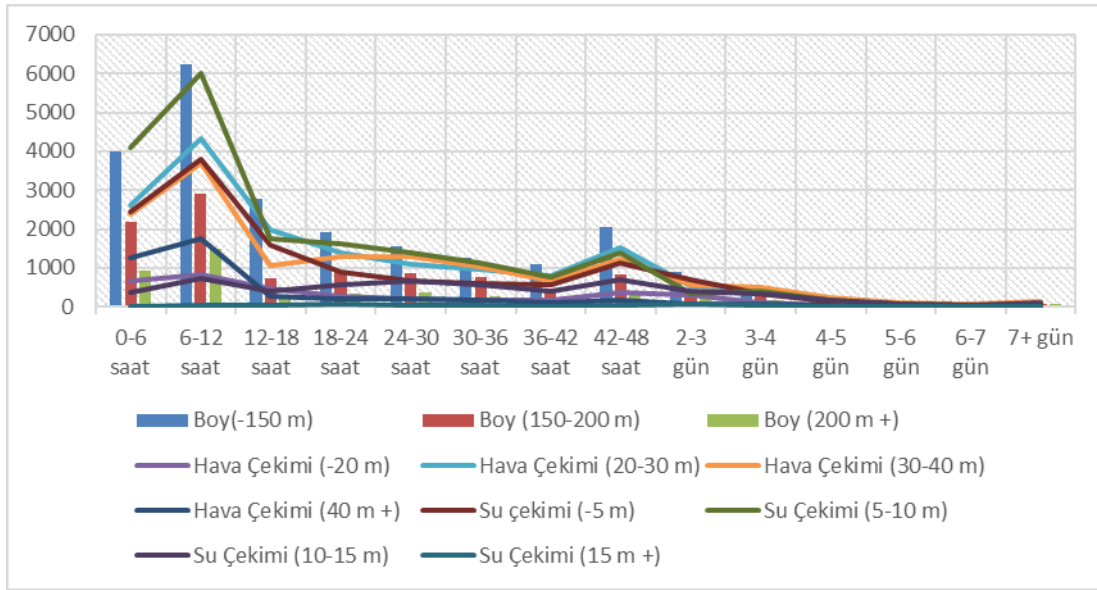
Şekil 1. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin NS dağılımları

2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin NS dağılımları Şekil 1’de verilmektedir. Şekil 1’e göre niyet sürecinin dağılımı incelendiğinde, dağılımın 6-12 saatte yoğunlaştığı görülmektedir. Yasal mevzuat içerisinde Marmara Denizi limanları için SP-1 – SP-2 arası süreçte daha az olabilmesi için opsiyon tanınmaktadır. Bu durumun verilere de yansıtacağı varsayılmaktadır ve verilere bakıldığında ikinci yoğunlaşma noktası oluşmuştur. Bu noktanın 42-48 saat olduğu Şekil 1’de görülmektedir. Bu durumda verinin yön değişkenine göre incelenmesi gerekmektedir. Bu sebeple NS dağılımının yön değişkenine göre dağılımı incelenecektir.

2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin yön değişkenlerine göre NS dağılımları Şekil 2’de verilmektedir. Yukarıda ifade edilen yasal mevzuatın verilere yansıdığı Şekil 2’de görülmektedir. KG yönünde geçiş yapacak gemilerin GK yönünde geçiş yapacak gemilere göre NS süreci içerisinde daha fazla bekledikleri görülmektedir. Bu durum KG yönünde bekleme kuyrukları oluşturabilecek bir etmendir. KG yönünde özellikle yakın Karadeniz limanlarından gelecek gemiler için yasal mevzuat oluşması bahsedilen bekleminin önüne geçecek bir etmen olacaktır.



Şekil 2. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin yön değişkenlerine göre NS dağılımları

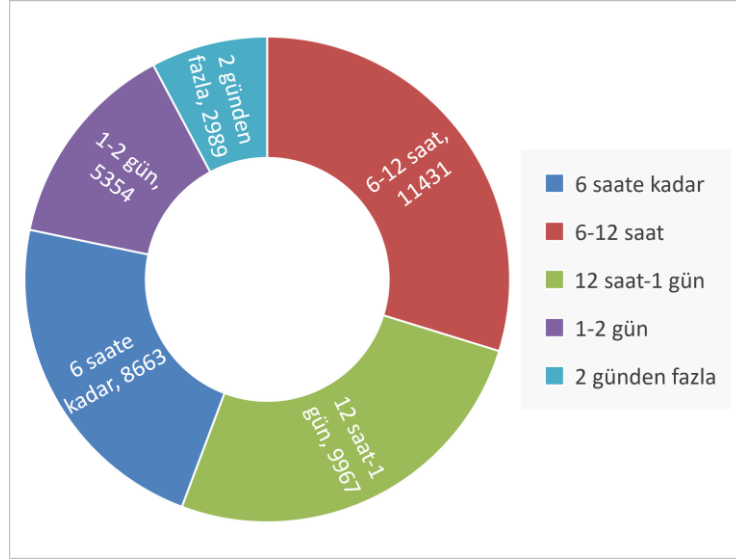


Şekil 3. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin büyüklük değişkenlerine göre (Boy, Hava Çekimi, Su Çekimi) NS dağılımları

Bunun yanında GK yönünde yasal mevzuat ile belirlenen en az bekleme süresi 6 saat olmasına karşın 6 saatten daha kısa NS süreci olan çok sayıda gemi olduğu görülmektedir. NS İstanbul Boğaz geçiş süreçlerinde tek bekleme süreci olmaması sebebiyle bu durum, BS analizinde yeniden ele alınacaktır.

2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin büyüklük değişkenlerine göre (Boy, Hava Çekimi, Su Çekimi) NS dağılımları Şekil 3'te verilmektedir. Sürecin genel dağılımının gemi büyüklük değişkenlerine de yansıdığı görülmektedir. Yasal mevzuatta bulunan boy, su çekimi ve hava çekimi değişkenlerinin bu süreçte herhangi bir bekleme oluşturmadığı görülmektedir. Bu değişkenler için yorum yapabilmek için diğer süreçlerde de bu değişkenlere göre analizlere yer verilecektir.

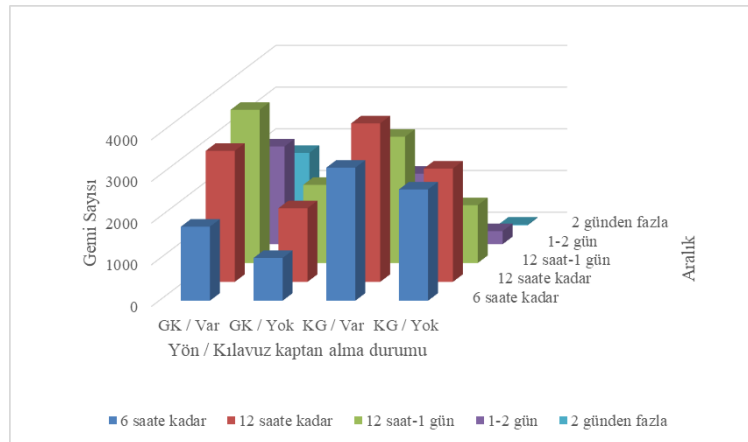
2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin BS dağılımları Şekil 4'te verilmektedir. Şekle göre BS için bekleme sürelerinin en fazla 6-12 saat aralığında olduğu görülmüştür. Yoğunluk sıralamasının 6-12 saat, 12-24 saat ve 6 saatten az sırası ile gitmesi sebebiyle İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapacak gemilerin büyük çoğunluğunun bekleme sürecinde 1 günden az beklemediklerini ifade edilebilmektedir.



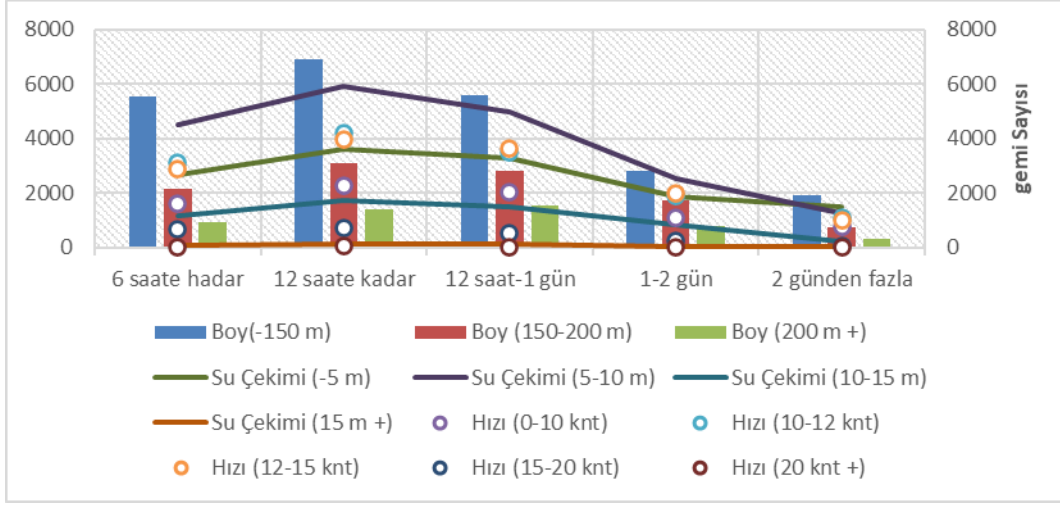
Şekil 4. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin BS dağılımları

2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin yön ve kılavuz kaptan buldurma değişkenlerine göre BS dağılımları Şekil 5'te ifade edilmektedir. Bu şekle göre yön ve kılavuz kaptan durumlarına göre veriler normal dağılım göstermektedir. Verilerin normal dağılım göstermesi verilerinin evreni temsil ettiğinin kanıtlanmaktadır. Bu verilere göre gemilerin İstanbul Boğazı geçişi BS süreçlerinde yön ve kılavuz kaptan buldurma değişkenlerinin belirleyici unsurlar olduğu söylenebilmektedir. GK yönünde yoğunluğun 12-24 saat aralığında olduğunu KG yönünde ise yoğunluğun 6-12 saat aralığında olduğu şekilde ifade edilmektedir. BS sürecinde GK yönünde KG yönünden daha fazla bekleme olduğu görülmekte, fakat gemilerin İstanbul Boğazı geçişleri için bu yorumu yapmak mümkün değildir. Bir önceki analizde tam tersi bir durum olduğu açıklanmaktadır. Bu sebeple SS ve TS analizleri neticesinde yorum yapmak mümkün olacaktır.

2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin boy, su çekimi ve hız değişkenlerine göre BS dağılımları Şekil 6'da verilmektedir. Tüm değişkenler için en fazla sayıda beklemenin 12 saate kadar olduğu görülmektedir. Değişkenler için ortalama değeri bulmamıza yardımcı olan bu şekle göre boğazdan geçen gemilerin birçoğunun boyu 150 m'den kısa, hızı 10-15 knt aralığında, su çekimi de 5-10 m aralığındadır. Boy, hız, su çekimi de İstanbul Boğazı gemi geçişini etkileyen faktörlerdir.

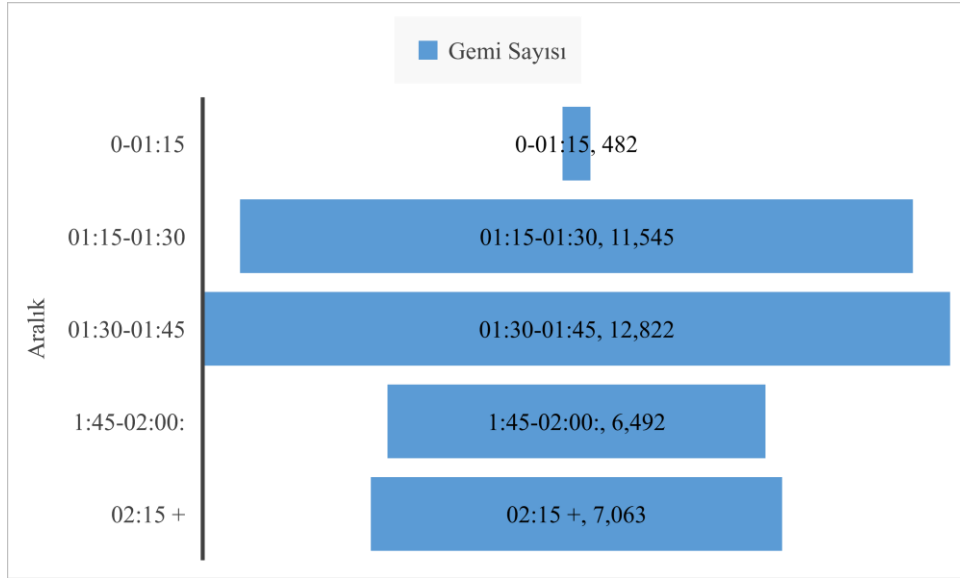


Şekil 5. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin yön ve kılavuz kaptan buldurma değişkenlerine göre BS dağılımları

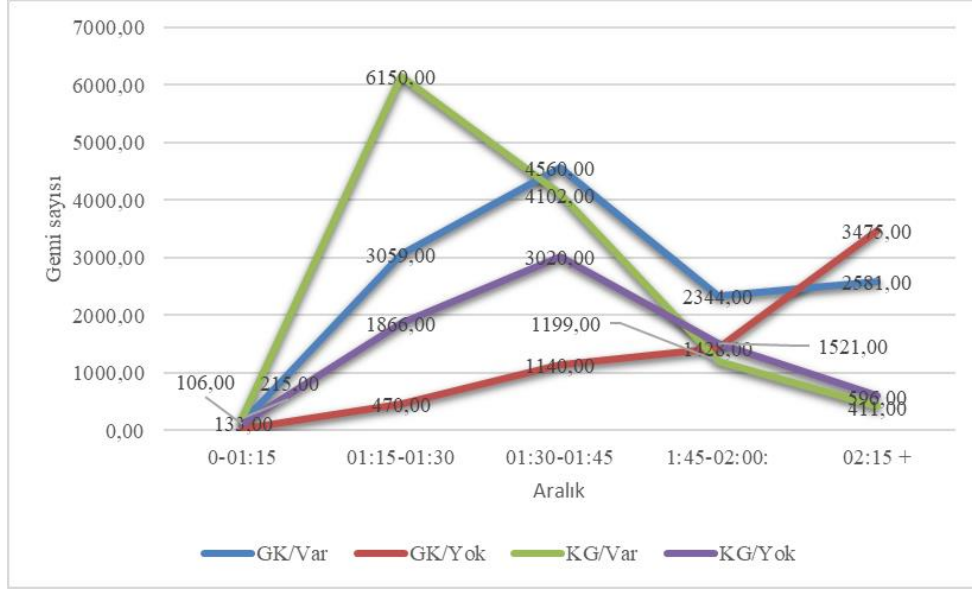


Şekil 6. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin boy, su çekimi ve hız değişkenlerine göre BS dağılımları

2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin SS dağılımları Şekil 7’de verilmektedir. Şekle göre verilerin dağılımı normal bir dağılımdır. Bu da verilerin yorumlanmasının geneli ifade ettiğini göstermektedir. Grafığe göre en yoğun SS, 1 saat 30 dk ile 1 saat 45 dk aralığında iken 1 saat 15 dk ile 1 saat 30 dk aralığının da en yoğunu çok yakın olduğu görülmektedir. Bu durumun temel sebebi boğazda var olan akıntı ve akıntının seyri hızlandırmasıdır. Bu sebeple seyrin gemi yönü, kılavuz kaptan bulundurma, hız ve boy değişkenlerine göre SS analizleri incelenmektedir.

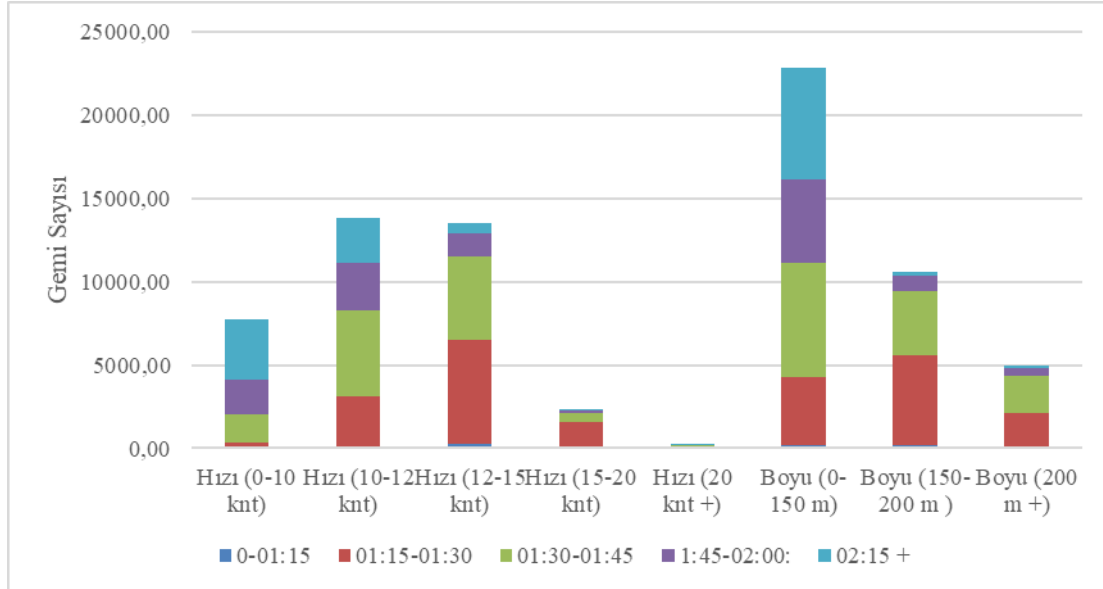


Şekil 7. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin SS dağılımları



Şekil 8. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin yön ve kılavuz kaptan bulundurma değişkenlerine göre SS dağılımları

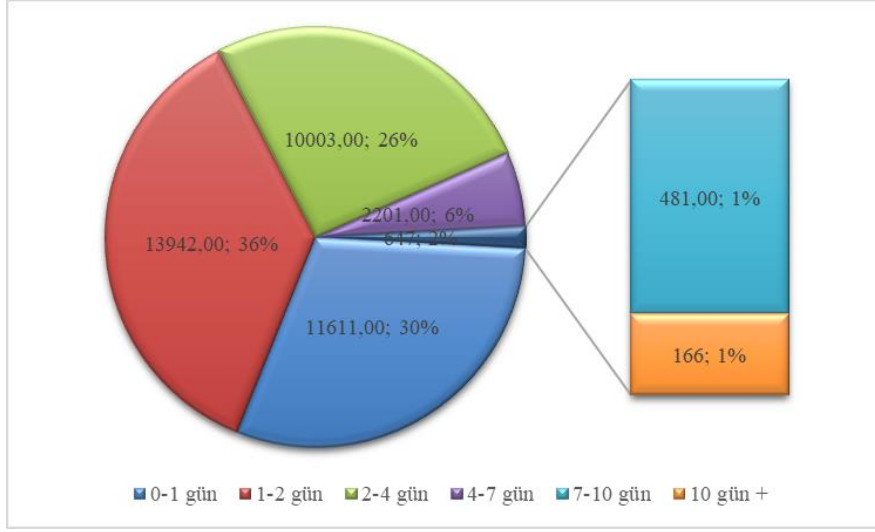
2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin yön ve kılavuz kaptan bulundurma değişkenlerine göre SS dağılımları Şekil 8’de verilmektedir. Şekle göre en fazla gemi geçişi SS aralığı KG yönünde kılavuz kaptan bulunduran gemilerin SS aralığını gösteren 1 saat 15 dk ile 1 saat 30 dk arasındaki süreçtir. İkinci sırada SS aralığı için ise GK yönünde kılavuz kaptan bulunduran gemilerin SS aralığını gösteren 1 saat 30 dk ile 1 saat 45 dk arasındaki süreçtir. Bu sıralamaya göre boğazdaki KG yönlü akıntı gemilerin boğaz seyrini 15 dk etkilemektedir. Aynı şekilde kılavuz kaptanın bulunduran gemilerle kılavuz kaptan bulundurmayan gemilerin seyir süreleri kıyaslandığımızda kılavuz kaptan bulundurmanın seyir sürecini 15 dk kısalttığı gözlenmektedir.



Şekil 9. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin hız ve boy değişkenlerine göre SS dağılımları

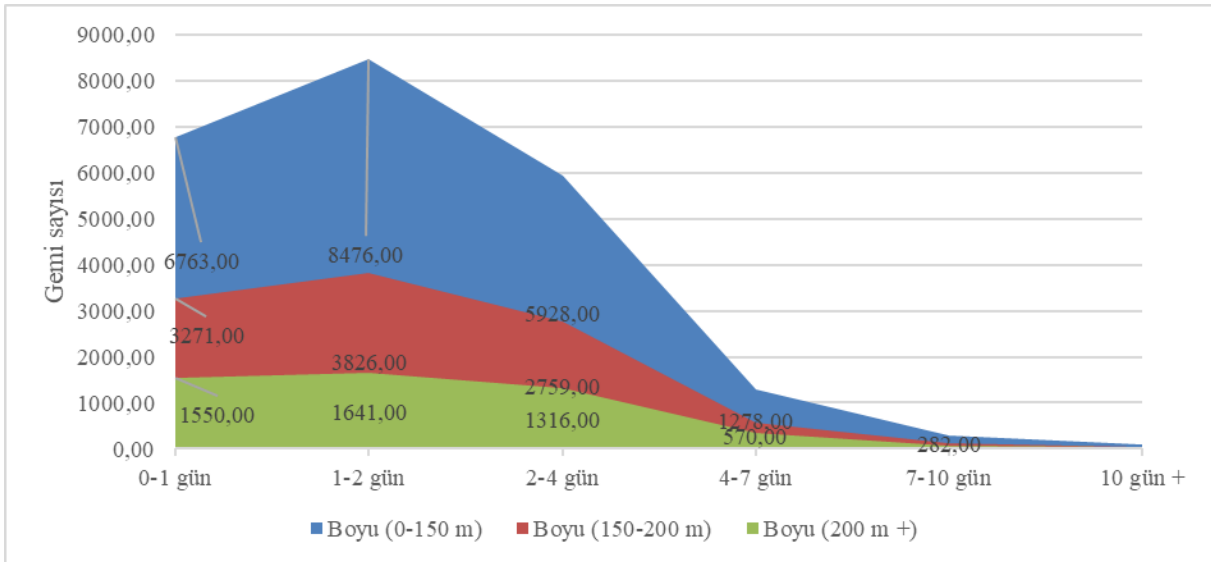
2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin hız ve boy değişkenlerine göre SS dağılımları Şekil 9’da verilmektedir. Hız değişkeni arttıkça geçişin hızlandığını verilerden çıkarmak

mümkündür. Her ne kadar geçişin sabit bir hızda olması istense de gemilerin sabit hızlarla gitmedikleri bu analize göre söylenebilmektedir. Gemi boyu uzadıkça gemilerin emniyetli seyir gereği daha uzun boğaz seyri yapması beklenmektedir, fakat şekle göre boy değişkeninin SS üzerinde önemli değişiklikler yapmadığı tespit edilebilmektedir.



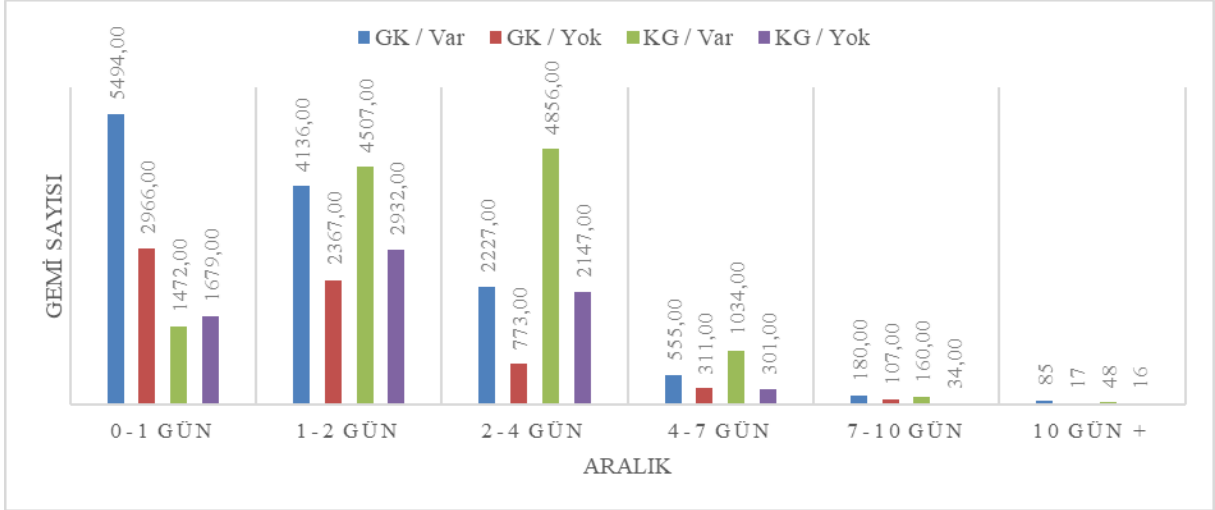
Şekil 10. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin TS dağılımları

2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin TS dağılımları Şekil 10'da verilmektedir. Şekil incelendiğinde 2020 yılında İstanbul Boğazı seyri yapan gemilerin, boğaz geçiş sürecinde niyetlerini gösterdikten sonra %30'unun 1 gün içerisinde, %36'sının 1-2 gün aralığında, %26'sının 2-4 gün aralığında seyir sürecini tamamlayarak boğazdan çıkış yaptığı tespit edilebilmektedir.



Şekil 11. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin boy değişkenine göre TS dağılımları

2020 yılı İstanbul Boğazı'ndan geçişi yapan gemilerin boy değişkenine göre TS dağılımları Şekil 11'de verilmektedir. Bu grafiğe göre İstanbul Boğazından geçiş yapan gemilerin boy değişkeninin TS üzerinde çarpıcı etkiler yaptığını söylemek mümkün değildir.



Şekil 12. 2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin yön ve kılavuz kaptan bulundurma değişkenlerine göre TS dağılımları

2020 yılı İstanbul Boğazı geçişi yapan gemilerin yön ve kılavuz kaptan bulundurma değişkenlerine göre TS dağılımları Şekil 12’de verilmektedir. Bu şekle göre GK yönlü gemi geçişi toplam süreci 0-1 ve 1-2 gün aralığında yoğunlaşırken, KG yönlü gemi geçişi toplam süreçleri 1-2 ve 2-4 gün aralığında yoğunlaşmaktadır. Bunların dışında kalan KG yönlü 0-1 gün aralığında ve GK yönlü 2-4 gün ve üstü aralıklarında gemi geçişlerinin de azımsanmayacak miktarda olduğu tespit edilmektedir. Bu konudaki yasal düzenlemeler geliştirilmelidir.

4. Sonuçlar

Gemilerin İstanbul Boğazı’ndan geçmek için bekleme kuyrukları oluşturduğu endüstride ve bilim dünyasında kabul edilen bir olgudur. Oluşan bekleme kuyrukları hem gemilerin ekonomilerini hem de dünya ekonomisini etkileyebilmektedir. Literatürde daha önceden oluşan bekleme kuyrukları değerlendirilmiştir, fakat literatürdeki çalışmalar içerisinde gemilerin boğaz geçiş süreçleri ele alınmamıştır. Ayrıca Türk Boğazları gemi geçiş yasal mevzuatı 2019 yılında değişmiştir, güncel mevzuat ışığında İstanbul Boğazı gemi boğaz geçişi kuyruk modellemesi yapılmamıştır. Bu çalışma 2020 yılı için güncel mevzuat ışığında İstanbul Boğazı gemi geçişi için bir kuyruk modellemesi sunmakta, güncel İstanbul Boğazı 2020 yılı verileri ile 2020 yılı yasal mevzuatı çerçevesinde tasarlanan kuyruk modellemesi karşılaştırıldığında uygulamanın mevzuat çerçevesindeki kuyruk modellemesinden çok uzakta olduğu görülmüştür. Bu çalışmada bu durumun nedenleri gemi geçiş süreçleri tanımlayıcı analizleri ile aranmıştır. Böylelikle İstanbul Boğazı gemi trafiği için süreç optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu çalışma İstanbul Boğazı gemi geçiş süreci konusunda yapılacak gelecek çalışmalara ışık tutacaktır.

Bu çalışmanın bulguları ile yasal mevzuattaki yanlışlara ve eksikliklere dikkat çekilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda Türk Boğazları gemi geçişi yasal mevzuatının değişikliği önerilmektedir. Bunun yanında gemi geçişine yardımcı olan kılavuzluk hizmetinin genişletilmesi de önerilmektedir.

Çalışmada 2020 yılına ait gemi geçiş verileri kullanılarak İstanbul Boğazı gemi geçişi ele alınmıştır, verilerin alındığı süre genişletilebilir. Çanakkale Boğazı gemi geçiş verileri de gelecek çalışmalarda kullanılabilir. Bu çalışmada İstanbul Boğazı gemi geçiş emniyeti ihmal edilmiştir. Gelecek çalışmalarda süreç optimizasyonu emniyet optimizasyonu ile gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada belirlenen İstanbul Boğazı gemi geçiş süreçleri gelecek çalışmalarda geliştirilerek iyileştirilebilir.

5. Tartışma

Bu çalışmada İstanbul Boğazı boğaz geçişi için kuyruk teorisi bazlı kuyruk modellemesi güncel mevzuat göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Her değişen yasal mevzuatın İstanbul Boğazı kanal disipliniyi değiştirdiği bulunmuştur. Yasal mevzuatın değişmesi halinde bu çalışmada ortaya konan modellemenin yeni yasal mevzuat temelinde güncellenmesi gerektiği çalışmamız sonucunda önerilmektedir. 2020 yılı ilgili güncel mevzuatı göz önünde bulundurularak (M/M/1) : (FIFO/8/∞) Kendal gösterimli kuyruk modellemesi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle optimum, eniyileme sonucu gemi geçişi ortaya konulduğu varsayılmıştır. Optimum gemi geçişi ile güncel mevzuatın uygulandığı 2020 yılı İstanbul Boğazı gemi geçiş verileri kıyaslanmış, bu kıyaslama neticesinde mevzuatın öngördüğü bekleme kuyruklarının sağlanamadığı tespit edilmiştir. Çalışmada bu durumun nedeni tanımlayıcı analizler ile araştırılmış tartışmaya açık bulgulara rastlanmıştır. Bu bölümde bulgulara ilişkin tartışmalara yer verilmiştir. Böylelikle çalışmamız İstanbul Boğazı gemi geçişi için süreç optimizasyonunu gerçekleştirmekte, operasyonun optimizasyonunun sağlanmasına katkı sunacak tartışmalar da değerlendirilmektedir.

Türk Boğazları Gemi trafiği için uygulanan yasal mevzuat bu çalışma içerisinde incelenmiştir. Yasal mevzuat içerisinde Türk Boğazlarından geçmek isteyen gemilerin SP-1 göndermeleri ile ilgili “tahmini boğaza gelişlerinden en az 6 saat önce olmak” üzere gibi alt sınır için sınırlamalar getirilirken, SP-1 göndermede tahmini boğaza gelişleri ile ilgili üst sınırın belli olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum gemilerin boğaza gelişlerinden çok öncesinde bildirim yapmalarına sebep olabileceği gibi, tahmini gelişleri ile ilgili belirsizlik de oluşturmaktadır. Bu durum gemi geçiş planlaması açısından da sıkıntılar oluşturabilmektedir. Yasal mevzuatın süreç için minimum standartları getirirken maksimum sınırlamaları getirmesi geçiş sıralamasının belirlenmesi açısından katkı sağlayabilecek, İstanbul Boğazı gemi geçişini süreç bakımından iyileştirebilecektir. Bu çalışmada yasal mevzuat içerisinde SP-1 gönderme ile ilgili minimum zaman sınırının yanında ek olarak maksimum zaman sınırı uygulaması önerilmektedir. SP-1 gönderme ile ilgili bu kısıtlamalar daha çok tartışılmalı ve bu konuda daha çok çalışma yapılmalıdır.

Yasal mevzuatta bulunan diğer bir husus ise gemiler için minimum sınırlar konmasına rağmen bu sınırlara ne kadar uyulduğu konusunun tartışılmalı olmasıdır. Örneğin Marmara Denizi limanlarından kalkan gemiler için SP-1 göndermede minimum zaman sınırlaması daha kısa iken, Karadeniz’de boğaza yakın limanlar için böyle bir kısıtlama söz konusu değildir. Bunun haricinde gemi boyları için de yasal mevzuatta benzer sınırlamalar söz konusudur. Ancak bunlara ne kadar uyulduğu, uyulmaması durumunda nasıl bir yaptırım uygulandığı hatta yaptırım varlığı bile tartışılmalı konulardır. Ayrıca bu kısıtlamaların sağlanabilmesi için ciddi bir farkındalık çalışmasına ihtiyaç vardır. Çalışmamız içerisinde yapılan analizler neticesinde bu sınırlamaların sadeleştirilmesi önerilmekte hatta bu sınırlamaların tamamen kaldırılacağı düşünülmektedir. Boğaz trafiğini önemli ölçüde etkileyecek askeri gemiler, 300 m’den büyük gemilere yine sınırlama uygulanabilir ama onların haricinde Marmara Limanından kalkan gemiler, gemilerin boyuna göre bir alt limit belirlemenin ne kadar yararlı olduğu hususu tartışılmalıdır. Daha önceki sınırlamalarda belirtildiği gibi bu sınırlamalar hususunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Çalışmamızda hazır zamanı ile ilgili analizlere de yer verilmek istenmiştir. Fakat verilerin tam anlamıyla güvenilir olmaması yasal mevzuatta bununla ilgili herhangi bir ibare bulunmaması sebebiyle bu zaman ihmal edilmiştir. Halbuki boğaza gelen gemilerin birçoğu boğazda yakıt, kumanya, su veya personel ikmal yapmaktadır. Bu durumda boğazlar bölgesine yaklaşan SP-2 veren her gemi o sırada boğazdan geçmek istemeyebilir. Bu durumda da operasyonel sıkıntıların yaşanması, boğaz geçişlerinde karışıklıkların yaşanması durumu söz konusu

olabilir. Bu durumun önüne geçilecek yasal mevzuata, hazır olma bildiriminin yaygınlaştırılmasına ihtiyaç vardır. Ya da bu durumun önüne geçecek SP-2 ile ilgili yeni düzenlemelere ihtiyaç vardır. Bu konu da beklmeleri ve geçiş planlamasını etkileyen tartışılması gerekli konudur. Bu hususta gelecek çalışmalar ile soruna çözüm üretmek mümkün olacaktır.

Gemilerin boğaz geçişleri incelendiğinde 1 saatten kısa sürede ve 2 saat 15 dk dan fazla sürede gemi geçiş verilerine rastlanmıştır. Herhangi bir acil durum haricinde böyle bir durumun mümkün olmadığı bilinmektedir. Bu verilerin oluşmasının temel sebebi boğaz içerisinde bulunan 2 limana gemilerin giriş çıkış yapmalarıdır. Bu limanlara giriş çıkışın trafik hizmetleri bakımından nasıl yapılacağı, boğaz girişi çıkışı sayılması veya sayılmamasının operasyonel etkileri, bunlara uygulanacak prosedürün belirlenmesi, bu limanların boğaz trafiğinin emniyetini nasıl etkilediği konularının çalışılması ve tartışılması gerekmektedir.

BS analizlerinde görülmüştür ki kılavuz kaptan bulundurma boğaz geçişi için beklmeleri engellemektedir. Hatta kılavuz kaptan talepleri yeni beklmelere sebep olduğu söylenebilir. Kılavuzluk hizmetlerinin artırılması gerekmektedir. Bunun temel sebebi gemilerdeki emniyet bilincinin artması ve kılavuz taleplerinde görülen artışlardır. Bu talebin artması ve bu durumun yeni beklmeler oluşturması muhtemeldir. Bunun önüne geçmek amacıyla kılavuzluk hizmetlerinin genişletilmesi gerekmektedir. Kılavuzluk hizmetinin nasıl geliştirileceği, arz ve talep dengesi bunların nasıl karşılanacağı tartışması gerekli konular olup bu konuda daha çok bilimsel çalışmaya ihtiyaç vardır.

BS analizlerinde gemi büyüklüğü değişkeni olarak kullanılan gemi boyu, hava çekimi ve su çekimi verilerinde paralellik olduğu göze çarpmaktadır. Bu da bu değişkenlerin ayrı ayrı değerlendirilmesi yerine tek bir terimle, tek bir değişkenle bu değişkenlerin ifade edilebileceğini göstermektedir. Böyle bir değişken karmaşıklığı azaltacak, analizleri kolaylaştıracaktır. Bunun yanında bahsedilen değişkenler, gross tonaj, makine büyüklüğü gibi değişkenler de kullanılarak başka bir değişkene de dönüştürülebilir. Bu öneriler Türk Boğazları gemi geçişindeki emniyet tedbirlerinde de kullanılabilir ve önerilenler emniyet için daha da önemli olacaktır. Bu konu gelecekte tartışılmalı ve eniyileme sağlanmalıdır. Ayrıca gemi büyüklüğü değişkenlerinin BS üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı BS analizlerinde görülmüştür. Dolayısı ile gemi büyüklükleri ile ilgili geçiş öncesinde bildirim kısıtlamaları koymak operasyonu iyileştirmemektedir. Gemi büyüklüğü ile ilgili olan bildirim, operasyon planlamasının yapılmasında önemli gibi gözükse de önemsiz hale gelmiştir. Geçiş planlaması yapılırken uygulamada kolaylık sağlayacağı düşünülse de geçiş için küçük gemilere öncelik tanınması, aynı anda birden çok büyük geminin boğaz geçişi yapmamasına önem gösterilmesi, etkili ve sürekli planlama yapılması, büyük gemilerin önceden rapor gönderse de boğaza tahmin edilen zamanda varamaması gibi sebepler ile büyük gemilerin önceden bildirim yapması gereksiz bir önlem haline gelmiştir. Tabi bu durum 300 m'den büyük gemiler için geçerli değildir. Çünkü yapılan saha çalışmasında 300 m'den büyük gemiler için emniyet tedbirlerinin artırıldığı, hatta bu gemilerin boğazdan tek geçtikleri tecrübe edilmiştir. Dolayısı ile gemi büyüklüklerinin gemi geçiş sürecine etkisi tartışılmalı ve optimum çözümlere gelecek çalışmalar ile ulaşılmalıdır.

SS analizleri incelendiğinde görüşmüş ki gemiler boğaz akıntısı sebebiyle KG yönünde 15 dk daha hızlı seyir yaparlar, aynı zamanda kılavuz kaptan alınması da gemilerin seyirleri açısından 15 dk iyileşme sağlayarak operasyonu iyileştirmektedir. Bu çalışma ile kılavuz kaptan alınmasının sadece emniyet açısından değil, süreç bakımından da iyileşme sağladığı ispatlanmıştır. Gemilerin boğaz geçişlerinde sabit hıza sahip olması beklenir ama SS analizlerine göre gemilerin hızı arttıkça boğaz geçiş süreleri de kısalmaktadır. Bu çalışmada gemi boyunun gemi

boğaz seyir sürecini etkilemediği de görülmüştür. Bu durumların gelecek çalışmalarda ayrıca tartışılması ve araştırılması gereklidir.

TS analizleri daha önceki süreç analizlerinde değerlendirildiğinde ortaya çıkan yasal prosedür eksikliklerini destekler nitelikli bulgular sağlarken, 2020 yılında İstanbul Boğaz seyri yapan gemilerin, boğaz geçiş sürecinde niyetlerini gösterdikten sonra %30'unun 1 gün, %66'sının 2 gün, %92'sinin 4 gün içerisinde tüm geçiş süreçlerini tamamlayarak boğazdan çıkış yaptığı tespit edilmiştir. Bu yüzdeler ifadeler gemilerin boğaz geçişi için bekledikleri yönündeki tartışmalar için açıklayıcı nitelikteki ifadelerdir.

Yazar Notu

Bu makale İstanbul Boğazı Deniz Trafığı İçin Kuyruk Teorisi Uygulaması ve Süreç Optimizasyonu yüksek lisans tezi kapsamında hazırlanmıştır (Karaca, 2021). Tez ve makale çalışmamız etik izin gerektirmektedir. Verilerin alındığı kuruluş olan KEGM'de verilerin sadece tez ve makale çalışmamızda kullanılacağına dair taahhüt verilmiştir.

Etik Kurul Onay Beyanı

İlgili çalışmada insan veya hayvan katılımcılardan veri toplanmadığı için etik kurul izni gerekmemektedir.

Kaynakça

- Allen A. O. (1978). Queueing Theory. *Probability, statistics, and queueing theory with computer science applications* içinde (s. 243-619). Londra: Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-08-057105-8.50016-3
- Baird, A. J. (2001). Trends in port privatisation in the world's top-100 container ports. 9th Wctr: *Seul. Alan Araştırması*.
- Balık, İ., Aydın, S. Z. ve Bitiktas, F. (2022). Türk Boğazları trafik yoğunluğu, bekleme süreleri ve deniz kazaları. *Kent Akademisi*, 15(1), 262-276. doi:10.35674/KENT.1033749
- Bishop, S. A., Okagbue, H. I., Oguntunde, P. E., Opanuga, A. A. ve Odetunmibi, O. A. (2018). Survey dataset on analysis of queues in some selected banks in Ogun State, Nigeria. *Data in Brief*, 19, 835-841.
- Cooper, R. B. (2010). Queueing notation. Cochran, J. J., Cox Jr., L. A., Keskinocak, P., Kharoufeh, J. ve Smith, J. C. (Ed.). *Wiley encyclopedia of operations research and management science* içinde (s. 1-3). New Jersey: Wiley. doi:10.1002/9780470400531.eorms0702
- Doğru, S. (2013). Türk Boğazları'nın hukuki statüsü: Sevr ve Lozan'dan Montrö'ye geçiş. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 15(2), 123-169.
- Ece, N. J. (2016). Contribution of the pilotage services to maritime safety: An analysis of the relation between ships involved in accidents in the strait of İstanbul and whether if they used pilotage services. *Journal of ETA Maritime Science*, 4(1), 3–21. doi:10.5505/jems.2016.03522
- Johannsen, F. W. (1907). Waiting times and number of calls. *PO Electr. Eng. J.*
- Karaca, İ. (2021). *İstanbul Boğazı deniz trafiği için Kuyruk Teorisi uygulaması ve süreç optimizasyonu* (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kendall, D. G. (1953). Stochastic processes occurring in the theory of queues and their analysis by the method of the imbedded Markov chain. *The Annals of Mathematical Statistics*, 338-354. doi:10.1214/aoms/1177728975
- Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü (2020). *Türk Boğazları gemi trafik hizmetleri kullanım kılavuzu*.
- Koday, Z., Koday, S., ve Kaymaz, Ç. K. (2017). Dünyadaki bazı önemli boğazlar ile kanalların coğrafi özellikleri ve jeopolitik önemleri. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(3), 879–910.
- Kol, B. (2010). *Türkiye'nin dış ticaretinde deniz taşımacılığının önemi ve sorunları* (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Kutluk, E. (2018). İstanbul Boğazı'ndan geçen gemilerin oluşturduğu trafik yükünün çevresel etkileri: Ro-Ro gemileri özelinde bir inceleme. *Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi*, 6(1), 285–310. doi:10.14782/MARUSB.412651
- Morrow, B. (2021). Suez Canal blockage reportedly costing \$400 million an hour, could last “weeks.”. *The Weeks*. <https://theweek.com/speedreads/973967/suez-canal-blockage-reportedly-costing-400-million-hour-could-last-weeks>

- National Center for Education Evaluation and Regional Assistance (NCEERA) (2017). *Descriptive analysis in education: A guide for researchers*. <https://eric.ed.gov/?id=ED573325>
- Önal-Kılıçbeyli, E. H. (2018). Türkiye'nin Karadeniz-Kafkasya vizyonu ve perspektifler. Orhan, O. (Ed.), *Karadeniz ve Kafkaslar: Riskler ve fırsatlar içinde* (s. 35-42). İstanbul: TASAM.
- Paksoy, S. (2018). Karma kısıtlı ulaştırma problemleri ve çözüm yöntemi. *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute*, 33, 341-352.
- Sacar, Ö. (2018). *İpek Yolu güzergahında yapılan lojistik etkinliklerin günümüz lojistik faaliyetleri ile karşılaştırılması* (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Şimşek, H. (2004). *Kuyruk teorisinin İstanbul Boğazı tanker ve gemi geçişleri ile Haydarpaşa Limanı konteyner terminaline uygulanması* (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Taşan, M. (2019). *Türk Boğazları'ndan gemi geçişleri ve geçiş sürelerinin analizi* (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Taşlıgil, N. (2004). İstanbul Boğazı'nın ulaşım coğrafyası açısından önemi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 10, 1–18.
- Taufemback, C. ve Da Silva, S. (2012). Queuing theory applied to the optimal management of bank excess reserves. *Physica A*, 391, 1381–1387. doi:10.1016/j.physa.2011.09.022
- Timör, M. (2001). *Türkiye'nin dış ticaretinde deniz taşımacılığının önemi ve sorunlar*. (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Türker, A. (2020). *Hukuki açıdan gemi trafik sistemi* (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Ankara.