



Yük Vagonu Tamire Tutma Verilerinin Analizi

Ömür AKBAYIR^{ID}, Elif DESTİCİOĞLU^{ID}, Mehmet FİDAN^{ID}

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Raylı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye

*elifsenturk@eskisehir.edu.tr

(Alınış/Received: 24.11.2022, Kabul/Accepted: 24.01.2023, Yayımlama/Published: 31.01.2023)

Öz: Emniyetli ve ekonomik yük treni işletmeciliği için yük vagonlarının bakımı önemlidir. Bu çalışmada 2019 ve 2022 yılları arasında bakım verilerinin bulunduğu listeden farklı açılardan analizler yapılmıştır. Bu analizlerdeki amaç demiryollarında sahip olunan kısıtlı iş gücü nedeniyle verimli bir bakım planı için önceliklerin belirlenmesidir. Verilerin istatistiksel analizi ile en çok görülen arıza tipleri belirlenmiş, bu arıza tiplerinin hangi vagonlarda görüldüğü paylaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Demiryolu araçları, Bakım planlaması, İstatistiksel analiz

Analysis of Irregularities Data on Freight Wagons

Abstract: Maintenance of freight wagons is important for safe and economical freight train operation. In this study, analyzes were made from different perspectives from the list of maintenance data between 2019 and 2022. The purpose of these analyzes is to determine the priorities for an efficient maintenance plan due to the limited workforce in the railways. With the statistical analysis of the data, the most common types of malfunctions were determined, and it was shared in which wagons these malfunction types were seen.

Keywords: Railway vehicle, Maintenance planning, Statistical analysis

1. Giriş

Müşteri taleplerinin hızla değişmesi ile firmalar rekabet güçlerini arttırmak için çalışmalar yapmaktadırlar. Piyasadaki rekabetçi ortamda kar elde edebilmek maliyet yönetimi üzerine çalışmalar yapmakla gerçekleştirilebilir. Bu maliyet çalışmalarından biri de bakım maliyetleridir. İşletmelerde ekipman ve araçları en verimli şekilde kullanabilmek planlı çalışma koşullarına bağlıdır [1]. Araçların durma sürelerini en aza indirmek, belirli periyotlarda eskime, yıpranma kontrolü, arıza nedenlerini ortadan kaldırmak ve bu şekilde araçların ömrünü uzatmak planlı bakım çalışmaları ile mümkündür.

Literatürde bakımların yönetilmesi ve bakım maliyetinin düşürülmesi için çalışmalar mevcuttur. Kütahya ve Eskişehir de yapılan bir çalışmada, bakım yönetiminin ürün maliyeti üzerine etkisi incelenmiştir [2]. Bakım yönetim süreci incelenerek maliyetlere olumlu yönde etkiyecek faktörler incelenmiştir. Burada öncelikli olarak yedek parça yönetimi ve doğru bakım uygulamaları üzerinde yapılabilecek iyileştirmeler çalışılmıştır.

Demiryolu hattının mevcut bakım planındaki sorunların incelendiği ve analizinin yapıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Yol bakımındaki planlama süreçlerini etkileyen ana faktörler dikkate alınarak veriler analiz edilmiştir. Birleştirilmiş altyapı sistem verilerine göre üst yapının mevcut bakım planlamasının karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Planlanan bakım çalışmalarının her zaman gerçekleşene karşılık gelmediği anlaşılmıştır. Teknolojik altyapı, atölyelere gidiş dönüş zamanları, planlanan ve gerçekleşen işçilik maliyetleri arasında %26 lık bir fark olduğu analizler sonucu tespit edilmiştir. Bu farkı azaltmak adına bazı uygulamalar yapılmalıdır. Bir işin fonksiyonel olarak gerçekleştirilmesi için iş gücü maliyetleri, ek zaman katsayıları, araç

Atıf için/Cite as: Ö. Akbayır, E. Desticioğlu, M. Fidan, "Yük vagonu tamire tutma verilerinin analizi," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 17, pp. 199-210, Jan. 2023. doi: 10.47072/demiryolu.1209503

yoğunluğu, atölyelerin iş yapabilme yetenekleri gibi ek faktörler de göz önünde bulundurularak bakım planlamaları yapılmalıdır [3].

Demiryolu ağlarının altyapısını iyi durumda tutmak için düzenli bakım gereklidir. Bu da bakım faaliyetlerini gerçekleştiren ekiplere güvenli çalışma alanları sağlayan bakım planı ile mümkündür. Park halindeki yolcu trenleri ve planlı yük trenleri için problemleri ve hat çalışanları için iş yükünü dikkate alarak hem tren operatörleri hem de bakım çalışanları için bakım planları tasarlanmıştır. Burada karma tam sayılı programlama modeli kullanılmıştır. Bakım planı hazırlanırken tren operatörleri engelleri, bakım firmalarının pratik sınırlamaları, düz hatlar, havai kablolama gibi kriterler dahil edilmiştir. Önerilen bakım programı modelinin bakım faaliyetlerini çoğunlukla geceye aktardığı ve hem bakım firmalarının iş yükünü hem de tren operatörlerinin toplam engelinin önemli ölçüde azalttığı görülmüştür [4].

Demiryollarında bakım aktiviteleri üzerine yapılan farklı bir çalışma da etkin ve verimli bir bakım planı oluşturulması üzerinedir. Bakım maliyetlerine, işletme politikaları, bütçe kısıtları, müşteri beklentileri ve kısa ve orta vadeli taşıma planları etki etmektedir. Etkin bir bakım planı oluşturmak için yük vagonlarının kritiklik seviyeleri AHP-COPRAS kombinasyonu ile belirlenerek, yıllık bakım planı oluşturulmuştur. Bu çalışma sayesinde taşıma faaliyetlerini minimum düzeyde etkileyecek bir bakım planı oluşturulmuştur [5].

Demiryolu araçlarında RAMS verilerini kullanarak bakım ve arıza maliyetlerinde iyileştirmeler yapılmıştır. RAMS kelimesinin açılımı baş harflerden gelmektedir. Bunlar güvenilirlik (R), kullanılabilirlik (A), sürdürülebilirlik (M) ve emniyet (S) kelimelerinden gelmektedir. Raylı sistem araçlarında gerçekleşen arızaların verileri alınarak RAMS yöntemleriyle incelenmiştir. Bu analizler detaylı incelenerek arızaların kök nedenlerine bakılmış, bakım maliyetlerini azaltmak amacıyla verilerin nasıl kullanılacağı açıklanmıştır [6].

Paris-Est Üniversitesi'nde 2015'te yapılan bir çalışmada az görülen arıza olaylarının tahmini için tren verilerinde zamansal seri dataları değerlendirilip, kullanılmıştır. Trenler, konumsal ve zamansal koordinatlarıyla gerçek zamanlı veri akışı sağlayan akıllı sensörlerle donatılmıştır. Etkili bir kestirimci bakım süreci için nadir eğim ve çekiş arızalarını tahmin etmeye yarayacak kuralları belirleme ve çeşitli metodolojileri araştırma ve geliştirme amaçlanmıştır. Zamansal seri datalarının veri madenciliği ile değerlendirilmesi üzerine çalışılmıştır [7].

Bakım planlaması ve maliyetleri üzerine yapılan çalışmaların yanında demiryolları vagonları için bakım yerleri seçimi üzerine de çalışmalar yapılmıştır. Demiryollarının kullanımının artmasıyla bakım atölyelerindeki kapasite ve mevcut vagonları depolama alanlarında da problemler yaşanmaya başlanmıştır. Gece saatlerinde bakım yerlerinde oluşan kapasite problemlerinin azaltılması için bakımların gündüz yapılması düşünülmüş ancak personel ve bakım atölyesi seçimi zor olmuştur. Burada bakım yeri seçimi için karma tam sayılı programlama modeli ile çalışma yapılmıştır. Bu modelle birlikte Hollanda Demiryollarında araç sirkülasyonu için gündüz saatlerinde bakım faaliyetlerinin önemli bir bölümünün gerçekleştirilebileceği tespit edilmiştir. Analiz de çalışma süresi bakım planlaması için önemli bir girdi oluşturmaktadır. Analizler sonucunda konum seçimi farklı uzunluklardaki bakım planlama hatları ve farklı girdi setleri için tutarlı olduğu görülmüştür. Günlük yapılan bakımlar göz önünde bulundurularak en yüksek iş yüküne sahip bakım atölyesi belirlenmiştir. Tüm vagon birimleri dahil en büyük senaryo için 20 bakım yeri açılırsa, faaliyetlerin en az %30,1'lik ortalama gündüz payı elde edilebileceği hesaplanmıştır. Burada yapılan çalışmada bazı sınırlamalar tanımlanabilir. Analiz planlanan bakım verileri üzerinden yapılmıştır. Burada olası kesintiler hesaba katılmaz. Kesintiler nedeniyle demiryolu araçlarının değişimi bakım sırasında sıklıkla değişir ve sonuç olarak sağlanan optimum bakım programı ve optimum bakım yeri seçimi her zaman en doğru olan olmayabilir. Süreler ve bakım aralıkları pratikte farklılıklar gösterebilir. Kesintiler, vagon tipleri gibi yeni kriterlerde eklenerek formülasyon geliştirilebilir [8].

Teknoloji çağının en büyük olgusu, büyük verilerin analiz edilmesi ve bu verilerin hedefler doğrultusunda kullanılmasıdır [9]. Çevremizde bilgisayarın olduğu her ortamda anlık veriler oluşmaktadır. Sürekli iyileştirme için verilerin toplanması ve düzenlenmesi için yapılan çözümler veri analizi olarak adlandırılır. Veriler analiz edilerek anlam kazanmakta ve ilgili konu hakkında problem çözme ve karar vermek için kullanılabilir duruma gelmektedir. İstatistik ile veriler bilgiye çevrilip kullanılabilir hale getirilmektedir.

Literatür incelendiğinde bakımla ilgili demiryolu sektörüne ilişkin çalışmaların demiryolu üstyapısı ve altyapısı ile ilgili olduğu görülmektedir. Demiryolu araçları üzerine özellikle yük vagonları odağında yapılmış çalışma çok azdır. Bu çalışmada Türkiye’de ilk defa yük vagonlarına ilişkin tamire tutma verileri incelenmiştir. Bakım giderlerini büyük ölçüde azaltacak sonuçlara ulaşılmıştır.

2. Metot

Vagonların Tek Tip Kullanım Sözleşmesi (GCU) EK 9’da tamire tutma nedenleri listelenmiştir [10]. Söz konusu dokümanda tamire tutma nedenleri komponent bazında 8 grup altına toplanmıştır. Bunlar: 1. Yürüyüş aksamı, 2. Süspansiyon, 3. Fren, 4. Vagon şasesi ve boji şasesi, 5. Tampon ve çekme tertibatı, 6. Vagon gövdesi, 7. Yükler ve konteynerler, 8. Özel hususlar. Toplamda yaklaşık 1000 adet tamire tutma nedeni bulunmaktadır.

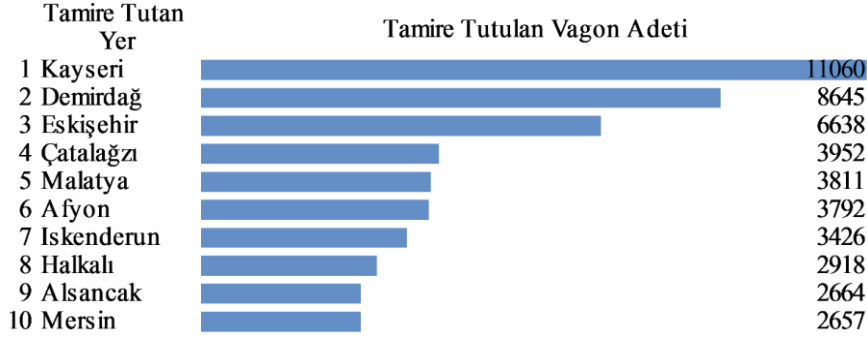
TCDD Taşımacılık AŞ Vagon Teknisyenleri tarafından vagonları tamire tutmak için GCU Ek 9’da bulunan kodlar kullanılmaktadır. GCU Ek 9’da yaklaşık 1000 adet tamire tutma nedeni bulunmaktadır. Söz konusu kodlar Kurumsal Kaynak Yönetimi (KKY) Araç Bakım Yönetim Sistemi (ABYS) modülüne girilmektedir.

Bakım maliyetlerini düşürmek için öncelikle yapılması gereken mevcut bakım verilerini incelemektir. Bakım verilerini incelerken; “Tamire Tutma Tarihi”, “Tamire Tutulan Vagon Numarası”, “Tamire Tutan Yer” ve “Tamire Tutma Nedeni” bilgilerini iyi analiz etmek gerekir. Bu çalışma da istatistiksel analiz yapılırken, 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarındaki 74357 adetlik tamire tutma kaydı kullanılmıştır. Veri, pivot tablolar vasıtasıyla anlamlı bir şekilde çözümlenmeye, özetlenmeye ve raporlanmaya çalışılmıştır.

Veriler incelenirken yapılan varsayım ve kabuller şunlardır: Tüm işyerlerinin verileri eksiksiz ve doğru girdiği varsayılmıştır. Tamirlik arızaların değerlendirmesi, sadece vagon tiplerine göre yapılmış olup; hız, taşınan yük miktarı, yol şartları, dinamik etkiler gibi kök sebepler ve bunlara yönelik iyileştirme çabaları dikkate alınmamıştır. Vagonların çalıştığı güzergahların eğim değerleri, o hatta kullanılan lokomotiflerde dinamik frenin bulunup bulunmaması, çalışma koşulları, bakım talimatlarına uyulmaması, yoğun kullanım, vagonun yaşı, dizilerde yeni vagonların eskilerle birlikte çalışması gibi hususlar dikkate alınmamıştır. Çalışmada TCDD Taşımacılık AŞ ‘nin verileri işlenmiş olup, TÜRASAS Bölge Müdürlüklerinden herhangi bir veri kullanılmamıştır.

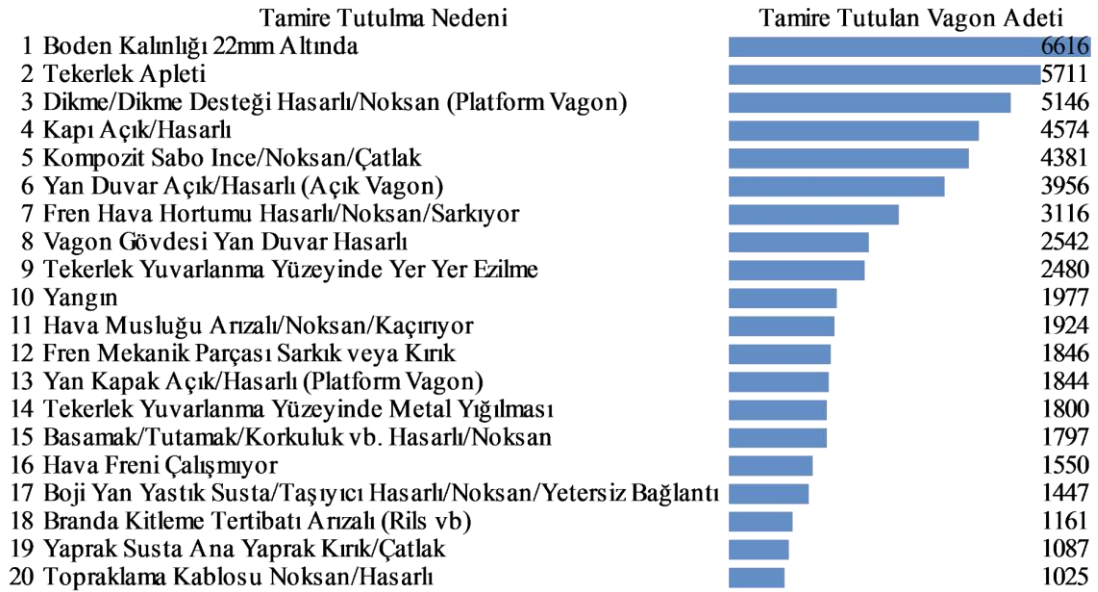
3. Bulgular

Yük vagonları kullanımları sırasında demiryolu şebekesindeki çeşitli noktalardan geçerken Vagon Teknisyenleri tarafından göz ile muayene edilmekte, gerekirse ölçülmekte ve tamire tutulmaktadır. 2019-2022 yıllarında 150 ve üstü vagon tamire tutan 36 işyeri bulunmaktadır. En çok vagon tamire tutan ilk 10 yer Şekil 1.’de verilmiştir. 2019-2022 yıllarında Kayseri, Demirdağ ve Eskişehir sırasıyla 11060, 8645, 6638 adet vagonu çeşitli nedenlerden dolayı tamire tutmuştur.

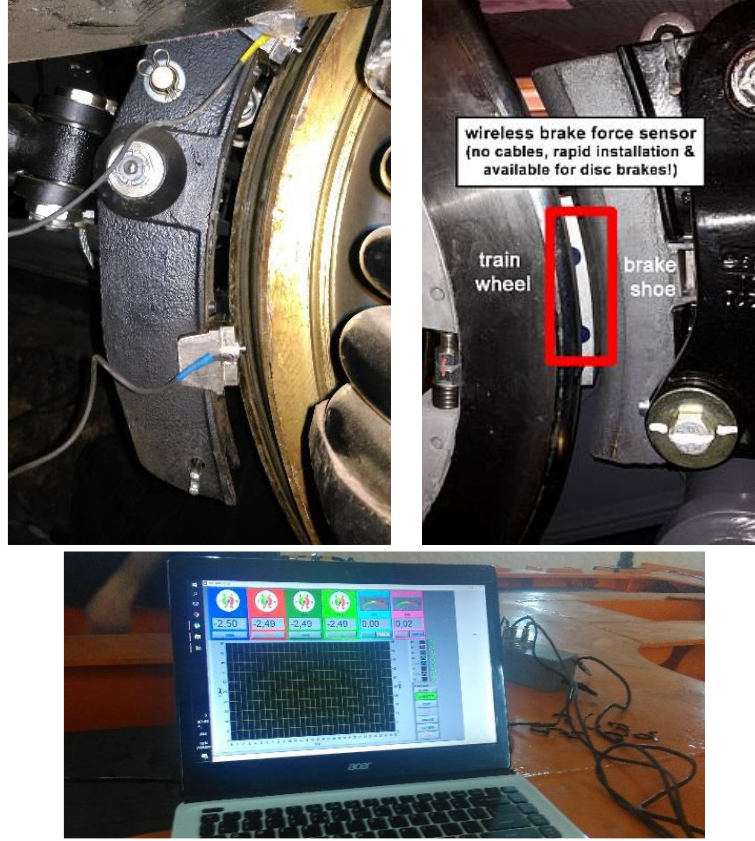


Şekil 1. Tamire tuttukları vagon adetlerine göre en çok vagon tamire tutan 10 yer

Tamire tutulan vagon âdetine göre tamire tutulma nedenleri Şekil 2.'de verilmiştir. GCU Ek 9'da yaklaşık 1000 adet tamire tutma nedeni bulunmaktadır. Şekil 2.'de ilk 20 tanesi verilmiş olması olup, Türkiye'de bunlardan yaklaşık 100 tanesi kullanılmıştır. Şekil 2.'de görüleceği üzere 2019-2022 yıllarında "Boden Kalınlığı 22mm Altında" gerekçesi ile 6616 adet vagon tamire tutulmuştur. "Tekerlek Apleti" gerekçesi ile tamire tutulan vagon sayısı 5711 adettir. Söz konusu iki nedenden dolayı tamire tutulan vagonların tekerlekleri torna edildikten sonra servise verilebilmektedir. En çok Çatalağzı, Kayseri ve Afyon'da "Boden Kalınlığı 22mm Altında" ve "Tekerlek Apleti" gerekçeleri ile vagon tamire tutulmuştur. Buradan genel olarak Çatalağzı, Kayseri ve Afyon'da tekerlekleri torna yapmaya yönelik imkânların geliştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılabılır. "Tekerlek Apleti" gerekçesiyle açık ara en çok Çatalağzı'ndan vagon tamire tutulmuştur. Çatalağzı'nda ilk olarak sabolara gelen fren kuvvetinin ölçüldüğü test cihazının kullanılması önem arz etmektedir. Fren yüzdesi ve hesapları hatalı vagonları Şekil 3.'de görülen ölçüm cihazıyla tespiti mümkün olacaktır. Çatalağzı'nda ikinci olarak UIC 543-1 Ek B'de bulunan "Kontrol Listesi" ne göre bilgisayarlı fren test cihazı ile kontrol imkânı geliştirilmelidir. Apletinin işletmecilik hatası mı vagonda bulunan teknik bir kusurdan mı kaynaklandığı belirlenmelidir.



Şekil 2. Tamire tutulan vagon adetlerine göre en çok tamire tutulma nedenleri



Şekil 3. Sabo basma kuvveti ölçme testi [11-12]

TCDD Taşımacılık AŞ'nin yük vagonu parkında 16475 adet yaklaşık 50 tipte ticari yük vagonu bulunmaktadır. Şekil 4. a'da TCDD Taşımacılık AŞ'nin yük vagonu parkında bulunan vagonların tip bazında adeti verilmiştir. Şekil 4. a'da görüleceği üzere bunlardan 2188 adeti Fals (665 0 331/2708) tipinde yük vagonudur. Şekil 4. b'de ise tip bazında tamire tutulan vagon adeti bulunmaktadır. TCDD Taşımacılık AŞ parkında en çok bulunan Fals (665 0 331/2708) tipi, aynı zamanda açık ara en çok tamire tutulan yük vagonu tiptir.

Tip bazında tamire tutulan vagon adeti tip adetine bölüldüğünde, Fals (665 0 331/2708), Fas (637 7 001/330) ve Falns (644/664 1 001/531) tiplerinin sırasıyla 9,1, 7,7 ve 6,6 değerlerine sahip olduğu hesaplanmıştır. İkinci sıraya yerleşen Fas (637 7 001/330) tipi, Şekil 4. b) 'de ilk 10 sıralamasında bulunmamaktadır. Buradan Fas (637 7 001/330) tipinde vagon sayısı az olmasına rağmen, tamire çok tutulduğu anlaşılmaktadır. Fas (637 7 001/330) tipinin ya çok kullanıldığı ya da ekonomik ömrünü tamamladığı düşünülebilir.

Vagon Tipi	Adet	Vagon Tipi	Tamire Tutulan Vagon Adeti
1 Fals (665 0 331/2708)	2188	1 Fals (665 0 331/2708)	19973
2 Ks (330 1 001/2650)	1206	2 Ks (330 1 001/2650)	6370
3 Hbbillns (246 1 001/999)	975	3 Sgss (456 8 923/9772)	4470
4 Eanoss (TSI) (537 9 192/80066)	871	4 Falns (644/664 1 001/531)	3364
5 Sgss (456 8 923/9772)	828	5 Es (552 0 002/1902)	3167
6 Es (552 0 002/1902)	785	6 Rilns (354 6 001/476)	3038
7 Ks (330 2 652/3252)	582	7 Hbbillns (246 1 001/999)	2920
8 Els (513 3 005/650)	546	8 Ks (330 2 652/3252)	2778
9 Falns (644/664 1 001/531)	512	9 Rgns (TSI) (381 6 001/500)	2684
10 Ss (470 0 001/501)	490	10 Falns (664 1 532/891)	1939

a)

b)

Şekil 4. a) Tip Bazında vagon adeti b) Tip bazında tamire tutulan vagon adeti

Şekil 5. a’da Fals (665 0 331/2708) tipinde kaç adet vagonun hangi gerekçelerle tamire tutulduğu verilmiştir. Fals (665 0 331/2708) tipi en çok “Boden Kalınlığı 22mm Altında” olduğu gerekçesiyle tamire tutulduğundan yoğun kullanıldığı anlaşılmaktadır. Fals (665 0 331/2708) tipinde; “Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)”, “Kapı Açık/Hasarlı, Vagon Gövdesi Yan Duvar Hasarlı” gerekçeleriyle sırayla 2340, 1805, 1249 adet vagon tamire tutulmuştur. Söz konusu tamire tutma nedenleri genel olarak vagonun gövdesi/sandığı ile ilgili fiziksel hasarlardır. Buradan iki sonuca ulaşılabilir: Fals (665 0 331/2708) tipi vagonlara yükleme boşaltma sırasında gövdesine/sandık kısmına çok sık zarar verilmektedir. Fals (665 0 331/2708) tipi vagonların gövdesi/sandık kısmı yapısal olarak zayıf ve cidar açıklıkları fazladır. Bundan sonra üretilecek bu tip vagonlarda daha kalın profil veya Hardox gibi daha mukavemetli yapı çeliği kullanılmasını veya cidar açıklıklarının azaltılmasını tavsiye etmekteyiz. 1259 adet ile diğer dikkat çeken tamire tutma nedeni “Fren Hava Hortumu Hasarlı/Noksan/Sarkıyor” gerekçesidir. Buradan kullanılmayan hava hortumlarının yerine asılmadığı anlaşılmaktadır.

Şekil 5. b’de Ks (330 1 001/2650) tipinde kaç adet vagonun hangi gerekçelerle tamire tutulduğu verilmiştir. Ks (330 1 001/2650) tipi en çok tamire tutulan tip sıralamasında ikinci olmuştur. Ks (330 1 001/2650) tipinde; “Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)” ve “Yan Kapak Açık/Hasarlı (Platform Vagon)” gerekçeleriyle sırasıyla 2352 ve 1073 adet vagon diğer nedenlere göre açık ara fazla tamire tutulmuştur. Söz konusu tamire tutma nedenleri genel olarak vagonun dikme ve yan kapakları ile ilgili fiziksel hasar veya noksanlıklardır. Buradan Ks (330 1 001/2650) tipi yük vagonlarının kullanımı sırasında dikme ve yan kapaklarına zarar verildiği sonucuna ulaştık.

Şekil 5. c’de Sgss (456 8 923/9772) tipinde kaç adet vagonun hangi gerekçelerle tamire tutulduğu verilmiştir. Sgss (456 8 923/9772) tipinde; “Tekerlek Apleti” ve “Tekerlek Yuvarlanma Yüzeyinde Yer Yer Ezilme” gerekçeleriyle tamire tutulan vagon miktarı diğer nedenlere göre fazladır. Buradan Sgss (456 8 923/9772) tipi yük vagonlarında epidemik fren arızası olabileceği sonucuna ulaştık.

Şekil 5. ç’de Falns (644/664 1 001/531) tipinde kaç adet vagonun hangi gerekçelerle tamire tutulduğu verilmiştir. Falns (644/664 1 001/531) tipinde; “Tekerlek Apleti” gerekçesiyle 1069 adet vagon diğer nedenlere göre açık ara fazla tamire tutulmuştur. Buradan Falns (644/664 1 001/531) tipi yük vagonlarında epidemik fren arızası olduğu sonucuna ulaştık. Kaynak [13] deneysel olarak epidemik fren arızasını doğrulamaktadır. Kaynak [13], 664 1 223-3 nolu vagon için Şekil 3.’ de görülen ölçüm cihazı ile yapılan kontrolde sabo baskı kuvvetinin normalin iki katı olduğunu göstermektedir. Verilerin incelendiği dört yıllık zaman aralığında; 31756641175, 81756641839, 31756641168, 31756641197, 31756641245, 81756642103, 31756641250, 31756641155 numaralı vagonlar “Tekerlek Apleti” gerekçesiyle sırasıyla 27, 17, 17, 17, 15, 14, 14, 14 kez tamire tutulmuştur. Söz konusu tipteki vagonların fren yüzdelerinin hatalı olduğu açıktır ve sabolara gelen kuvvetin ölçülmesi suretiyle fren yüzdelerine bakılması gerekmektedir.

Şekil 5. d’de Es (552 0 002/1902) tipinde kaç adet vagonun hangi gerekçelerle tamire tutulduğu verilmiştir. Es (552 0 002/1902) tipindeki yük vagonları malzeme yorulmasına dayanan “Fren Mekanik Parçası Sarkık veya Kırık”, “Yaprak Susta Ana Yaprak Kırık/Çatlak”, “Dingil Kutusu Hasarlı/Yağ Sızdırıyor” ve “Perno/Menot Kırık/Noksan/Çıkmış” gibi gerekçelerle tamire tutulmuştur. Buradan Es (552 0 002/1902) tipi yük vagonlarının ekonomik ömrünü tamamladığı ve artık ıskat edilmesi gerektiği sonucuna ulaştık.

Şekil 5. e’de Rilnss (354 6 001/476) tipinde kaç adet vagonun hangi gerekçelerle tamire tutulduğu verilmiştir. Rilnss (354 6 001/476) tipinde; “Branda Kitleme Tertibatı Arızalı (Rils vb)” gerekçesiyle 650 adet vagon diğer nedenlere göre açık ara fazla tamire tutulmuştur. Buradan

Rilnss (354 6 001/476) tipi yük vagonlarının kullanımı sırasında branda kitleme tertibatına zarar verildiği sonucuna ulaştık.

Şekil 5. f'de Hbbillnss (246 1 001/999) tipinde kaç adet vagonun hangi gerekçelerle tamire tutulduğu verilmiştir. Hbbillnss (246 1 001/999) tipinde; “Kapı Açık/Hasarlı” ve “Açılabilir Çatı Açık/Kızaktan Çıkmış/Kitleme Tertibatı Hasarlı (Kapalı Vagon)” gerekçeleriyle sırasıyla 603 ve 202 adet vagon tamire tutulmuştur. Buradan Hbbillnss (246 1 001/999) tipi yük vagonlarında epidemik kapı açma/kapama tertibatı arızası olabileceği veya kullanım kaynaklı olduğu sonucuna ulaştık.

Şekil 5. g'de Ks (330 2 652/3252) tipinde kaç adet vagonun hangi gerekçelerle tamire tutulduğu verilmiştir. Ks (330 2 652/3252) tipinde; “Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)”, “Yan Kapak Açık/Hasarlı (Platform Vagon)”, “Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)” ve “Menteşe/Perno/Civata Hasarlı (Platform Vagon)” gerekçeleriyle sırasıyla 922, 459, 133 ve 97 adet vagon tamire tutulmuştur. Söz konusu tamire tutma nedenleri genel olarak vagonun dikme ve yan kapakları ile ilgili fiziksel hasar veya noksanlıklardır. Buradan Ks (330 2 652/3252) tipi yük vagonlarında Ks (330 1 001/2650) tipinde olduğu gibi kullanımı sırasında dikme ve yan kapaklarına zarar verildiği sonucuna ulaştık.

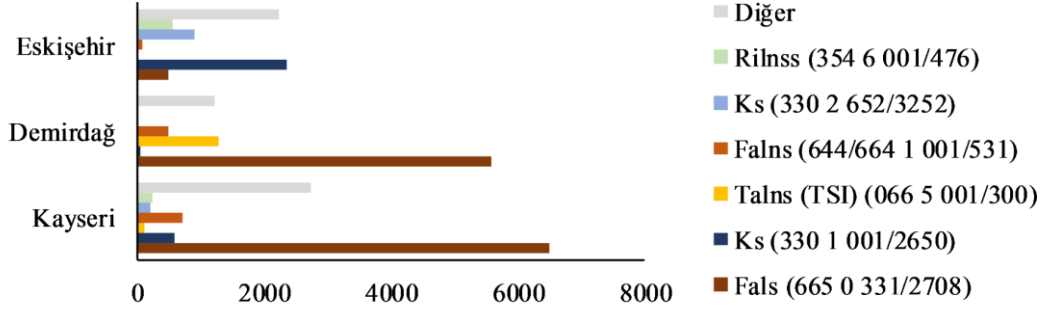
Şekil 5. ğ'da Rgns (TSI) (381 6 001/500) tipinde kaç adet vagonun hangi gerekçelerle tamire tutulduğu verilmiştir. Rgns (TSI) (381 6 001/500) tipi diğer vagonlardan farklı olarak TSI sertifikasına sahiptir. Rgns (TSI) (381 6 001/500) tipi en çok “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak” gerekçeleri ile tamire tutulmuştur. Rgns (TSI) (381 6 001/500) tipinde kompakt fren sistemi kullanıldığından sabolar sadece bojinin iç tarafından tekere basmaktadır. Bu durumun “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak” gerekçelerinin miktarına etkisi incelenmelidir. İlk beş tamire tutma nedeni arasında “Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)” ve “Yük Bağlama Tertibatı Hasarlı/Gevşek/Uygun Değil” gerekçeleri görülmektedir. Konteyner kitleme tertibatının yaylı olması “Yük Bağlama Tertibatı Hasarlı/Gevşek/Uygun Değil” sayısını artırmıştır.

Şekil 5. h'de Falns (664 1 532/891) tipinde kaç adet vagonun hangi gerekçelerle tamire tutulduğu verilmiştir. Falns (664 1 532/891) tipinde; “Tekerlek Apleti” gerekçesiyle 551 adet vagon diğer nedenlere göre açık ara fazla tamire tutulmuştur. Buradan Falns (664 1 532/891) tipi yük vagonlarında epidemik fren arızası olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. İlk beş tamire tutma nedeni arasında “Kapı Açık/Hasarlı”, “Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)” ve “Vagon Gövdesi Yan Duvar Hasarlı” gerekçeleri bulunmaktadır. Söz konusu hasarlara kullanım hatası, cidar açıklığının fazla olması ve dikme olmaması neden olmaktadır. Falns (664 1 532/891) tipinde Falns (644/664 1 001/531) tipiyle benzer sonuca ulaştık.

Tamire Tutulma Nedeni	Tamire Tutulan Vagon Adeti	Tamire Tutulma Nedeni	Tamire Tutulan Vagon Adeti
Boden Kalınlığı 22mm Altında	3112	Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)	2352
Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)	2340	Yan Kapak Açık/Hasarlı (Platform Vagon)	1073
Kapı Açık/Hasarlı	1805	Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)	212
Fren Hava Hortumu Hasarlı/Noksan/Sarkıyor	1259	Menteşe/Perno/Civata Hasarlı (Platform Vagon)	207
Vagon Gövdesi Yan Duvar Hasarlı	1249	Fren Mekanik Parçası Sarkık veya Kırık	182
a) Fals (665 0 331/2708)		b) Ks (330 1 001/2650)	
Tamire Tutulma Nedeni	Tamire Tutulan Vagon Adeti	Tamire Tutulma Nedeni	Tamire Tutulan Vagon Adeti
Tekerlek Apleti	739	Tekerlek Apleti	1069
Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak	466	Kapı Açık/Hasarlı	319
Tekerlek Yuvarlanma Yüzeyinde Yer Yer Ezilme	410	Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak	223
Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)	402	Fren Balatası Noksan/Çatlak	199
Boden Kalınlığı 22mm Altında	347	Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)	165
c) Sgss (456 8 923/9772)		ç) Falns (644/664 1 001/531)	
Tamire Tutulma Nedeni	Tamire Tutulan Vagon Adeti	Tamire Tutulma Nedeni	Tamire Tutulan Vagon Adeti
Fren Mekanik Parçası Sarkık veya Kırık	331	Branda Kitleme Tertibatı Arızalı (Rils vb)	650
Yaprak Susta Ana Yaprak Kırık/Çatlak	268	Tekerlek Apleti	346
Dingil Kutusu Hasarlı/Yağ Sızdırıyor	263	Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak	185
Perno/Menot Kırık/Noksan/Çıkılmış	223	Tekerlek Yuvarlanma Yüzeyinde Metal Yığılması	207
Vagon Gövdesi Yan Duvar Hasarlı	169	Kapı Açık/Hasarlı	179
d) Es (552 0 002/1902)		e) Rilnss (354 6 001/476)	
Tamire Tutulma Nedeni	Tamire Tutulan Vagon Adeti	Tamire Tutulma Nedeni	Tamire Tutulan Vagon Adeti
Kapı Açık/Hasarlı	603	Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)	922
Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak	250	Yan Kapak Açık/Hasarlı (Platform Vagon)	459
Açılabilir Çatı Açık/Kızıktan Çıkılmış/Kitleme Tertibatı Hasarlı	202	Yaprak Susta Ana Yaprak Kırık/Çatlak	147
Tekerlek Apleti	199	Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)	133
Yangın	198	Menteşe/Perno/Civata Hasarlı (Platform Vagon)	97
f) Hbbillnss (246 1 001/999)		g) Ks (330 2 652/3252)	
Tamire Tutulma Nedeni	Tamire Tutulan Vagon Adeti	Tamire Tutulma Nedeni	Tamire Tutulan Vagon Adeti
Boden Kalınlığı 22mm Altında	622	Tekerlek Apleti	551
Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak	506	Kapı Açık/Hasarlı	217
Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)	225	Boden Kalınlığı 22mm Altında	174
Yangın	214	Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)	150
Yük Bağlama Tertibatı Hasarlı/Gevşek/Uygun Değil	143	Vagon Gövdesi Yan Duvar Hasarlı	89
ğ) Rgns (TSI) (381 6 001/500)		h) Falns (664 1 532/891)	

Şekil 5. Tamire tutma nedenlerine göre tamire tutulan vagon adetleri

Şekil 6.'de en çok vagon tamire tutan Kayseri, Demirdağ ve Eskişehir, tamire tuttukları vagon tiplerine göre ele alınmıştır. Kayseri'de 2019-2022 yılları arasında en çok Fals (665 0 331/2708) tipi yük vagonu tamire tutulmuştur. Demirdağ'da ise en çok Fals (665 0 331/2708) ve Talns (TSI) (066 5 001/300) tipi yük vagonu tamire tutulmuştur. Eskişehir'de Ks (330 1 001/2650) ve Ks (330 2 652/3252) tipi yük vagonu tamire tutulmuştur. Genel olarak Kayseri ve Demirdağ Fals tipi vagonları, Eskişehir Ks tipi vagonları diğer tiplere göre açık ara fazla tamire tutmuştur.



Şekil 6. Kayseri, Demirdağ ve Eskişehir'in en çok tamire tuttukları vagon tipleri

Yeni kullanılmaya başlanan Y25Lsod tipi bojilerin “Boden Kalınlığı 22mm Altında” gerekçesiyle tamire tutulma sayısını önemli ölçüde azaltacağını düşünmekteyiz.

“Yangın” gerekçesi ile tamire tutulan vagon sayısı Şekil 2.'de görüleceği üzere onuncu sıradadır. Frende kaldığı için saboların tekerlere sürtmesi ile meydana gelen aşırı ısınmanın sisteme 1.2.2. kodu ile girilmesi gerektiği halde 8.2.3. kodu ile girildiği düşünülmektedir. Bu nedenle Vagon Teknisyeni Temel Eğitim kursu ders programına; SAP KKY ABYS'ye GCU EK 9'daki tamire tutma kodlarının doğru girilmesine ilişkin ilave yapılmasını tavsiye ediyoruz.

4. Sonuç

Demiryolu Tren İşletmeleri (Railway Undertaking) ve Zilyetler (Keeper) için bakım giderleri en büyük üç harcamadan biridir. Günümüzde bakım verilerinin SAP tabanlı sistemlerde tutulması ayrıntılı incelemeye imkân vermektedir.

Bu çalışmada genelden özele gidilmiştir. İlk olarak tamire en çok vagon tutan yerler ve tamire tutulma nedenleri belirlenmiştir. Kayseri, Demirdağ ve Eskişehir sırasıyla en çok vagon tamire tutan yerlerdir.

Açık ara en çok “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Tekerlek Apleti” gerekçeleriyle vagon tamire tutulmuştur. Buradan yedek parça olarak tekerlek gövdesi tüketiminin oldukça fazla olduğunu gördük. Bu nedenle ilk önemli tavsiyemiz tekerlek gövdesi tüketimini azaltmaya yönelik çalışma yapılması gerektiğidir.

Çatalağzı, Kayseri ve Afyon'da en çok “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Tekerlek Apleti” gerekçeleri ile vagon tamire tutulduğundan söz konusu yerlerde tekerlekleri torna yapmaya yönelik imkânların geliştirilmesi gerekmektedir. Çatalağzı'nda açık ara en çok “Tekerlek Apleti” gerekçesiyle vagon tamire tutulduğu için; Çatalağzı'nda sabolara gelen fren kuvvetinin ölçüldüğü test cihazının kullanılması gerekmektedir. En önemli ikinci tavsiyemiz fren kuvvetinin ölçüldüğü test cihazının başta Çatalağzı olmak üzere birkaç yerde olması gerektiğidir.

Üçüncü önemli tavsiyemiz; TSI sertifikasına sahip olmayan vagonlar için P10 pik döküm sabo yerine, LL tipi kompozit sabo kullanılmaması yönündedir. Eğer illa kullanılmak isteniyor ise

ERA/TD/2009-02/INT dokümanında belirtilen UIC onaylı LL tipi kompozit sabo üreticilerinden temin edilmelidir.

Vagon tipi bazında diğer tavsiye ve tespitlerimiz aşağıda sıralanmıştır:

- TCDD Taşımacılık AŞ parkında en çok Fals (665 0 331/2708) tipi vagon bulunmakta olup, söz konusu tip haliyle en fazla tamire tutulan tip sıralamasında ilk sıradır. Fals (665 0 331/2708) ve Falns (664 1 532/891) tipi genel olarak vagonun gövdesi/sandığı ile ilgili hasarlardan dolayı tamire tutulmaktadır. Genel olarak cevher vagonlarına üstten iş makinası kepçesiyle yükleme yapılmaktadır. İş makinası kepçesinin içindeki cevher/dökme hamule yüksekte vagon içine bırakıldığı için vagon gövdesi/sandığı zarar görmektedir.
- En çok tamire tutulan tip sıralamasında Ks (330 1 001/2650) ikinci sıradır. Ks (330 1 001/2650) ve Ks (330 2 652/3252) tiplerinin dikme ve yan kapakları ile ilgili fiziksel hasar veya noksanlıklar dikkat çekmektedir. Söz konusu tipteki vagonların kullanımı sırasında dikme ve yan kapaklarına zarar verilmektedir. Hasarlar özellikle poz çalışması esnasında ray ve travers yüklemelerinde meydana gelmektedir.
- Rgns (TSI) (381 6 001/500) tipinde kompakt fren sistemi kullanıldığından sabolar sadece bojinin iç tarafından tekere basmaktadır. Bu durumun “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak” gerekçelerinin sayısına etkisi incelenmelidir.
- Falns (644/664 1 001/531) tipinde ise epidemik fren arızası olduğunu, Sgss (456 8 923/9772) tipinde epidemik fren arızası olabileceğini düşünmekteyiz. Özellikle Falns (644/664 1 001/531) tipi vagonların fren yüzdesi ile ilgili sorun olduğunu bu nedenle sabolara gelen fren kuvvetinin mutlaka ölçülmesini ve UIC 544-1 ‘e göre fren hesaplarının yeniden yapılmasını tavsiye etmekteyiz.
- Malzeme yorulmasına bağlı nedenlerden dolayı tamire tutulduğu için Es (552 0 002/1902) tipi yük vagonlarının ekonomik ömrünü doldurduğunu düşünmekteyiz.
- Rilnss (354 6 001/476) tipi vagonların açılıp kapatılmasıyla ilgili kullanıcılara eğitim verilmesi gerekmektedir. Söz konusu vagonlarda branda tertibatı karşılıklı iki kişi tarafından açılıp kapatılması gerekirken, genelde tek taraflı iş makinaları ile kapatılmaya çalışılması neticesi hasarlanmalar oluşmaktadır.
- Hbbillnss (246 1 001/999) tipi vagonlarda kapı açma/kapama tertibatında ve Rgns (TSI) (381 6 001/500) tipi vagonlarda dikme ve konteyner kitleme tertibatında kullanım hatası yanında epidemik arızalar olabileceği sonucuna ulaştık.

Son olarak; GCU Ek 9 dördüncü başlık altında bulunan kalite yönetim sisteminin kullanılması bu çalışmada elde edilen benzer tespitlerin daha kolay ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

Uluslararası standartlarda demiryolu araçlarının ömrünün 20-30 yıl arasında olduğu varsayılmaktadır. Ülkemizde kullanılan yük vagonlarının tip bazında LCC (Life Cycle Costing-Yaşam Dönemi Maliyetlemesi) hesaplaması yapılabilir. Bu çalışmanın devamı olarak, makine öğrenmesi ve gruplama yöntemleriyle benzer veriler daha detaylı analiz edilebilir. Yapılacak çalışmalarda vagonun yaptığı km, yaşı vb diğer veriler dikkate alınabilir.

Teşekkür

Bu çalışma TCDD Taşımacılık AŞ'nin 04.10.2021 tarih ve E-30614766-204.02.99-128179 sayılı onayı ile yapılmıştır. Çalışmaya önderlik eden TCDD Taşımacılık AŞ Genel Müdür Yardımcısı Erol ARIKAN, Daire Başkanı Murat DURUKAN, Şube Müdürü Kamil BAYATLI, Mühendis Hasan ÖZDEMİR ve Teknik Şef İsmail İNAN'a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] K. Kaya, "Raylı sistem araçlarında RAMS verilerini ve tekniklerini kullanarak, araç performansını, bakım ve arıza giderlerini iyileştirmek," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 2003.
- [2] H. C. Öteyaka, M. Ö. Öteyaka, R. Köse, "Ürün maliyetini azaltmak için ideal bakım yönetimi," *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, vol. 2, no. 2, pp. 56–60, 2018.
- [3] D. A. Kovenkin, V. A. Podverbnyy, "Issues of planning work on the current maintenance of the railway track," *Transportation Research Procedia*, vol. 61, pp. 636–640, 2022.
- [4] F. Nijland, K. Gkiotsalitis, E.C. van Berkum, "Improving railway maintenance schedules by considering hindrance and capacity constraints," *Transportation Research Part C Emerging Technologies*, vol. 126, pp. 103–108, 2021, doi: 10.1016/j.trc.2021.103108.
- [5] S. Özdemir, E. C. Özcan, "AHP, COPRAS ve tamsayı programlama entegrasyonu ile demiryolu araçlarında bakım planlaması," *Demiryolu Mühendisliği*, sayı. 12, ss. 1-12, 2020, doi:10.47072/demiryolu.678580.
- [6] T. Kadioğlu, T. Toprak, "Raylı sistem araçlarında RAMS verilerini ve tekniklerini kullanarak, araç performansını, bakım ve arıza giderlerini iyileştirmek," *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 19, sayı. 38, ss. 190-207, 2020.
- [7] W. Sammouri, "Data mining of temporal sequences for the prediction of infrequent failure events: application on floating train data for predictive maintenance," Doktora Tezi, Université Paris-Est, 2015.
- [8] J., Zomer, N., Bešinović, M. M.de, Weerdt, R. M. P., Goverde, "The Maintenance location choice problem for railway rolling stock," *Journal of Rail Transport Planning & Management*, vol. 20, pp. 100268, 2021, doi: 10.1016/j.jrtpm.2021.100268.
- [9] F. Öge, "Hafif raylı sistem araçlarında bakım iyileştirmesi," Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, 2015.
- [10] General Contract of Use for Wagons (GCU), 2022.
- [11] Yük vagonlarında kullanılan fren sistemleri eğitimi, Wabtec, Eskişehir, 2022.
- [12] PRODAT, "brake force sensors," 2023. [Online]. Available: https://www.prodat.de/EN/products/brake_force_sensors/ [Accessed January 24, 2023]
- [13] Sabo baskı kuvveti testi raporu, RAYVAG, Adana, 2018.

Özgeçmiş



Ömür AKBAYIR

Lise eğitimini Demiryolu Meslek Lisesinde, lisans ve yüksek lisans eğitimini Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'nde, doktora eğitimini Gazi Üniversitesi'nde tamamlamıştır. 1999-2015 yıllarında TCDD'de Teknisyen ve Mühendis olarak, 2015-2018 yıllarında Anadolu Üniversitesi'nde Dr. Öğr. Üyesi olarak çalışmıştır. 2018 yılından bu yana Eskişehir Teknik Üniversitesi'nde çalışmakta olup Doç. Dr. unvanını 2022 yılında almıştır.

E-Posta: omurakbayir@eskisehir.edu.tr

**Elif DESTİCİOĞLU**

1987 yılında Bursa da doğmuştur. Lise eğitimini Bursa Atatürk Lisesi'nde ve lisans eğitimini 2011 yılında Anadolu Üniversitesi'nde Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. Yüksek lisans eğitimine Eskişehir Teknik Üniversitesi'nde devam etmektedir. 2018 yılından beri Canray Ulaşım Sistemleri A.Ş. şirketinde çalışmaktadır.

E-Posta: elifsenturk87@gmail.com

**Mehmet FİDAN**

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Yüksek lisans ve doktora eğitimini Anadolu Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde tamamladı. Eskişehir Teknik Üniversitesi, Ulaştırma Meslek Yüksek Okulu Raylı Sistemler Elektrik-Elektronik Programında doktor öğretim üyesi olarak çalışmakta ve yine aynı alanda akademik çalışmalarına devam etmektedir.

E-Posta: mfidan@eskisehir.edu.tr

Beyanlar:

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Yazarların katkıları: Ömür AKBAYIR: Verilerin temini, Verilen analizi, Sonuçların yorumlanması, Gözden geçirme ve düzenleme, İnceleme, Kontrol. Elif DESTİCİOĞLU: Kaynaklar, Metodoloji, Verilerin analizi, Yazma, Görselleştirme, Sonuçların yorumlanması. Mehmet FİDAN: Metodoloji, İnceleme, Kontrol.