

Raylı Sistem Taşıtlarında Ray-Teker Arası Sürtünme Yönetimi

Fatih Bezgin*

¹ Durmazlar Makine Ar-Ge Merkezi, Bursa, Turkey (ORCID: 0000-0003-1831-2494)

fbezgin@durmazlar.com.tr

* Sorumlu Yazar: fbezgin@durmazlar.com.tr; Tel.: (+905375449641)

Atıf/Reference: Bezgin, F. (2021). Raylı Sistem Taşıtlarında Ray-Teker Arası Sürtünme Yönetimi. The European Journal of Research and Development, 1(1), 46-60.

(First received 28 October 2021 and in final form 26 December 2021)

Özet

Çağımızın güvenilir ulaşım yollarından birisi olan raylı sistemlerde, taşıt ve altyapı arasındaki ilk etkileşim ray ve teker teması ile başlar. Ray-teker temasından doğacak olacak sürtünmenin fazla olduğu durumlarda, tekerde ve rayda izin verilen limitler dışında aşınmalar ve ses meydana gelecektir. Sürtünmenin yeterli olmadığı durumlarda ise ray üzerinde kayarak ilerleme durumu ya da ilk kalkış esnasında patinaj durumu ortaya çıkacaktır. Bu sebeplerden ötürü, sürtünmenin hat ve çevre koşullarına göre azaltılıp, artırılması gerekmektedir. Sürtünmeyi azaltmak için yağlama sistemi, artırmak için ise kumlama sistemi olarak adlandırılan sistemler taşıtlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada yağlama sistemi ve kumlama sistemlerinin temel bileşenleri incelenmiş olup bir tramvay için tasarlanan yağlama ve kumlama sistemleri tanıtılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ray, Teker, Sürtünme.

Rail-Wheel Friction Management in Rail System Vehicles

Abstract

In rail systems, which is one of the reliable transportation ways of our age, the first interaction between vehicle and infrastructure starts with rail and wheel contact. In cases where the friction that will arise from the rail-wheel contact is high, abrasions and noise will occur on the wheel and the rail outside the allowable limits. In cases where the friction is not sufficient, the wheel will slide on the rail or the vehicle will skid during the first run. For these reasons, it is necessary to increase or decrease the friction according



to the line and environmental conditions. Systems called lubrication system to reduce friction and sanding system to increase friction are used in vehicles. In this study, the basic components of the lubrication system and sanding systems were examined and lubrication and sanding systems designed for a tram were introduced.

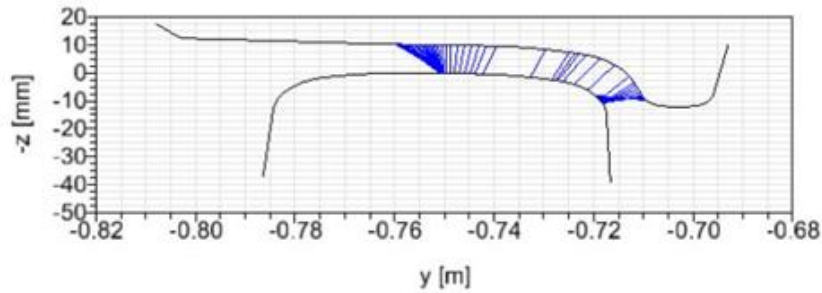
Keywords: Rail, Wheel, Friction.

1. Giriş

Raylı sistemler uzun süredir şehir içi ve şehirler arası yolcu ve malzeme taşımacılığında kullanılmaktadır. Raylı sistemlerin ulaşım amaçlı olarak ilk işletmesi İngiltere’de 1829 yılında faaliyete geçmiştir. (“Ulaşımında Raylı Sistemlerin Tarihi Seyri” 2012)

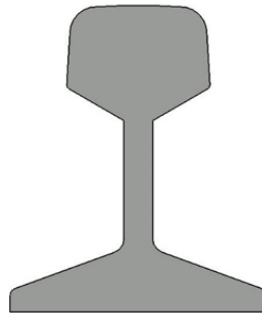
Raylı sistem taşımacılığının temel unsurlarından birisi şüphesiz raylı sistem taşıtlarıdır. Raylı sistem taşıtları farklı ihtiyaçların doğması, teknolojinin giderek gelişmesi gibi nedenlerden ötürü farklı dallara ayrılmıştır. Hızlı trenler, maglev tenleri, monoray, kent içi taşımacılığı yapan hafif raylı sistem taşıtları bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Farklı isimlere ayrılırsalar da raylı sistem taşıtları genelde, ray üzerinde tekerler vasıtası ile ilerlerler. Bu tür sistemlerde ray ve teker sistemin en temel iki bileşenidir.

Raylı sistemlerde taşıt ve altyapı arasındaki ilişki teker ve rayın teması ile başlar. Temasın uygun olmadığı tasarımlarda araç dinamiği olumsuz etkilenebileceği gibi planlanandan daha kısa süre içinde izin verilen aşınma limitlerinin dışına da çıkılabilir.



Şekil 1 Örnek Ray-Teker Temas Gösterimi

Alt yapının ana bileşenlerinden ilki olan raylar, temel olarak aynı göreve sahip olsa da uygulamada farklı tasarımlarla karşımıza çıkabilmektedir.

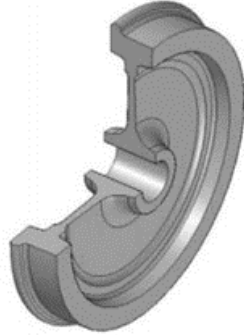


Şekil 2 Vinyol Ray Tipi

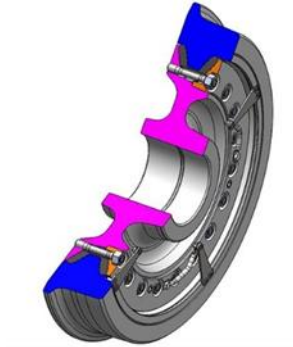


Şekil 3 Oluklu Ray Tipi

Sistemin temel bileşenlerinden bir diğeri olan tekerler de tıpkı raylar gibi farklı tasarımlarda olabilmektedir. Temel olarak tekerler, literatürde monobloc ve resilient olarak ikiye ayrılırlar. Monobloc tekerler yekpare yapıdan oluşurken, resilient tekerler; raydan aldığı titreşimi ve temastan dolayı oluşan sesi sönümleyebilmek adına farklı bileşenlerden meydana gelirler.



Şekil 4 Monobloc Teker Tipi (Suarez, Chover, Rodriguez and Gonzalez, 2011: 553)



Şekil 5 Resilient Teker Tipi ("GHH® V60"t.y, par. 9)

2. Metot ve Yöntemler

2.1. Ray-Teker Sürtünme Yönetimi

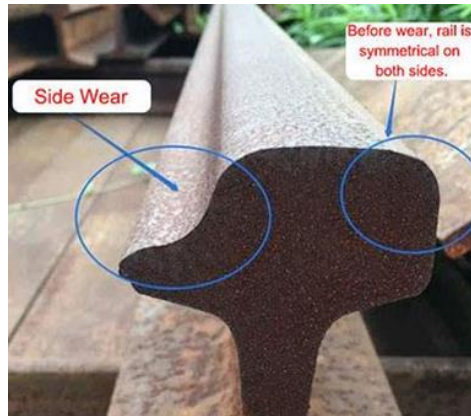
2.1.1. Yağlama Sistemi

Raylı sistem taşıtlarında ray ve teker birbirleri ile sürekli temas halinde olduğundan, sürtünmeden ötürü bir süre sonra teker ve raylarda aşınmalar meydana gelmektedir. Meydana gelen aşınmalar aracın raydan çıkmasına sebebiyet verebileceği gibi, raylarda meydana gelen aşınmalar izin verilen aşınma limitlerini geçerse büyük maliyetler söz konusu olacaktır. Aşınmayı azaltmak için ise sürtünmenin azaltılması gerekmektedir.

Aşınmayı mümkün olduğunca ertelemek ve izin verilen aşınma limitlerini geçmemek için, taşıtlarda manuel ve otomatik olarak teker flanşını yağlayan sistemler bulunmaktadır. Böylece, teker flanşı ve ray temas halinde iken aşınma seviyesi azaltılır.



Şekil 6 Ray-Teker Flanşı Teması



Şekil 7 Aşınmış Ray Örneği ("How To Ensure Train Track Security And Keep It Stay Away From Steel Rail Wear?", 2017)

Yağlama sistemin artılarından birisi de teker flanşı ve ray temasından ötürü ortaya çıkabilecek olan rahatsız edici sesi engellemesidir. Düşük radyuslu kurplarda teker flanşı ve ray yoğun bir şekilde temas halinde olacağı için yağlama sisteminin kullanılması ses oluşumunu büyük oranda engellemektedir.

Yağlama sistemi, uygulamada sıvı yağlama veya katı yağlama olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.1.1.1. Sıvı Yağlama Sistemi

Sıvı yağlama sistemine ait temel bileşenler şunlardır;

- Yağlama Tankı
- Kompresör, Pnömatik ve Hidrolik Hat
- Dağıtıcı
- Nozul

2.1.1.1.1. Yağlama Tankı

Yağlama tankı sistemin temel bileşenidir. Yağlama tankı yağ taşımakla yükümlü olduğu gibi alt bileşeni olan dozaj pompası ile kompresörden aldığı havayı, yağ ile karıştırıp dağıtıcıya iletir.



Şekil 8 Yağlama Tankı ("RAILJET BPK" t.y., par. 1)

2.1.1.1.2. Kompresör, Pnömatik ve Hidrolik Hat

Sistemde dolaşan hava ve yağın taşınması kompresör, pnömatik hat ve hidrolik hat vasıtası ile yapılmaktadır. Kompresör basıncı sistem gereksinimlerini karşılayacak şekilde seçilmelidir.

Hat uzunlukları, hatta bulunan hortum ve boru çap seçimi sistemin düzgün çalışması için oldukça önemli olan kriterlerdir.

2.1.1.1.3. Dağıtıcı ve Nozul

Sistemin temel bileşenlerinden olan dağıtıcı kendisine ulaşan hava-yağ karışımını nozullara iletmekle yükümlüdür. Dağıtıcı her iki nozula da eş zamanlı olarak yağ ulaştırabilmek için nozullara eşit uzaklıkta bulunmalıdır. Nozul ise dağıtıcıdan aldığı hava-yağ karışımını teker flanşına püskürtür.



şekil 9. Dağıtıcı ("Lubrication and cooling systems for the railway industry" t.y., par. 6)



şekil 10 Nozul ("Railjet Spray" t.y., par. 1)

2.1.1.1.4. Yağ Özellikleri

Sistemde kullanılacak olan yağların taşınması gereken genel özellikler şunlardır;

- Raylardaki aşınmayı azaltmak, tekerlek flanşlarını korumak ve bakım maliyetlerini sınırlandırmak için aşınma nleme performansı
- Soğuk havalarda kullanılmasına izin veren bir akma noktası

- Tüketimi en az düzeyde tutabilmek için yağın yağmurda bile yüzeylere yapışabilmesi

2.1.1.2.Katı Yağlama Sistemi

Teker flanşı yağlama yöntemlerinden bir diğeri de katı yağlama sistemidir. Katı yağlama sisteminde, sıvı yağlama sisteminde bulunan bileşenler bulunmaz. Teker flanşına bağlı olan bir çubuk yardımı ile teker flanşı yağlanır.

2.1.2. Kumlama Sistemi

Ray-teker arası sürtünme her zaman azaltılmak istenmez. Bazı durumlarda kasıtlı olarak sürtünmenin artırılması gerekmektedir. Yüksek hızda ilerleyen trenin acil bir şekilde durması gerekmesi, tekerin ray üstünde patinaj durumu sergilemesi veya tekerin ray üstünde kaymaya başlaması gibi durumlar sürtünmenin artması gereken durumlara örnek olarak gösterilebilir.

Sürtünmenin artırılması uzun yıllardan bu yana ray-teker arasına kum püskürtülerek yapılır ve bu sistem kumlama sistemi olarak adlandırılır. Püskürtme işlemi manuel olarak yapılabileceği gibi sürtünmenin artması gereken durumlarda otomatik olarak da yapılabilir. Örnek olarak genelde iki saniyeden fazla sürede tekerin ray üzerinde kayması durumunda otomatik olarak ray-teker arasına kum püskürtülür.



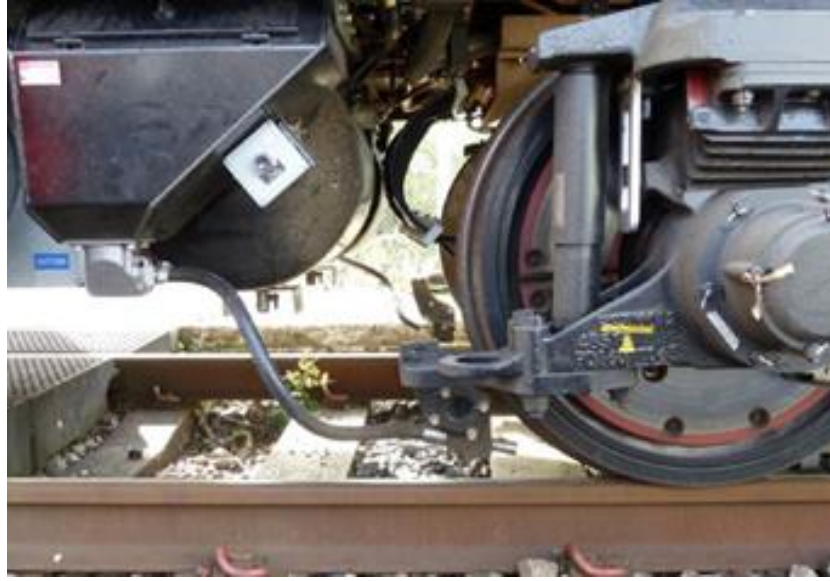
Şekil 11 Kumlama Sistemi (Knorr-Bremse)

Kumlama sistemine ait temel bileşenler şunlardır;

- Kumlama Tankı
- Kompresör, Pnömatik Hat
- Kum Hattı ve Nozul

2.1.2.1. Kumlama Tankı

Kumlama tankı, sistemin temel bileşenidir. Kum deposu görevi görmesinin yanında üzerinde bulundurduğu alt ekipmanlar ile de kumun nozula iletilmesini sağlar. Kumlama tankına kum dolum işlemi manuel olarak yapılabileceği gibi bakım işletmelerinde bulunan kum dolum cihazları ile de otomatik olarak yapılabilir.



Şekil 12 Kumlama Tankı (Lightoller, Purcell, 2020: part3)

Kum tanklarının kum hacimleri uygulamada farklılık gösterebilir. Örnek olarak hafif raylı sistem taşıtlarında 7 litre kum hacmine sahip tanklar görülebileceği gibi 20 litre kum hacmine sahip kum tankları da görülebilmektedir.

Kumlama işleminin gerçekleşmesi sinyalin gelmesi ile başlar. Sinyal ile birlikte kompresörden, alt ekipman olan sanding unit'e hava girişi sağlanır. Kumlama tankının içinde bulunan kum, sanding unit yardımıyla hortuma ve nihai olarak nozula iletilir. İletilen kum hacmi sistem basıncı ve sanding unit tasarımına göre değişiklik gösterebilir.

Eğer kumlama hortumu uzun ve bükümlü ise kumlama işleminin ardından temizleme modülü yapılır. Temizleme modülünde, kompresörden sanding unit'e gelen hava kum olmadan hortum ve nozula iletilir. Böylece kum hattı temizlenmiş olur.

2.1.2.2. Kompresör ve Pnömatik Hat

Sistemin işlevini tamamlaması yani hava ve kumun nozula iletilmesi için gerekli olan hava ve kum; kompresör, pnömatik hat ve kum hattı vasıtası ile taşınmaktadır. Kompresör basıncı sistem gereksinimlerini karşılayacak şekilde seçilmelidir. Basınç

gereksinimi; kullanılan sanding unit'e ve kum hattının uzunluğuna/büküm yoğunluğuna göre farklılık gösterebilir.

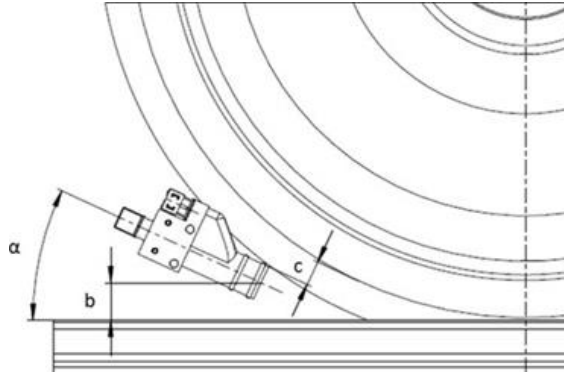
2.1.2.3. Kum Hattı ve Nozul

Sistemin nihai elemanı olan nozul, alt ekipmanı olan ısıtıcı vasıtası ile nemlenen kumu kurutma görevi de görür. Aksi taktirde nozul tıkanır ve sistem doğru bir şekilde çalışmaz.

Kumlama nozulunun konumu, sürtünme artışının efektifliği ve optimum kum kullanım bakımından büyük önem taşımaktadır.

Nozul yerleşimi için üç parametre bulunmaktadır;

- Teker yuvarlanma dairesine uzaklık
- Ray üstünden uzaklık
- Ray ile yaptığı açı

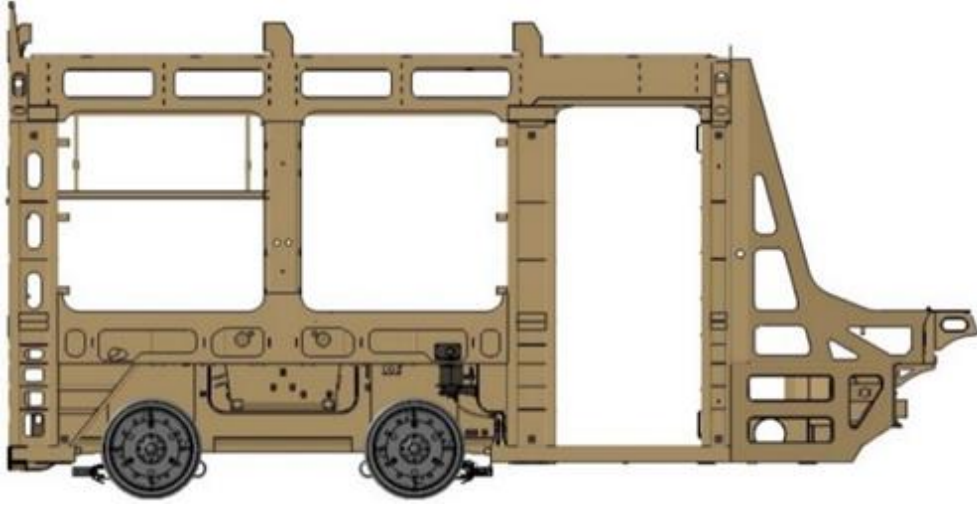


Şekil 13 Nozulun Tekere Göre Konumu (Knorr-Bremse)

Yapılan çalışmalar ve gerçek durumdaki uygulamalara göre; yuvarlanma dairesine uzaklık 20-40mm, ray üstünden uzaklık 40-60mm, ray ile yaptığı açı 20-35° olarak seçilebilir.

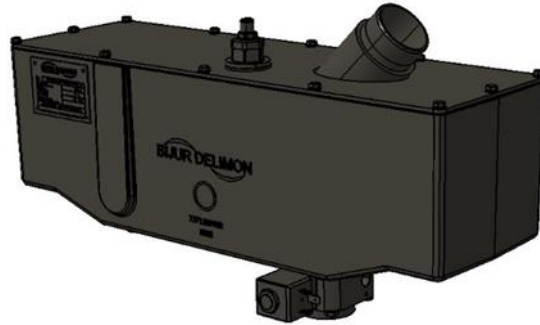
2.2. Tramvay İçin Tasarlanan Yağlama Sistemi

Tramvayda yer alan yağlama sistemi motor bojilerin ilk akslarına yağ atımı yapacak şekilde tasarlanmıştır. Bu şekilde, tramvay kurba girdiği anda, ray ile temas eden ilk teker yağlanmış ve aşınma en aza indirgenmiş olacaktır. Yağlama sisteminin araçtaki konumu Şekil 14'te gösterilmiştir.



Şekil 14 Yağlama Sisteminin Araçtaki Konumu

Araçta kullanılan yağlama tankı tasarımı Şekil 15’te gösterilmiştir. Yağlama tankı üzerinde bulunan seviye sensörü sayesinde yağ seviyesi vatman tarafından sürücü panelinde görülebilecektir. Tankın altında bulunan dozaj pompası hava-yağ karışımını hortum vasıtası ile nozullara iletacaktır.



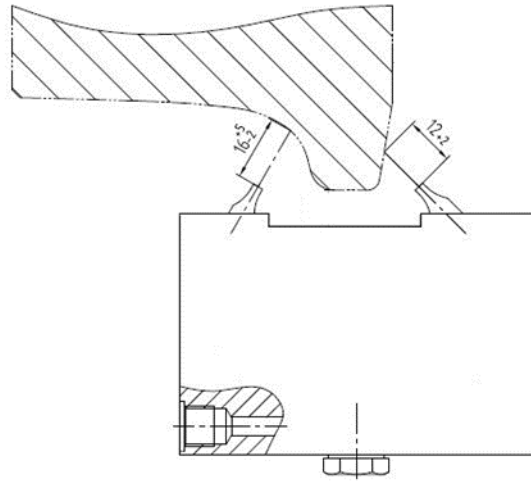
Şekil 15 Yağlama Tankı Tasarımı

Sistemde kullanılan yağın özellikleri Şekil 16’da gösterilmiştir.

Product Characteristics	Value	Dimension
Colour	light brown	
Density at 20°C	0,94	g/cm ³
Operating temperature range	-40 to 120	°C
Operating temperature range short time	130	°C
Thickener	Silicate	
Base oil	biodegradable ester	
Kin. viscosity of the base oil at 40°C	80	mm ² /s
Worked penetration	400 – 430	mm/10
Consistency class (NLGI)	00	
Dropping point	> 250	°C
Resistance to water	1 – 90	
Biodegradability (OCED) after 21 days	> 70	%
Water hazard class (WGK)	1	

Şekil 16 Sistemde Kullanılan Yağ Özellikleri ("SINTONO TERRA SK-RE"t.y., par.1)

Sistemde yağı püskürtmekle yükümlü olan nozulların tekere göre konumu oldukça önem taşımaktadır. Atılan yağın tekere tutunmasının optimum seviyede olabilmesi için, nozul-teker montajı Şekil 17'e göre yapılmıştır.

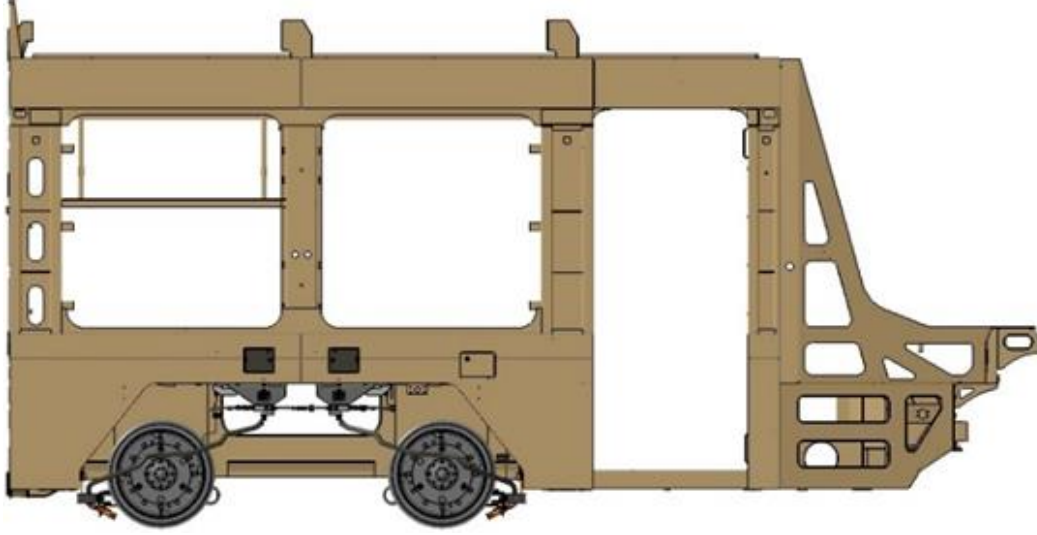


Şekil 17 Nozul-Teker Montaj Parametreleri

2.3. Tramvay İçin Tasarlanan Kumlama Sistemi

Araçta kullanılmak üzere tasarlanan kumlama sisteminin araçtaki konumu Şekil 18'de gösterilmiştir. Kumlama sistemi tankları 20 litre kum hacmine sahiptir. Araçta döner boji kullanılmasından ötürü; kumlama hortumlarının dönüşten en az şekilde

etkilenmesi amaçlanarak, kumlama tankları dönüş ekseninde olacak şekilde konumlandırılmıştır.



Şekil 18 Kumlama Sisteminin Araçtaki Konumu

Kumlama tankı, sahip olduğu seviye sensörü sayesinde kum seviyesi hakkında bilgi verebilecektir. Kum seviyesi belirlenen seviyenin altına indiği takdirde, dolum kapaklarında bulunan ledler uyarı verecektir. Ek olarak, nemli havalarda kumun nemlenmesine engel olabilmek için kumlama tankı ve nozul ısıtıcı ile donatılmıştır.



Şekil 19 Kumlama Tankı Tasarımı

Ray-teker arasındaki sürtünmeyi artırmak için sistemde kullanılan kumun içeriği Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Sistemde Kullanılan Kum Özellikleri

Tane Boyutu [mm]	Oran (%)
<0,10	0
0,10 - 0,63	<5
0,63 - 0,80	<30
0,8 - 1,60	>50
1,60 - 2,00	<30
>2,00	0

3. Bulgular ve Sonuçlar

Ray-Teker arasında oluşan sürtünmenin uygun bir şekilde yönetilememesinin, ray ve tekerde aşınmalara, gürültüye, raylı sistem taşıtının raydan çıkmasına, yağışlı havalarda aracın ray üstünde kaymasına ve ilk kalkışta patinaja sebebiyet verebileceği görülmüştür.

4. Tartışma ve Sonuç

Tasarlanan yağlama sistemi ve kumlama sistemi ile beraber; ray-teker arasında oluşabilecek aşınmalar azaltılmış, istenmeyen sesler engellenmiş ve ihtiyaç duyulan anda ray-teker arasındaki sürtünmenin artırılmasına olanak tanınmıştır.

Teşekkür

Desteklerini esirgemeyen Durmazlar Makine, Bijur-Delimon International, Knorr-Bremse ve GHH-Bonatrans'a teşekkür ederim.

Referanslar

1. Ulaşımında Raylı Sistemlerin Tarihi Seyri (2012, 2 Ekim). Erişim adresi <https://rayhaber.com/2012/10/ulasimda-rayli-sistemlerin-tarihi-seyri/>
2. Suarez, B., Chover, J. A., Rodriguez, P., Gonzalez F.J. (2011). Effectiveness of resilient wheels in reducing noise and vibrations, 225(6), 545-565 <https://dx.doi.org/10.1177/0954409711404104>
3. Wheels. (t.y). Erişim adresi <https://www.ghh-bonatrans.com/en/products-and-services/wheels/>
4. How To Ensure Train Track Security And Keep It Stay Away From Steel Rail Wear? (2017, 10 Temmuz). Erişim adresi <http://www.sincholdrail.com/info/how-to-ensure-train-track-security-and-keep-it-19953609.html>
5. Railjet BPK. (t.y). Erişim adresi <https://www.bijurdelimon.com/bpk31-001.html>
6. Railjet Spray (t.y). Erişim adresi <https://www.bijurdelimon.com/rsp06a000000.html>

7. Lubrication and cooling systems for the railway industry (t.y). Erişim adresi <https://www.railway-technology.com/contractors/lubricants/delimon-gmbh/>
8. Lightoller, A., Purcell, L. (2020). Low adhesion and sanders. PWI Journal Technical articles, Vol 138 Part 3 Erişim adresi [https://www.thepwi.org/technical_hub_journal_technical_articles/pwi_journal_0720_vol_138_pt3/pwi_journal_202007_vol138_pt3 - low adhesion and sanders](https://www.thepwi.org/technical_hub_journal_technical_articles/pwi_journal_0720_vol_138_pt3/pwi_journal_202007_vol138_pt3_-_low_adhesion_and_sanders)
9. SINTONO TERRA SK-RE (t.y). Erişim adresi <https://www.lubritec.com/wp-content/uploads/2018/12/FT-LC-Sintono-Terra-SK-RE-060214-eng.pdf>