

# DEMİR YOLU İLTİSAK HATLARINDA AŞINMA KAYIPLARI

**Burhan Uzbaş**

Tüpraş Kırıkkale Rafineri,  
Proje ve Yatırımlar Müdürlüğü, Kırıkkale  
burhanuzbas@gmail.com

## ÖZET

Demir yolu taşımacılığı, insan ve eşyaları uzun mesafelere taşımaya sağlayan ulaşım sistemlerinden biridir. Özellikle karayollarındaki kazaların önlenmesi, maddi kayıpların ve trafik yükünün azaltılması sebebiyle demir yollarının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Raylı sistemlerde, yapı elemanları tekrarlı hareketli yükler altında yorulmaya maruz kalmaktadır. Vagonlar hareket ettikçe, demir yolu üst yapısını oluşturan ray ile tekerlek arasında sürekli olarak sürtünme meydana gelmektedir. Oluşan bu sürtünmeler sonucu, üst yapı elemanı olan raylarda aşınma nedeniyle malzeme kayıpları ve istenmeyen şekil bozuklukları oluşmaktadır. Yapılan çok sayıda araştırmaya karşın, aşınma sonucu malzeme kayıplarının oluşumu konusunda genel geçerli bir teori ortaya konulamamıştır.

Bu çalışmada, Tüpraş Kırıkkale Rafinerisi vagon dolum ünitesi demir yolu hatlarında sürtünme sonucu oluşan aşınmaya bağlı meydana gelen malzeme kayıpları konusunda bir saha araştırması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda, bulgular özetlenerek, araştırmanın sonuçları sunulmuştur. Saha araştırmasına konu olan sürtünmeye bağlı aşınma sonucu malzeme kayıplarında, korozyon ve diğer kayıplar göz önünde bulundurulmamış ve ihmal edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Demir yolu, aşınma, raylı sistem taşıması

## Wear Loss at Railway Junction Lines

## ABSTRACT

The railway transportation is one of the transportation facilities for human and goods transportation which is highly preferable against road transportation considering the facts of preventing accidents, loss of assets and decreasing the load on road transportation system.

Material fatigue is observed in railway systems due to dynamic forces applied on the construction elements. As a result of the friction between rail and the wheel, material losses and structural failure is observed on the rail system which is the upper construction material. Although many researches indicates otherwise, a generally valid theory has not been established about the occurrence of material loss due to degradation.

This field study is about the material losses due to frictional forces in Wagon Loading Unit in Tüpraş Kırıkkale Refinery. The results of the study is summarized and submitted in the text. The effect of other factors like corrosion is assumed to be not affected and ignored.

**Keywords:** Railway, wear, rail transport

Geliş tarihi : 19.11.2012

Kabul tarihi : 12.02.2013

Uzbaş, B. 2013. "Demir Yolu İltisak Hatlarında Aşınma Kayıpları," Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 638, s.39-45.

## 1. GİRİŞ

Taşıma sistemleri, bir ülkenin ekonomik gelişiminde önemli rol oynar. Demir yolu taşımacılığı da diğer taşımali sistemleri gibi, insan ve eşyaları uzun mesafelere taşımayı sağlayan ulaşım sistemlerinden biridir. Demir yolu taşımacılığı, günümüzde 300 km / saat hızla hareket eden araçlar ile hava taşımacılığı için bir alternatif olarak gelişmektedir.

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı, yüksek gereksinimleri sebebiyle güvenlik konuları da demir yolu kapsamında önem arz etmektedir. Bu nedenle demir yolu anahat ve iltisak hatları, malzeme özellikleri, şekli ve süreklilik bakımından, bu yüksek gereksinimlerini karşılamak zorundadır [1].

Raylı taşımacılıkta karşımıza çıkan problemlerden birisi de ray ve tekerleklerin sürtünme nedeniyle aşınmasıdır. Aşınma, birbirine temas eden demir yolu rayı ile tekerlek arasındaki mekanik sürtünme sonucu, hız, ağırlık ve dinamik yükler altında oluşmakta ve raylarda malzeme kayıpları meydana gelmektedir. Yapılan çok sayıda araştırmaya rağmen, aşınma sonucu malzeme kayıplarının oluşumu konusunda genel geçerli olan bir teori yoktur.

Raylarda oluşan aşınma kayıpları, vagon ve rayda yüksek ivmeli titreşimler ve büyük dinamik zorlamalar oluşturarak, yolların bozulmasına, bakım masraflarının artmasına, demir yolu kazalarının oluşmasına ve çevreyi rahatsız edici bir gürültüye neden olmaktadır.

## 2. DEMİR YOLU HATLARI

Demir yolu hatları alt ve üst yapı olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Demir yolunda, altyapı platformu üzerine oturan, üzerinde demir yolu taşıtlarının hareket etmesini sağlayan, taşıtlardan etki eden kuvvetleri, platforma aktaran yapı kısmına, üst yapı denilmektedir [2].

Raylı ulaşım sistemlerinde üst yapı, yol ve taşıyıcı sistem olmak üzere iki büyük görev yapmaktadır. Yol olarak, bir yandan taşıt tekerleklerine düzgün ve pürüzsüz bir yuvarlanma yüzeyi sunması diğer yandan taşıtların yanıl yöndeki hareketlerini kısıtlayarak ve geometrisini bozmayarak kılavuzluk görevi yapmasıdır. Taşıyıcı sistem olarak, tekerlekler tarafından iletilen düşey dinamik yükleri güvenle karşılayıp, kısmen azaltarak ve

yayarak zemine iletmesi ve taşıtların konforlu seyirlerini sağlayan elastik bir yatak sunmasıdır [2].

Klasik anlamda ifade edilen bir demir yolunda, demir yolu taşıtlarının tekerlekleri “ray” adı verilen sürekli, iki sıra metalik çubuk üzerinde yuvarlanma hareketi yaparlar. Raylar da “travers” adı verilen ve rayların altında, onlara dik yönde, belirli aralıklarda yer alan temele oturtularak tespit edilmişlerdir. Böylece raylarla traversler çerçeveleri oluşturur. Traversler ise “balast” denen bir kırma taş tabakası içine üst yüzeylerine kadar gömülmüşlerdir. Balast tabakası altyapı platformu üzerine serilmiştir. Ayrıca gerek rayların birbirine bağlantısı ve gerekse rayların traverslere tespiti için “bağlantı malzemesi” adı verilen malzemeler bulunur.

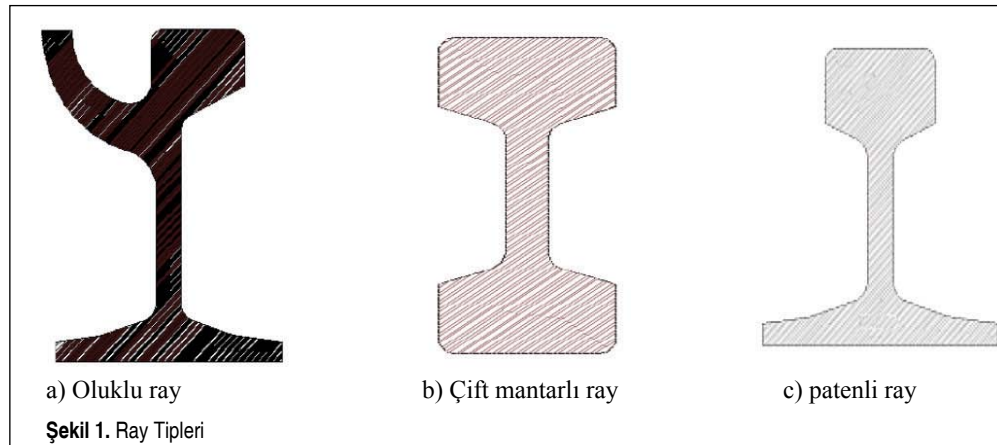
Söz konusu yapılan bu çalışma kapsamında, raylarda sürtünme sonucu oluşan aşınmaya bağlı olarak gelişen malzeme kayıpları araştırıldığından, en önemli üst yapı elemanı olan raylar hakkında genel bir bilgi vermek konunun anlaşılması açısından faydalı olacaktır.

### 2.1 Rayların Özellikleri

Demir yolu araçlarının tekerleklerine en az direnç gösterecek bir yuvarlanma yüzeyi sağlayan, tekerlekleri kılavuzlayan ve dingillerden aktarılan kuvvetleri traverslere aktaran dökme çelikten yapılmış üst yapı malzemesine ray denir.

Demir yolu sistemlerinde kullanılan rayların üretiminde, bir bilgi birikimi deneme yanılma yoluyla teknolojinin gelişmesine paralel olarak her geçen gün daha iyiye gidilmektedir. Öyle ki artık dünyanın bir yerinde kullanılan raylar başka bir yerde kullanıldığında arızalara yol açacağı görülmüş, iklim şartları, ray ısı ve benzeri teknik özelliklerin göz önünde bulundurulması gereken özellikler artık devreye girmiştir.

Raylar, mantar, gövde ve taban olmak üzere üç bölümden oluşur. Raylar, oluklu raylar, çift mantarlı raylar ve patenli raylar olarak sınıflandırılabilir (Şekil 1).



Şekil 1. Ray Tipleri

Oluklu raylar tramvay hatlarında kullanılır. Ayrıca diğer şase kaplamalarıyla uyuşabildiği için demir yolu ve kara yolunun aynı seviyede kesiştiği yerlerde (hemzemin geçitlerde) kara yolu, yaya yolu, demir yolunun aynı güzergâh içinde bulunması durumunda ve özellikle rıhtım hatlarında kullanılır. Sakıncalı yönü ise boden yataklarının çeşitli malzemelerle dolmasıyla yolun sürekli bakım ve temizliğe ihtiyaç duymasıdır. Boden yataklarının dolması deray sebebi olabilir.

Çift mantarlı raylar, simetrik bir şekil arz edip bir alt bir de üst mantardan meydana gelir. Bu rayın ortaya atılışındaki fikir üst mantarın aşınmasından sonra rayın çevrilmesiyle alt mantarın kullanılmasını amaçlarken zamanla, üst mantarla beraber alt mantarın da sürtünmeler nedeniyle aşınmasından ötürü kullanılmasının imkânsızlığı anlaşılmıştır.

Patenli raylar, traverse bağlantısını sağlayan ve paten ismini alan genişlemiş bir dayanma tablası ile tek yuvarlanma yüzeyinden oluşur. Patenli raylar, çift mantarlı rayların birçok sakıncasını ortadan kaldırmaktadır ve kolaylıkla traversler üzerine monte edilebilirler. Demir traverslerde doğrudan traverse oturur, ahşap ve betonarme traverslere seletler yardımıyla oturtulur [2].

Ray çeliğinin bileşiminde, demirden başka karbon, silis, manganez, fosfor ve kükürt bulunur. Bunlardan karbon, silis ve manganezin belli miktarlarda bulunması, rayı daha mukavemetli hâle getirmesi açısından faydalıdır. Fosfor ve kükürt ise çelik bünyesinden tamamen çıkarılamayan zararlı elementlerdir.

Karbon, çeliğin mukavemetini artırır; ancak malzemenin daha gevrek olmasına neden olur. Ray çeliği içindeki karbon miktarı on binde 40-60 arasında olmalıdır. Silis, çeliğin oksidasyonunu zorlaştıran bir element olup ayrıca malzemenin daha akıcı, yoğun ve ince zerrelili, homojen olmasına neden olur. Ray çeliği içindeki silis miktarı on binde 35-50 arasında olmalıdır. Manganez, çeliği sert ve mukavemetli yapar. Ray çeliği içindeki manganez miktarı karbonun 2-3 katı, yani on binde 80-210 arasında olmalıdır. Fosfor, çeliğin daha sert olmasını sağlamasına rağmen, elastikiyetin azalmasında karbondan daha çok etkilidir. Bu nedenle ray çeliği içindeki fosfor miktarı on binde 3-8’den fazla olmamalıdır. Kükürdün ray çeliğinin içinde bulunması istenmez. Ancak tamamen çıkarılmasındaki zorluklar nedeniyle, on binde 6’ya kadar kabul edilir [2].

Günümüzde taşıma gücünü artırarak daha fazla dingil basıncıyla yüksek hızlarda işletmecilik yapmak ihtiyacı ray kesitinin büyütülmesiyle sağlanabilmektedir. UIC standartlarına göre ray çeliğinin çekme mukavemeti 70-85 kg/mm<sup>2</sup> olarak tayin edilmiştir. Ray aşınmayacak kadar sert fakat kırılmayacak kadar esnek yapıda olmalıdır. Mantar kısmı sertleştirilen

raylar on binde 78 oranında karbon ve on binde 90 oranında manganez içermektedir. Rayların mantar kısmı elektrik veya gaz kullanılarak 1050 °C’ye kadar ısıtılır ve daha sonra sıcaklık saniyede 3-4 °C oranında azaltılarak 500 °C’ye düşürülür. Bu şekilde sertlik oranı 280 BHN’den 360 BHN (Brinell sertlik sayısı) değerine yükseltilir. Sertlik değerleri 300-400 BHN arasında değişir. Bu sayede rayda derin bir sertleşme elde edilir. Ray uçlarında ve mantarında bu şekilde yapılan sertleştirmeler genellikle 14 mm ile 40 mm arasında bir derinlik bölgesi elde edilir [2].

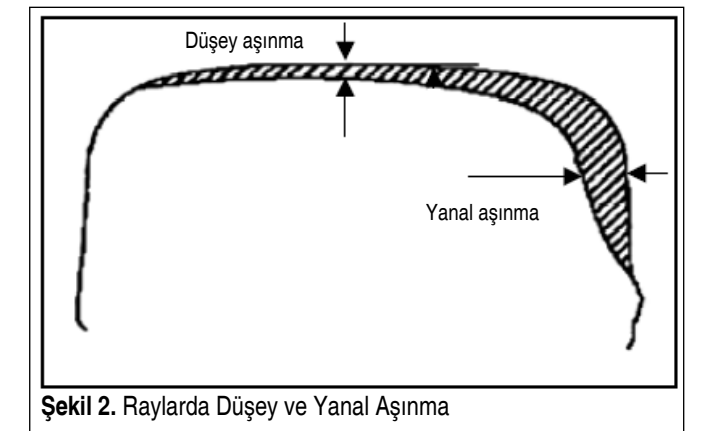
Kimyasal birleşimlerinde değişiklik yapılarak rayın mukavemeti artırılabilir, rayın yüksek mukavemetli olması bandajın daha çabuk aşınmasına neden olur. Karbon ve manganez miktarının artırılması rayı daha gevrek hâle getireceğinden kırılmalara neden olur.

### 2.2 Rayların Sürtünme ile Aşınması

Demir yolu hatlarında ray ile tekerleğin temas ettiği noktalarda yuvarlanma ve kayma şeklinde iki çeşit hareket meydana gelir. Ray ve tekerleğin temas ettiği noktalarda tekrarlı hareketlerden dolayı, tekerlek ve raylarda aşınma sonucu malzeme kayıpları meydana gelir. Genellikle ray aşınması düşey ve yanıl olarak sınıflandırılır. Düşey aşınma, rayların başlık kısımlarının üstünde meydana gelir. Bu tür aşınma, düz bir hat boyunca veya kurb raylarının iç yüzeyinde görülür. Yanıl aşınma, ray başlığının yan kısımlarında oluşan aşınmadır. Bu tür aşınma, kurlarda meydana gelir ve tekerlek ile rayın işletme ömrünü belirleme de en önemli faktördür. Düşey ve yanıl aşınma Şekil 2’de gösterilmiştir [3].

Tekerlek ve rayın davranışını etkileyen faktörler dört grupta sınıflandırılabilir: İşletme koşulları, araç ve vagonların şekilleri, malzeme özellikleri ve yağlama gibi reolojik değişkendir [3].

Demir yolu hatlarında boyuna eğim rayların aşınmasını iki şekilde etkiler: Birincisi, çok dik eğimlerde lokomotif tekerleklerinin patinajı sonucunda lokal aşırı aşınmalar, ikincisi



Şekil 2. Raylarda Düşey ve Yanıl Aşınma

ise vagon dik eğimlerde kurbdan geçtiğinde, vagonun ağırlığı rayın iç yüzeyine aktarılır ve ray başlığı genişler [3].

Değerler özellikle kurlarda yanal aşınmayı etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Kurlarda etkiyen merkezkaç kuvvetinden dolayı, dış ray yanal kuvvetlerin etkisinde kalır ve aşınma oluşur [3].

Yapılan çalışmalarda, ray mantarı üst seviyesinin 100.000 tren geçmesiyle 1 mm aşındığı görülmüştür ve ray tipine göre aşınma limiti 4-11 mm arasındadır. Ray aşınma miktarları ray profil ölçme aleti (Robel-A, Robel-B veya SKM) ile ölçülür [2].

Raylarda yanal ve düşey aşınma dışında dalgalı aşınma da oluşabilmektedir. Dalgalı aşınma, titreşim ve gürültünün en önemli nedenlerinden birisidir. Dalgalı aşınma, “ray üst yüzeyinde az ya da çok periyodik biçimlerde oluşan düzlemsel bozukluklar” olarak tanımlanabilir. Ray yuvarlanma yüzeyinde birbirlerini izleyen parlak tepeler ile koyu renkli mat vadiler şeklinde bir görünüm oluşturan bu aşınma, trafik güvenliği açısından tehlikeli değildir. Ancak taşıtlarda ve yol elemanlarında yüksek ivmeli titreşimlere yol açarak, ek dinamik zorlanmalar doğurmakta, yolun kısa sürede bozulmasına ve bakım masraflarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca dalga boyları kısa olan aşınmalar, yüksek frekanslı titreşimlerle önemli bir gürültü oluşturmaktadır. Bu durum, özellikle şehir içi raylı sistemlerde çevreyi rahatsız etmektedir. Bu titreşimler, aşınmanın derinliğine, dalga boyuna ve taşıt hızlarına bağlı olarak, ek dinamik kuvvetlere neden olurlar. Bu dinamik zorlanmalar yol, taşıtlar ve çevreye olumsuz etkiler yaparlar. Üstyapı elemanları aşırı olarak zorlanırlar, yuvarlanma yüzeyindeki ray hataları büyür, taşıtların durumları kötüleşir, titreşimler ve gürültü düzeyi artar [4].

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Demir yolu taşımacılığı düşük değerli, ağır ve hacimli yükler için yüksek maliyetlere katlanılmadan yapılabilecek bir taşıma türüdür. Yüksek ilk yatırım ve bakım maliyetleri yüzünden genellikle devlet tarafından işletilmektedir. Raylı sistem taşımacılığı, özellikle uzun mesafeli kara yolu taşımacılığına göre çok büyük maliyet avantajı sağlamaktadır [5].

Demir yolu taşımacılığı, kara yolu taşımacılığına ve diğer taşıma sistemlerine göre daha ekonomik ve daha güvenli olmaktadır. Taşınan malın cinsine göre, açık veya kapalı vagonlar aracılığıyla taşımalar daha sağlıklı ortamlarda yapılmaktadır.

Yukarıdaki sebeplerden dolayı, tüm sanayi tesislerine demir yolu bağlantısı götürülmüş ve hatlar bu sanayi tesislerine gerekli ham maddeyi toplayıp getirecek şekilde inşa edilmiştir. Ayrıca sanayi tesislerinde üretilen ürünlerin son kullanıcıya ulaştırılması da demir yoluyla sağlanmaktadır.

Raylar kullanıldıkları yerlere göre çeşitli ölçülerde imal edilmektedir. TCDD’ce kullanılan rayların ebatları Tablodan 1’de verilmiş olup demir yollarında konvansiyonel hatlarda 49’luk ray kullanılmaktadır. Demir yollarının hızlı tren hatlarında ise 60’luk ray kullanılmaktadır. Hafif raylı sistemlerde ise farklı ve daha küçük kesitte raylar kullanılmaktadır. Ray cinsleri ve ölçüleri Tablo 1’de verilmiştir.

Söz konusu bu çalışmada, Tüpraş Kırıkkale Rafineri Sahasında bulunan iltisak hatları incelenmiştir. Rafineri sahasında kullanılan hatlar, S39’luk olarak adlandırılan ve ağırlığı 39.520 kg/m olan raylardan yapılmıştır. Vagon dolun sahasındaki hatlar 1985 yılında yapılmış ve işletmeye alınmıştır (Resim 1). İşletme sahasındaki vagonlar, 3-5 km/saat aralığında bir hızla seyir etmektedir.

Vagon dolun sahasındaki demir yolu hatlarıyla; üretilen ürünlerin vagonlarla diğer yerlere taşınması ve diğer yerlerden de Kırıkkale Rafinerisine taşımalar yapılmaktadır. 1994-2012 yılları arasında yapılan vagon taşıma miktarları ve vagon sayıları Tablo 2’de verilmiştir [6]. Tablodan da anlaşılacağı üzere 2008 yılından sonra demir yolu trafiğinde ciddi bir artış olmuştur. Bu artışın sebebi ise 2008 yılından itibaren çift yönlü demir yolu taşımacılığı başlamış ve trafik yükü artmıştır.

Tablo 1. Ray Cins ve Ölçüleri

Rayın Cinsi	Taban Genişliği	Yüksekliği	Mantar Genişliği	Gövde Kalınlığı
60.340 kg/m	150 mm	172 mm	72 mm	16,5 mm
49.050 kg/m	125 mm	148 mm	67 mm	14 mm
49.430 kg/m	125 mm	149 mm	67 mm	14 mm
46.303 kg/m	134 mm	145 mm	64 mm	15 mm
39.520 kg/m	120 mm	138 mm	62 mm	12 mm



Resim 1. Tüpraş Kırıkkale Rafinerisi Vagon Dolun İltisak Hatları

Tablo 2. Vagon Taşıma Miktarları ve Vagon Sayıları

Taşıma Yılı	Taşınan Miktar (ton)	Vagon Sayısı (adet)
1994	101.476,00	2.030
1995	90.431,90	1.809
1996	98.033,60	1.961
1997	111.115,10	2.222
1998	97.565,89	1.951
1999	92.452,35	1.849
2000	94.674,24	1.893
2001	108.823,68	2.176
2002	115.602,69	2.312
2003	132.056,19	2.641
2004	183.733,40	3.675
2005	219.217,96	4.384
2006	307.240,66	6.145
2007	277.759,58	5.555
2008	454.231,20	9.085
2009	934.206,10	18.684
2010	983.786,45	19.676
2011	1.136.696,70	22.734
2012	838.811,99	16.776
<b>Toplam tren (vagon) sayısı</b>		<b>127.558</b>

Bu çalışmada, Tüpraş Kırıkkale Rafinerisi vagon dolun hatlarında, üst yapıyı oluşturan ray elemanlarında aşınma kayıpları konusunda bir saha araştırması yapılmıştır. Saha çalışmasında hatların farklı yerlerinden ray örnekleri alın-



Resim 2. a) 10 cm'lik Ray Numune Ölçümleri b) Deforme Olmuş Ray

Tablo 3. 100 cm'lik Ray Numune Ağırlıkları ve Aşınma Kayıpları

Numune No	Ölçülen Numune Ağırlığı (kg)	Olmayı Gereken Ağırlık (kg)	Malzeme Kaybı (kg)	Malzeme Kaybı %
1	38,100	39,520	1,420	3,73
2	38,050	39,520	1,470	3,86
3	38,150	39,520	1,370	3,59
4	38,050	39,520	1,470	3,86
5	38,100	39,520	1,420	3,73
<b>Ortalama malzeme kaybı(%)</b>				<b>3,75</b>

rak ölçümler yapılmıştır. Farklı raylardan alınan örneklerden önce 100 cm uzunluğunda beş adet numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler elektronik terazi yardımıyla ölçülmüş ve numune ağırlıkları tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 3’te verilmiştir.

Daha sonraki saha çalışmasında ise yine farklı hatların farklı noktalarından alınan raylardan 10 cm boyunda 45 adet numune hazırlanmıştır (Resim-2). Hazırlanan numuneler elektronik terazi yardımıyla ölçülmüş ve numune ağırlıkları (a) ve boyutsal değişimler (b) tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 4’te verilmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda, vagon yükü altından rayın mantar kısmının genişlediği ve mantar kenarlarında malzeme yığılması olduğu tespit edilmiştir (Resim-2b). Ray yüksekliğinde ise aşınmalar sonucunda kayıptan dolayı azalmalar olduğu gözlemlenmiştir.

Hazırlanan numuneler ve yapılan ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında 100 cm uzunluğundaki ray numunelerindeki kesim

Tablo 4. 10 cm'lik Ray Numune Ağırlıkları ve Boyutsal Değişimler

No	Ölçülen Numune Ağırlığı (kg)	Olmayı Gereken Ağırlık (kg)	Malzeme Kaybı (kg)	Malzeme Kaybı %	Ray Yüksekliği (mm)	Mantar Genişliği (mm)	Gövde Kalınlığı (mm)
1	3,889	3,952	0,063	1,62	137,40	62,40	12,90
2	3,889	3,952	0,063	1,62	135,50	63,50	12,60
3	3,830	3,952	0,122	3,19	138,80	63,90	13,70
4	3,849	3,952	0,103	2,68	137,45	63,20	12,35
5	3,719	3,952	0,233	6,27	136,80	67,90	12,60
6	3,709	3,952	0,243	6,55	135,50	64,80	12,30
7	3,970	3,952	-0,018	-0,45	138,10	62,50	14,50
8	3,854	3,952	0,098	2,54	136,70	63,90	13,30
9	3,823	3,952	0,129	3,37	136,20	64,70	12,20
10	3,916	3,952	0,036	0,92	137,70	62,50	13,80
11	3,683	3,952	0,269	7,30	136,90	63,40	12,30
12	3,910	3,952	0,042	1,07	138,80	63,90	13,50
13	3,788	3,952	0,164	4,33	137,90	63,10	14,50
14	3,737	3,952	0,215	5,75	135,50	67,50	13,50
15	3,884	3,952	0,068	1,75	136,10	64,50	13,20
16	3,896	3,952	0,056	1,44	138,7	63,60	13,20
17	3,792	3,952	0,160	4,22	136,10	64,60	12,50
18	3,760	3,952	0,192	5,11	136,90	64,70	13,40
19	3,851	3,952	0,101	2,62	138,60	63,70	13,10
20	3,843	3,952	0,109	2,84	138,90	62,40	14,60
21	3,835	3,952	0,117	3,05	137,20	62,50	13,60
22	3,865	3,952	0,087	2,25	136,80	63,40	13,20
23	3,790	3,952	0,162	4,27	135,50	67,40	13,90
24	3,893	3,952	0,059	1,52	137,60	64,10	13,30
25	3,930	3,952	0,022	0,56	138,10	63,10	14,80
26	3,772	3,952	0,180	4,77	136,50	63,50	13,20
27	3,992	3,952	-0,040	-1,00	137,50	62,50	13,20
28	3,771	3,952	0,181	4,80	138,10	62,40	11,90
29	3,937	3,952	0,015	0,38	136,80	64,30	13,10
30	4,024	3,952	-0,072	-1,79	137,60	64,60	13,90
31	3,932	3,952	0,020	0,51	137,60	64,80	13,10
32	3,840	3,952	0,112	2,92	135,50	67,30	13,70
33	3,736	3,952	0,216	5,78	136,10	63,30	12,50
34	3,948	3,952	0,004	0,10	138,90	62,40	13,90
35	3,940	3,952	0,012	0,30	136,70	62,00	12,70

No	Ölçülen Numune Ağırlığı (kg)	Olmayı Gereken Ağırlık (kg)	Malzeme Kaybı (kg)	Malzeme Kaybı %	Ray Yüksekliği (mm)	Mantar Genişliği (mm)	Gövde Kalınlığı (mm)
36	3,766	3,952	0,186	4,94	137,90	63,10	13,20
37	3,768	3,952	0,184	4,88	135,10	61,80	12,40
38	3,947	3,952	0,005	0,13	138,30	63,10	13,90
39	3,922	3,952	0,030	0,76	137,30	63,40	13,90
40	3,744	3,952	0,208	5,56	131,60	67,90	12,60
41	3,860	3,952	0,092	2,38	138,80	62,30	14,30
42	3,900	3,952	0,052	1,33	137,20	63,30	13,70
43	3,720	3,952	0,232	6,24	138,70	63,60	14,80
44	3,841	3,952	0,111	2,89	136,10	68,4	13,90
45	3,937	3,952	0,015	0,38	138,10	64,10	13,60
<b>Ortalama malzeme kaybı</b>				<b>3,00</b>			

hatalarının numune ağırlığındaki hata oranının daha az olacağı açıkça görülmektedir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir saha araştırmasını içeren bu çalışmada, demir yolu hatlarındaki rayların zamanla vagon trafiği altındaki aşınma kayıpları araştırılmış ve çalışma sonuçları verilmiştir. Çalışma sonucunda iki tür grup numunelerin incelenmesi sonucunda 100 cm uzunluğundaki raylarda ağırlık olarak ortalama %3,75, 10 cm uzunluğundaki raylarda ise ağırlık olarak ortalama %3,00 aşınma kayıplarının meydana geldiği görülmüştür. Boyutsal olarak incelemeler sonucunda, ray yüksekliğinin ortalama 1 mm azaldığı ve mantar genişliğinin ise ortalama 2 mm genişlediği tespit edilmiştir.

Yapılan saha çalışmasıyla elde edilen boyutsal ve ağırlık ölçümleri ile ray profil ölçme aletiyle (Robel-A ,Robel-B veya SKM) elde edilen ve buna bağlı geliştirilmiş olan ampirik ifade de yerine yazılıp, aşınma kaybı hesaplanarak kıyaslama yapılabilir.

Saha araştırmalarının elde edilen sonuçları doğrultusunda, demir yolu hatlarındaki raylarda zaman içerisinde çeşitli nedenlerle sürtünme sonucu oluşan aşınma kayıpları neticesinde çeşitli şekil değiştirmeler ve hasarlar oluşmaktadır. Bu hasarlar, demir yollarını geometrik ve fiziksel olarak bozmakta, vagon trafik seyrini etkilemekte, demir yolu taşıt ve yollardaki hasar oluşumlarını hızlandırmakta, kazalara, işletme maliyetleri ile çevreye olumsuz etkilerin artmasına neden olmaktadır.

Bu nedenle demir yolu hatlarında kullanılan raylar belirli periyotlarda şekil ve boyut yönünden ölçüm yapılarak kontrol edilmelidir. Aşınma sonucu oluşacak olan bozukluklar nedeniyle meydana gelecek olan kazalar neticesinde ortaya çıkacak can ve maddi kayıplar için proaktif tedbirler alınarak ve şekil bozukluğu nedeniyle oluşacak gürültü kirliliği ortadan kaldırılmış olacaktır.

#### KAYNAKÇA

1. Herian, J., Aniolek, K. 2010. "Abrasive Wear of Railway Sections of Steel With a Different Pearlite Morphology in Railroad Switches," Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 43/1, p.236-243
2. MEGEP, Raylı Sistemler Teknolojisi, 2008. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
3. Sadeghi, J., Akbari, B. 2006. "Field Investigation on Effects of Railway Track Geometric Parameters on Rail Wear," Journal of Zhejiang University Science A, 7(11), p. 1846-1855
4. Toprak, R., Aktürk, N. 2002. "Raylı Ulaşım Sistemlerinin Neden Olduğu Gürültü ve Çevresel Etkileri," Türkiye Mühendislik Haberleri, s. 417.
5. Altuntaş, M. 2008. "Lojistikte Taşımacılık Modları ve Entegre Taşımacılık," [http://www.ekodialog.com/Makaleler/lojistik\\_modlari\\_entegre\\_tasimacilik\\_makale.html](http://www.ekodialog.com/Makaleler/lojistik_modlari_entegre_tasimacilik_makale.html), son erişim tarihi: 15.01.2013
6. Tüpraş. 2012. "Faaliyet Raporu," Kırıkkale Rafinerisi Planlama ve Satış Müdürlüğü, s. 92-98.