



Yüksek Hızlı Tren Hatlarında Rayların Yeniden Profilendirilmesinde Döner Taşlama Metodunun Uygulanabilirliği: Ankara-Eskişehir Hattı Örneği

Elvan ARSLAN 

TCDD Genel Müdürlüğü, 8. Bölge (YHT) Müdürlüğü, Demiryolu Bakım Servis Müd., Ankara, Türkiye

elvanarslan@tcdd.gov.tr

(Alınış/Received: 14.10.2022, Kabul/Accepted: 28.10.2022, Yayınlama/Published: 31.01.2023)

Öz: Demir yolu rayları uzun süreli ve emniyetli kullanım için bakım planlaması yapılması gereken önemli üst yapı elemanlarıdır. Rayların optimum profile sahip olması, sürüş konforunun artırılması ve ray ömrünün ekonomik olarak uzatılabilmesi için rayların belirli periyotlarla yeniden profilendirme yapılması gereklidir. Bu çalışmada Yüksek Hızlı Tren Hatlarında rayların yeniden profilendirme çalışmalarında mobil ray taşlama makinesi ile döner taşlama metodunun uygulanabilirliği Ankara-Eskişehir hattı özelinde araştırılmıştır. Çalışmada öncelikle yeniden profilendirme stratejileri ve metodları ele alınmıştır. Çalışma öncesi hattın durumu incelenerek ön ölçümler alınmıştır. Değerlendirme sonucu belirlenen tolerans ve kalite gereksinimlerine göre döner taşlama uygulaması yapılmış olup alınan ölçümler incelenmiştir. Çalışma sonu yapılan değerlendirmede söz konusu metodun Yüksek hızlı Tren Hatlarında uygulanabilir olduğu görülmüştür. Bahse konu çalışmanın literatürde yeteri kadar yer almaması karşısında Yüksek Hızlı Tren Hatlarında yeniden profilendirme stratejilerinin oluşturulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Yüksek hızlı tren hattı, Yeniden profilendirme, Taşlama, Demiryolu

Applicability of Rotating Grinding Method in Re-profiling of Rails on High-Speed Train Lines: Example of Ankara-Eskişehir Line

Abstract: Railway tracks are one of the most important superstructure elements that need maintenance planning for long-term and safe use. In order for the rails to have an optimum profile, to increase the driving comfort and to extend the rail life economically, it is necessary to re-profiling the rails at certain intervals. In this study, the applicability of the rotary grinding method with the mobile rail grinding machine in the re-profiling of the rails on the High Speed Train Lines was investigated in the Ankara-Eskişehir line. In the study, firstly, re-profiling strategies and methods are discussed. Before the study, the condition of the line was examined and preliminary measurements were taken. According to the tolerance and quality requirements determined as a result of the evaluation, a rotary grinding application was made and the final measurements were examined. In the evaluation made at the end of the study, it was seen that the method in question is applicable in High Speed Train Lines. It is thought that this study will contribute to the formation of re-profiling strategies in High Speed Train Lines, due to the lack of sufficient coverage in the literature.

Keywords: High speed train line, Re-profiling, Grinding, Railway

1. Giriş

Demir yolu rayları uzun süreli ve emniyetli kullanım için bakım planlaması yapılması gereken önemli üst yapı elemanlarıdır. Raylar demir yolu araçlarının üzerinde hareket ettiği, tutunduğu, frenleme yaptığı ve üstündeki yükü altyapıya aktardığı mukavemetli hadde çeliğinden oluşmaktadır. Raylar çevresel doğal etkiler ve üzerinden geçen yük dolayısıyla eskimeye ve hasar görmeye başlar. Yıpranan rayın kullanım ömrünün uzatılabilmesi, işletme emniyetinin sağlanması için raya da bakım yapılması elzemdir. Dolayısıyla raya yapılan bakım pratikte aşağıdaki şekilde sıralanabilir [1].

Atıf için/Cite as: E. Arslan, "Yüksek hızlı tren hatlarında rayların yeniden profilendirilmesinde döner taşlama metodunun uygulanabilirliği: Ankara-Eskişehir hattı örneği," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 17, pp. 38-53, Jan. 2023. doi: 10.47072/demiryolu.1189161

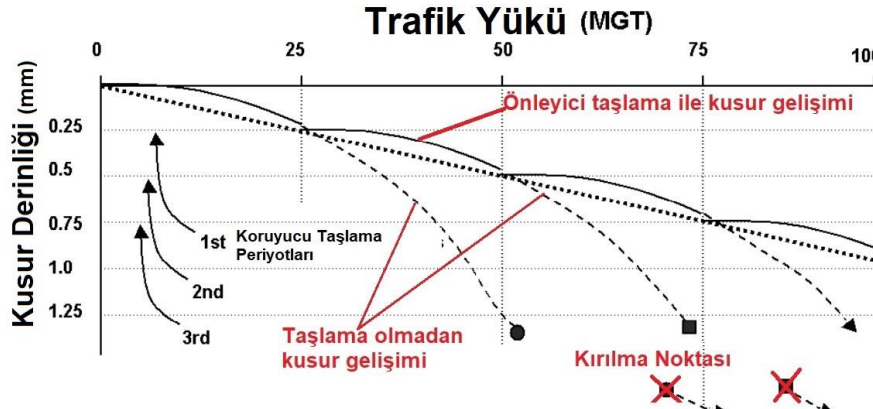
- Tahribatsız muayene yöntemleri ile süreksizlik aranması, (VT, UT, MT, ET, PT vb.)
- Sıcaklık ve mekanik etkiler neticesinde oluşan ray geriliminin kontrolü
- Ray değişimi
- Düzeltici tamir kaynağı (dolgu, termit ve alın kaynağı)
- Rayın yeniden profilendirilmesi,

Rayların yukarıdaki bakımlarının yanı sıra sağlıklı ve optimum profile sahip olması ve ray ömrünün ekonomik olarak uzatılabilmesi için rayların belirli periyotlarla yeniden profilendirme yapılması sürdürülebilir bir demir yolu işletmeciliği için gereklidir. Bu kapsamda çalışmada Yüksek Hızlı Tren Hatlarında yapılacak rayların yeniden profilendirme çalışmaları mobil ray taşlama makinesi ile döner taşlama metodu uygulanarak Ankara-Eskişehir YHT hattı özelinde düzeltici ve önleyici ray taşlama yapılması ele alınmıştır. Çalışmada öncelikle yeniden profilendirme stratejileri ve metotları açıklanmıştır. Çalışmada döner taşlama metodu kullanılarak söz konusu hattın durumu ve ön ölçümleri alınarak yeniden profilendirme stratejisi oluşturulmuştur. Belirlenen kalite gereksinimlerine göre ray taşlama çalışması yapılarak son ölçümler değerlendirilmiş olup sonuç olarak döner taşlama metodunun Yüksek Hızlı Tren Hatlarında uygulanabilir olduğu Ankara-Eskişehir YHT hattında gösterilmiştir. Çalışmanın tamamlanmasının ardından sonuç kısmında bir dizi önerilerde bulunulmuştur. Bahse konu çalışmanın literatürde yeteri kadar yer almaması karşısında Yüksek Hızlı Tren Hatlarında yeniden profilendirme stratejilerinin oluşturulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Demir Yolu Raylarını Yeniden Profilendirme

2.1. Yeniden profilendirme stratejisi oluşturma

Rayların yeniden profilendirilmesi önemli bir bakım planlamasının parçasıdır. Zaman içerisinde ve üzerinden geçen yük sonrasında tekerlek temasının yarattığı kuvvet sonrası ve çeşitli yanlış bakım çalışmaları ray kusurları oluşturmaktadır [2]. Bu kusurlar zamanla ve yeterli çevrim ömründe büyüyerek seyrüsefer emniyetini tehlikeye düşüreceklerdir.



Şekil 1. Korumucu yeniden profilendirme çalışmaları çalışma periyotları [2]

Yeniden profilendirme aşağıdaki nedenlerden dolayı ihtiyaç duyulur.

- Araç dinamiğinin karmaşıklığı
- Tekerlek temasının oluşturduğu yüksek gerilimler
- Ray yüzey yorulması
- Ray metalürjisinin dayanım gücü
- Ray geometrisinin değiştirilmesi

Yeniden profilendirme işi planlı bir bakım faaliyetidir. Dolayısıyla çalışma programı boyuna profil (ondülasyon derinliği), enine profilden sapma ve yüzey çatlakların derinliği gibi önceden belirlenmiş müdahale eşiklerine ulaşan hasarlara bağlı olarak yapılır.

Raylarda yapılacak periyodik yeniden profilendirme çalışması aşağıdaki parametrelere bağlı olabilir.

- Ray üzerinden geçen araç ve yük durumu
- Ray yüzey kusur durumu
- Diğer bakım faaliyetlerinden sonra (ray değişimi, kaynak yapımı gibi)

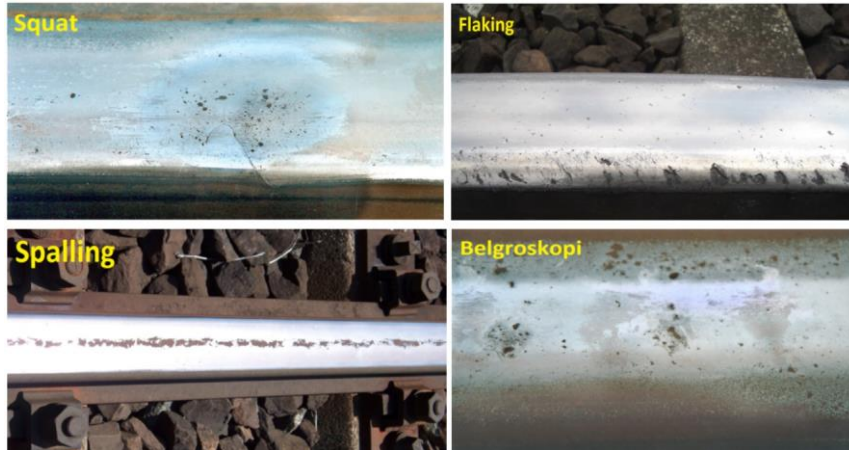
Optimum yeniden profilendirme süresi bu parametrelere bağlı olarak İşletmecilerle belirlenebilir. Yeniden profilendirmeden önce aşağıdaki verilerin bilinip buna göre çalışma prosedürü oluşturulmalıdır.

- Kusur onarımı ve yeri (talaş kaldırma miktarı);
- Boyuna profil (tolerans);
- Enine profil (hedef profil ve tolerans);
- Yüzey durumu (kusur, pürüzlülük, faseta izleri, vb.)

Temas yorulması çatlaklarından (RCF) korunma: Temas yorulma çatlakları işletmecilik açısından oldukça tehlikeli bir ray kusurudur. Çatlak boyu çevrim sayısı boyunca hızlı bir şekilde ilerleme gösterebilir. Dolayısıyla ekonomik olarak korunmak için belirli periyotlarla 0,2-0,6 mm arasında ekartman yönü mantar köşesi ile ray eksenini arasından metal kaldırılması gerekebilir. Bu kusur türü yük ve çevrime bağlı olmasından dolayı R260 kalite raylarda kurplarda 15 milyon ton, düz yolda 45 milyon ton yük sonrasında yapılması öngörülmektedir. Eğer ray özel alaşımlı sert bir ray ise (R350 HT vb.) ise bu periyotlar iki katına kadar çıkarılabilir [3].

Ray yüzey kusurları: Rayda oluşan her düzensizlik yüksek ve tehlikeli dinamik yüklere neden olarak hasarı önemli oranda ilerletir. Bu durum ray ile sınırlı kalmayarak selet, bağlantı elemanları, travers ve balast kalitesine önemli oranda zarar verir. Tanımlanan bazı kusurlar aşağıda verilmiştir [4].

- Rolling Contact Fatigue (RCF) [Yuvarlanma Temas Yorulması]
- Belgroski
- Squat (yorulma ezilmesi)
- Flaking (Gauge corner cracking) kabuklanma, pullanma (spalling)



Şekil 2. Raylarda bazı yüzey kusurları [4]

Enine profil kusurları

- Yassılaştırmış ray profili (Flattened)
- Ekartman köşe aşınması (Side cutting)
- Metal yığılması (Lipping)

Boyuna profillerdeki periyodik hatalar

- Kısa aralıklı ondülasyon (10-100mm)
- Kısa dalga ondülasyon (30-300mm)
- Uzun dalga ondülasyon (300-1000mm)



Şekil 3. Ray enine ve boyuna yüzey kusurları [4]

Planlama ve bakım eşikleri

Boyuna profil: Hatta ondülasyonların uzunluk ve dalga boyları ayrıntılı olarak belirlenmelidir. Ondülasyon derinliği nedeniyle oluşan gürültü ve titreşimle birlikte yol stabilitesine zarar vermeye başlayacaktır. Yüksek Hızlı Tren hatlarında müdahale eşiği aşağıdaki tabloya göre bakım planı oluşturulabilir.

Tablo 1. Boyuna profil bakım müdahale ve uygulama seviyeleri [3]

Hız (km/h)	Hata Tipi	Dalga Boyu Uzunluğu Aralık (mm)	Planlama Eşiği Derinlik (mm)	Müdahale Eşiği
V>160	Kısa Aralıklı Ondülasyon	10-100	0,02	0,04
V>80	Kısa dalga boylu Ondülasyon	30-300	0,1	0,2
V>160	Uzun Dalga Boylu Ondülasyon	300-1000	0,4	0,5

Enine profil: Enine profil genellikle ray profilendirme işinin programlanması için bir kriter olarak kabul edilmez. Bununla birlikte eşdeğer koniklik hatası, tekerlek/ray teması, ondülasyon ve yuvarlanma teması yorgunluğu (RCF) gibi ray yüzeyi kusurlarının gelişmesinde önemli bir rol oynar. Enine profilden Yüksek Hızlı Tren hatlarında 5000 metre ve üzerindeki kurplarda sapma için planlama ve uygulama için önerilen eşik değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Enine profilden sapma Yüksek Hızlı Tren Hatlarında veya yüksek hızlarda emniyet için kritik kabul edilmektedir. Düzenli bir şekilde enine profil ölçümleri yapılarak diğer ölçüm metodlarının da (eşdeğer koniklik, aşınma vs.) kullanılması gerekmektedir.

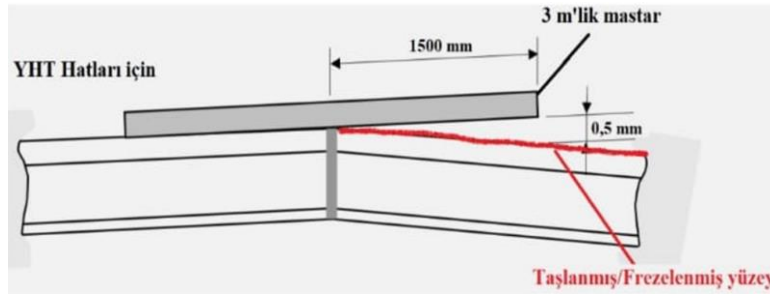
Tablo 2. Enine profil bakım müdahale ve uygulama seviyeleri [3]

Hız (km/h)	Planlama Eşiği (mm)	Uygulama Eşiği (mm)
V>160	0,5	0,7

Metal kaldırma: Metal kaldırma enine ve boyuna yönde geometrik kusurların giderilmesi, RCF kusurlarının ıslahı ve ideal ray profili oluşturabilmek için önemlidir.

Metal kaldırma başlangıcından ve bitirilmesinden hatta yeniden profillendirme taşları kademeli olarak bitirilmeli ve aşağıda verilen en fazla ray eğimi verilmelidir. Yüksek Hızlı Tren Hatlarında profillendirme çalışmaları başlangıcından ve işin bitirildiği ray dizilerinde kademeli olarak yeniden profillendirmenin bitirilmesi gerekmektedir.

Eğim toleransı maksimum 1 / 3 000 (V> 160 km / h) [3]



Şekil 4. Ray eğiminin 3 m.lik çelik master ile ölçülen maksimum değeri

Ray eğiminin yolun işletmeye açılmadan önce yeniden profillendirmenin başladığı ve bitirildiği noktada 1/3000 ray eğiminin sağlanması gerekmektedir. 3 m çelik master sahada kullanılabilir olmadığından dijital doğrultu ölçüm masterları ile ölçülmesi büyük kolaylık sağlayacaktır. Ray eğiminin sağlanması yolculuk konforu ve emniyet açısından önemlidir.

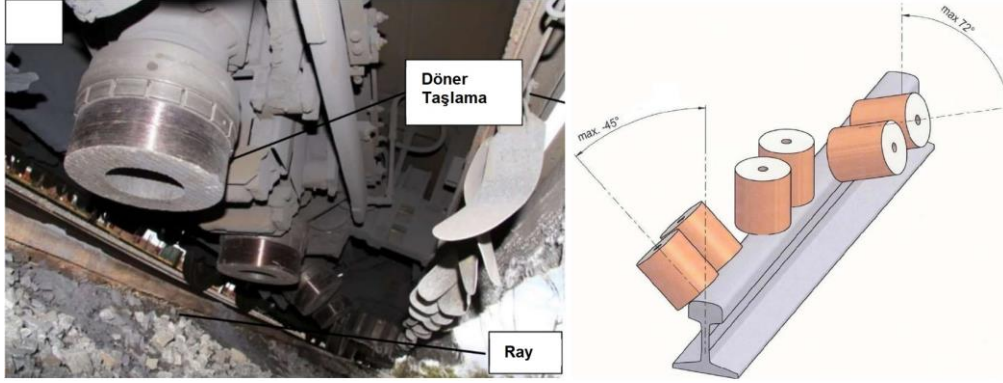
Metal kaldırmada yolda oluşan kusurlar derinliğine ek olarak 0,1 mm daha fazla metal kaldırılması tavsiye edilir.

2.2. Yeniden profillendirme metotları

Döner taşlama (grinding): Taşlama Şekil 5' görüldüğü gibi döner taşların ray yönüne dik eksen etrafında dönen ileri-geri hareketiyle taşlama yapılır. Taşlama makinesinin bilgisayarından ray profili seçimi, taş pozisyonları, taş basıncı ve dönme hızını ayrı ayrı ayarlanır. Ekartman tarafı 70° dış ray ise -20° kadar taşlanabilir. Yeniden profillendirme yapmaya uygun bir metottur. Makine çalışma hızı 3 – 15 km/h arasındadır [3]. Makine performansı taş sayısı, taş cinsi ve makine cer gücüne bağlıdır.

Bu metotta taş ve araç kapasitesine bağlı olarak ekonomik olması açısından 1 mm'ye kadar yeniden profillendirme yapılabilir. Dünyada 20 ila 96 adet taşı bulunan taşlama makineleri bulunmaktadır. Ray ve makasların taşlamasında aşağıdaki uygulamalarda, önleyici ve düzeltici işlemler yapılabilir.

- Boyuna ve enine profilin düzeltilmesi,
- RCF kontrolünün sağlanması, koruyucu taşlama yapılması
- Yüzey kusurlarının düzeltilmesi
- Ray profilinin değiştirilmesi
- Ekartman genişletilmesi



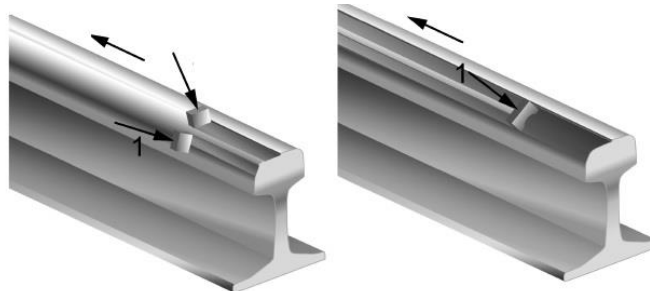
Şekil 5. Taşlama metodunda taşların konumu [5, 6]

Ray frezeleme (miling): Karbür uçlu taşlarla donatılmış ray frezeleme kesici kafalarının ray mantarının uzunlamasına yönünde döndüğü bir işlemdir. Çalışma hızı genelde 500 m/h – 1500 m/h arasında toplam 2 ila 6 freze ünitesi ile donatılmıştır. Ray açısına göre 70° dış ray ise 5° kadar tek geçişle elde edilebilir. Ayrıca yol ekipmanlarının sökülmesini gerekmez. Metal kaldırma sonunda talaşlar toz emme sistemleri ile toplanır. Metal kaldırma için elmas uçlu veya karbon esaslı taş uçlar kullanılır [3]. Ekonomik gerekçelerle bu yöntemin kullanılması için tek seferde en az 0,5 mm ve üzeri metal kaldırma amaçlanmış ise kullanılması tavsiye edilir.



Şekil 6. Ray frezeleme yöntemi [7]

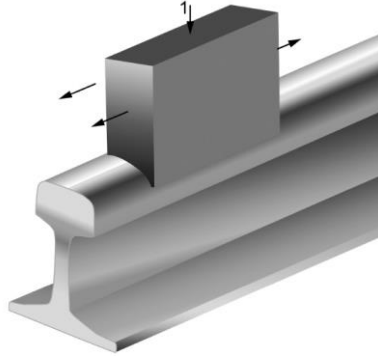
Planyalama (planing): Raylar, ray profiline uyarlanmış yerleştirilen düz ve radyal kesme uçları ile talaş kaldırma işlemiyle yapılır. Raylar ekartman tarafı rayları 70° 'ye kadar çalıştıran dış rayda 5° 'ye kadar şekillendirilir. İstenen enine profil ve istenilen boyuna profil uygulanır. Genelde kıvılcım ve talaş tozu oluşturmaz. Çalışma hızı yaklaşık 5 km/h'dır. Talaş kaldırma ve profil verme işlemi birkaç geçişle sağlanabilir. Yüzey kalitesi taşın kalitesine bağlı olsa da yüzey kalitesi düşüktür. Bu yöntem ile 0,2 mm'den 3 mm'ye kadar metal kaldırılabilir [3].



Şekil 7. Planyalama metodu [3]

Ray salınlı taşlama (oscillating grinding): Taşlama taşları rayın uzunlamasına yönü boyunca salınım hareketleri gerçekleştirir ve makine aynı zamanda ileri doğru hareket eder. Salınlı taşlama aslında ıslak taşlama yöntemidir. Taşlar 2 m uzunluğuna kadar olmakla birlikte 2 veya 6 adet taş bulundurabilir. Raylar, çalışma kenarında 45° ile dış rayda -5° arasında taşlanır. Dolayısıyla yeniden profilendirme yapmak mümkün değildir [3].

Raylar ve makaslar için sadece boyuna profil için düzeltici ve yeniden profilendirme çalışması yapılabilir. Toz oluşumu ve kıvılcımlanmaya görülmez. Salınlı çalışma hızı 1200 m/h'dir. Salınlı ama temaslı çalışma hızı 15 km/h'dir. Pürüzlülük oranı EN gereksinimlerine uygundur



Şekil 8. Salınlı taşlama metodu [3]

Yüksek hızlı taşlama (high speed grinding): Bu taşlama metodu önleyici bir taşlama tekniğidir. Düzeltici ray bakımı ve yeniden profilendirme için kullanılamaz. Taşlar ray boyunca sürüklenerek hareket ettirilir. Taş profil yapısı taşlamaya imkân sağlar. Taşlar ray kafasının şekline uyum sağlayarak, taşlama izi belirsiz bir yüzey sağlar. Taşlama taşları, ray üzerine aynı anda basılan her taşlama arabası üzerinde 2×12 taşlık gruplar halinde gruplandırılır. Her set taş seti 20 mm ila 30 mm alanı kaplar. Taş üniteleri makas ve geçitlerde kaldırılıp indirilebilir şekildedir. Her bir taşlama taşı setinin radyal yönü, ray ekartman kenarında 70° ile dış raydan -8° arasında önceden ayarlanabilir [3].

Taşlama işlemi 50 km/h – 80 km/h arasında gerçekleştirilir. Daha düşük hızlarda taşlama yapmaz. Hemzemin geçitlerde ve makaslarda kullanımına dikkat edilmelidir. İşin esasında RCF ve ondülasyonu kontrol etmek için önleyici ray taşlama için kullanılır.

Yüksek Hızlı Tren Hatlarında bakım sürelerinin kısa olması nedeniyle, 80 km/h hız ile yorulma çatlakları ve ondülasyonların başlamadan düzeltilebilmesi için periyodik olarak kullanılması uygundur.



Şekil 9. Yüksek hızlı taşlama metodu [7]

3. Yüksek Hızlı Tren Hatlarında Döner Taşlama Metodu Uygulanmasında Ankara-Eskişehir Hattı Örneği

3.1. Çalışma öncesi hazırlıklar ve ölçümler

Ankara-Eskişehir YHT hattı 2009 yılında işletmeciliğe başlamıştır. Hat işletmeye açılmadan önce rayda ortalama ~ 0,3 mm metal kaldırılarak koruyucu taşlaması tamamlanmıştır. Söz konusu hat bu tarihten sonra herhangi bir yeniden profillendirme işlemine tabi tutulmamıştır. Zaman içerisinde çeşitli ray kusurları tespit edilerek bu kusurlar ray değişimi ile giderilmiştir. Bu hatta son koruyucu taşlama sonrasına hatta geçen yük miktarı ve hattın spesifik bilgileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. Ankara-Eskişehir YHT Hattı Özellikleri

Hat İstasyon Aralıkları	Ankara- Eskişehir
Hat Uzunluğu (çift hat toplam)	428.000 hat.m
İşletme Hızı	250 km/h
Ray Profili ve Kalitesi	UIC 60E1, R 260
Son Yapılan Yeniden Profillendirme Tarihi	2008
Hatta Geçen Yük Miktarı (yaklaşık değer)	26 milyon.ton
Minimum Kurp Yarıçapı	3.200 m
Hat Kapama Süresi (bakım için verilen zaman aralığı)	5 saat

Hattın durumu değerlendirildiğinde hatta geçen yük miktarı TCDD Bakım Konseptine göre koyucu taşlama yapılması vaktinin geldiğini göstermiştir [10]. Yeniden profillendirme çalışmalarının başlaması için hattın durumu değerlendirilerek Tablo 2. de verilen verilerin alınmasına gerek görülmemiştir.



Şekil 10. Düzeltici yeniden profillendirme öncesi kusur derinliği ölçümü

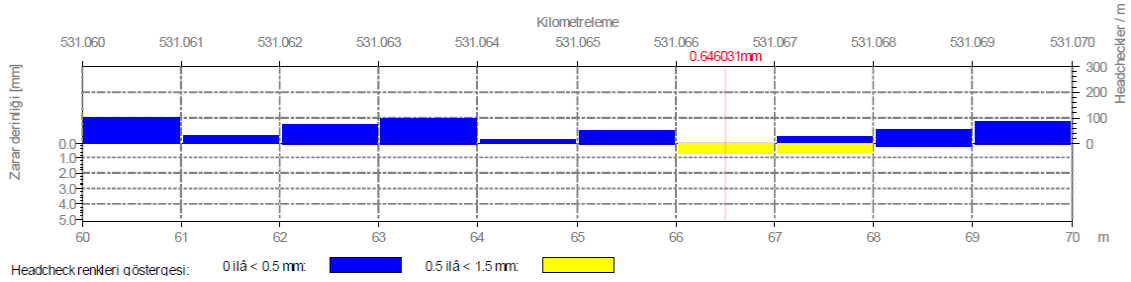
Yeniden profillendirme çalışmaları için hangi metodun seçileceği, metal kaldırma derinliğinin ne olacağı, hangi ray yüzeyinden metal kaldırılacağı belirlenmesi için kusurlarının değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu aşamada kusur sayısı, derinliği ve ekartman durumu ölçülerek aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4. Ölçülen ve belirlenen kusur durumu

Ankara-Eskişehir YHT Hatları	Kusur Sayısı (Squat, belgroskobi, flaking, apleti, ondülasyon vb.)	Ortalama Kusur Derinliği (mm)	0-0,5 mm Derinlik Aralığındaki Kusur Sayısı	0,5-1,5 mm Derinlik Aralığındaki Kusur Sayısı	Yassılaştırılmış ray profili (Flattened) Ekartman köşe aşınması (Side cutting) Metal yığılması (Lipping)	Ekartman Açıklığı Aralıkları (mm)
Hat 1	460	0,45	285	175	Rastlanmamıştır	1434-1438
Hat 2	348	0,44	227	121		1434-1439

Verilen yüzey kusurlarının yanı sıra çatlak kontrolü için hattın tamamının Eddy Current yöntemi ile ölçümü yapılamamıştır. Bunun yerine kısmi ve riskli görünen bazı yerlerde örneğin yaya turnede yapılan görsel muayenelerde Km 551 hat1 ve hat2 de dar yarıçaplı kurpta (R=3.550 m) tespit edilen RCF kusurlarında Eddy Current Ölçüm cihazı ile yapılan çatlak ölçümlerinde bölgede 0,65 mm'ye kadar çatlak derinliği tespit edilmiştir. Maksimum derinlik verisi alınan nokta Şekil 10'da verilmiştir.

Belirtilen konumda ölçüm verileri değerlendirildiğinde RCF hata derinliklerinin istisnalar dışında 0,1-0,3 mm aralığında kaldığı görülmüştür. En dar kurlardan biri olan bu noktadaki ölçüm verileri diğer dar kurlar için de benzer verilerin alınacağı öngörülerek 5000 m altındaki kurlarda yaklaşık 0,75 mm metal kaldırılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.



Şekil 11. Girdap akımları yöntemi ile RCF çatlak ölçümü

Hat ölçümlerinde kullanılan Roger 800 yol ölçüm aracından alınan veriler ışığında bazı ray bölümlerinde eşdeğer koniklik hataları alınmıştır. Yerinde yapılan doğrulamalarda ekartman ve ray eğiminde herhangi bir kusur bulunamazken ray profilindeki bozulmalardan dolayı eşdeğer koniklik hataları alınmıştır. Yüksek Hızlı Tren hatları için teorik eşdeğer koniklik verisi (GW1/40 ve S1002 tekerlek profili için) en fazla 0,3 olması gerekirken bu değer bazı yerlerde 0,6 olmakta ve ray tekerlek etkileşimini olumsuz etkilemekte ve yüksek hızlarda işletme emniyetini tehlikeye atmaktadır [9, 10].

Mobil ray taşlama makinesi 42 metre uzunluğunda her bir ray dizisi için 10'ar tane döner taş mevcuttur. Ölçüm sistemi sürekli olup rayın enine ve boyuna profil ölçümünü yapabilmektedir. Bu lazer ölçüm sistemleri araç ön ve arka ray üstü şaseye bağlantılıdır. Çift taraflı operatör kabineye sahip taş açısı, taş basıncı ve dönme hızları operatörce kontrol edilebilmektedir.

Boyuna profil ölçümü: Tüm hattın boyuna profil ölçümleri 100 m aralıklarla sapma oranlarının alınmasına karar verilmiştir. Alınan değerler 428.000 hat.metre yol için birleştirildiğinde aşağıdaki sapma yüzdesi hesaplanarak Tablo 5.'te verilmiştir.

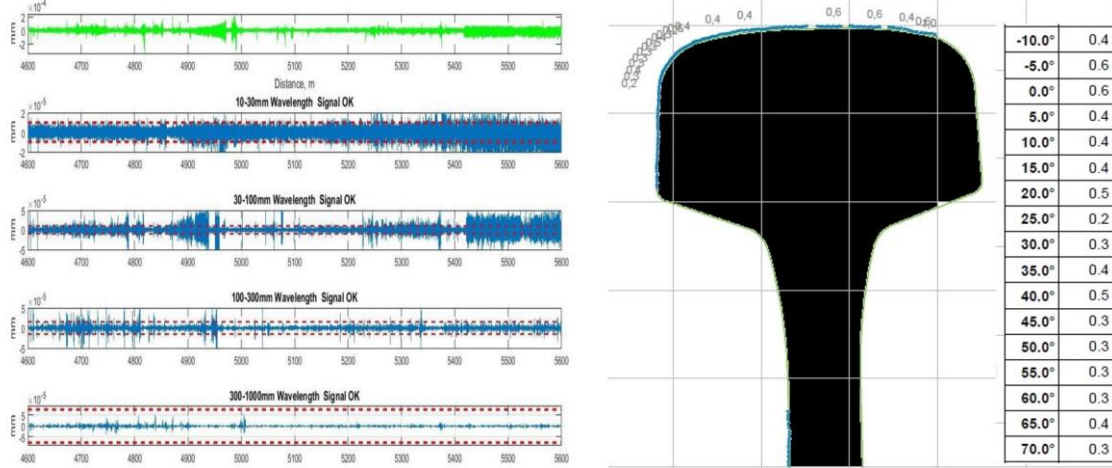
Tablo 5. Hattın boyuna profil ön ölçüm ortalamaları

		Sol Ray Dizisi				Sağ Ray Dizisi			
		10-30	30-100	100-300	300-1000	10-30	30-100	100-300	300-1000
Dalga Boyu (mm)		10-30	30-100	100-300	300-1000	10-30	30-100	100-300	300-1000
Sapma Limitleri		±0,01	±0,01	±0,015	±0,075	±0,01	±0,01	±0,015	±0,075
Ölçülen Ortalama Değer	Hat 1	1,65	1,99	5,15	3,69	1,6	1,91	7,72	3,43
	Hat 2	1,24	1,04	5,22	3,54	1,88	1,5	6,38	3,2

Enine profil ölçümü: Tüm hattın boyuna profil ölçümleri 500 m aralıklarla alınmıştır. Sol ve sağ dizide ray yüzeyindeki -5° - 70° aralığından 5'er derecelik aralıklarla alınarak her noktadan 16 adet ±0,3'den sapma verisi alınmıştır. Alınan değerler 428.000 yol için birleştirildiğinde sapma yüzdesi hesaplanarak Tablo 6 'da verilmiştir.

Tablo 6. Tüm hattın enine profil ön ölçüm ortalamaları

Hat	Sol Ray Ölçüm Sapma Miktarları (adet)		Sol Ray Dizisi Kalite Yüzdesi ($\pm 0,3$)	Sağ Ray Ölçüm Sapma Miktarı (adet)		Sağ Ray Dizisi Kalite Yüzdesi ($\pm 0,3$)
	$\pm 0,3$ mm ve altı	$\pm 0,3$ mm ve üstü		$\pm 0,3$ mm ve altı	$\pm 0,3$ mm ve üstü	
Hat 1	9050	4662	66%	8227	5485	60%
Hat 2	9735	3977	71%	9461	4251	69%

**Şekil 12.** Sürekli boyuna [11] ve noktasal enine profil ölçümü

Metal kaldırma derinliği: Yeniden profilendirme çalışmalarında hattın ne kadar metal kaldırılacağı tespit edilebilmesi için 1000 m aralıklarla her bir hattın ray eksen merkezinden 0,5 m alan içinde 5 noktadan mantar boyu ölçümleri alınarak toplam 429 nokta saha ekiplerince işaretlenmiştir. O noktadan çalışma yapıldıktan sonra aynı yerlerden alınan 5 nokta ortalaması arasındaki fark metal kaldırma miktarını olarak hesaplanacaktır.

3.2. Hat verilerinin değerlendirilmesi

Hattın teknik özellikleri, trafik durumu, yeniden profilendirme geçmişi, ray kusur durumu, enine ve boyuna ölçüm verileri gibi birçok parametre değerlendirildiğinde verilerin kabul edilebilen düzeltici ve koruyucu yeniden profilendirmeye gerek duyulmuştur.

Hattın kusur derinlikleri ölçüldüğünde 1,5 mm 'ye ulaştığı tespit olmuştur. Özellikle dar kurplarda RCF kusurlarının başladığı ve ilerlediği görülmüştür. Her bir rayda ekartman problemi olmadığı için -5^0 - 70^0 aralığından ideal ray profilinin sağlanması için metal kaldırılmasında sakınca olmayacağı düşünülmüştür. İlk etapta tüm hattın 0,4-0,5 mm aralığında kadar metal kaldırılmasına karar verilmiştir. Bu derinlik dışında olan 1,5 mm'ye kadar olan diğer ray kusurları ise lokal olarak müdahale edilerek düzeltilmesi planlanmıştır.

Yüksek hızlı tren hatlarında yapılan yeniden profilendirme çalışmalarında asgari şartlar EN 13231-2 'de ve TCDD Bakım konseptinde yer almıştır. Çalışmada yüksek hızlı tren hattı için istenilen kalite seviyeleri Tablo 7,8,9 ve 10'da verilmiştir.

Tablo 7. Boyuna profil referans toleranslar [12]

Dalga Boyu Aralığı (mm)	10-30	30-100	100-300	300-1000
Pikten Pike Limit	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,015$	$\pm 0,075$
Boyuna Profil Kalite Sınıfı 1	95%	95%	95%	95%

Tablo 8. Enine profil referans toleranslar ve kalite [12]

Kalite Sınıfı	Maksimum Sapma Aralığı (pikten pike)	Belirtilen sapma aralığı içerisinde ölçülen noktaların toplam noktalara oranı
Q	0,6	90%

Tablo 9. Yüzey kalite sınıfı ve ray eğimi [12, 4]

Yüzey Kalite Sınıfı	2
Maksimum Yüzey Kalite İndeksi (QI)	$QI \leq 5$
Maksimum Geçiş Eğimi	1/3000

4. Çalışma Sonrası Alınan Ölçümler ve Bulgular

Mobil ray taşlama makinesi 0,5 mm metal kaldırılması için her pasta yaklaşık 0,1 mm metal kaldırarak 5-6 pasta metal kaldırma derinliğini sağlayabilmiştir. Hat 1 ve Hat 2 olmak üzere çalışmaya başlayarak 122 iş gününde 428.000 m hattın döner taşlama metodu ile taşlamasını tamamlamıştır.

Ray taşlaması sonrasında üzerinden herhangi bir tren veya süre geçmeden enine ve boyuna profil son ölçümleri devamlı olarak yapılmıştır. Taşlama sonucu her çalışmada kaldırılan metal miktarı kontrollü olarak saha ekiplerince ölçülerek yaklaşık 0,5 mm metal kaldırılmıştır.

Boyuna profil: Hatta taşlama sonrasında alına boyuna profil (ondülasyon) verileri tüm hatta devamlı olarak ölçülmüştür. Ölçümler 100 metrede alınan ortalama verilerden boyuna profilden sapma yüzdesi aşağıda tabloda verilmiştir.

Tablo 10. Tüm hat boyuna profil ölçüm sonuçları

Hat	Dalga Boyu Aralığı (mm)	10-30	30-100	100-300	300-1000
Hat 1	Sol Ray	98,70%	97,60%	98,20%	97,20%
	Sağ Ray	98,10%	98,50%	96,10%	99,20%
Hat 2	Sol Ray	99,10%	97,70%	97,20%	97,90%
	Sağ Ray	97,80%	98,70%	97,70%	98,20%

Tüm hatta yapılan boyuna profil ölçümlerinde boyuna profil verilerinin istenilen kalite yüzdesini sağladığı görülmüştür. Bazı lokal alanlardaki 100 m aralıklarla ölçülen boyuna profil verilerinde kalitenin %77 seviyelerine kadar düştüğü görülmüştür. Ancak gün sonunda yapılan toplam çalışmanın (ortalama 4.000 m) sonunda ortalama boyuna profil kalite seviyesi %95 ve üzeri olduğu görülmüştür.

Enine profil: Taşlama sonrasında devamlı olarak yapılan enine profil ölçümleri değerlendirilmiştir. Ölçümler 500 m aralıklarla tüm hatta bulunan noktasal veriler değerlendirilerek oluşturulmuştur. Hesaplanan istatistik veri aşağıda tabloda verilmiştir.

Tablo 11. Tüm hat boyuna profil ölçüm sonuçları

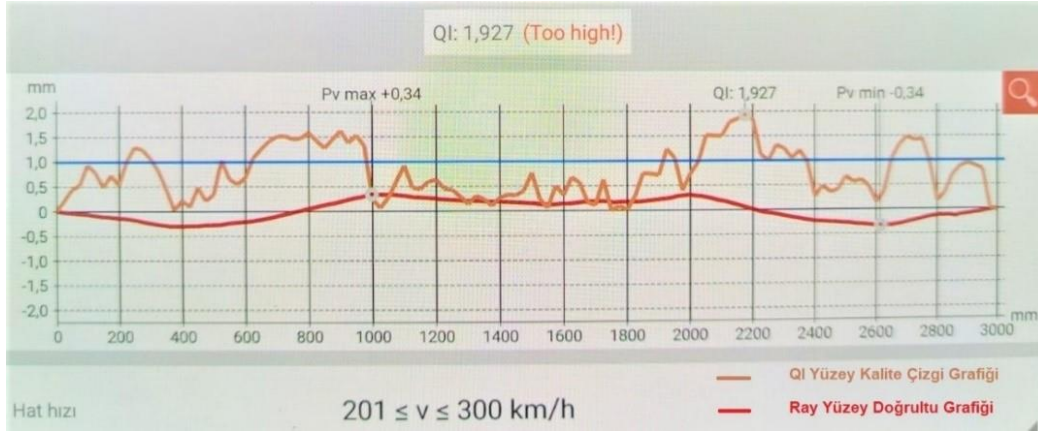
Hat	Sol Ray Sapma Miktarları (adet)		Sol Ray Kalite Yüzdesi ($\pm 0,3$)	Sağ Ray Sapma Miktarı (adet)		Sağ Ray Kalite Yüzdesi ($\pm 0,3$)
	$\pm 0,3$ mm ve altı	$\pm 0,3$ mm ve üstü		$\pm 0,3$ mm ve altı	$\pm 0,3$ mm ve üstü	
Hat1	12890	822	94%	13163	549	96%
Hat2	12477	1235	91%	12888	824	94%

Ölçümlerde enine profil kalite indeksi %91 ve üzerinde çıktığından hedeflenen enine profil sağlanmıştır. Bazı lokal alanlardaki 500 m aralıklarla ölçülen enine profil verilerinde minimum

kalite %72 seviyelerine de düştüğü görülmüştür. Ancak gün sonunda yapılan toplam çalışmanın (ortalama 4000 m) sonunda ortalama boyuna profil kalite seviyesi %90 ve üzeri olduğu görülmüştür.

Yüzey kalitesi: Tüm hat her 1000 metrede bir genel karakteristiği sağlayacak şekilde olmak üzere sağ ve sol ray için 1 metrelik alanda elektronik doğrultu mastarı ile alınan ölçümlerde maksimum QI verileri hesaplanarak tüm ölçümlerde $QI < 3$ olduğu görülmüştür.

Geçiş eğimi: Tüm hatta çalışmanın tamamlanması ve yolun işletmeciliğe açılması durumlarında makinenin taşlamaya başladığı ve bitirdiği noktalar en fazla 1/3000 eğim olacak şekilde ölçümler elektronik doğrultu ölçüm mastarı ile yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarında bu geçiş eğiminin aşılmadığı görülmüştür.



Şekil 13. 3 m alanda geçiş eğimi ve yüzey kalitesi ölçüm grafiği

Metal kaldırma: Her 1000 metrede işaretlenen toplam 429 noktadan sahada aletlerinden alınan verilerde son ölçüm verileri alındığında 0,4-0,5 mm aralığında metal kaldırılmasının doğrulandığı görülmüştür.

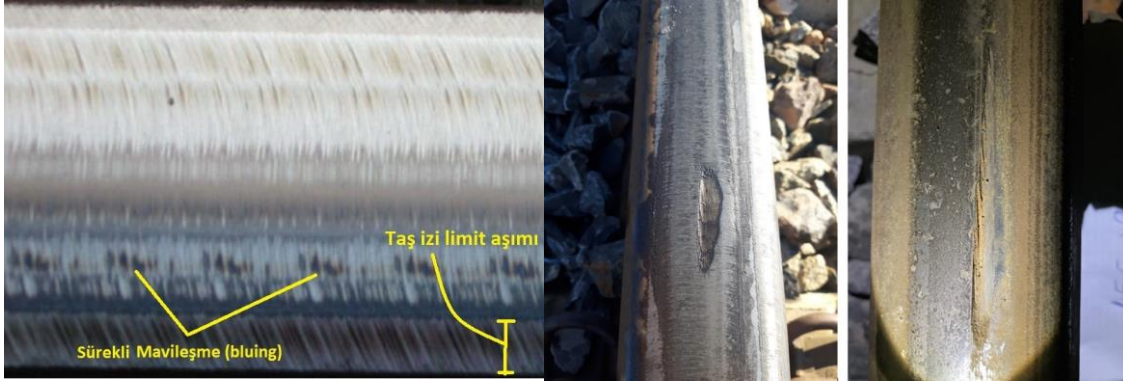


Şekil 14. Metal kaldırma derinliğinin ölçülmesi [13]

Lokal tamiratlar: Hatta yapılan taşlamada 0,4-0,5 mm talaş kaldırılmasından sonra 1,5 mm kadar ulaşan hataların derinliği yaklaşık 0,5 mm kadar azalmış olup 0,5-1,5 mm arasında başta belirlenen kilometrelerde noktasal taşlama çalışmaları yapılmıştır. Noktasal kusurlarda her noktasal tamirat makine ve cihaz ölçüm aralıkları da dikkate alınarak yaklaşık 50 metre alanda yapılmıştır. Kısa alanda yapılan taşlama çalışmalarında istenilen kalite sınıflarında bu 50 m alanda enine, boyuna ve ray eğimi ölçümlerinin alınarak kalite gereksinimleri sağlanmıştır.

Yüzey kontrolü: Yapılan çalışmalarda taşlama yapılan alan sahada gözle kontrolü sürekli yapılmıştır. Taşlama taşı değmeyen veya yeterli talaş derinliği olmayan noktaların varlığı tespit

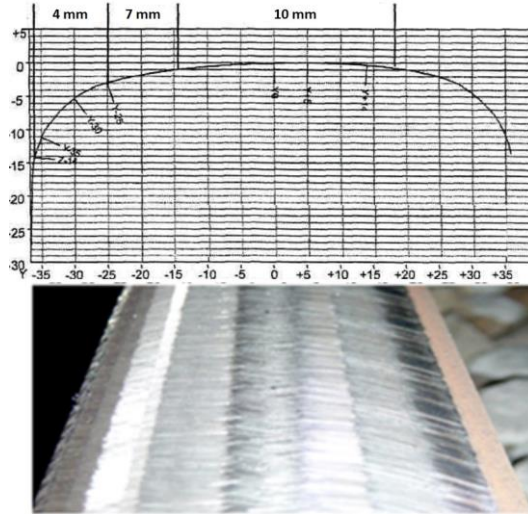
edilmiş bu noktalara tekrar girilerek düzeltme yapılmıştır. Ayrıca taşlama işleminde meydana gelen 1 mm kadar derinlik oluşan taş vuruntuları da tespit edilerek lokal tamiratları yapılmıştır.



Şekil 15. Sürekli menevişleme [3] ve taşlama makinesinin rayda oluşturduğu kusur

Ray ve travers üzerinde talaş tozu kaldığından gerekli iyileştirme makinede yapılmıştır. Ayrıca çizgisel olarak devamlı olarak menevişleme (lacivert taş yakması) olduğu görülmüştür. Makinede ve taşlama taşında yapılan iyileşme ile önüne geçilerek menevişleme olan bölge tekrar taşlanmıştır.

Görsel kontrollerde taşlama yapılan ray dizisi boyunca taşlama taş izleri (faseta) oluşmuştur. Bu fasetaların boyu ray yüzeyindeki radius alanlarında sınırlandırılmıştır. Fasetaların boyutları mantar köşesinde 4 mm, omuzda 7 mm ve ray tepesinin 10 mm 'yi geçmemiştir.



Şekil 16. Taş izlerinin yüzeydeki enine limitleri ve bir görünüm [10]

Eşdeğer koniklik: Roger 800 yol geometrisi ölçüm makinesi ile tespit edilerek el ölçüm aletleri ile de doğrulanan eşdeğer koniklik hataları olan bölgelerde taşlama sonrasında teorik eşdeğer koniklik oranları (GW1/40 ve S1002 tekerlek profili için [14]) 0,01-0,10 aralığında olduğu görülerek kusurun ortadan kalktığı tespit edilmiştir.

Günlük iş sonu raporlama: Günlük yapılan çalışma sonrasında hattın son ölçümleri alınıp değerlendirilmiştir. Günlük iş sonu raporunda hat adı, çalışma yapılan km başlangıç-bitişi, yeniden profilendirilen yol miktarı, boyuna profil sapma yüzdesi, enine profil sapma yüzdesi, yüzey kalite indeksi, geçiş eğimi kontrolü, metal kaldırma derinliği, ray yüzey kontrolü, taş izleri

ve boyutları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarının uygun bulunmasıyla hat işletme hızında açılabilmiştir. Günlük yapılan iş sonu oluşturulmuş örnek bir rapor aşağıda verilmiştir.

RAY YENİDEN PROFİLLENDİRME																		
İŞ SONU GÜNLÜK KONTROL ve ÖLÇÜM SONUÇLARI DEĞERLENDİRME RAPORU															Rapor No:			
															Tarih:/...../.....			
Sıra No	Hat Kesimi -Ray Dizisi (stasyon Aralığı)	Ray Yeniden Profillendirme Yapılan Hat Aralıkları (km+hm)		Taşlama Yapılan Alan (hat.m)	Boyuna Profil Sapma Yüzdesi				Ortalama Enine Profilden Sapma Yüzdesi	Yüzey Kalite İndeksi QI	Kaç pasta profil düzeltme	Geçiş Eğimi (tanları) (maksimum 1/3000)		**Ortalama Metal Kaldırma Derinliği	Taşlama (fasetta) izlerinin Ölçüm ve Kontrolü	Ray Yüzeyi ve Hattın Kontrolü (Menevileşme, ray üstü talaş temizliği, ray dizisi kontrolü vs.)	Hattın İşletme Hızı (km/h)	TÜM ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ
		Başlangıç	Bitiş		10<A<=30 mm	30<A<=100 mm	100<A<=300 mm	300<A<=1000 mm				Başlangıç (mm)	Bitiş (mm)					
1	Hat 1-Sağ	506+321	511+321	5000	1%	2%	3%	2%	2%	2,2	6	0,4	0,3	0,5	Uygun	Kontrol edildi	250	UYGUNDUR
2	Hat 1-Sağ	506+321	511+321	5000	1%	2%	3%	2%	4%	2,2	6	0,3	0,1	0,5	Uygun	Kontrol edildi	250	UYGUNDUR
RAPORLAMAYI YAPANLAR															ONAYLAYAN			
Adı-Soyadı, Unvan, Tarih, İmza															Adı-Soyadı, Unvan, Tarih, İmza			

Şekil 17. Örnek iş sonu günlük kontrol ve ölçüm sonuçları değerlendirme raporu

5. Sonuç ve Öneriler

Ankara–Eskişehir YHT hattı içerisinde Hat1 ve Hat 2 olarak toplam 428.000 hat.m alanın yeniden profillendirme çalışmaları döner taşlama metoduna göre yapılmıştır. 122 iş günü süren çalışma trafik yükü, yol kapatma süresi ve ray geometrik durumu dikkate alındığında günlük ortalama 3500 hat.metre kapasite ile çalışma yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında boyuna profil verilerinin minimum %96, enine profilin minimum %91, yüzey pürüzlülüğünün ise $QI < 3$ olması Yüksek Hızlı Tren Hattı için kalite taleplerini karşıladığı görülmüştür.

Günlük çalışmalarda verilen 5 saatlik yol kapatma süresi içerisinde rayın mantar yüzeyinden 0,5 mm talaş kaldırabilmesi için makinenin 5-6 pas yapması günlük çalışma hızını düşürmüştür, Yüksek Hızlı Tren hatlarında özellikle yol kapatma süresinin kısa olduğu hatlarda daha yüksek kapasiteli (fazla sayıda taş veya ünite bulunan) makine kullanılması gerektiği görülmüştür. Ayrıca günlük yapılan çalışma sonucunda alınan ölçüm verilerinin istenilen seviyede olmasına rağmen kısa aralıkla alınan ölçümlerde tolerans dışı olduğu görülmüştür.

Ray yüzeyinden 70° ila -5° aralığındaki yüzeyinden metal kaldırılması istenmiş olmasına rağmen ölçümler sadece ray ekseninden alınan verilere göre metal kaldırıldığı kabul edilmiştir. Ray eksenindeki ray yüzeyinden ne kadar metal kaldırıldığı lazer ve mekanik aletlerle ölçümler yapılsa da hassasiyet sorunları nedeniyle anlamlı ölçümler alınamamıştır. Dolayısıyla ray yüzeyinin hangi noktasından ne kadar metal kaldırıldığını ölçebilen ve hassasiyet oranı en fazla $\pm 0,01$ olan ray profiline has cihaz veya alet kullanılması gerekli görülmüştür.

Çalışma sonrasında YHT setleri ile yapılan sürüş kontrollerinde sürüş konforu artmış ve yolcuların hissettiği araç titreşimlerinin ve gürültünün azaldığı tespit edilmiştir. Alınan sonuçlar ve ölçüm verileri değerlendirildiğinde Yüksek Hızlı Tren Hatlarında döner taşlama metodunun uygulanabilir olduğu görülmüştür.

Yeniden profillendirme çalışmalarında döner taşlama metodunda karşılaşılan zorluklar ve çalışma sonucunda ortaya konan bir dizi tecrübeler aşağıda verilmiştir.

- Yeniden profillendirme yapılması gereken hattın belirlenmesinde rayın gözle muayenesi sonucu kusur durumu, rayın enine ve boyuna profil ölçümleri, tekerlek temas yorulma çatlak (RCF) boyutlarının tespiti için tüm hattın Eddy Current ölçüm sistemi ile çatlak ölçüm

sonuçları alınarak rayın hangi bölgesinden ne kadar metal kaldırılacağı önceden belirlenmelidir.

- Hattın ondülasyon ölçümleri (boyuna profil) devamlı bir şekilde yapılmalıdır. Yüksek Hızlı Tren Hatlarında en fazla 100 metre aralıklarla ondülasyon verisi alınarak istenilen kalite toleransları bu aralıklarla hesaplanmalıdır. Çünkü günlük çalışma sonunda toplamda sapma oranı kalite toleransı içerisinde olsa da lokal alanlardaki boyuna profil kalitesi istenilen düzeyde olmayacaktır. Bu durumda lokal bölgelerde ondülasyon hataları zamanla büyüyecektir.
- Rayın enine profil değerleri emniyet açısından önemlidir. Bu sebeple rayın enine profil durumu devamlı olarak ölçülmelidir. Enine profil ölçümleri Yüksek Hızlı Tren Hatlarında devamlı ölçülemediği halde en fazla 10 m aralıklarla elle yapılacak noktasal ölçümler alınarak 50 metredeki sapma miktarları hesaplanmalı ve buna göre kalite değerlerini sağlamalıdır. Yeniden profilendirme çalışmalarının sonunda enine profil raporlama en fazla 50 m aralıklarla yapılarak belirtilen kalite seviyelerini bu aralıklarla sağlamasına dikkat edilmelidir. Aksi halde lokal alanda ray profilinde enine kusurlar büyüyecek olup ray tekerlek etkileşimi bozulabilecektir.
- Yeniden profilendirme çalışmalarında Yüksek Hızlı Tren Hatlarında bakım faaliyetlerinde bakım süresinin kısıtlı olmasından ölçüm sistemlerinin raporlamanın zaman alması veya taşıma işleminin tamamlanamaması nedeniyle hız kısıtlaması konulmak istenmesi durumlarında çalışmada yeniden profilendirme verilerini tutarlılığının sağlanması ve yolun işletmeye açılmadan hemen önce eşdeğer koniklik değerlerinin kontrol edilmesi için teorik eşdeğer konikliğin de hesaplanması önerilir. Demir yolu işletmeciliğinde yeniden profilendirmeden kaynaklı ray profili bozukluğunda hangi durumlarda ne kadar bir hız kısıtlaması konulacağı belirlenmemiştir. Bu durumda ray profilinin durumu teorik eşdeğer koniklik parametresi ile değerlendirilmiş olacaktır. Ray profilinde yapılan çalışmalar ekartman ve eşdeğer konikliği etkileyeceğinden bu parametrelerin değerlerine göre hız kısıtlaması uygulanabilecektir.
- Yeniden profilendirme çalışmalarında kusur derinliğine göre kaldırılacak metal kalınlığı belirlenmelidir. Bu değer ray yüzey kusur derinliğine 0,1 mm ekleyerek belirlenmelidir.
- Yeniden profilendirme çalışmalarında mevsimsel döngüler önem taşımaktadır. Özellikle sıcaklığın sıfırın altında olduğu kar yağışının ray tabanının üzerinde olduğu durumlarda lazerle profil okuyabilen alıcılar ölçüm alınamayacaktır. Ayrıca aşırı soğuk ve kötü hava koşulları saha ekibinin çalışmasını zorladığı gibi makine ve aletlerde arızalar oluşabilecektir. Özellikle hat boyunca veya lokal bazı noktalarda bulunan yabancı ot veya farklı malzemeler ölçüm sonuçlarını etkileyerek sağlıklı ölçüm yapılmasını engelleyecektir. Dolayısıyla çalışmanın bahar ve yaz aylarında hatta otla mücadele yapıldıktan sonra yapılması tavsiye edilmektedir.

Kaynakça

- [1] E. Arslan, “Demiryolu Raylarının Bakımı: Yeniden Profilendirme (Reprofiling) Prosedür ve Kabul Şartları” 2020. [Online]. Available: <https://elvanarslanet.wordpress.com/2020/03/28/demiryolu-raylarının-bakımı-yeniden-profilendirme/> [Accessed: 12-Sep-2022].
- [2] P. Sroba, “Rail Grinding Best Practice For Committee 4, Sub-Committee 9” Principal Engineer, National Research Council of Canada, Canada, 2003.
- [3] *TS EN 13231-5 Demiryolu uygulamaları- Hat- İşlerin kabulü- Bölüm 5: Düz hat, makaslar, geçitler ve dilatasyon contasında ray profili yenileme prosedürü*, TSE, Ankara, 2018
- [4] *IRS 70712 Rail Defect*, International Union of Railways (UIC), Paris, 2018

- [5] Guidelines For Working of Rail Grinding Machine, Indian Railways Institute of Civil Engineering, Pune, Indian. 2012
- [6] M. Mesaritis, M. Shamsa, P. Cuervo, J.F. Santa, A. Toro, M.B. Marshall, R. Lewis,. “A Laboratory demonstration of rail grinding and analysis of running roughness and wear,” *Wear*, vol. 456-457, pp.1-2., September 2020, doi: 10.1016/j.wear.2020.203379
- [7] R. Stock, M. Seeleithner, “Efficient implementation of modern rail maintenance technologies,” *Jahrbuch Für Schienenverkehr & Technik, Eisenbahn Ingenieur Kompendium (EIK 2022)*, pp. 72, 2022
- [8] Z. Kędra, “Technologia Robót Torowych” Gdańsk, Poland., Wydawnictwa Politechniki Gdańskiej, 2015
- [9] *TS EN 14363+A1 Railway applications - Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles - Running Behaviour and stationary tests*, TSE, Ankara, 2022
- [10] TCDD Hat Bakımı El Kitabı, TCDD Yol Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2013.
- [11] A. F. R. Pereira, “Rail corrugation: a software tool for detection and analysis using wavelets” Master Thesis, Licenciatura em Ciências de Engenharia Electrotécnica e de Computadores., Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa., 2018
- [12] *TS EN 13231-2, “Demiryolu uygulamaları- Demiryolu- İşlerin kabulü- Bölüm 2: Düz hatlar, makaslar, kruvazmanlar ve klavuz raylarda yeniden profillenmiş raylarının kabulü*, TSE, Ankara, 2021.
- [13] Grinding Depth Measuring Gauge Wilmec HT1 documentation. Accessed: Ekim. 11, 2022. [Online]. Available: <http://www.wilmec.it/images/ferrovia/HT1-Wilmec-ENG-rail.pdf>
- [14] *TS EN 13715, Demiryolu uygulamaları- Tekerlek takımları ve bojiler - Tekerlekler - Yuvarlanma yüzeyi profile*, TSE, Ankara, 2020.

Özgeçmiş



Elvan ARSLAN

1986 tarihinde Yozgat’ın Sorgun ilçesinde doğmuştur. Ortaöğrenimini burada tamamlayarak lisans eğitimini T.C. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde, tezli yüksek lisansını T.C. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Trafik Planlama ve Uygulama ABD’de yapmıştır. TCDD Taşımacılık ve TCDD’de 2007 yılından beri çeşitli birimlerde ve unvanlarda görev yapmış olup halen TCDD Ankara 8. Bölge (YHT) Müdürlüğü’nde Mühendis unvanında görev yapmaktadır. Ayrıca Uluslararası Kaynak Mühendisliği (IWE) diplomasına sahiptir. İlgi alanına giren araştırma konuları demiryolu üstyapısı, ray kaynağı, çeken-çekilen demiryolu araçları bakım işletmeciliği ve makine tasarımıdır.

E-Posta: elvan@live.com

Beyanlar:

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayım etiğine uyulmuştur.