

**10. ULUSAL AKUSTİK KONGRESİ**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ODİTORYUMU, İSTANBUL**  
**16-17 Aralık 2013**

**MARMARAY RAYLI SİSTEM PROJESİ GÜRÜLTÜ KONTROL**  
**ÇALIŞMALARI VE BARIYER OPTİMİZASYONU**

**Mehmed Akif Emekli<sup>1</sup>, Ekim Şükrü Bakırcı<sup>2</sup>, Mehmet Çalışkan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>**Frekans Çevre Ölçüm Laboratuvarı**, Ankara, Türkiye  
Tel: 312 481 97 94, e-posta: akif.emekli@frekansakustik.com

<sup>2</sup>**Frekans Çevre Ölçüm Laboratuvarı**, Ankara, Türkiye  
Tel: 312 481 97 94, e-posta: ekim.bakirci@frekansakustik.com

<sup>3</sup>**Orta Doğu Teknik Üniversitesi**, Ankara, Türkiye  
Tel: 312 210 25 72, e-posta: caliskan@metu.edu.tr

**ÖZET**

Marmaray raylı sistem projesi Gebze-Halkalı arasında inşaatı devam eden en zorlu altyapı projelerinden biri olarak gündemdedir. Proje kapsamında mevcut demiryolu koridoruna yeni hatların eklenmesi ile kapasite artırımı ve yenileme çalışmaları gerçekleştirilecektir. Yerleşimin çok yoğun olduğu alanlardan geçen demiryolu hattı çevresinde gürültü kontrol çalışmaları kaçınılmaz bir gerekliliktir. Çevredeki binaların yüksekliklerine bağlı olarak gürültü kontrol çalışmalarının etkinliği değişiklik göstermektedir. Buna bağlı olarak, kaynak ve alıcı konumlar arasında kontrol tedbirleri önerilmiş, bariyerlerin yükseklikleri optimize edilmiştir. Gerçekleştirilen çevresel etki değerlendirme çalışmaları, “FTA (The Federal Transit Administration)” ve “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” ve bu yönetmeliklere ait etki faktörleri dikkate alınarak yapılmış, gürültü kontrol çalışmaları da ilgili yönetmelikler ve yol göstericilerin işaret ettiği şekilde tamamlanmıştır. **Anahtar Kelimeler:** Marmaray, Gürültü, Bariyer, Demiryolu, Optimizasyon

**ABSTRACT**

*Marmaray commuter rail project is the one of the most challenging infrastructure project. In this project, new tracks and expansion of capacity of existing railway will be occurred. Noise control studies in densely populated areas are fateful needed. Efficiency of noise control studies is variable according to height of buildings along the railway. Correspondingly, noise control solutions are offered between source and receiver points then, height of noise barriers are optimized. FTA (Federal Transit Administration) and Turkish "Assessment and Management of Environmental Noise" regulations and impact factors of mentioned regulations and guides are followed for the Environmental Impact Analysis report. According the guidelines and regulations noise control studies are offered.*

**Keywords:** Marmaray, Noise, Barrier, Railway, Optimization

## 1. GİRİŞ

Marmaray, İstanbul'un Avrupa ve Asya yakalarındaki demiryolu hatlarını İstanbul Boğazı altından geçen bir tüp tünelle birleştiren 76 km lik bir demiryolu iyileştirme ve geliştirme projesidir. Türkiye'nin gerçekleştirilmesi en zor altyapı projesi olarak nitelendirilen Marmaray Projesinde, toplam 76,3 km'lik hattın 63 km'lik bölümü yüzeysel metro kesimidir.<sup>[1]</sup>

Saatte tek yönde 75.000 yolcu taşınması planlanan proje, toplu taşımının gittikçe önem kazandığı İstanbul'un ulaşım sorununun çözümüne büyük katkı sağlaması beklenilmektedir.

Proje, batırma tüp tünel (1.4 km), delme tüneller (toplam 9.4 km), aç-kapa tüneller (toplam 2.4 km), üç yeni yeraltı istasyonu, 37 yerüstü istasyonu (yenileme ve iyileştirme), yeni işletim kontrol merkezi, sahalar, atölyeler, bakım tesisleri, yerüstüne inşa edilecek olan yeni bir üçüncü hat ve temin edilecek olan 440 adet modern demiryolu araçlarını kapsamaktadır. Üç etaba ayrılan bu işlerin "BC1 Raylı Tüp Tünel geçişi ve istasyonlar" etabı 29 Ekim 2013 tarihinde hizmete açılmıştır. 2015'te tamamlanması planlanan "CR3 Banliyo Hatları İyileştirmesi" etabı Haydarpaşa-Gebze ve Sirkeci-Halkalı banliyo hatlarının (Elektriksel, mekanik ve yapısal) olarak iyileştirilmesidir. Bu kapsamda Anadolu yakasında, ortalama iki istasyon arası 4,5 km olan 10, Avrupa yakasında ise 2 ek istasyon açılacaktır.<sup>[2]</sup>

“CR3 - Banliyo Hatlarının İyileştirmesi” kapsamında gerçekleştirilecek çalışmalar ve açılacak yeni istasyonların inşaatı ile birlikte, hat boyunca hareket eden farklı tip trenlerin çevreye oluşturacağı etkiler değerlendirilmiştir. Avrupa Birliğine uyum çalışmaları kapsamında ülkemizde ele alınan çevresel gürültü, ilgili Avrupa Birliği Direktifi uyarınca hazırlanmış ve 1 Temmuz 2005'te yürürlüğe giren “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği(ÇGDYY)” ile değerlendirilmektedir.

Bu kapsamda projede olması beklenen çevresel gürültü etkileri ÇGDYY ve “Federal Transit Administration(FTA)” tarafından Mayıs 2006'da yayınlanan “Transit Noise And Vibration Impact Assessment” kılavuzu ışığında değerlendirilmiş, trenlerin oluşturacağı gürültü seviyeleri ise; RMR-SRM II hesaplama metodu kullanılarak kategorize edilip modellenmiştir.

## 2. MODELLEME SÜRECİ

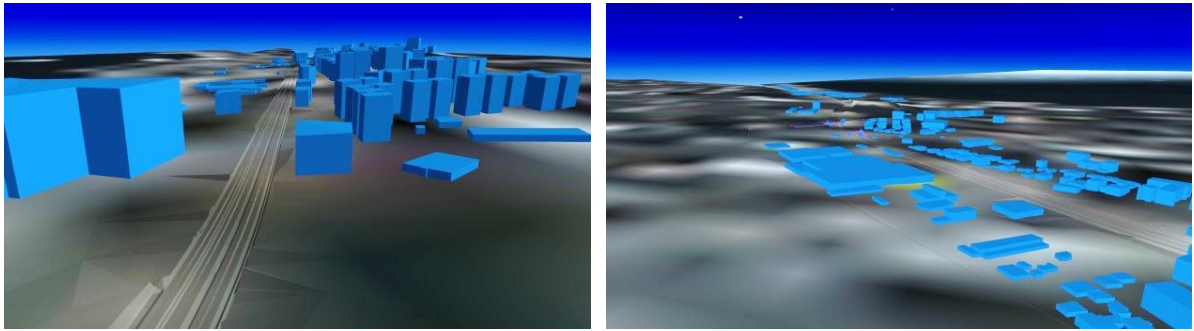
Bir gürültü kaynağının çevrede oluşturduğu etkileri incelemek amacıyla hazırlanan gürültü haritaları, ses basıncının insan üzerindeki zararlı etkilerini içeren ve bilimsel araştırmalarla belirlenen gürültü göstergeleri cinsinden oluşturulur. Oluşturulacak gürültü göstergeleri ve etki incelemeleri için öncelikli olarak gerçek şartlara uygun modelleme çalışmaları yapılması, ardından ise; mevcut arka plan gürültü ölçümlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Ölçüm Noktaları

### 2.1. Çalışma Alanı Ve Çevre Yapılar

Öncelikli olarak projenin gerçekleştirileceği alana ait arazi bilgileri, ardından da çevre binalar kullanım amaçlarına göre ayrı ayrı modele girilmiştir. Belirtilen güzergah üzerinde bulunan sanat yapıları(Köprü, viyadük, tünel, üst/alt geçit, vb.), istinat duvarları ve hali hazırda bulunan veya planlanan istasyonlar da model içinde tasarlanmış, elde edilecek gürültü haritalarının doğruluğunun sağlanabilmesi için meteorolojik veriler, zemin yutuş katsayıları ve yansımalar da hesaba katılmıştır.



Şekil 2. Model Çalışması Aşamaları (Pendik Bölgesi)

## 2.2.Gürültü Kaynakları ve Tren Tipleri

Avrupa Birliği normları ve Türkiye Cumhuriyeti Çevre Ve Şehircilik Bakanlığınca belirtilen demiryolu kaynaklı gürültü ile ilgili bilgiler bir dizi hesaplama yöntemleri ile elde edilir. Demiryolları için Hollanda RMR-SRM II hesaplama yönteminin<sup>[3]</sup> kullanılması önerilmektedir. Marmaray'da kullanılacak trenlerin tipleri, bu normlara uygun olarak; IC Yolcu Treni - Kategori 2, Yüksek Hızlı Tren – Kategori 9, Yük Treni – Kategori 4, Banliyö Trenleri – Kategori 7 olarak gruplanmıştır. Bu gruplama yapılırken, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti Yönetmeliklerinde yer alan kategoriler ile Marmaray'da kullanılacak vagonlar eşleştirilmiştir.<sup>[4]</sup>

Kullanılacak vagonlara ait hız verileri ve yasal sınırlamalar proje CR3 kontratından temin edilmiştir.

**Tablo 1. Gebze – Pendik Arası Tren Geçiş Sayıları**

Kategori (SRM)	Motor	Fren	Hız (km/s)	Tren Geçiş Sayısı/1 saat								
				Gündüz			Akşam			Gece		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Kategori 2	Elektrik/Dizel	Dinamik/Blok	100	-	-	1,5	-	-	0,5	-	-	-
Kategori 9	Elektrik	Disk	100	-	-	5,6	-	-	5,6	-	-	5,6
Kategori 4	Dizel	Blok	60	-	-	-	-	-	-	1,8	1,8	1,8
Kategori 7	Elektrik	Disk/Blok	80	7	7	-	3,5	3,5	-	-	-	-

**Tablo 2. Pendik – İbrahimağa Arası Tren Geçiş Sayıları**

Kategori (SRM)	Motor	Fren	Hız (km/s)	Tren Geçiş Sayısı/1 saat								
				Gündüz			Akşam			Gece		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Kategori 2	Elektrik/Dizel	Dinamik/Blok	100	-	-	1,4	-	-	1,4	-	-	-
Kategori 9	Elektrik	Disk	100	-	-	5,3	-	-	5,3	-	-	5,3
Kategori 4	Dizel	Blok	60	-	-	-	-	-	-	1,8	1,8	1,8
Kategori 7	Elektrik	Disk/Blok	80	14	14	-	7	7	-	-	-	-

**Tablo 3. Kazlıçeşme – Yeşilköy Arası Tren Geçiş Sayıları**

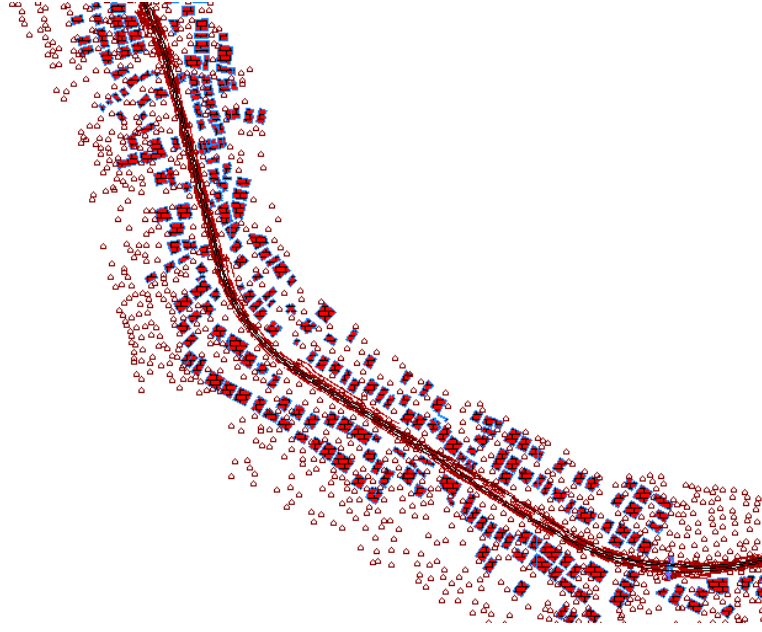
Kategori (SRM)	Motor	Fren	Hız (km/s)	Tren Geçiş Sayısı/1 saat								
				Gündüz			Akşam			Gece		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Kategori 2	Elektrik/Dizel	Dinamik/Blok	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kategori 9	Elektrik	Disk	100	-	-	3,1	-	-	3,1	-	-	3,1
Kategori 4	Dizel	Blok	60	-	-	-	-	-	-	1,8	1,8	1,8
Kategori 7	Elektrik	Disk/Blok	80	12	13	-	6,3	6,3	-	-	-	-

**Tablo 4. Yeşilköy – Halkalı Arası Tren Geçiş Sayıları**

Kategori (SRM)	Motor	Fren	Hız (km/s)	Tren Geçiş Sayısı/1 saat								
				Gündüz			Akşam			Gece		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Kategori 2	Elektrik/Dizel	Dinamik/Blok	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kategori 9	Elektrik	Disk	100	-	-	3,1	-	-	3,1	-	-	3,1
Kategori 4	Dizel	Blok	60	-	-	-	-	-	-	1,8	1,8	1,8
Kategori 7	Elektrik	Disk/Blok	80	6,3	6,3	-	3,1	3,1	-	-	-	-

### 2.3.Model Parametreleri

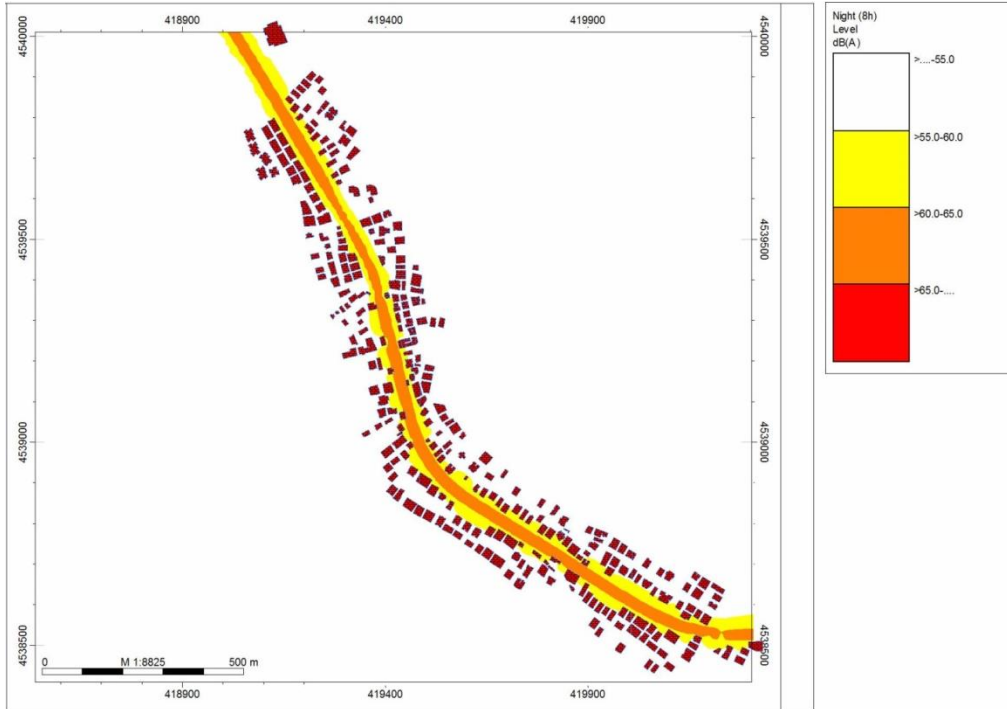
Model çalışmaları için proje sahasının 1 km kuzey ve 1 km güneyine ait; topografik yapı, kullanım amaçlarına göre hat boyunca ilk üç sırada bulunan yaklaşık 11000 bina, tren yolu hattı konumuna ait bilgiler ve diğer çevre yapılar yükleniciden sayısal olarak temin edilmiştir. Bu bilgilere ek olarak proje sahası çevresinde yapılan gürültü ölçümleri sırasında sıcaklık, nem, rüzgâr hızı gibi meteorolojik parametreler; Meteoroloji Genel Müdürlüğüne hazırlanmış son 30 yıllık ortalama veriler ile birlikte kullanılarak modele işlenmiştir.



Şekil 3. Model Çalışmasında Ham Verilerin İşlenmesi (İbrahimağa)

#### 2.4.Yatay Izgara Çözümleri

Modelleme çalışmaları için gereken parametreler girildikten sonra Avrupa Birliği normlarına göre 10 m x 10 m 'lik ve 4 metre yükseklikte yatay ızgara çözümleri yapılmıştır. Elde edilen gürültü haritaları, ÇGDYY<sup>[5]</sup> kapsamında daha kolay incelenmesi için dört renk (<55 dB Beyaz, 55-60 dB Sarı, 60-65 dB Turuncu, >65 Kırmızı) olarak ölçeklendirilmiştir.



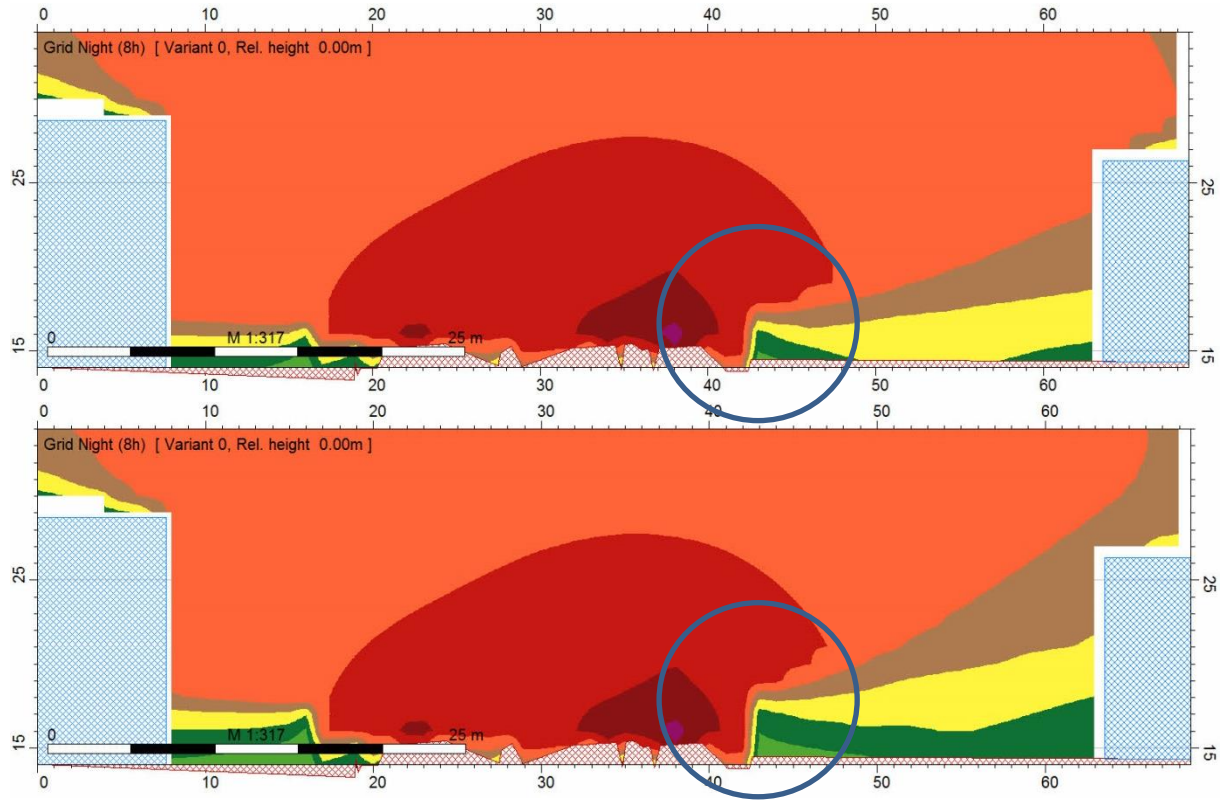
Şekil 4. Yatay Izgara Çözümleri

### 3. ANALİZ ÇALIŞMALARI

#### 3.1.Gürültü Bariyerlerinin Konumları ve Yüksekliklerinin Belirlenmesi

Yatay gürültü haritalarının hazırlanmasından sonra elde edilen veriler değerlendirilerek, gürültü kontrol çalışmalarının yapılması gerekli olan yerler belirlenmiştir. Değerlendirmeler ÇGDYY kapsamınca ele alınmış; bariyer gerekli görülen konumların belirlenmesi için, gece periyodu üst sınırı 55 dBA sınır olarak belirlenmiştir. Konumların belirlenmesinin ardından, mevcut arazi yapısına göre bariyer yüksekliklerinin belirlenmesi planlanmıştır. Bu sebeple toplam 324 farklı alanda düşey gürültü haritaları hazırlanmış ve her bir bariyer için, yükseklikler 2 metreden başlayarak 0,5 metre aralıklarla arttırılarak çözümler gerçekleştirilmiştir.

Bariyer tasarımı konusundaki çalışmalar sırasında tedarikçiler belirlenmediğinden en kötü senaryolar denenmiş ve yansıma değerleri beton yüzeylermiş gibi girilmiştir. Sayısal modelde bariyer geometrisi, üst kırınım özelliği bulunmayan bariyerler seçilerek gerçekleştirilmiştir.<sup>[6]</sup>



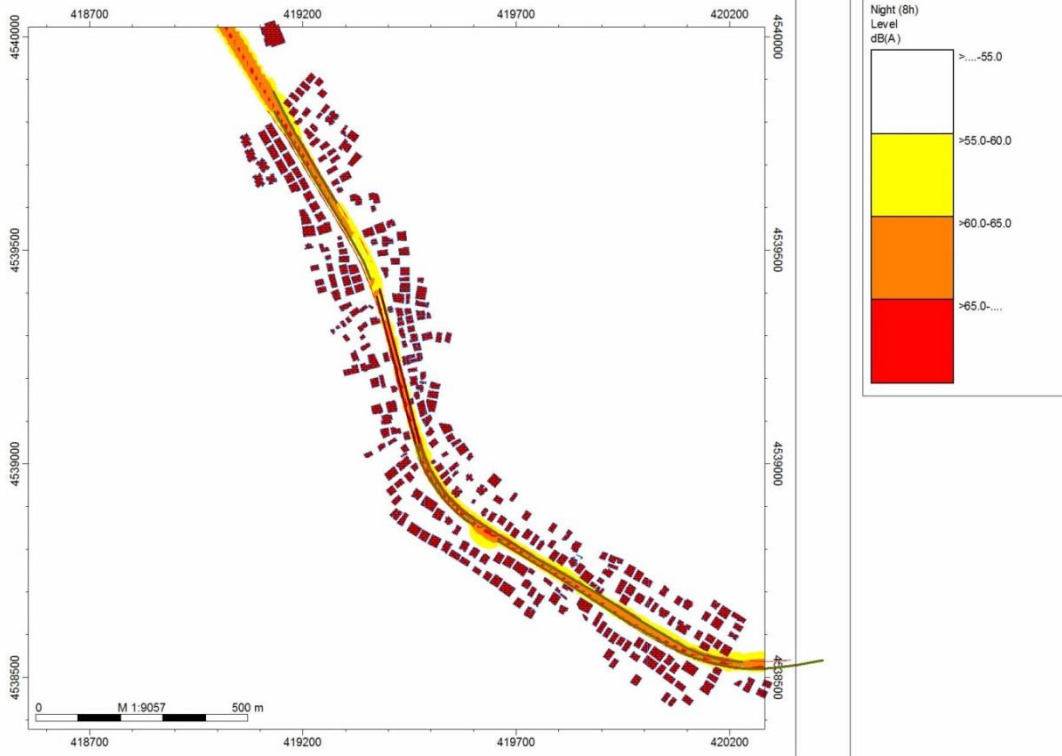
Şekil 5. Bariyer Yüksekliklerini Belirlemek İçin Hazırlanan Düşey Gürültü Haritası

#### 3.2.ÇGDYY ve FTA Normlarına Uygun Olarak Maruziyet Analizi

Bariyer yükseklikleri ve konumları belirlendikten sonra, yapılan modelleme çalışmasına bariyerlere ait veriler girilmiştir. Bu veriler ışığında, Avrupa Birliği Mevzuatında belirlenen normlara uygun olarak hazırlanan yatay gürültü haritaları ile kontrol tedbirleri alınmadan önce hazırlanan haritalar karşılaştırılmıştır. 2012 yılında yapılan arka plan



gürültü ölçümlerinden elde edilen veriler, aynı noktaya etki eden gürültü kaynağının etkisi ile karşılaştırılarak etki değerlendirilmeleri yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda toplamda 70972 m. uzunluğunda ve 154342 m<sup>2</sup>’lik alana sahip gürültü bariyerlerinin tasarımı tamamlanmıştır. FTA ölçütlerine göre yapılan değerlendirmelerde; Tasarlanan gürültü bariyerlerinden önce, projenin Asya kıtasında 56 adet “ılımlı (moderate)” etki, 5 adet “şiddetli(severe)”, Avrupa kıtasında ise; 16 “ılımlı (moderate)” etki gözlemlenmiştir. Tasarımlar tamamlandıktan sonra yapılan modelleme çalışmasına göre ise; Asya kıtasında 15 adet “ılımlı (moderate)” etki, Avrupa kıtasında ise; 7 adet “ılımlı (moderate)” etki beklenmektedir.

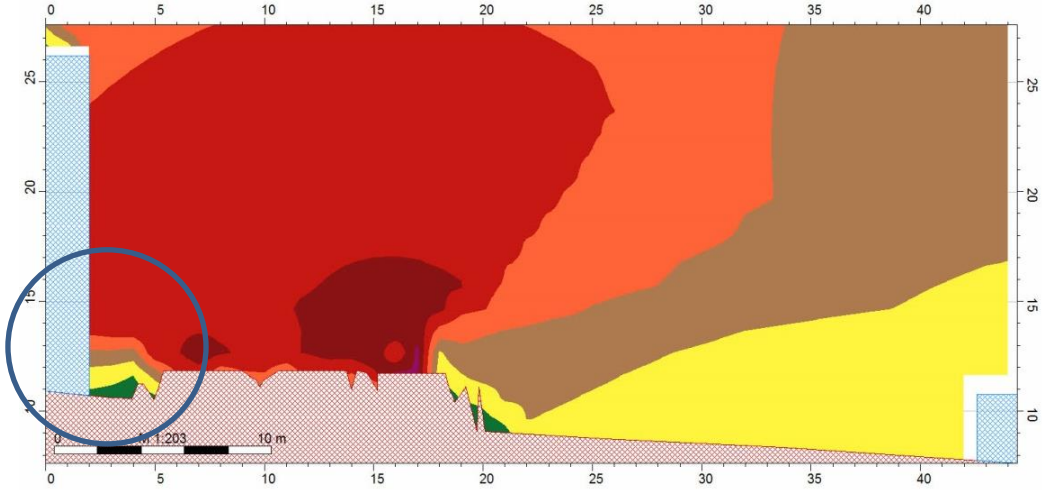


**Şekil 6. Bariyer Çalışmaları Sonucunda Elde Edilen Gürültü Haritası**

#### 4. SONUÇ

Yapılan gürültü kontrolü çalışmalarında tasarlanan bariyerler, hat boyunca belirlenen konumlardan bazılarında arazi yapısı, tren yolunun konumu, çevre binaların yüksekliği ve/veya sanat yapılarının konumları sebebiyle uygulanamamaktadır. Bu bölgelerde detaylı çalışmalar yapılmıştır ve engelleyici bir malzeme kullanmaksızın, hız sınırlamaları ile bazı bölgelerde gürültü azaltımı amaçlanmaktadır.





**Şekil 7. Gürültü Bariyerinin Uygulanamadığı Konumlara Örnek**

Proje kapsamında gerçekleştirilen gürültü kontrol çalışmalarının etkisi oluşturulan model ile incelendiğinde, toplamda varolan; 72 adet “ılımlı (moderate)” etki 22 adete, 5 adet “şiddetli (severe)” etki ise tamamen ortadan kaldırılmıştır.

Ancak bunlara karşın tekerlek-ray etkileşiminin zamanla yıpranan ray yüzeyi sebebi ile oluşturacağı yuvarlanma gürültüsünün (*rolling noise*) etkilerini bu çalışma ile öngörmek mümkün değildir. Bunun temel nedeni kullanılan hesaplama metodlarının rayların yeni olduğu durumlar için geçerli olmasıdır<sup>[7]</sup>. Yıpranmaya bağlı oluşabilecek 20 dBA seviyesinde gürültü artışlarının etkilerini önlemek için, raylar üzerinde periyodik bakımlar yapılmalı ve gerekli yerlerde taşlama işlemleri uygulanmalıdır.

## 5. KAYNAKÇA

[1]: <http://www.marmaray.com.tr/Rakamla>

[2]: [http://www.aygm.gov.tr/BLSM\\_WIYS/DLH/tr/DOKUMAN\\_SOL\\_MENU/Demiryollari/Demiryolu\\_Devam/20100421\\_132940\\_10288\\_1\\_64.html](http://www.aygm.gov.tr/BLSM_WIYS/DLH/tr/DOKUMAN_SOL_MENU/Demiryollari/Demiryolu_Devam/20100421_132940_10288_1_64.html)

[3]: Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 Kasım 1996

[4]: <http://www.tcdd.gov.tr/Upload/Files/ContentFiles/2010/vagonlar/vagonrehberi.pdf>

[5]: Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, Haziran, 2010

[6]: Van Haren, E. ve Van Tol H., Validation Of Ray Acoustics Applied For The Modelling Of Noise Barriers, Journal of Sound and Vibration 231(3) (2000) 681-688

[7]: A.E.J. Hardya, R.R.K. Jonesa, S. Turnerb, The influence of real-world rail head roughness on railway noise prediction Journal of Sound and Vibration 293 (2006) 965–974