



# Avrupa Ortak Gürültü Değerlendirme Modeli (CNOSSOS-EU) ile Karayolu Gürültü Kestiriminde Kullanılan Uluslararası Modellerin Karşılaştırılarak Değerlendirilmesi

Comparative Evaluation of the Common European Noise Assessment Model (CNOSSOS-EU) and the International Models Used in Road Noise Estimation

Ezgi DADAŞ ARIKAN<sup>1</sup>   
Fusun DEMİREL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye

Geliş Tarihi/Received: 23.02.2023

Kabul Tarihi/Accepted: 09.05.2023

Yayın Tarihi/Publication Date: 29.05.2023

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Ezgi DADAŞ ARIKAN

E-mail: ezgidadas@gazi.edu.tr

Cite this article as: Dadaş Arıkan, E., & Demirel, F. (2023). Comparative evaluation of the common European noise assessment model (CNOSSOS-EU) and the international models used in road noise estimation. *PLANARCH - Design and Planning Research*, 7(2), 216-222.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## ÖZ

Kentleşme ve buna paralel olarak ulaşım ağlarındaki hızlı gelişme, beraberinde pek çok çevresel problemi getirmektedir. Bunlar arasında en önemlilerinden biri de gürültü sorunudur. Ulaşım kaynaklı gürültüler, kesintisiz ve devamlı olması sebebiyle insanların yaşam kalitesi ve sağlığı üzerinde ciddi problemler yaratmaktadır. Bu olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik yasal düzenleme; yenilenerek 2022 yılında 'Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği' başlığı ile yayımlanmıştır. Mevzuatta yer alan gürültü haritaları; bir bölgenin ortalama ses düzeylerinin hesaplanarak, limitleri aşan ses düzeylerine sahip alanların belirlenmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda araştırmada, gürültü haritalamada yararlanılan karayolu trafik gürültü kestirim modelleri ele alınmıştır. Araştırmada ilk aşamada; literatürde Avrupa Ortak Gürültü Değerlendirme (CNOSSOS-EU) modeli ile diğer kestirim modellerinin karşılaştırıldığı alan çalışmaları incelenmiştir. İkinci aşamada; CNOSSOS-EU ve seçilen diğer kestirim modelleri (NMPB-Routes2008, CRTN, RLS 90, SonROAD 18 ve FHWA TNM) teknik parametreler kapsamında karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak çalışmada, karşılaştırılabilir veriler elde edilmesi nedeniyle gürültü haritalamalarında CNOSSOS-EU modelinin kullanılması olumlu bulunmuş, ancak elde edilen sonuçların ölçümlerle desteklenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** CNOSSOS-EU, çevresel gürültü, gürültü kestirim modelleri, gürültü haritalama, karayolu gürültüsü

## ABSTRACT

Urbanization and the rapid development in transportation networks bring many environmental problems. One of the most important among these is the noise problem. Noise from transportation creates serious problems on the quality of life and health of people due to its uninterrupted and continuous nature. The legal regulation aimed at reducing these negative effects was renewed and published in 2022 with the title of *Environmental Noise Control Regulation*. Noise maps in the legislation provide the determination of areas with sound levels exceeding the limits by calculating the average sound levels of a region. In this context, road traffic noise estimation models used in noise mapping are discussed in the research. In the first stage, in the literature, field studies comparing the Common European Noise Assessment Model and other estimation models were examined. In the second stage, Common European Noise Assessment Model and other selected estimation models (NMPB-Routes2008, CRTN, RLS 90, SonROAD 18 and FHWA TNM) were compared within the scope of technical parameters. As a result, the use of the Common European Noise Assessment Model in noise mapping was found to be positive due to obtaining comparable data in the study, but it was emphasized that the results obtained should be supported by measurements.

**Keywords:** CNOSSOS-EU, environmental noise, noise assessment methods, noise mapping, roadway noise

## Giriş

Bilimsel araştırmalar ve deneyimler, gürültüye maruz kalmanın çeşitli geçici ve kalıcı etkilerinin olduğunu göstermektedir. Kısa vadedeki etkiler stres, uyku bozukluğu, dikkat dağınıklığı ya da geçici işitme eşiği yükselmesi iken; uzun vadede kardiyovasküler sistem rahatsızlıklarına sebep olmaktadır (Toprak & Aktürk, 2004, ss. 52-54). Çevre bilincinin artması, teknolojinin ve insan faaliyetlerinin sağlık-çevre üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılmasıyla birlikte gürültü kirliliği konusu ön plana çıkmıştır.

Çevresel gürültü hakkında mevzuata bakıldığında; 2005 yılından beri yürürlükte olan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nin, 30 Kasım 2022'de Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından revize edilerek 'Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği' başlığı ile yayımlanmıştır. Bu bağlamda yönetmelik uyarınca; çevresel gürültünün olumsuz etkilerini azaltmak ve gerekli kontrol tedbirlerinin alınması amacıyla, gürültü haritaları ve gürültü eylem planlarının hazırlanması gerekmektedir (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [ÇŞİDB], 2022). Belli bir bölge için hazırlanmış olan gürültü haritaları aracılığıyla; bölgedeki gürültü kaynakları, gürültü kaynaklarının sebep olduğu ses basınç seviyeleri ve gürültüye maruz kalan kişi sayıları belirlenmektedir.

Çevresel gürültünün azaltımına yönelik olarak, yıllardır devam etmekte olan gürültü haritalama ve denetleme çalışmalarına daha da ağırlık veren Avrupa Birliği tarafından; çevresel gürültüye yönelik olarak, Çevresel Gürültü Direktifi 2002/49/EC kapsamında, stratejik gürültü haritalarının ve gürültü eylem planlarının hazırlanması amacıyla ortak bir yöntem çerçevesi (CNOSSOS-EU) geliştirilmiştir. CNOSSOS-EU (Common noise assessment methods in Europe) yöntemi, tüm AB üye devletler içinde ve genelinde yüksek gürültü seviyelerine maruz kalan insan sayısı hakkında tutarlı ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde edilebilmesi amacıyla oluşturulmuştur (European Commission, 2012, ss. 11-13). Türkiye'deki güncel mevzuat olan Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde; gürültü haritalamada geçmişte kullanılan NMPB metodunun veya CNOSSOS-EU yönteminin kullanılabilceği belirtilmiştir.

"Avrupa Birliği ülkeleri ve aday ülkelerin mevzuatlarına giren, karayolu trafiği gürültüsü tahmin modeli CNOSSOS-EU yönteminin diğer uluslararası yöntemlerden farkı nedir?" sorusu bu çalışmanın başlangıç noktasını oluşturmuştur. Bu bilgiler ışığında çalışmanın amacı; CNOSSOS-EU yönteminin ayrıntılı bir biçimde incelenmesi, literatürdeki alan çalışmalarında yöntemin ele alınışının ortaya konulması ve dünyada kullanılan diğer gürültü kestirim modelleriyle teknik parametreler bağlamında karşılaştırılmasıdır. Dolayısıyla bu çalışmanın, literatüre katkı sağlamanın yanı sıra ülkemiz mevzuatlarına da katkı sağlayacağı ve güncel gürültü haritalama çalışmalarına ışık tutacağı beklenmektedir. Çalışmanın kapsamı; çevresel gürültü kaynaklarından biri olan karayolu trafik gürültüsü ile sınırlanmıştır. Çalışmada karayolu trafik gürültüsü kestirim modellerinden; CNOSSOS-EU, NMPB-Routes2008, CRTN, RLS 90, SonROAD 18 ve FHWA TNM seçilerek incelenmiştir.

Bu bağlamda araştırmanın hipotezi; "Gürültü haritalamada kullanılan CNOSSOS-EU yöntemi, diğer uluslararası yöntemlerden üstün olup, ülkeler arasında karşılaştırılabilir sonuçlar elde edilmesini sağlayabilecektir". Hipotezin test edilmesi amacıyla, belirlenen karayolu trafik gürültüsü kestirim modellerinin, hem teknik parametreler bağlamında, hem de literatürdeki alan çalışmaları

üzerinden incelenmesi, bu araştırmanın literatürdeki benzer çalışmalardan farklılaşmasını sağlamıştır.

## Yöntem

Bu çalışmada; kent sakinlerini etkileyen çevresel gürültü kaynaklarından biri olan karayolu gürültüsü değerlendirilmiştir. Gürültü haritalamada Avrupa Birliği (AB) tarafından kabul edilen ve Türkiye'de Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde (2022) yer alarak yürürlüğe giren CNOSSOS-EU gürültü kestirim metodu, diğer yöntemler ile karşılaştırılmıştır.

Bu kapsamda, çalışma iki aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada; literatürdeki karayolu kestirim modellerini, alan çalışmaları üzerinden değerlendiren araştırmalar incelenmiştir. Alan çalışmaları; modellerin hesaplama performanslarının çok boyutlu olarak değerlendirilebilmesi için son derece önemli sonuçlar ortaya koyabilmektedir.

İkinci aşamada ise hesaplama sonuçlarının farklılık göstermesinin temel sebeplerinin saptanabilmesine yönelik olarak;

- CNOSSOS-EU (AB),
- NMPB-Routes2008 (Fransa),
- CRTN (Birleşik Krallık, Avustralya, Yeni Zelanda, Hong Kong),
- RLS 90 (Almanya),
- SonROAD 18 (İsviçre),
- FHWA TNM (ABD)

modelleri girdi verileri, gürültü göstergeleri, taşıt tipleri, trafik akışı, zemin etkisi, eğim etkisi, meteorolojik etki gibi teknik parametreler bağlamında karşılaştırılmıştır.

### Karayolu Gürültüsü Kestirim Modelleri

Gürültü kirliliği sorununun yaygınlaşması sebebiyle çevresel gürültü düzeylerinin belirlenmesinde kent ölçeğinde ele alınacak önlemlere veri sağlamak için çeşitli yöntemler ortaya konmuştur. Bu yöntemler, gürültünün kaynağı, yayılması ve alıcı üzerindeki etkilerini hesaba katan istatistiksel ve tahmine dayalı gürültü kestirim modelleridir (Kurra, 2009, s. 135). Karayolu gürültüsü kestirimi yapılırken; kaynak-alıcı arasındaki mesafe, yol yüzeyi özellikleri, hafif/ağır taşıt oranı ve trafik akışı gibi parametreler kullanılmaktadır. Karayolu trafik gürültüsü kestirim modellerinin temelinde iki kullanım amacı vardır;

- Yeni ulaşım yolları planlanırken çevredeki işitsel ortama etkisinin saptanması ve önlem alınması,
- Mevcut yol ağlarının çevresel gürültüye etkisinin tespiti olup, ölçüm yöntemiyle birlikte kullanılmaktadır.

Topoğrafya, kent planlama anlayışı (yollar), meteorolojik şartlar ve kullanılan araçlar gibi unsurlar ülkeden ülkeye farklılık gösterdiği için dünya çapında birçok farklı model üretilmiştir. Karayolu gürültüsü kestirimine yönelik;

- Amerika Birleşik Devletleri'nde FHWA TNM (Traffic Noise Model),
- Fransa'da NMPB Routes 2008,
- Almanya'da RLS 90,
- Norveç, İsveç, Danimarka ve Finlandiya'da Nord 2000,
- Birleşik Krallık, Yeni Zelanda, Honk Kong ve Avustralya'da CoRTN,
- Japonya'da ASJ RTN- 2008
- İsviçre'de SonRoad 18
- İtalya'da C.N.R. modeli ve
- Avrupa Birliği'nin yayınladığı CNOSSOS-EU yöntemi kullanılmaktadır.

AB ülkeleri, kademeli olarak çevresel gürültü mevzuatlarında CNOSSOS-EU yöntemine yer vermektedirler. Türkiye’de 2022 yılı itibarıyla geçerli olan Gürültü Kontrol Yönetmeliği’ne göre karayolu gürültü haritalaması için; CNOSSOS-EU Road veya NMPB-Routes-96 yöntemleri kullanılabilir. CNOSSOS-EU Road veya NMPB-Routes-96 yöntemleri kullanılabilir.

Bu araştırmada; CNOSSOS-EU gürültü kestirim modelinin, ülkeler arasında karşılaştırılabilir sonuçlar verdiği vurgulanmış, diğer modeller karşısındaki avantajlı/dezavantajlı yönlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, CNOSSOS-EU ile diğer modeller, literatürdeki çalışmalar üzerinden ve teknik parametreler bağlamında karşılaştırılmıştır.

### **CNOSSOS-EU ve Diğer Gürültü Kestirim Modellerine Yönelik Literatür Çalışmaları**

CNOSSOS-EU’nun karayolu gürültüsü kestirimindeki performansını anlayabilmek adına, başvurulması gereken ilk yol; hesaplama sonuçlarının yetkinliği kanıtlanmış gürültü kestirim modelleri ve ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılmasıdır. Bu bağlamda, diğer modeller yanında CNOSSOS-EU yönteminin performansını değerlendirmek adına, literatür taraması yapılmıştır.

Rubeiro (2016), alan çalışması üzerinden NMPB-96, NMPB-2008 VE CNOSSOS-EU karayolu kestirim yöntemlerinin hesaplama sonuçlarını, ölçümlerle karşılaştırarak değerlendirmiştir. Değerlendirme sonucunda; iki yöntemin zemin etkisi ve gürültü bariyeri yol farkı hesabının farklı olmasına rağmen, NMPB-96 ve CNOSSOS-EU çıktıkları arasında %1 fark olduğu tespit edilmiştir. CNOSSOS-EU ile bariyersiz durum için hesaplanan değerler, ölçüm sonuçları ile 1,5 dB-1,8 dB farkla görece uyumlu bulunmuştur. Gürültü bariyerinin mevcut olduğu durumda ise, NMPB-96 ölçüm sonuçlarına en yakın değerleri veren yöntem olmuştur (Rubeiro, 2016, ss. 1-15).

Morley ve arkadaşları tarafından; CNOSSOS-EU kestirim modeli ile hesaplanan trafik gürültüsü seviyeleri, Birleşik Krallık’ta kullanılmakta olan CRTN modeli ve ölçüm verileri ile karşılaştırılmıştır. İki modelin birbiriyle tutarlı olduğu tespit edilmiştir (Morley ve ark., 2015, s. 332).

Müller ve Bartolomaeus (2015); yol yüzey kaplaması, araç hızları, sıcaklık, yol eğimi ve kavşakların bulunması durumlarına göre üç araç kategorisinde, CNOSSOS-EU ve RLS-16 Alman metodunun sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Simülasyon çalışmalarında, CNOSSOS-EU’da emisyon modelinin RLS-16’ya göre 6 dB daha düşük gürültü seviyeleri hesaplandığı görülmüştür. İki modelin farklı emisyon modelleri kullandığı ve CNOSSOS-EU’un emisyon modelinin daha ayrıntılı olduğu bilgisine yer verilmiştir (Müller & Bartolomaeus, 2015, s. 445).

Peng ve arkadaşları (2019); CRTN, FHWA-TNM ve CNOSSOS-EU gürültü kestirim modellerinin hesaplama performanslarını, iki örnek alan üzerinde, ölçümlerle karşılaştırarak değerlendirmişlerdir. Sonuçta; eyaletler arası yolda FHWA-TNM modelinin kestirimi başarılı, şehir içi yolda ise CRTN ve CNOSSOS-EU modellerinin başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Peng ve ark., 2019, ss. 1-5).

Gustafson ve Genell (2021); CNOSSOS-EU, RTN-96 ve Nord2000 modellerini alan çalışması (Gothenburg- Högsbo Bölgesi) üzerinden karşılaştırmışlardır. Sonuçta, CNOSSOS-EU ile RTN-96 tahminlerinin birbiri ile tutarlı olduğu, Nord2000’in bu modellerden daha yüksek sonuçlar hesapladığı belirlenmiştir. Ayrıca, bu meteorolojik koşulların kırılma, atmosferik yutum yoluyla ses yayılımını etkilediği; hesaplamaadaki farkların, modellerin kullandığı hava durumu verilerinden kaynaklandığı yorumu yapılmıştır. Ülkelerin

meteorolojik koşullarının, CNOSSOS-EU gürültü kestirim yöntemine aktarılmasının ek iş yükü gerektirdiği için ülkelerin mevcut hesap yöntemlerinin kullanılması avantajlı bulunmuştur (Gustafson ve Genell, 2021, ss. 1-10).

Vergoed ve van Leeuwen (2018); alan çalışması üzerinden CNOSSOS-EU VE SRM (Hollanda Karayolu Gürültüsü Tahmin Metodu) hesaplamaları ile ölçüm sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Hesaplama sonuçları, ölçüm sonuçları ile son derece uyumlu bulunmuştur. Serbest alanda ve gürültü engellerinin bulunduğu alanlarda yapılan çalışmalar sonucunda, CNOSSOS-EU’nun uygun koşullar altında çoklu kırınım hesaplaması sorunlu bulunmuştur (Vergoed & van Leeuwen, 2018, ss. 1-3).

Empa – Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (2022); CNOSSOS-EU modeli ile İsviçre’de kullanılmakta olan sonRoad 19’u karşılaştırmıştır. sonRoad 19’un default dahili parametreleri (yazılımdaki mevcut sıcaklık, yol eğimi düzeltme faktörü, yol yüzey kaplaması değerleri) CNOSSOS-EU’ya aktarılarak iki model arasında karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçlar arasındaki fark 0,5 dB(A)’nın altında kalmıştır. Default dahili parametreler aynı olduğu durumda, iki modelin hesaplamaları arasında yüksek uyum tespit edilmiştir (Empa – Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology., 2022, ss. 31).

Khan ve ark. (2021); üç karayolu gürültüsü tahmin modelini, farklılaşan kaynak alıcı konumları ile toplamda 111 durum üzerinden karşılaştırmışlardır. CNOSSOS; Nord2000 ile %87, TRANEX (CRTN bazlı Birleşik Krallık Hesap Modeli) ile %94 uyumlu bulunmuştur. Sonuçlar arasındaki uyumsuzluğun sebebi, girdi verilerinde (TRANEX meteoroloji verilerini kullanmamaktadır), kaynak ve yayılma özelliklerindeki farklılıklara dayandırılmıştır. Değişken taşıt hızlarının simüle edildiği durumda, CNOSSOS-EU’nun performansını yetersiz bulunmuştur. Modelin, zemin zayıflaması (ground attenuation), çoklu kırınım, değişken taşıt hızları ve yayılım modüllerinin geliştirilmesi gerektiği bildirilmiştir (Khan ve ark., 2021, ss. 10-12).

Yukarıda açıklanan literatür çalışmalarına ilişkin özet Tablo 1’de verilmiştir.

### **Gürültü Kestirim Modellerinin Teknik Parametreler Bağlamında Karşılaştırılması**

Bu bölümde, AB üye devletleri tarafından karayolu gürültüsü kestiriminde kullanılan CNOSSOS-EU, Fransız yöntemi NMPB-2008, Birleşik Krallık, Avustralya, Yeni Zelanda ve Hong Kong’da geçerli CRTN, Alman yöntemi RLS 90, İsviçre yöntemi SonROAD ve ABD’de kullanılan FHWA TNM modelleri; teknik parametreler bağlamında karşılaştırılmıştır (Tablo 2).

## **Tartışma**

Gürültü ölçümlerinin; gerek yetişmiş eleman, yeterli teknoloji ve mali kaynak gerektirmesi nedeniyle, görece daha ekonomik olan hesaplama yöntemlerinin çevresel gürültünün araştırılmasında yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ancak CNOSSOS-EU yönteminin kullanıldığı çalışmalarda, yöntemin “underestimate” yapma olasılığı tespit edilmiştir. Bu nedenle CNOSSOS-EU yönteminin kullanıldığı çalışmaların, mutlaka ölçüm verileri ile desteklenmesi gerekmektedir. Yönetmelik ve standartlarda yer alan 24 saatlik ölçümlerin yapılma gerekliliği, zor bir süreç olup, Demirel ve Özçetin (2019), bunun yerine gürültü haritaları revize edilirken her 1 saatte 5 dakikalık ölçümlerin yapılması ve ölçümler sırasında araç sayımları yapılarak, verilerin simülasyon programına girilmesini tavsiye etmektedirler.

**Tablo 1.***Literatür Tarama Özet Tablosu*

Çalışma Adı	Yayın Yılı	Yazar	Türü	Yapıldığı Yer	Yöntem	Veri Seti
International Scale Implementation of the CNOSSOS-EU Road Traffic Noise Prediction Model for Epidemiological Studies	2015	D. W. Morley ve ark.	Makale	University of Basel, Newcastle University, Swiss Tropical and Public Health Institute	Ölçüm ve Simülasyon	CNOSSOS-EU ve CRTN modellerinin hesaplama sonuçları karşılaştırılmış ve uyumlu bulunmuştur (Morley ve ark., 2015, s. 332).
Comparision Between German Road Traffic Noise Calculation Method and New Common Noise Assesment Methods	2015	J. Müller, W. Bartolomaeus	Bildiri	German Federal Environment Agency	Simülasyon	CNOSSOS-EU ve RLS-16 metodunun hesaplama sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmada, CNOSSOS-EU'nun RLS-16'ya göre 6 dB daha düşük gürültü seviyeleri hesapladığı görülmüştür (Müller ve ark., 2015, s. 445).
Assessment of the CNOSSOS-EU Model for Road Traffic Noise Prediction	2016	J. Rubeiro	Tez	Técnico Lisboa	Ölçüm ve Simülasyon	NMPB-96, NMPB-2008 ve CNOSSOS-EU yöntemlerinin hesaplama sonuçlarını, ölçümlerle karşılaştırılmıştır (Rubeiro, 2016, s. 1-15).
Evaluation and Validation of the CNOSSOS Calculation Method in the Netherlands	2018	T. Vergoed, H. J. van Leeuwen	Bildiri	DGMR Consultants for construction, industry, traffic, environment and software	Bildiri	Alanda gürültü bariyeri bulunan durumda, CNOSSOS-EU yönteminin performansı sorunlu bulunmuştur (Vergoed & van Leeuwen, 2018, s. 1-3).
Comparison of Equivalent Continuous Noise Levels and day-evening-night Composite Noise Indicators for Assessment of Road Traffic Noise	2019	J. Peng, J. Parnell, N. Kessissoglou	Bildiri	The University of New South Wales	Ölçüm ve Simülasyon	Şehirler arası yolda FHWA-TNM hesabı başarılı, şehir içi alanda ise CRTN ve CNOSSOS-EU modellerinin başarılı olduğu görülmüştür (Peng ve ark., 2019, s. 1-5).
Practical Aspects of Road Noise Mapping in Sweden Using CNOSSOS-EU	2021	A. Gustafson, A. Genell	Bildiri	Swedish National Road and Transport Research Institute	Simülasyon	CNOSSOS-EU ile RTN-96 tahminleri birbiri ile tutarlı olduğu, Nord2000'in bu modellerden daha yüksek sonuçlar hesapladığı belirtilmiştir (Gustafson, 2021, s. 1-10).
Comparison of Road Traffic Noise prediction models: CNOSSOS-EU, Nord2000 and TRANEX	2021	J. Khan ve ark.	Makale	Aarhus University (Danimarka)	Simülasyon	CNOSSOS-EU'UN zemin zayıflaması, çoklu kırınımlar, değişken taşıt hızları ve yayılım modüllerinin geliştirilmesi gerektiği bildirilmiştir (Khan ve ark., 2021, s. 10-12).
Comparison of CNOSSOS-EU (Road) & sonROAD18	2022	A. Heußer, R. Pieren, K. Heutschi	Rapor	Empa – Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology	Simülasyon	Hesaplamadaki default parametreler aynı olduğu takdirde, iki model yüksek oranda uyumlu bulunmuştur (EMPA, 2022, s. 31).

Araştırma kapsamında incelenen modellerde; hafif-ağır araç, motosiklet gibi araç sınıfları gibi ayrımlar yapıldığı görülmüştür. Kullanım oranı gittikçe artan elektrikli ve hibrit araç kategorilerine, çağdaş bir yaklaşımla CNOSSOS-EU yönteminde yer verildiği; ancak yöntemdeki hibrit-elektrikli araç sınıflarının ayrıntılandırılarak geliştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Ayrıca, kentin gelişmekte olan bölgelerinde karayolu kaynaklı gürültü analiz edilirken, alanların eski ve yeni düzenlemeleri arasındaki fark ortaya konulmalıdır. Özçetin ve Demirel (2021); yaptıkları alan çalışmasında, bir karayolunda trafik kaynaklı gürültünün altgeçit yapılmadan önceki ve sonraki durumunu incelemişlerdir. Araştırmada, altgeçitin çevresel gürültünün kontrolünde avantaj sağladığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, haritalama çalışmalarının düzenli olarak tekrarlanması gerekmektedir.

### Sonuç ve Öneriler

2022 yılında Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nin yayınlanması ve her beş yılda bir stratejik gürültü haritalarının yenilenmesi sayesinde, çevresel gürültü çalışmaları güncelliğini korumaktadır.

Karayolu gürültüsü ve gürültü bariyerlerini konu alan bu çalışmada, çevresel gürültü kestirim yöntemleri araştırılmış ve değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda;

- 2022 yılında güncellenen Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde, stratejik gürültü haritalamada CNOSSOS-EU ve NMPB-Routes-96 yöntemlerinin kullanılacağı belirtilmektedir. Gürültü haritalama üzerine yapılacak çalışmalarda, yenilikçi bir yaklaşımla CNOSSOS-EU yönteminin kullanılmasının, hem mevzuatın geliştirilmesine hem de haritalama faaliyetlerine katkı sunacağı,
- CNOSSOS-EU yönteminin, çevresel gürültüyü tahmin etmede diğer yöntemlerden üstün olmadığı, ancak AB üye ve üyeliğe aday devletler için resmi bir ortak model belirlenerek karşılaştırılabilir veriler elde edilmesine imkân sağladığı tespit edilmiştir.

Yapılan bu araştırma ışığında; karayolu trafik gürültüsü kestiriminde kullanılan model yapıları ve algoritmaları birbirine benzer bulunmuştur. Ancak modeller arasında; araç kategorileri,

**Tablo 2.**  
Gürültü Kestirim Modellerinin Teknik Parametreler Bağlamında İncelenmesi

Teknik Parametreler	CNOSSO-EU *AB üye devletler (AC, 2012)	NMPB-Routes-2008 *Fransa (SETRA, 2009)	CRTN *Birleşik Krallık, Avustralya, Yeni Zelanda, Hongkong (Garg, 2022)	RLS 90 *Almanya (Garg, 2022)	SonROAD 18 *İsviçre (BAFU, 2021)	FHWATM *ABD (FHWA, 2019)
<b>Girdi Verileri</b>	Her araç kategorisi için ortalama saatlik akış hızı, Her araç kategorisinin hızı ve trafik akış hızı, Yol yüzeyi kategorisi, Yol eğimi	Her araç kategorisi için ortalama saatlik akış hızı, Her araç kategorisinin hızı ve trafik akış hızı, Yol yüzeyi kategorisi, Yol eğimi	Ağır taşıt yüzdesi, Trafik akışı, Hız, Yol ve çevre verileri, Eğitim	Trafik tipi ve akış, Park ve yol verileri	Araç tipi, Ortalama hız, Yol yüzey kaplaması, Hava sıcaklığı, Yolun eğimi	Trafik tipi, Trafik akışı, Hız, Yol ve emisyon verileri, Lokal özellikler
<b>Gürültü Göstergeleri</b>	$L_{AeqLT}$ , $L_{day}$ , $L_{evening}$ , $L_{night}$ , $L_{den}$ , $L_{w}$	$L_{AeqLT}$ , $L_{eqLT}$ , $L_{j-p}$ , $L_{j-H}$ , $L_{AWP}$ , $L_{YimVL}$ , $L_{YimPL}$	$L_{10(1-hour)}$ VE $L_{10(18-hour)}$	$L_{eqT}$ , $L_{AN}$ , $L_{AeqT}$	$L_{AeqLT}$ , $L_{AeqT}$ , $L_{DEN}$	Saatlik $L_{AeqT}$ , $L_{DIN}$ , $L_{DEN}$
<b>Taşıt Tipleri</b>	Hafif Motorlu Taşıtlar, Orta-ağır vasıtalar, Ağır vasıtalar, Elektrikli-iki tekerlekli Araçlar ve açık kategorisi (Hibrit, elektrikli araçlar vs.)	Hafif Araçlar (3.5 tondan az), Ağır Araçlar (3.5 tondan fazla)	Hafif Araçlar, Ağır Araçlar	Hafif Araçlar, Ağır Araçlar, Otoparklar	SWISS-10'daki göre on araç kategorisi (otobüs, motosiklet, binek otomobil, römorklu binek otomobil, teslimat kamyonları,...)	Otomobiller, Hafif Kamyonlar, Ağır Kamyonlar, Otobüsler ve Motosikletler
<b>Trafik Akış Durumu</b>	Sabit Hız, Hızlanma, Yavaşlama	Sabit Hız, Hızlanma, Yavaşlama	Sabit Hız,	Sabit Hız, Kesintili Hızlanma, Taşıt Sınıfına Göre Hızlanma Verileri, Kavşaklar	Sabit Hız	Sabit Hız, Hızlanma, Yavaşlama
<b>Kavşaklar</b>	Trafik ışıklı kavşak ve döner kavşaklar için farklı düzeltmeler uygulanmıştır.	Yer verilmemiştir.	Yer verilmemiştir.	Trafik ışığı bulunan kontrollü kavşakların etkisi için düzeltme faktörü uygulanmıştır.	Araç hızları sabit alınmış, kavşakların hesabına katılmamıştır.	Yer verilmemiştir.
<b>Ses Yayılım Yaklaşımı</b>	Kaynak alıcıya yayılması; ses ışınlarının düz olduğu (homojen koşullar) ve ses yayılımının rüzgarla aynı olduğu rüzgaraltı durumunda (ses arttırıcı koşullar), 125 Hz'den 4 kHz'e kadar oktav bant merkez frekansları için hesaplanmaktadır. Alanın topografyası, kaynak ve engel geometrisi, engel in akustik özellikleri, zeminin özellikleri, kaynakların ses gücü ve meteorolojik koşullar göz önüne alınmaktadır.	Kaynak ve alıcı arasındaki yolun yakın kenarından 10m uzakta referans mesafeden; alıcı noktasına gelen temel saatlik gürültü seviyesi hesaplanmaktadır. Alıcı noktasının yoldan uzaklığı ve noktasının yüksekliği ve zemin türü, gürültü bariyerinin etkisi ve yansıtıcı yüzeylerin etkisi göz önüne alınmaktadır. Alıcıdaki toplam gürültü seviyesini elde etmek için tüm yol bölümlerinin katkısı toplanmaktadır.	Anayol bölümlere ayrılarak, yolun yakın kenarından 10m uzakta referans mesafeden; alıcı noktasına gelen temel saatlik gürültü seviyesi hesaplanmaktadır. Alıcı noktasının yoldan uzaklığı ve noktasının yüksekliği ve zemin türü, gürültü bariyerinin etkisi ve yansıtıcı yüzeylerin etkisi göz önüne alınmaktadır. Alıcıdaki toplam gürültü seviyesini elde etmek için tüm yol bölümlerinin katkısı toplanmaktadır.	Modelde yayılım hesabı, yol şeridinin merkezinden 25 m mesafede ölçülebilen ortalama $L_{Tm,E}$ seviyesi başlanarak yapılmaktadır. Engellerin varlığı, bitki örtüsü, atmosferik yayılım, zemin etkisi, yansıma ve kırınım, zemin düzeltmeleri içermektedir	Ses yayılımı için ISO 9613-2 standardı kullanılmaktadır. ISO 9613-2 standardına göre ses yayılım hesabı, geometrik sapma/duvarlar-setler, topografya, yapılar ve bitki örtüsü dikkate alınarak 1/3 oktav bandında modellenmiştir.	Yayılımda atmosferik yutulum, sapma ve akustik karakterizasyon; zemin, duvarlar-setler, topografya, yapılar ve bitki örtüsü dikkate alınarak 1/3 oktav bandında modellenmiştir.
<b>Bitkilendirme Etkisi</b>	Toprak setlerde (doğal veya yapay) ve set kenarlarındaki kırınım etkisine yer verilmiştir.	Çiftlikler, köyler, ağaçlar ve çitler için Roughness parametresi tanımlanmıştır.	Yer verilmemiştir.	Yer verilmemiştir.	ISO 9613-2'ye göre $A_{of}$ düzeltimine yer verilmiştir.	Sesin yayılma yolundaki yoğun bitki örtüsü ve ağaç bölgelerinin neden olduğu ses azaltımı dikkate alınmıştır.
<b>Kaynak Karakteri ve Yüksekliği</b>	Modelde 0.5 m (Kaynak A), 4,0 m (KaynakB) olmak üzere iki kaynak yüksekliği önerilmektedir.	Kaynak hattı, bir dizi noktasal kaynağa bölünmüştür. Her nokta kaynağı karayolunun 0,05 m yukarısına yerleştirilmiştir.	Gürültü seviyeleri, otayolun en yakın şeritten 10 m'lik bir referans mesafesinde elde edilir.	Hesaplamanın başlangıç noktası, yol şeridinin merkezinden 25 m uzaklıkta ölçülebilen $L_{Tm,E}$ 'dir. Otoparkların ses emisyonunu da değerlendirebilmektedir.	Kaynak hatları 0,05 m yukarıya yerleştirilmiş bir dizi nokta kaynağa bölünmüştür.	Biri kaldırım seviyesinde, diğeri üst yüksekliği kaldırımından 3,66 m yukarıda olan ağır kamyonlar hariç) kaldırımından 1,5 m yükseklikte

(Devamı)

**Tablo 2.**  
Gürültü Kestirim Modellerinin Teknik Parametreler Bağlamında İncelenmesi (Devamı)

Teknik Parametreler	CNOSSO-EU *AB Üye devletler (AC, 2012)	NMPB-Routes-2008 *Fransa (SETRA, 2009)	CRTN *Birleşik Krallık, Avustralya, Yeni Zelanda, Hongkong (Garg, 2022)	RLS 90 *Almanya (Garg, 2022)	SonROAD 18 *İsviçre (BAFU, 2021)	FHWATM *ABD (FHWA, 2019)
<b>Eğim Etkisi</b>	Eğim düzeltme terimi $\Delta L_{y\text{-}g_{\text{med}}}$ s eğiminin (% olarak), araç hızının (km/s cinsinden) ve araç sınıfının bir fonksiyonudur.	Modelde $\Delta_{\text{Lin}}$ eğim düzeltme terimidir. Üç potansiyel eğim tanımlanmıştır: Yatay (%2'den az eğim), yukarı (%2 ila %6 eğim) ve aşağı (%2 ila %6 eğim)	Eğim Düzeltimi: $\Delta_g = 0,3 \text{ G dBA}$	Eğim Düzeltimi: $R_{\text{RS}} = 0,6 \text{  g } - 3$ for $g > 5\%$ $R_{\text{RS}} = 0$ for $g \leq 5\%$	Modelde eğim düzeltmesi, hız ve araç kategorisine bağlı olarak hesaplanmaktadır.	Model, kullanıcı girdi hızlarına, yol eğimine ve trafik kontrol tabelalarına göre araç hızlarını hesaplamaktadır. Eğimin dikliğine ve uzunluğuna bağlı olarak girdi hızlarını düşürmektedir.
<b>Yol Yüzeği Düzeltimleri</b>	Emisyon katsayıları referans yol yüzeği, yani ortalama yoğunlukta asfalt betonu ve taş mastik asfaltla karşılık gelen sanal yol yüzeyleri için geçerlidir. Gözenekli yol yüzeyi için bir düzeltme bulunmaktadır.	Yol yüzeği kaplamasının etkisi incelenirken, kaplamalar R1, R2 ve R3 olmak üzere gruplandırılarak ele alınmakta, yaşlanma etkisi ve hava sıcaklığı için düzeltme uygulanmaktadır.	Beton ve bitümlü yüzey için düzeltme uygulanmaktadır.	Yol yüzeyi düzeltimi için $D_{\text{Stro}}$ tanımlanmıştır.	Kaplama düzeltmesi tanımlanmıştır.	Modelde yola bağlı olarak, asfalt betonu, Portland çimento betonu, ve kompozit kaplama için ortalama emisyon seviyeleri tanımlanmıştır.
<b>Zemin Etkisi</b>	Ses artırıcı ve homojen koşullarda zeminden kaynaklanan azaltım tanımlanmaktadır.	Ses artırıcı $A_{\text{ground,F}}$ ve homojen koşullarda $A_{\text{ground,H}}$ 1/3 oktav bantta zeminden kaynaklanan azaltım tanımlanmıştır.	Yer verilmemiştir.	Modelde serbest alanda zemin yutuculuğu ve meteorolojik etkilerden kaynaklanan seviye farkı, $D_{\text{Bk}}$ tanımlanmıştır	ISO 9613-2, 7,5 m mesafeye kadar oktav bantından bağımsız olarak +3 dB'lik zemin etkisini hesaplamaktadır. Daha uzakta, zemin tipinin önemli bir etkisi vardır.	Modelde, tek parametrelili zemin empedans modelini içeren Chessel yaklaşımlarına dayalı yansımaya katsayıları kullanılmaktadır.
<b>Atmosferik Yutum</b>	Atmosferik yutum, $A_{\text{atm},d}$ mesafesi boyunca yayılma sırasında, $15^\circ\text{C}$ , %70 bağıl nem ve 101,325 pa atmosfer basıncında hesaplanır.	Havanın yutuculuk etkisi ile azaltım $A_{\text{atm}}$ hesaplanmaktadır.	Yer verilmemiştir.	Mesafe nedeniyle sesin zayıflaması ve havanın yutuculuğu tanımlanmıştır.	Atmosferik yutum, 1/3 oktav bantta $f$ , ISO 9613-1'e göre sıcaklık + $8^\circ\text{C}$ ve %76 bağıl nem durumuna göre hesaplanmaktadır.	Atmosferik yutum ortam hava sıcaklığı, $20^\circ\text{C}$ ve oksijen gevşeme frekansı değeri ( $f_{\text{O}_2}$ ) ile tanımlanmıştır.
<b>Meteorolojik Etki</b>	iki meteorolojik durum: Homojen ve ses artırıcı durum tanımlanmıştır.	iki meteorolojik durum: Homojen ve ses artırıcı durum tanımlanmıştır.	Yer verilmemiştir.	Zemin ve atmosferik etkiden kaynaklanan zayıflama ( $D_{\text{Bk}}$ ) kullanılır.	ISO 9613 dikkate alınır, gece zaman dilimi için $K_{\text{net}}$ hesaplanır.	Rüzgar hızı, yönü değişimi ya da sıcaklık değişimi gibi atmosferik etkiler hesaba katılmamaktadır.
<b>Bitkilendirme Etkisi</b>	Toprak setlerde (doğal veya yapay) ve set kenarlarındaki kırınım etkisine yer verilmemiştir.	Çiftlikler, köyler, ağaçlar ve çiftlik için Roughness parametresi tanımlanmıştır.	Yer verilmemiştir.	Yer verilmemiştir.	ISO 9613-2'ye göre $A_{\text{of}}$ düzeltimine yer verilmiştir.	Sesin yayılımı yolundaki yoğun bitki örtüsü ve ağaç bölgelerinin neden olduğu ses azaltımı göz önünde bulundurulmuştur.

referans hava sıcaklığı değerleri, zemin yüzey yutuculuğu faktörü ve yol eğimi düzeltme faktörünün farklılaşması nedeniyle tutarsız sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir. Yayınlandığı tarihten günümüze kadar iki kez düzeltilen CNOSSOS-EU yönteminin ise gelecekte, tutarsızlıklarının giderilerek daha da geliştirileceği düşünülmektedir.

Bu araştırmanın, alan çalışmasıyla desteklenmesi planlanmış, ancak gürültü haritalama yazılımlarının maliyetli oluşu sebebiyle bu çalışmada yer verilememiştir. Ancak, gürültü haritalama yazılımı elde edilebilmesi bağlamında çalışmalar sürdürülmektedir. Ayrıca bu konunun uzantısında, elektrikli araçların karayolu kaynaklı çevresel gürültüye katkılarının, ileride yapılacak çalışmalara konu edilmesi de önerilmektedir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Konsept – F.D.; Tasarım – F.D.; Denetim – F.D.; Kaynaklar – F.D.; Malzemeler – E.D.A.; Veri Toplama ve/veya İşleme – E.D.A.; Analiz ve/veya Yorum – E.D.A.; Literatür Taraması – E.D.A.; Yazma – E.D.A.; Eleştirel İnceleme – F.D.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept – F.D.; Design – F.D.; Supervision – F.D.; Resources – F.D.; Materials – E.D.A.; Data Collection and/or Processing – E.D.A.; Analysis and/or Interpretation – E.D.A.; Literature Search – E.D.A.; Writing Manuscript – E.D.A.; Critical Review – F.D.

**Declaration of Interests:** The authors declare that they have no competing interest.

**Funding:** The authors declared that this study has received no financial support.

## Kaynaklar

- Bundesamt für Umwelt [BAFU] (2021). *Strassenlärm-Berechnungsmodell sonROAD18*. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). [https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/laerm/publikationen-studien/publikationen/strassenlaerm-berechnungsmodell\\_sonroad18.html](https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/laerm/publikationen-studien/publikationen/strassenlaerm-berechnungsmodell_sonroad18.html)
- Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [ÇŞİDB] (2022). *Çevresel gürültü kontrol yönetmeliği* (Resmi Gazete 32029). Türkiye Cumhuriyeti Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/11/20221130-1.htm>
- Demirel, F., & Özçetin, Z. (2019). Celal Bayar Bulvarı gürültü haritalaması ve karayolu gürültüsünün eğitim ve sağlık yapıları özelinde gürültü etkilenme analizi. *Uluslararası Hakemli Tasarım ve Mimarlık Dergisi*, 13(1), 47–49.
- Empa – Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (2022). *Comparison of CNOSSOS-EU (road) & sonROAD18*. Swiss

- Federal Office for the Environment (FOEN). [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/laerm/fachinfo-daten/Report%20Comparison%20CNOSSOS%20-%20EU%20\(Road\)%20and%20sonROAD18.pdf.download.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/laerm/fachinfo-daten/Report%20Comparison%20CNOSSOS%20-%20EU%20(Road)%20and%20sonROAD18.pdf.download.pdf)
- European Commission (2012). *Common noise assessment methods in Europe CNOSSOS-EU* (Publication No. JRC72550). Institute for Health and Consumer Protection, European Commission.
- Federal Highway Administration [FHWA] (2019). *Technical manual traffic noise model 3.0*, (Publication No. FHWA-HEP-20-012). U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration
- Garg, N. (2022). *Environmental noise control the Indian perspective in an international context* (1st ed.). Springer. [CrossRef]
- Gustafson, A., & Genell, A. (2021). *Practical aspects of road noise mapping in Sweden using CNOSSOS-EU* [Conference presentation]. Baltic-Nordic Acoustics Meeting BNAM2021. Oslo, Norway.
- Khan, J., Ketzler, M., Jensen, S. S., Gulliver, J., Thysell, E., & Hertel, O. (2021). Comparison of road traffic noise prediction models: CNOSSOS-EU, Nord2000 and TRANEX. *Environmental Pollution*, 270, 116240. [CrossRef]
- Kurra, S. (2009). *Çevre gürültüsü ve yönetimi* (Birinci Baskı). Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları.
- Morley, D. W., De Hoogh, K., Fecht, D., Fabbri, F., Bell, M., Goodman, P. S., Elliott, P., Hodgson, S., Hansell, A. L., & Gulliver, J. (2015). International scale implementation of the CNOSSOS-EU road traffic noise prediction model for epidemiological studies. *Environmental Pollution*, 206, 332–341. [CrossRef]
- Müller, J., & Bartolomaeus, W. (2015). *Comparison between German Road Traffic Noise Calculation Method and New Common Noise Assessment Methods* [Conference presentation]. In EuroNoise 2015 Convention. Maastricht, Netherlands.
- Özçetin, Z., & Demirel, F. (2021). Comparison of older and novel arrangements of Ankara Celal Bayar Boulevard in terms of roadway noise. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36(1), 477–496.
- Peng, J., Parnell, J., & Kessissoglou, N. (2019). *Comparison of equivalent continuous noise levels and day-evening-night composite noise indicators for assessment of road traffic noise*. ACOUSTICS 2019 Convention. Victoria, Australia.
- Rubeiro, J. (2016). *Assessment of the CNOSSOS-EU model for road traffic noise prediction* [Master Thesis]. University of Lisbon, ULisboa Campus Repository.
- SETRA (Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements) (2009). *Road noise prediction 2 - Noise propagation computation method including meteorological effects (NMPB 2008). Methodologic Guide*. Technical Department of the Ministry of Ecology. [https://www.researchgate.net/publication/263920715\\_Road\\_noise\\_prediction\\_2\\_-\\_Noise\\_propagation\\_computation\\_method\\_including\\_meteorological\\_effects\\_NMPB\\_2008](https://www.researchgate.net/publication/263920715_Road_noise_prediction_2_-_Noise_propagation_computation_method_including_meteorological_effects_NMPB_2008)
- Toprak, R., & Aktürk, N. (2004). Gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 61(1), 49–58.
- Vergoed, T., & van Leeuwen, H. J. (2018). *Evaluation and validation of the CNOSSOS calculation method in the Netherlands* [Conference presentation]. EuroNoise 2018 Convention, Heraklion, Greece.