

## M2 KATEGORİSİ BİR MINİBÜSTE HAVA EMME SİSTEM GÜRÜLTÜSÜ İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARININ İNCELENMESİ

**Emin Erensoy\* , Ali Serttaş\***

\*HEXAGON STUDIO, KOCAELİ

### ÖZET

Ticari araç geliştirme çalışmalarında taşıt gürültü ve titreşim (NVH) karakteristikleri açısından öncelikli olarak sürücü gürültü konforu ve dış gürültü regülasyonu sağlanmaya çalışılmaktadır. Hem iç hem de dış gürültü çalışmalarında en temel gürültü kaynakları güç ve güç aktarma sistemleri, lastik-yol etkileşimi, egzoz ve hava emme sistemleridir.

Bu çalışmada da, M2 kategorisi bir minibüste gerekli sürücü konforunu sağlamak amacıyla hava emme sistemi gürültüsü iyileştirme adımlarına değinilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Hava Emme Sistem Gürültüsü, ıslık Gürültüsü

### INVESTIGATION OF AIR INTAKE SYSTEM NOISE REDUCTION STUDIES IN M2 CLASS MINIBUS

#### ABSTRACT

Interior noise for driver's comfort and satisfying exterior noise regulation are the premier issues in commercial vehicle development studies according to noise and vibration (NVH) attributes. Major sources for both the interior and exterior noise are engine and power train units, road – tire interaction, exhaust and air intake system.

In this study, air intake system (AIS) noise improvement is mentioned in M2 class minibus to satisfy better noise comfort interior for driver.

**Keywords:** Air Intake System Noise, Whistle Noise

### 1. GİRİŞ

Taşıt gürültü ve titreşim (NVH) performansı müşteri memnuniyetinin sağlanması ve artırılmasında büyük önem taşımakta olup bu çalışmada, M2 kategorisi bir minibüsün NVH geliştirme çalışmalarının bir kısmı ortaya konmaktadır.

Çalışmaya konu olan minibüsle yapılan tipik hızlanma manevraları sırasında hava emme sisteminden beklenmedik ıslık ve akış gürültüsü geldiği tespit edilmiştir. Bu gürültü, hava emme sisteminin bir parçası ve motora entegre olan değişken geometri turbo (VGT) sistemi hava akış hızlarını arttırdığında (motorun daha çok güç ve tork üretmesi gerektiğinde) geldiği belirlenmiştir.

VGT sistemi, içten yanmalı motorların temiz hava ihtiyacını daha efektif sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle modern dizel motorlarının, kendilerine akuple olan VGT sistemleriyle geleneksel

dizel motorlara göre performansları (güç ve tork karakteristikleri) daha artmıştır [1,2].

Bu çalışmada problem tespiti, çözüm için yapılan iterasyonlar ve denemelerle birlikte gelecekte motor ve araç performansından ödün vermeden yapılacak iyileştirmelerden bahsedilmiştir.

### 2. LİTERATÜR

Literatürde bulunan çalışmaların kayda değer bir kısmında hava emme sisteminin ıslık ve akış gürültüsü gibi problemler için turbo kontrol haritaları üzerinde çalışıldığı tespit edilmiştir. Ancak turbo kontrol haritalarında yapılabilecek çalışmalar motor performansını düşürüp egzoz emisyon değerlerini etkilediğinden bu tip çalışmalar kabul edilebilir değildir.

Kolhe ve arkadaşları çalışmalarında motor performansını etkilememek amacıyla pasif gürültü

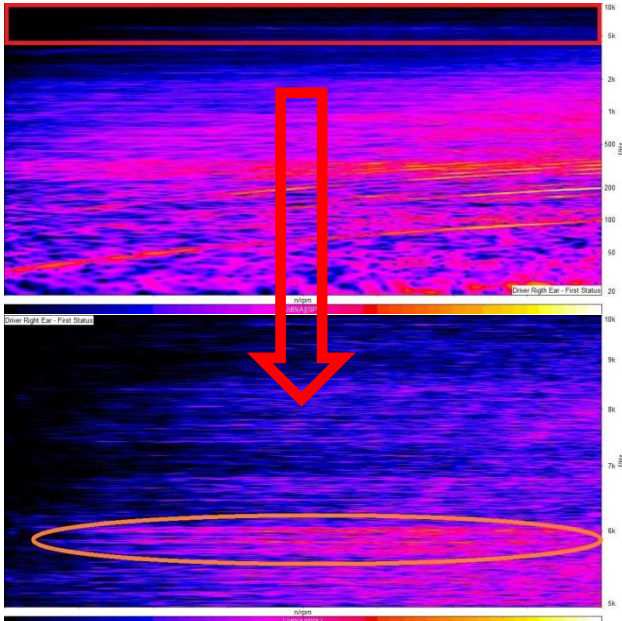
kontrol yöntemleriyle hava emme sistemindeki gürültü problemini çözmüştür [2]. Ayrıca farklı literatürlerde hava emme sistemlerinde kullanılabilecek çeşitli pasif gürültü kontrol elemanlarının (çoklu genişleme odaları, Helmholtz ve Non-Helmholtz tipi rezonatör vb.) farklı yöntemlerle boyutlandırılmalarından bahsedilmiştir [3,4,5].

Britto ve arkadaşları ise ticari araçlarda bulunan hava emme sisteminin iç ve dış gürültü karakteristikleri açısından tasarımı ve geliştirilmesi için yapılabilecek çalışmalara değinmiştir. Bu çalışmayı yaparken hava emme sisteminin alt sistemlerine ait gürültü ve titreşim karakteristiklerini değerlendirmiştir. [6].

### 3. PROBLEM TESPİTİ VE ÇÖZÜM ÇALIŞMALARI

Kalibrasyon ile yapılabilecek iyileştirmeler performans ve emisyon değerlerini kötü etkileyebileceğinden VGT yerine hava emme sisteminin diğer elemanlarında yapılabilecek çalışmalara odaklanılmıştır.

Şekil 1'de görüleceği üzere ilk durumda yüksek frekanslı akış ve iki tekil frekansta duyulan ıslık gürültüsü tespit edilmiştir.



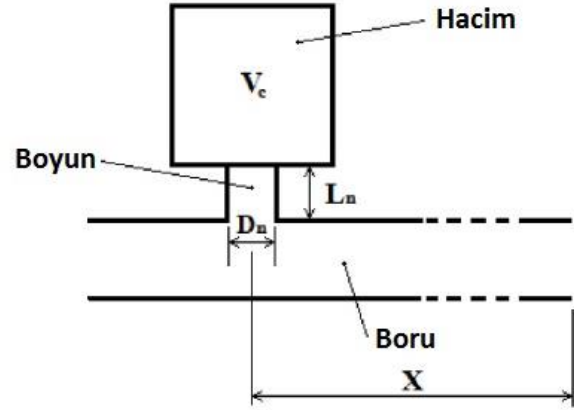
Şekil 1. Hızlanma Manevrası – İlk Durum

Çalışma kapsamında öncelikle iki tekil frekanstaki ıslık gürültüsü üzerine yoğunlaşmıştır. Bu amaçla ıslık gürültüsünü çözmek için literatürde birçok yerde geçen tekil frekans eliminasyonunu sisteme iki odalı Helmholtz rezonatör ekleyerek yapılmıştır.

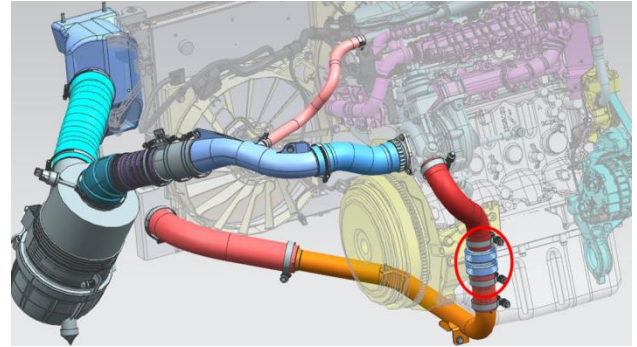
$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{V_c}} \quad (1)$$

$$k = \frac{\pi D_n^2}{L_n + \pi \frac{D_n}{4}} \quad (2)$$

Şekil 2 esas alınarak (1) ve (2) eşitliklerine göre iki problemlili frekans için iki odalı Helmholtz rezonatör boyutlandırılmıştır. Şekil 3'te sisteme eklenen Helmholtz rezonatörün görseli paylaşılmıştır.

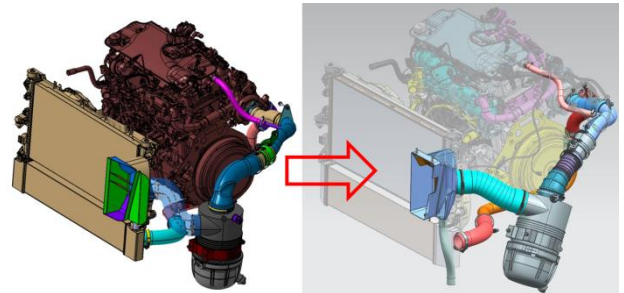


Şekil 2. Rezonatör Konsept Görseli



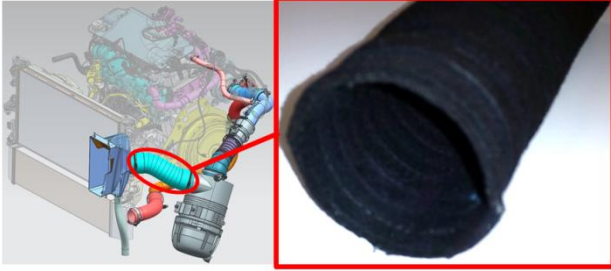
Şekil 3. Hava Emme Sisteminde Eklenen İki Odalı Rezonatör

İki tekil frekansta duyulan ıslık gürültüsü problemi için yapılan çalışmaların paralelinde yüksek frekanslı olarak duyulan akış gürültüsünü azaltmak için sistem tasarımı değiştirilmiştir. Bu sayede daha önce sistemde bulunan dirsekler ve süreksizlikler motor odasının paketinin izin verdiği ölçüde tasarımdan çıkarılmıştır.



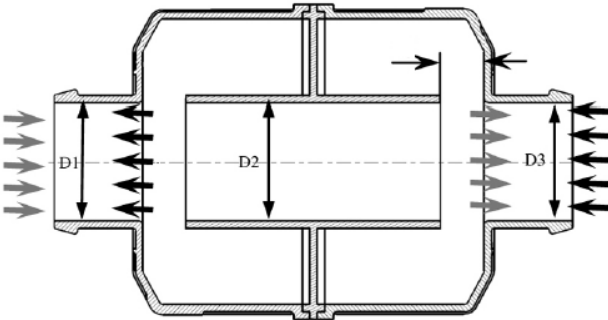
Şekil 4. Hava Emme Sisteminin Değişimi

Yapılan çalışmalar neticesinde iki tekil frekansta duyulan ıslık gürültüsü giderilmiştir. Ancak yüksek frekanslı akış gürültüsünde beklenen iyileşme sağlanamamıştır. Bu amaçla literatürde özellikle binek araçlarda hava emiş filtresinden önce kullanılan porous (gözenekli) tip boru ile deneme yapılmıştır. Ancak istenilen sonuç elde edilememiştir [7]. Deneme yapılan boru ve bölgesi Şekil 5’de gösterilmiştir.

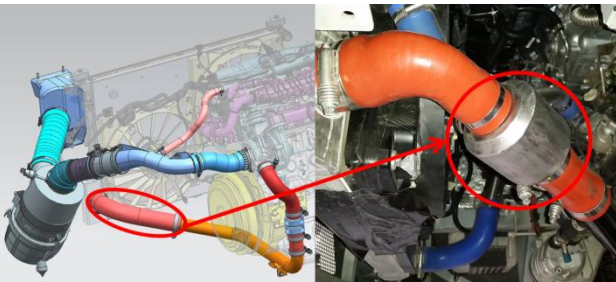


Şekil 5. Porous Tip Boru Denemesi [3]

Çalışma kapsamında yine literatürde geçen çoklu genişleme odaları incelenmiştir [2,3,4]. Selamet ve arkadaşlarının geliştirdiği analitik yaklaşım esas alınarak çoklu genişleme odası boyutlandırılmıştır [4]. Şekil 6’da çoklu genişleme odasının konsept tasarımını ve Şekil 7’de ise sisteme eklenen çoklu genişleme odasının görseli gösterilmiştir.

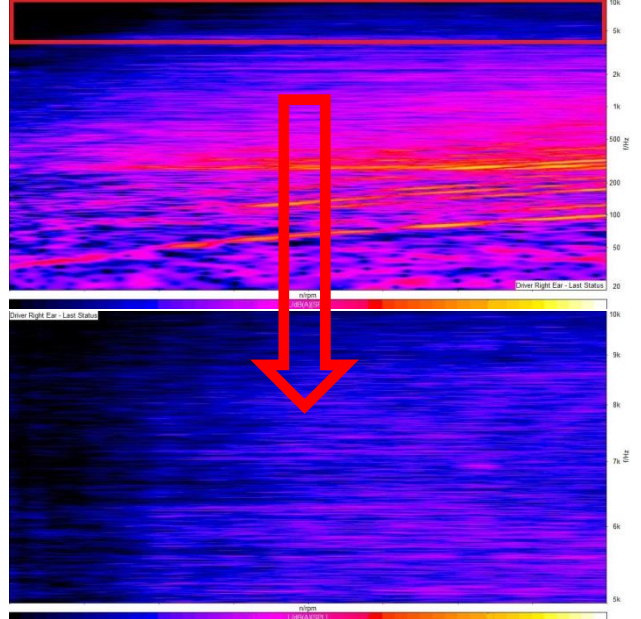


Şekil 6. Çoklu Genişleme Odası Konsept Tasarımı [3]



Şekil 7. Hava Emme Sistemine Eklenen Çoklu Genişleme Odası

Yapılan söz konusu tüm iyileştirmeler sonrasında hava emme sisteminde tespit edilen ıslık ve akış gürültüsü azaltılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Hızlanma Manevrası – Son Durum

#### 4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

M2 kategorisi bir minibüsün NVH geliştirme çalışmalarının bir kısmının ortaya konduğu bu çalışmada hava emme sistem gürültüsü iyileştirme adımlarından bahsedilmiştir. Sonuç olarak hava emme sisteminde ilk duruma göre NVH açısından müşteri memnuniyetinin dikkate değer bir şekilde arttıracak iyileştirmeler sağlanmıştır.

Yapılan çalışmalar sonrasında müşteri memnuniyetinin sağlanması beklenmekle birlikte yakalanan seviyenin üzerinde çalışılarak bir miktar daha iyileştirilebileceği düşünülmektedir. Hem bu nedenle hem de sistem ağırlık ve maliyetlerini düşürmek için bir sonraki araç prototip seviyesinde çeşitli iterasyonlarla çalışmaya devam edilecektir. Bu kapsamda aşağıda listelenmiş çalışmalar planlanmaktadır.

- Öncelikle çoklu genişleme odasının sisteme eklenmesiyle iki odalı rezonatörün gerekliliği tekrar sorgulanacaktır. Çünkü çoklu genişleme odasının kapsadığı frekans bant aralığı rezonatörün çalıştığı frekansları kapsamaktadır. Ancak çoklu genişleme odasının söz konusu frekanslardaki etkinliği bilinmemektedir.
- Çoklu genişleme odasının optimizasyonu ile hem rezonatörün aktif olduğu frekanslarda etkin çalışabilirliği hem de akış gürültüsünün olduğu frekans bandındaki var olan etkinliğinin artırılmasına çalışılacaktır.
- Hava emiş sisteminde bulunan ve akışı bozabilecek parçalar ve rotalamalar tekrardan değerlendirilerek akış gürültüsü üzerindeki etkileri değerlendirilecektir.
- Gürültünün hava emme sisteminde bulunan elemanların kendi yüzeylerinden yayılmasına karşı,

motor odasının akustik paketi hava yoluyla gürültü yayılımı açısından tekrar değerlendirilecektir. Gerekli ise aracın gürültü yayılım noktaları için ek önemler alınıp sistemin daha sağlıklı olması sağlanacaktır.

#### KAYNAKLAR

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Variable-geometry\\_turbocharger](https://en.wikipedia.org/wiki/Variable-geometry_turbocharger)
2. Kolhe, V., Veeramani, K., Thakur, P., Tiwari, A. et al., "**Optimization of an Air Intake System to Reduce Multiple Whoosh Noises from an Engine**", SAE Technical Paper 2013-01-1714, 2013, doi:10.4271/2013-01-1714.
3. Lee, I., Selamat, A., Kim, H., Kim, T. et al., "**Design of a Multi-Chamber Silencer for Turbocharger Noise**", SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst. 2(1):1339-1344, 2009, doi:10.4271/2009-01-2048.
4. Selamat, A., Deniab, F.D., Besab, A.J., "**Acoustic behavior of circular dual-chamber mufflers**", 2002.
5. Jung, B., Ko, U., Lim, J., "**Development of a Low Noise Intake System Using Non-Helmholtz Type Resonator**", 2000.
6. John Britto, V., Sidram Hatti, K., Sankaranarayana, S., Sadasivam, S. et al., "**Air Intake System NVH Performance Development for Commercial Vehicle**", SAE Technical Paper 2014-01-0019, 2014, doi:10.4271/2014-01-0019.
7. Kitahara, S., Takao, H., Hashimoto, T., and Hatano, S., "**Improvement of Car Interior Noise by Utilizing a Porous Intake Duct: Treatment Effect on an Intake System**", SAE Technical Paper 2005-01-2363, 2005, doi:10.4271/2005-01-2363.

