



# HIDROLİK GÜÇ ÜNİTESİ SES YALITIMI İÇİN TEORİK VE DENEYSEL BİR ÇALIŞMA

Kadir ÇAVDAR  
Mesut SENGİRGİN

## ÖZET

Bu bildiride, bir deney düzeneginde tahrik elemanı olarak kullanılan 5 kW'lık bir elektrik motoruna sahip hidrolik güç ünitesinin ortama yaydığı ses emisyonu değerlerinin düşürülmesi amacı ile kurulan teorik model ve yapılan deneysel çalışmalar sunulmaktadır.

Teorik çalışmada ilk olarak ses iletimini temel alan akustik model kurulmuştur. Ele alınan fiziksel sistem (hidrolik güç ünitesi) çalıştığı laboratuvar ortamını yaklaşık 25 dB(A) daha gürültülü hale getirmektedir. Konstrüktif olarak en etkili sonuçlara ulaştırılan "kaynagında gürültünün yok edilmesi yaklaşımı" bu uygulamada mümkün gözükmemektedir. Bu uygulamada, sesin iletim yolu üzerinde konstrüktif önlemler alınması daha uygun olacaktır. Alınabilecek önlemlerin neler olabileceğini başlangıçta öngörmek için, oluşan gürültünün frekans analizi yapılabilir. Frekans analizi sonunda elde edilen baskın frekanslar ses yalıtımı için yol gösterici değerlerdir. Yalıtım için malzeme seçimi bu frekanslara göre yapılır.

Bildiride sonuçları sunulan deneyler henüz başlangıç aşamasında olup çalışma devam etmektedir. Çalışmada kullanılan "gürültüyü azaltmada işlem adımları" yaklaşımı benzer çalışmalarda da kullanılabilir.

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada; *otomobil egzoz askisi bağı kontrol cihazına* hidrolik güç sağlayan ve 5 kW'lık bir elektrik motoru ile tahrik edilen bir hidrolik güç ünitesinin, bosta çalışma esnasındaki ses emisyon değerlerinin düşürülmesi amaçlanmıştır. Deney cihazı bir laboratuvarında çalışmakta olup diğer cihazlarla çalışanlarda konsantrasyon bozukluğu problemleri doğurmaktadır.

Gürültüyü engellemek için şu adımların takip edilmesi önerilir [1]:

- Gürültüye karşı önlemler ilk önce en gürültülü kaynaklar dikkate alınmalıdır.
- İlk aşamada amaç gürültüyü kaynagında hapsedmek, yayılmasını engellemektir. Bunun için de en etkili yöntem daha henüz tasarım aşamasında gürültüye karşı önlemler almaktır. Bu aşamada alınan önlemler en etkili ve en ekonomik sonuçlar veren önlemlerdir [1].
- Eğer gürültü yayılması engellenemiyorsa bu sefer yayılma yolu üzerinde önlemler alınmaya çalışılır. Sesin yayılma yolunda ses kesilmeye, sönümlenmeye veya yansıtılmaya çalışılır.
- Eğer hala gürültünün çevredeki insanlara ulaşması engellenemiyorsa son ihtimal olarak insanlar üzerinde önlemler alınır, insana zarar örneğinin kulaklık takma yolu ile en aza indirilmeye çalışılır.

"Hangi gürültü seviyesi insana zararlıdır?" sorusuna cevap vermek gürültü olayının subjektif yönü nedeniyle kolay değildir. 120 dB(A) gibi çok yüksek gürültü seviyeleri duyma organına zarar



vereceğinden bunların zararlı olarak tanımlanmaları kolaydır. Ancak kisten kişiye değisen oranlarda, 50-70 dB(A) seviyesindeki sesler kulaga zarar vermese de kişiyi psikolojik rahatsızlıklara götürebilir veya ise konsantrasyonu zorlastirabilir.

Takip eden kismda yapılan çalışma adim adim sunulacaktır. Her adimda kullanılan teorik ve pratik bilgiler de verilecektir.

### 1.1 Hidrolik Sistem Elemanlari

Deney düzenegini, hidrolik sistem elemanlari ve denetim elemanlari olmak üzere iki kisma ayirmak mümkündür. Hidrolik devre elemanlari olarak, güç ünitesi, yön denetim valfleri ve kullanıcıları sayabiliriz. Denetim elemanlarını ise, akim sürücü ve konum algılayıcısı oluşturmaktadır.

Deney düzenegini oluşturan hidrolik sistemin güç ünitesi ve kullanıcı eleman olarak silindirin özellikleri şunlardır:

Güç ünitesi; 20 l/dak debi ve 125 bar basınç sağlayabilen dişli pompa ve bu pompayı tahrik etmek için 1450 dev/dak hıza sahip 5.5 kW'lık elektrik motorundan oluşmaktadır. Ayrıca emme ve dönüş filtrlere, sıcaklık ve seviye göstergeleri, hava filtesi ve basınç emniyet valfi standart elemanlar olarak bulunmaktadır. Tankin yağ kapasitesi yaklaşık olarak 80 litredir.

Kullanıcı olarak silindir; 200 mm strok, 25 mm piston çapı ve 16 mm piston çubuğu çapına sahip çift piston çubukludur.

### 1.2 Akustik Modelin Kurulması

Hidrolik basıncın pompa tarafından oluşturulması sırasında güçlü bir gövde sesi meydana gelmektedir. Bu gövde sesi daha sonra gövdenin üst yüzeylerinden ve hidrolik iletim borularından çevre elemanlara nakledilmektedir. Ayrıca sistemdeki elektrik motoru da periyodik bir ses oluşumuna neden olmaktadır. Buna göre sistemdeki ses kaynakları şu şekilde sınıflandırılabilir:

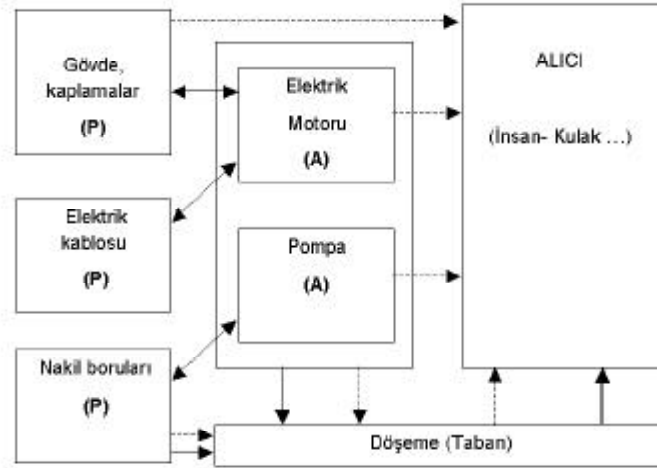
*Aktif Ses Kaynakları:*

- Hidrolik pompa
- Elektrik motoru

*Pasif Ses Kaynakları:*

- Gövde kaplamaları
- Nakil boruları
- Elektrik kablosu

Bu elemanların oluşturduğu sistemin akustik modeli ise Şekil 1'deki gibi kurulmuştur.



**Sekil 1. Akustik Model**

Sistemde hava sesi üzerinde alınabilecek önlemlerin en uygun sonuçları vereceği düşünülmektedir. Sistem elemanları ve egzoz askisi bağı deney düzeniği Şekil 2. ve 3.'te verilmiş olan fotoğraflarda görülmektedir.

### 1.3 Gürültü Kaynağının Örtülmesi Yoluyla Ses Seviyesinin Azaltılması

Ses kaynağını örten bir kapsül ses enerjisinin dağıtılmasına neden olur. Kabinin iç duvarlarına çarpan ses dört bölüme ayrılacaktır (Şekil 4.):

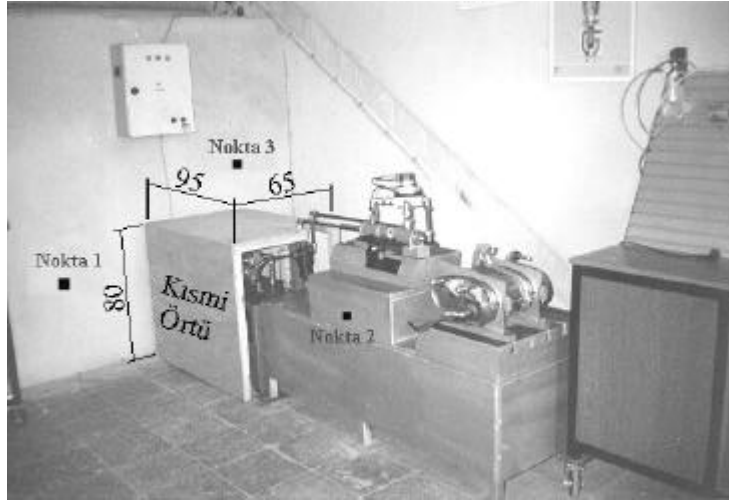
- Geri yansıyan ses
- Yutulan (absorbe edilen) ses
- Gövde sesi olarak nakledilen ses
- Kabin duvarından geçip dış ortama yayılan ses

Pratikte kütle kanununa göre, kabin duvarında kullanılan tek katmanlı bir ses kesme malzemesinin kütlesi iki katına çıkarıldığında ses kesme etkisinde yaklaşık 6 dB(A) kadar bir artış olur. Bu yaklaşık hesabi veren bağıntı şu şekildedir:

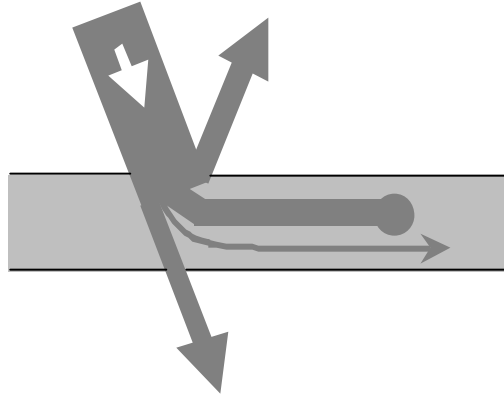
$$R = 20 \cdot \log \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{2 \cdot \rho \cdot c}$$



**Sekil 2. Egzoz Askısı Bağı Kontrol Aparatı [1]**



**Sekil 3.** Kısmi Örtü (Kapsül) Boyutları ve Ölçüm Noktaları [1]



**Sekil 4.** Kabin Duvarına Çarpan Sesin Elemanları [5]

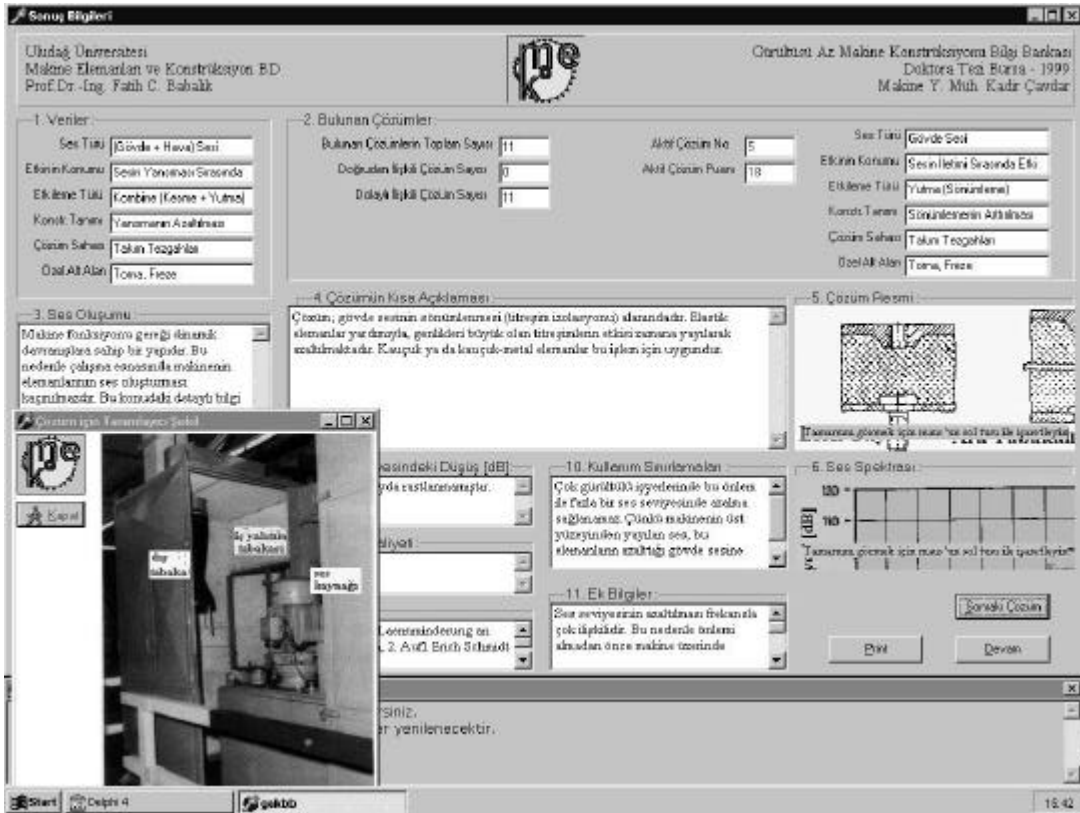
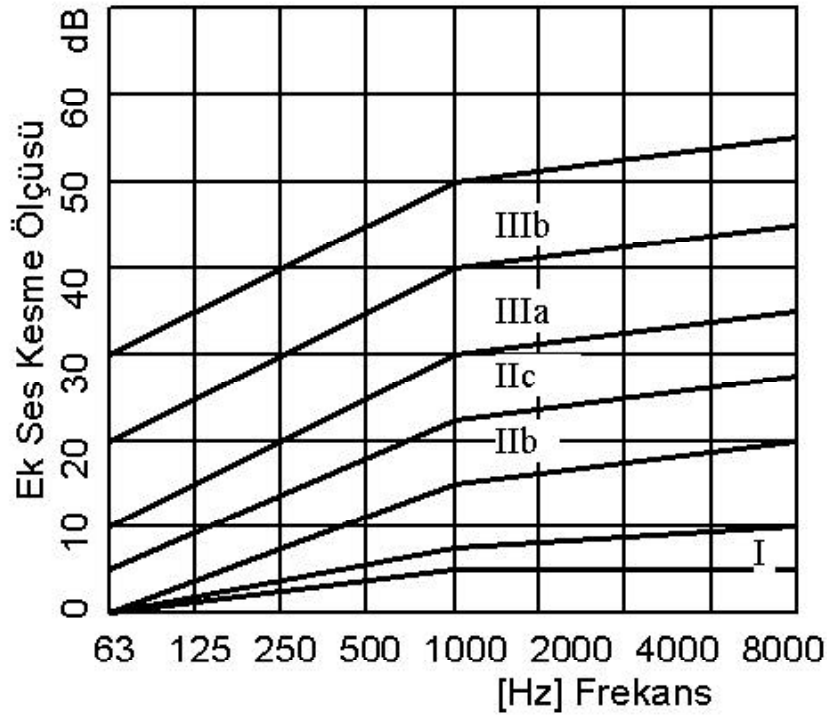
Bu bağintıda,  $m$ : Ses kesme malzemesinin metrekare basına kütlesi ( $\text{kg/m}^2$ ),  $\rho$ : Malzemenin yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ ),  $c$ : Ses hızı ( $\text{m/s}$ )'dir.

Kabinde konstrüktif zorunluluklar nedeniyle birakılması gereken yalitim malzemesiz bosluklar da ses kesme derecesini olumsuz etkiler. Bu boslukların (pencerelerin) etkisi için de yine yaklasik degerler verilebilir (Tablo 1.).

**Tablo 1.** Kabindeki Boslukların Ses Kesme Olayına Etkisi

Bosluk alanı / Kabin alanı	Kabinin maksimum ses kesme etkisi
1/10	+10 dB
1/100	+20 dB
1/1000	+30 dB
1/10000	+40 dB

Kabinlerde uygulanabilecek bazı konstrüktif düzenlemeler ve etkileri [1] nolu yayında tanıtılan bilgi tabanlı sistemden temin edilmiş olup bilgileri Sekil 5. ve 6. ile Tablo 2.'de özetlenmiştir.

Şekil 5.Çözüm Bankasında Bulunan *Kısmi Örtü* ile İlgili Çözüm

Şekil 6. Tablo 2.'nin kullanımı için verilmiştir.

**Tablo 2.** Ses Kesici Kabin Tasarımında Bazı Uygulamalar ve Sonuçları [2]

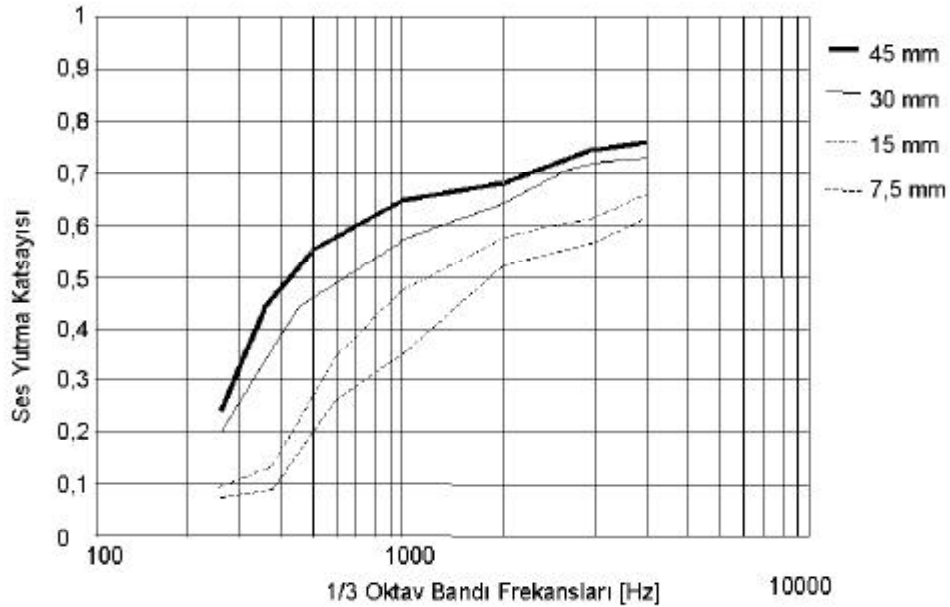
G. No	Kabin tasarımı	Kabin duvarının kütlesi <sup>a</sup>	Pencereler, açıklıklar <sup>b</sup>	Gövde sesi kesme olayı <sup>c</sup>	İndirgenen Ses Seviyesi $\Delta L$ [dB(A)]
I	Ses kesici malzeme (Ref.VDI 2711)	5...6 kg/m <sup>2</sup>	Ozel bir bosluk kapama önlemi yok, bos yüzey oranı < %10 <sup>d</sup>	Yok	3...10
IIa	Ses yutucu malzeme ile kaplanmamış, tek katmanlı kabin	5...15 kg/m <sup>2</sup>	Bos yüzey oranı < %5 <sup>d</sup>	Ses kaynağının en basit şekilde örtülmesi	5...15
IIb	Ses yutucu malzeme ile kaplanmış, tek katmanlı kabin	5...15 kg/m <sup>2</sup>	Bos yüzey oranı < %0,5 <sup>d</sup>	Ses kaynağının basit şekilde örtülmesi, toprak taban	7...25
IIc	Ses yutucu malzeme ile kaplanmış, tek katmanlı kabin	20...25 kg/m <sup>2</sup>	Bos yüzey oranı < %0,1 <sup>d</sup>	Ses kaynağının basit şekilde uğultuyu kesecek şekilde örtülmesi, toprak taban	10...30
IIIa	Ses yutucu malzeme ile kaplanmış, iki katmanlı kabin veya ağır tek katlı duvar	Katman basına 5...10 kg/m <sup>2</sup> Yaklaşık 100 kg/m <sup>2</sup>	Bos yüzey oranı < %0,01 <sup>d</sup>	Ses kaynağının iki kat örtülmesi veya tek kat ama tabandan ayırmalı	20...40
IIIB	Ses yutucu malzeme ile kaplanmış, iki katmanlı kabin veya ağır tek katlı duvar	Katman basına 10...15 kg/m <sup>2</sup> Yaklaşık 400 kg/m <sup>2</sup>	Bosluklar mümkün olan en iyi şekilde engellenmiş	Ses kaynağının iki kat örtülmesi veya tek kat ama tabandan ayırmalı	30...50

<sup>a</sup> Herhangi bir ayırma konstrüksiyonu, ses yutucu malzeme ve örtü etkisi olmaksızın. Toplam duvar ağırlığı bu rakamdan çok daha büyük olabilir. <sup>b</sup> Önemsiz boşluklar dikkate alınmaksızın. <sup>c</sup> Eger akis gürültüsü yoksa, gövde sesi için alınmış olan önlemler dikkate alınmayabilir. Yüksek oranlı gövde sesi olan makinelerde, gerekli gövde sesi kesme miktarı dikkate alınmalıdır. <sup>d</sup> Kabin üst yüzeyinin miktarı.

#### 1.4 Ses Yutma Katsayısı

Ses yutma katsayısı, malzemede yutulan akustik enerjinin malzemenin yüzeyine gelen toplam akustik enerjiye oranıdır:

$$\alpha = \frac{\text{Yutulan Ses Enerjisi}}{\text{Yüzeğe Gelen Ses Enerjisi}} = \frac{E_g - E_y}{E_g}$$


**Şekil 7.** Farklı Kalınlıklardaki Poliüretan Malzeme Örneklerinin Ses Yutma Katsayısı-Frekans Grafikleri

Bu bağtımda;  $E_g$ : Duvara gelen sesin enerjisi,  $E_y$  ise duvardan yansıyan sesin enerjisidir. Malzemenin ses yutma katsayısını etkileyen faktörler arasında en çok inceleneni malzeme kalınlığıdır. Malzeme kalınlığının artışı ses yutma katsayısının değerini farklı oranlarda pozitif yönde etkiler.

Bu çalışmada da kullanılan steorofor köpük (kapalı gözenekli poliüretan köpük) malzemesinin kalınlığının değişiminin ses yutma katsayısına etkisi [3] nolu çalışmada incelenmiştir. Frekansa bağlı olarak malzemenin ses yutma katsayısının değişimi Şekil 7.'de görülmektedir [3].

Şekil 7.'de görülen grafiğe göre malzeme kalınlığı arttıkça özellikle düşük frekanslarda (250-500 Hz) ses yutma katsayısı değerlerinde önemli oranda artışlar olmaktadır [3]. Sesin dalga boyu düşünöldüğünde bu sonuçlar mantıklıdır. Bunun dışında cam yünü, kaya yünü ve poliüretan levhalar için hava sesi yutma değerleri bilgileri [4] kaynağından alınabilir.

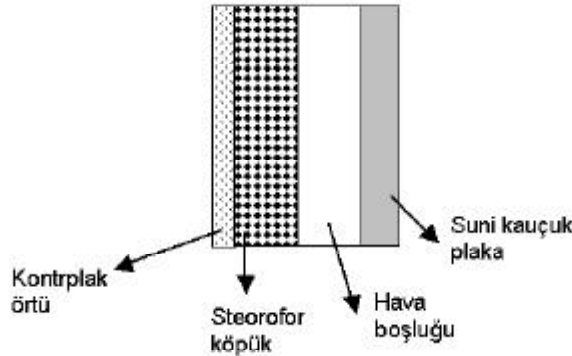
## 2. REKONSTRÜKSİYON ÇALIŞMASI

Ortaya konacak çözümün *ekonomikliği* ve su anda mevcut olan deney düzenegi üzerinde herhangi bir değişikliğe neden olmaması gibi kısıtlar rekonstrüksiyon çalışmasının kısıtları olarak belirlenmiştir. Bu kısıtların ışığında [1] nolu yayında detaylı verilen bilgi bankasına başvurduğumuzda;

*Olusan hava sesinin nakli kısmi örtü uygulaması ile en az a indirilebilir*

önleminin en uygun olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu konuda bilgi bankasında bulunan çok sayıdaki örneğe göre, hidrolik gücün üretildiği ve motorun bağlı olduğu kısım bir kutu (kapsül) içerisine alınmalıdır. Bu kutunun ağaç malzemeden yapılması ve duvar içlerinin ses yutucu malzeme ile kaplanması da ses kesme etki derecesini arttıracaktır. Ancak sistemin soğutulması gerektiği de unutulmamalıdır. Bu nedenle kullanılacak kabinin bir tarafının açık bırakılması düşünölmüştür.

Ses engelleme amacıyla hazırlanmış olan kısmi örtü Şekil 3.'te görölmektedir. Örtünün ses kesme özelliğini arttırmak için duvar içleri 10 mm kalınlığındaki, porozif bir malzeme olan steorofor köpük ile kaplanmıştır. Ardından ses kesme özelliğini daha da arttırmak amacıyla 3 mm kalınlığındaki suni kauçuk plakalar ile iç duvarlar tamamen kaplanmıştır. Steorofor ile suni kauçuk plakalar arasında ses yalıtım katsayısını arttırmak amacıyla yaklaşık 10 mm kalınlığında bir hava boşluğu bırakılmıştır, Şekil 8.



**Şekil 8.** Kabin ve İç Kısımın Kaplanması

Kabin içerisindeki ses yansımalarının etkisini görmek için de kabinin boru çıkış tarafı açık ve kapalı şekilde deneyler Tablo 3.'te özetlenmiştir. Deneyler sonucu elde edilen verilerle çizilen diyagram da Şekil 9.'da görölmektedir.

Ölçüm noktaları olarak da kutunun ön bölümü (1), çalışma esnasında insanın bulunacağı konum (2) ve kutunun üst bölümü (3) seçilmiştir (Şekil 3.). Deneylerde ses seviyesinin belirlenmesi için Brüel&Kjaer firmasının el tipi ölçü aleti kullanılmıştır.

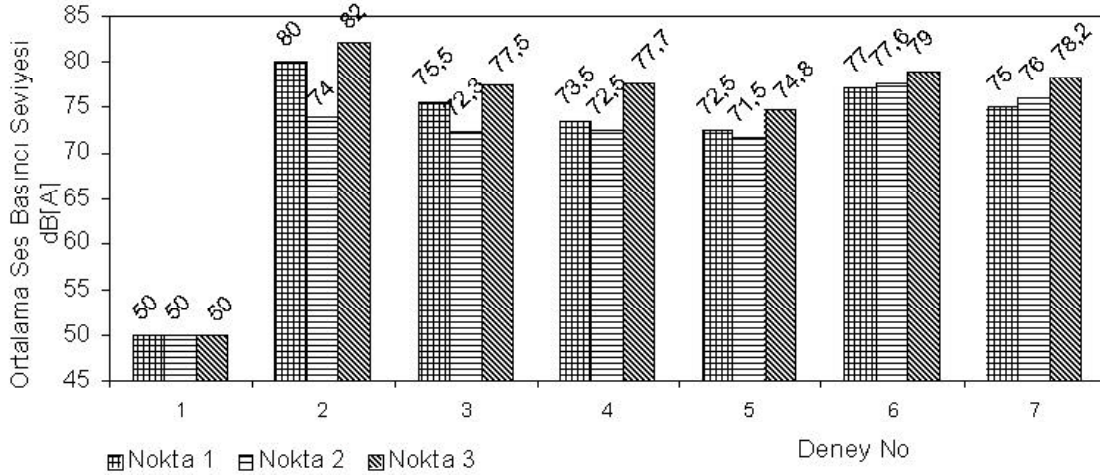
**Tablo 3.** Hidrolik Güç Ünitesinin Üzerinde Yapılan Ses Kesme Çalışmaları

D.No	Açıklama
1	Güç ünitesi çalışmıyor, ortamdaki ses seviyesinin belirlenmesi
2	Güç ünitesi devrede, kutu konumlandırılmamış
3	Güç ünitesi devrede, yalıtım malzemesiz kutu, sağ kısım açık
4	Güç ünitesi devrede, iç kısım sterofor kaplı, sağ kısım açık
5	Güç ünitesi devrede, iç kısım sterofor kaplı, sağ kısım kapalı
6	Güç ünitesi devrede, iç kısım sterofor ve suni kauçuk ile kaplı, sağ kısım açık
7	Güç ünitesi devrede, iç kısım sterofor ve suni kauçuk ile kaplı, sağ kısım kapalı

### 3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Hidrolik güç ünitesinin çalıştırılmadığı anda ortamdaki ses seviyesi her üç ölçüm noktasında da 50 dB(A) olarak okunmuştur. Güç ünitesinin çalışması ortamdaki emisyon değerini yaklaşık 30 dB(A) arttırmaktadır. İki nolu ölçüm noktası ses kaynağından uzakta olduğundan buradaki ses basıncı değeri diğerlerine göre düşüktür (Şekil 9).

Ölçülen yaklaşık 80 dB(A)'lik bu değer bosta çalışma için oldukça yüksek bir değerdir ve alınacak önlemlerle bu deney cihazıyla çalışan kişinin duyu organının zarar görmesi engellenmelidir.

**Şekil 9.** Hidrolik Güç Ünitesi Üzerinde Yapılan Ses Kesme Deneylerinin Sonuçları

İlk denemede yaklaşık 5 dB(A) değerinde bir ses seviyesinde indirgeme sağlanabilmektedir. Herhangi bir iç kaplama malzemesi kullanılmadan, sadece kontrplak tabakanın etkisiyle sağlanan bu indirgeme oldukça tatminkardır. Ardından kontrplak tabakanın iç kısmının sterofor köpük ile kaplanmasıyla ses seviyesi yaklaşık 2 dB(A) daha azaltılmıştır. Güç kaynağıyla aski ömür deneyinin yapıldığı kısmın bağlantısının bir suni kauçuk plaka ile tamamen kesilmesiyle de yaklaşık 1 dB(A)'lik bir iyileşme daha sağlanmıştır.

İç kısımda ses sönümlenmesini arttırmak için düşünülen suni kauçuk plakalar deney sonuçlarına göre ise yaramamışlardır. Bunun nedenleri arasında; kısmi örtünün boyutlarının çok küçük olması, bu nedenle iç kısımda oluşan yansımaların artması ve suni kauçuk plakaların ses yutma katsayılarının düşüklüğü sayılabilir. Suni kauçuk plakalar ile yapılan uygulamada ses seviyesi yaklaşık olarak 3-5 dB(A) kadar yükselmiştir.

Sonuç olarak, kısmi örtünün iç kısmı sadece porozif sterofor plakalar ile kaplanmış ve sağ kısmı tamamen kapatılmış olarak kullanılırsa 15-18 dB(A)'lik bir ses seviyesinde indirgeme sağlanabilir.





Ancak bu uygulamanın isinin ortamdan uzaklaştırılması açısından zararlı olabileceği de unutulmamalıdır. Bu nedenle, kısmi örtünün sağ yanının kapatılmaması ve bu şekilde sağlanmış olan ortamın imisyon değerindeki yaklaşık 8 dB(A) değerindeki azalma yeterli kabul edilebilir.

#### 4. SONUÇ

Gürültünün insan psikolojisi ve fizyolojisini etkilediği açıktır. Bu nedenle cihazlar gürültüsü az olarak tasarlanmalıdır. Mevcut cihazlar da gürültüsü en az olacak şekilde çalıştırılmalı veya gürültünün insana ulaşım yolları üzerinde önlemler alınmalıdır.

Bu çalışmada, çok basit önlemler ve ekonomik yöntemlerle gürültü kaynağının insana etkisinin azaltılabileceği gösterilmiştir. Bu nedenle çalışmanın bu alanda uyarıcı bir örnek olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın devamında pratik deneylerin teorik çalışma ile de desteklenmesi ve farklı malzemelerle deney sayısının artırılması düşünülmektedir.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1] ÇAVDAR, K., Gürültüsü Az Konstrüksiyonlar, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2000.
- [2] Luftschalldaemmung, Katalog, Handbuch Laermschutz.
- [3] ALTINSOY, E., GÜL, M., Malzemelerin Ses Yutumunu Etkileyen Faktörler, İzolasyon Dünyası 16, s. 68-72, 1999.
- [4] Izocam ile Yapılarda Ses İzolasyonu, Brosür, Izocam, 1992.
- [5] Christ/Fischer, Laermminderung an Arbeitsplaetzen, Erich Schmidth Verlag, 1988.

#### ÖZGEÇMİSLER

##### Kadir ÇAVDAR

1969 yılında Bursa'da doğdu. 2000 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden Doktor unvanı aldı. Gürültüsü az konstrüksiyonlar, makine elemanları, metodik konstrüksiyon ve mekatronik alanlarında halen UÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.

##### Mesut SENGİRGİN

1967 yılında Mustafakemalpaşa-BURSA'da doğdu. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden 1989 yılında "Lisans", Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden 1992 yılında "Yüksek Lisans" ve 2000 yılında "Doktora" derecelerini aldı. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde 1989-1997 yılları arasında Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 1997 yılından buyana halen aynı üniversitede Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Çalışmaları sistem dinamiği, hidrolik ve pnömatik sistemlerin modellenmesi ve kontrolü, sistem modelleme ve simülasyonu alanlarında yoğunlaşmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.