ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hayati ALYAĞUT

KAZICI YÜKLEYİCİLERDE İZOLASYONUN GÜRÜLTÜ DÜZEYİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

TARIM MAKİNELERİ VE TEKNOLOJİLERİ
MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2023

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAZICI YÜKLEYİCİLERDE İZOLASYONUN GÜRÜLTÜ DÜZEYİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Hayati ALYAĞUT

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNELERİ VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Danışman : Prof.Dr. Zeliha Bereket BARUT
Yıl:2023, sayfa 79
Jüri : Prof. Dr. Zeliha Bereket BARUT
: Prof. Dr. Sarp Korkut SÜMER
: Prof. Dr. Ahmet İNCE

Bu araştırmada, öncelikle İş Sağlığı ve Güvenliği kapsamında TSE normlarına uyum, çalışma ortamındaki gürültünün yoğunluğu tespit etme ve gürültünün haritasını çıkarma, gürültünün etkilerini belirleme, inceleme ve değerlendirme yapmayı amaçlanmıştır.

İş makineleri genel olarak ağır iş ve gürültülü alanlarda faaliyet göstermektedir. Özellikle yerleşim yerlerinde çalışan iş makineleri çalışmaları sırasında gürültü kirliliğine sebep olmaktadırlar. Gürültü kirliliğini önlemek için iş makinelerinin çevreye yaydığı gürültü düzeylerinin üst sınırlarını belirleyen yönetmelik, tebliğ, tüzük vb. yasal dökümanlar uygulanmaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda ilk olarak kazıcı-yükleyicilerin çevreye yaydığı gürültü düzeyleri ve kabin içi gürültü düzeyleri tespit edilmiştir. Limit değerler ile karşılaştırılan değerlerin iyileştirilmesi için ilk olarak gürültü kaynağının tespiti hedeflenmiş ve bu hedef için gürültü kaynağı tanılama testleri gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak yapmış olduğumuz bu çalışmada, yalıtım malzemelerinin gürültü kontrolüne etkisi ve kabin içerisindeki dB değerleri elde edilmiştir. İzolasyonlu kazıcı-yükleyici kabinlerin, kabin içi gürültü seviyesi yapılan kaplama sonucunda düşük frekanslarda 2-3 dB düşürülmüştür. Verim ve maliyet hesabına bağlı olarak izolasyon malzemesinin yüksek frekanslarda herhangi bir değişim göstermediği ölçülmüş olup malzemelerin kullanımını uygun görülmemiştir.

Anahtar Kelimeler : Gürültü Kontrolü, Kazıcı-Yükleyici Kabin, İzolasyon

ABSTRACT

Msc THESIS

DETERMINING THE EFFECT OF INSULATION ON NOISE LEVEL IN DIGGER LOADERS

Hayati ALYAĞUT

CUKUROVA UNIVERSTY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY AND TECNOLOGIES ENGINEERING

Supervisor : Prof.Dr. Zeliha Bereket BARUT
Year:2023, pages 79
Jury : Prof. Dr. Zeliha Bereket BARUT
: Prof. Dr. Sarp Korkut SÜMER
: Prof. Dr. Ahmet İNCE

This study aim to investigate and map the effect of the noise and its intensity under working medium in the scope of occupational health safety that agreed with TSE. Heavy duty vehicles are most commonly working under dusty, noisy, heavy duty areas. Especially, these vehicles are creating noise pollution in suburians. To prevent the noise pollution caused by heavy duty vehicles official documents and regulations are carry out. Considering these informations, noise level of backhoe loaders at inner side or outer side of the cabin is determined. First of all, to improve noise level, determination of the noise source is defined which compared with limit level. As a result, effect of insulation materials on the control of noise and level of dB values are obtain. After coating process completed in the backhoe loader cabins, cabin interior noises decreased about 2-3 dB at low frequencies. At high frequencies considering cost and efficiency, isolation material doesn't have any positive affect and it shows that is not suitable to use in this case.

Keywords: Cabin Noise Isolation, Noise Control, Backhoe-Loader Cab

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Endüstri teknolojisinin ve makineleşmenin son hızıyla arttığı; inşaat, altyapı ve maden işlerinin önem kazandığı yüzyıl içerisinde, makinelere olan ihtiyaçta buna paralel olarak artmaktadır. Makineleşmenin arttığı bu dönemde, gürültü kaynağından ortaya çıkacak olan yüksek ses, gürültü kirliliğine sebep olarak insanları rahatsız etmektedir. Ancak gürültüye sebep olan sesin herkesi aynı etki düzeyinde etkilemesi beklenmez. İş makineleri incelendiğinde, gürültünün büyük kısmı motor ve mekanizmalardan meydana gelir.

Kapı aç/kapa sesi, araç içindeki ikaz sesleri, konsol ve polyesterlerden gelen sesler, radyatör fanı ve egzozdan gelen sesler vb. sesler müşterinin konfor alanına girmektedir. Araç içi gürültü konusu müşteri tarafından tercih sebepleri arasındadır. Bu yüzden müşteri talepleri ve kalite hedefleri doğrultusunda, Ar-Ge faaliyetleri daha fazla önem kazanmaktadır. Fakat makine ihtiyacının ön planda olduğu zamanlarda, makine üzerinde bazı özellikler maliyet hesabından ötürü göz ardı edilebilmektedir. Bu özelliklerin başında gürültü kontrolü gelmektedir. Bu çalışmanın kriterlerinde TS ISO 6393 standartları baz alınmıştır. İlgili standart, iş makinesi üreticilerinin makine üretiminde uyulması gereken ses emisyon değerlerini bildirir. Standardın içeriği, makinenin çevresinden belirtilmiş uzaklıklardan toplanan ses ve basınç değerlerinin hesaplanması ve raporlanmasından oluşur. Son yıllarda, gürültü kirliliğini önlemek için iş makinelerinin çevreye yaydığı gürültü düzeylerinin üst sınırlarını belirleyen yönetmelik, tebliğ, tüzük vb. yasal dökümanlar uygulanmaktadır.[Sayı: 26392] Avrupa Birliği direktifi 2000/14/EC [1] iş makinelerinin çevreye yaydığı gürültü düzeylerinin üst limitlerini belirlemektedir. Bu limitler 2004 yılından itibaren ve 2006 yılından itibaren geçerli olacak şekilde belirlenmiştir. 2006 yılından geçerli olacak limitler (101 dB) 2004 yılında açıklananların (104 dB) 3 dB (desibel) kadar altındadır. Gürültü düzeyindeki 3 dB

kadarlık azalma, makinenin çevreye yaydığı gürültü enerjisinin yarıya düşürülmesi ile eşdeğer bir büyüklüktür.

Bunun için araştırmamızda, kazıcı-yükleyici makinelerin kabinlerinde iyileştirmeler düşünülmüştür. Bu iyileştirmeler, kazıcı-yükleyici kabinlerin yanma duvarı olarak bilinen operatör ön duvarına uygulanacak olan farklı materyallerden oluşan izolasyon kaplamasıdır.

Bu araştırmada 2 adet, aynı özellikte kazıcı-yükleyici makine ve gürültü ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Birinci makineye ait kabin için özel izolasyon kaplaması olmaksızın, sadece yanma duvarı ve kabin taban sacının dış bölgesine ısı iletimi engelleyici özel bir malzeme kaplanıp, motor çalışması boşta ve en yüksek devirde TS ISO 6393:1999-11 standartlarında belirtilen esaslara göre ölçüm yapılmıştır. İkinci makinenin kabinde ise, yanma duvarına içeriden ve dışarıdan sıralı olarak ısı ve ses yalıtımı konusunda geliştirilmiş 4 adet özel malzeme kullanılmıştır. Taban sacının dış bölgesine özel ses yutum malzemesi kaplanmış ve ölçümler TS ve ISO standartlarına göre ölçümler iki makine için yapılmıştır.

Yapmış olduğumuz çalışmada, kazıcı-yükleyici makinenin gürültü kaynağını tespit, çevreye yaydığı gürültü düzeyi, kabin içi gürültü düzeyi ve özel yalıtım malzemelerinin araç akustiğine etkisi, yapılan akustik ölçüm sonuçları incelenmiş olup, kullanılan yalıtım malzemelerin kullanılıp kullanılmayacağı konusunda yönlendirici sonuçlar elde edilmiştir. Düşük frekanslarda (100Hz- 400 Hz) arasında 2-3 dB başarı sağlayan yalıtım malzemeleri, insan kulağının duyma seviyesi olan 4000 Hz değerinde istenilen başarıyı göstermediği görülmüştür.

Sonuç olarak bu araştırmada, ilgili gürültü bölgelerinin tespiti için gürültü kaynağı tanılama yöntemleri uygulanmış; kazıcı yükleyicilerde gürültü kontrol yöntemlerini kullanarak Ar&Ge çalışmalarına katkıda bulunulmuştur.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, yüksek lisans eğitimime başlamama olanak tanıyan, hayat boyu öğrenme ve kişisel gelişim eğitimlerine büyük önem veren, eğitim öğretim dönemi boyunca; atelye, personel, ekipman, makine, materyal ve malzeme desteği sunan başta Ar&Ge müdürüm Sayın Ersen PESEN'e ve çok değerli Çukurova Makine Tic.Ltd. Şti. ailesine minnetlerimi sunarım.

Çalışmamın ana konusu ve temel materyali olan Akustik malzemelerin temini için destek sağlayan MND izolasyon firmasına; yapılan araştırmanın ölçümleri için cihaz ve personel desteği sunan Adana Seyhan Belediyesi – Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü'ne; çalışmamı yönlendiren kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Sarp Korkut SÜMER'e ve danışman hocam Sayın Prof. Dr. Zeliha Bereket BARUT'a; yazım kuralları ve kelime hataları konusunda kontrolü büyük bir titizlikle gerçekleştiren Sayın Ayça SARI'ya teşekkür ederim.

Son olarak, bugünlere gelmemde desteğini benden hiç esirgemeyen ve eğitim öğretim hayatım boyunca maddi manevi destek olan emektar annem Sayın Türkan YOKSULABAKAN'a sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR V
İÇİNDEKİLER VI
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
KISALTMA LİSTESİ XIV
1. GİRİŞ 1
1.1. İş Makineleri 1
1.2. İş Makinelerinin Sınıflandırılması 1
1.2.1. Kazı Makineleri 2
1.2.2. Yükleyici Makineler 3
1.2.3. Kazıcı - Yükleci Makineler 5
1.2.4. Meliorasyon Makineleri 6
1.3. İş Makineleri Kabinleri 6
1.4. Ses ve Gürültünün Temelleri 9
1.4.1. Ses ve Gürültü 11
1.4.2. Frekans ve Ses Basıncı Seviyesi 16
1.4.3. Desibel Ölçekleri 18
1.4.4. Araç Gürültüsü 21
1.4.5 Hidrolik Sistemlerde Gürültü 21
1.4.6. Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri 21
1.5. Çalışmanın Amacı 25
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 27
3. MATERYAL ve METOT 33

3.1. Materyal 33
3.1.1. Akustik İzolasyon Malzemeleri 33
3.2. Metot 43
3.2.1. Ses Basınç Seviyesinin Belirlenmesi - Sabit Test Koşulları (Dış Ortam) 43
3.2.2. Operatör Konumundaki Emisyon Ses Basıncı Seviyesinin Belirlenmesi (İç Ortam) 47
3.2.3. Motor ve Soğutma Ünitesi Departmanı Yalıtım Tesisatı 50
3.2.4. Kazıcı Yükleyici Kabinin İç ve Dış İzolasyon Uygulaması 51
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 57
4.1.Sabit Test Koşullarında, Ses Gücü Seviyesinin Ölçülmesi ve Test Sonuçları 57
4.2. Operatör Konumundaki Ses Basıncı Seviyesinin Test Sonuçları 66
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 73
KAYNAKLAR 75
ÖZGEÇMİŞ 79

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Ortam Türü ve Ses Hızı 9
Çizelge 1.2. Rakım ve Ses Hızı..... 12
Çizelge 1.3. Farklı Kaynaklar İçin Tipik Ses Gücü Seviyeleri 19
Çizelge 1.4. Farklı Kaynaklar İçin Tipik Ses Basıç Seviyeleri..... 19
Çizelge 1.5. Gürültü Ses Düzeyine Göre İzin Verilebilir Maruz Kalma Süreleri... 24
Çizelge 3.1. Nitril Malzemeye Ait Teknik Özellikler..... 35
Çizelge 3.2. Cam Elyaf Malzemeye Ait Teknik Özellikler 35
Çizelge 3.3. Granül Malzemeye Ait Teknik Özellikler 36
Çizelge 3.4. Kazıcı Yükleyici Makinenin Bileşenleri..... 42
Çizelge 3.5. Kazıcı Yükleyici Makineye ait Motorun Teknik Özellikleri..... 42
Çizelge 3.6. Kazıcı Yükleyici Makinenin Fren ve Dingil Teknik Özellikleri 42
Çizelge 3.7. Mikrofon Konumlarının Koordinatları.....45
Çizelge 4.1. Sabit Test Koşulları Verilerinin Karşılaştırma Tablosu.....66
Çizelge 4.2. Operatör Konumundaki Ortalam Ses Basıncı Seviyesinin.....
Karşılaştırma Değerleri.....66

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Yapı ve inşaatta kullanılan iş makineleri 1
Şekil 1.2. Paletli ekskavatör 2
Şekil 1.3. Lastik tekerlekli ekskavatör 3
Şekil 1.4. Paletli yükleyici 4
Şekil 1.5. Tekerlekli yükleyici 4
Şekil 1.6. Kazıcı-yükleyici 5
Şekil 1.7. Meliorasyon makinelerinden bazıları 6
Şekil 1.8. Operatör kabinleri 7
Şekil 1.9. Sabit kabin 8
Şekil 1.10. Hareketli kabin 8
Şekil 1.11. Sesin dalga boyu 11
Şekil 1.12. İnsan işitme tepkisi 17
Şekil 1.13. Ses seviyesi ölçerler için ağırlık eğrileri 18
Şekil 1.14. dB değerleri gösterilen bazı gürültü kaynakları 23
Şekil 3.1. Butilen malzeme 34
Şekil 3.2. Nitril malzeme 35
Şekil 3.3. Cam elyaf malzeme 36
Şekil 3.4. Granül malzeme 37
Şekil 3.5. EPDM kauçuk uygulanmış paspas 37
Şekil 3.6. Svan 971 tip 1 A ses ölçüm cihazı 39
Şekil 3.7. Kazıcı yükleyici 40
Şekil 3.8. Kazıcı Yükleyici Makinenin Parçaları 41
Şekil 3.9. Kazıcı yükleyicilerin temel uzunluğu 44
Şekil 3.10. ISO 6393'e göre dış ortam yatay konum ölçüm noktaları 45
Şekil 3.11. ISO 6393'e göre dış ortam düşey konum ölçüm noktaları 45
Şekil 3.12. Kazıcı yükleyici makine kabininde mikrofon konumu 49

Şekil 3.13. Operatör kulak seviyesi mikrofon tutucu aparat 50
Şekil 3. 14. Kazıcı yükleyici makine kabin içi mikrofon konumu 50
Şekil 3.15. Elastomerik ses emici uygulanan motor bölümü 51
Şekil 3.16. Kabin tabanı dış ses emici granül malzeme uygulanması 52
Şekil 3.17. Kabin tabanı iç izolasyon EPDM kaplı paspas uygulanması 53
Şekil 3.18.Yanma duvarı kabin içi nitril malzme uygulanması 53
Şekil 3.19. Yanma duvarı özel malzemelerin sıralı uygulanması 54
Şekil 3.20. Yanma duvarı butilen malzemenin uygulanması 54
Şekil 3.21. Yanma duvarı nitril malzemenin uygulanması 55
Şekil 3.22. Yanma duvarı cam elyaf malzemenin uygulanması -1 56
Şekil 3.23. Yanma duvarı cam elyaf malzemenin uygulanması -2 56
Şekil 4.1. Araştırma öncesi dış ortam gürültüsü ölçümü 57
Şekil 4.2. Deney öncesi dış ortam gürültüsü ölçümü (6.nokta) 58
Şekil 4.3. Deney öncesi dış ortam gürültü değerleri (Sessiz) 58
Şekil 4.4. Deney öncesi dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA}) 59
Şekil 4.5. 1. nokta dış ortam gürültü değerleri(L_{WA}) 59
Şekil 4.6. 1. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA}) 60
Şekil 4.7. 2. nokta dış ortam gürültü değerleri(L_{WA}) 60
Şekil 4.8. 2. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA}) 61
Şekil 4.9. 3. nokta dış ortam gürültü değerleri(L_{WA}) 62
Şekil 4.10. 3. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA}) 62
Şekil 4.11. 4. nokta dış ortam gürültü değerleri($L_{WA)}$ 63
Şekil 4.12. 4. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA}) 63
Şekil 4.13. 5. nokta dış ortam gürültü değerleri(L_{WA}) 64
Şekil 4.14. 5. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA}) 64
Şekil 4.15. 6. nokta dış ortam gürültü değerleri(L_{WA}) 65
Şekil 4.16. 6. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA}) 65
Şekil 4.17. 6 noktadaki dış ortam gürültü değerleri 66

Şekil 4.18. 1. nokta kabin içi gürültü değerleri(L_{pA})..... 67
Şekil 4.19. 1. nokta kabin içi ortalama gürültü ölçüm değerleri (L_{pA})..... 68
Şekil 4.20. 2. nokta kabin içi gürültü ölçüm değerleri (L_{pA})..... 68
Şekil 4.21. 2. nokta kabin içi ortalama gürültü ölçüm değerleri (L_{pA})..... 69

KISALTMA LİSTESİ

$\bar{L}_{pA}$: Referans yüzey alanı için ses kaynağının ortalama A ağırlıklı ses basıncı seviyesi.

$\vec{I}$: Ses Yoğunluğu Vektörü (W/ m²)

$\bar{I}_{ni}$: i. Kısmi Yüzey İçin Ortalama Ses Yoğunluğu Ölçüm Alanı (W/ m²)

$\bar{L}_{In}$: Ortalama Ses Yoğunluğu Seviyesi (dB)

L'_{pAi} : i. mikrofon için dB olarak A ağırlıklı ses basıncı seviyesi yer

$\vec{U}$: Bir Noktadaki Parçacık Hızı Vektörü (m/s)

FFT : Hızlı Fourier Dönüşümü

I_n : Ses Yoğunluğu (W/ m²)

I_{ref} : Referans Ses Yoğunluğu (W/ m²)

L_{In} : Ses Yoğunluğu Seviyesi (dB)

L_P : Ses Basıncı Seviyesi (dB)

L_{pA} : Ağırlıklı Ses Basıncı Seviyesi (dB (A))

L_{pA} : Tüm Frekans Aralığı için A Ağırlıklı Ses Seviyesi

L_{pAi} : i. Frekans Aralığı için A Ağırlıklı Ses Seviyesi

L_W : Ses Gücü Seviyesi (dB)

L_{WA} : A Ağırlıklı Ses Gücü Seviyesi (dB (A))

N : Ölçüm Alanının Yoğunluk Tablosunun Toplam Sayısı

N : Toplam Mikrofon konumu sayısı

P : Bir Noktadaki Anlık Basınç (Pa)

P_i : i. Frekans için A Ağırlıklı Akustik Basınç

P_{ref} : İşitme Eşiği (Pa)

P^{rms} : Tüm Frekans Aralığı için A Ağırlıklı Akustik Basınç

pW : Watt'ın milyonda biri (10-12) ters kare yasası

S : Yüzey Alanı (m²)

S_0 : Birim Yüzey alanı (m^2)

S_i : i. Yoğunluk Tablosu için Kısmi Yüzey Alanı (m^2)

W : Sound Power (W)

Wi : Kısmi Ses Gücü (W)

W_{ref} : Referans Ses Gücü (W)

1. GİRİŞ

1.1. İş Makineleri

Makinelerin önem kazanması ve endüstrileşme sanayi devriminin başlamasıyla olmuştur. Buharlı makinenin icadı ile birlikte üretim sektöründe kullanılan makineleşmede yaşanan olağanüstü ilerleme, günümüzde makinelerin üretimin vazgeçilmez bir unsuru olmasına yol açmıştır. Madencilik, inşaat ve arazi ıslah sektörü gibi ağır ve tehlikeli işlerin görüldüğü sektörlerde iş makineleri insan gücünden, zamandan ve daha fazla verim gibi girdilerden tasarruf sağlanması bakımından önemli görevler yerine getirmişlerdir. İş makineleri (Şekil 1.1.) ; "yol, inşaat makineleri ile benzeri tarım, sanayi, bayındırlık, milli savunma ile çeşitli kuruluşların iş ve hizmetlerinde kullanılan, iş amacına göre üzerine çeşitli ekipmanlar monte edilmiş, karayolunda insan, hayvan ve yük taşımasında kullanılmayan motorlu araçlar" olarak tanımlanmıştır (TMMOB, 2002).



Şekil 1.1. Yapı ve inşaatta kullanılan iş makineleri

1.2. İş Makinelerinin Sınıflandırılması

TMMOB Makine Mühendisleri Odası, iş makineleri sınıflandırmasında, makine türlerini 8 ayrı alt başlık altında incelemiştir. Bu başlıklar sırası ile; yol dışı nakliye makineleri, kaldırma makineleri, kazıma ve yükleme makineleri, taşıma ve

serme makineleri, delme makineleri, asfalt ve beton üretim, taşıma ve serme makineleri, sıkıştırma makineleri ve ziraat makineleridir (TMMOB, 2002).

1.2.1. Kazı Makineleri

Ekskavatör, palet ve tekerlek seviyesinden üst ve alt seviyelerde kazı yapma, üst tabanları sıyırma, kırma, kanal şeklinde kazı yapma ve yükleme işleri yapan iş makineleridir. Temel ve kanal açma, kara ve demir yolu inşasında, baraj yapımlarında, taş ve maden ocakları gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ekskavatörler 50-800 HP motor gücü ve 6-100 ton ağırlıkta imal edilmektedir. Ekskavatörler, paletli ve lastik tekerlekli olmak üzere iki grupta incelenebilir (Megep, 2013).



Şekil 1.2. Paletli ekskavatör (Çukurova, 2018)

Paletli ekskavatörler gevşek zeminde kazma, kanal açma ve yükleme işlerinde verimli olduklarından temel hafriyatın kazılması taşınması, yüklenmesi işlerinde yaygın olarak kullanılan Şekil 1.2.'de gösterilmiş olan iş makineleridir. Dengeli çalışması nedeniyle ağır işlerde kullanılır. Palet seviyesini aşmayan sulu ve bataklık zeminlerde dâhil olmak üzere birçok zeminde kolaylıkla çalışabilmektedir.



Şekil 1.3. Lastik tekerlekli ekskavatör (Hidromek, 2021)

Şekil 1.3.'te gösterilen yürüme kabiliyeti yüksek ve genel fonksiyonları; sert zeminde, kanal açma, kazma, taşıma ve yükleme gibi işlerde verimli olan lastik tekerlekli iş makinelerdir (Şekil 1.3.). Kaplamalı zemine zarar vermediği için özellikle karayolu üzerindeki çalışmalarda hareket kolaylığı sağladığı için tercih edilmektedir (Megep, 2013).

1.2.2. Yükleyici Makineler

Yükleyiciler; temel kazma, taşıma, doldurma, düzeltme, serme ve yükleme işleri yapan iş makineleridir. Temel hafriyat, yol yapımı, inşaat işleri, mermer ocakları, tomruk taşıma, yükleme gibi çeşitli işlerde geniş amaçlı olarak kullanılmaktadır. Çok sert zeminlerin kazılmasında kapasiteleri dâhilinde çalışabilir ama bir dozer kadar iş yapma kabiliyeti yoktur. Yükleyiciler, 40-500 HP motor gücü ve 3-100 ton ağırlıkta imal edilmiştir. Yükleyici çeşitleri, paletli ve lastik tekerlekli olmak üzere iki çeşittir.



Şekil 1.4. Paletli yükleyici (CAT, 2018)

Kazma ve yükleme işlerinde elverişli olduğundan temel hafriyatının kazılması, taşınması ve yüklenmesi işlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 1.4.'te gösterilen paletli yükleyiciler zemine daha geniş yüzeyde temas ettiği için her türlü zeminde emniyetli ve verimli çalışma yapabilir. Dar alanlarda manevra kabiliyeti çok yüksektir. Yapısı gereği nokta dönüşü yapabilecek yetenekte iş makineleridir. Dengeli çalışması nedeniyle ağır işlerde kullanılır (Megep, 2013).



Şekil 1.5. Tekerlekli yükleyici (Çukurova, 2018)

Gevşetilmiş malzemenin yüklenmesi ve taşınmasında elverişlidir. Bununla birlikte çok çeşitli ataşmanlar takılarak kanal açma, kazma, düzeltme, taşıma, yükleme, istifleme gibi işlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 1.5.). Kaplamalı zeminde rahat manevra yapabilmektedir. Özellikle belden kırmalı makinelerde hareket ve çalışma kabiliyeti daha da yüksektir. Şekil 1.4.'te gösterilen paletli makinelere göre hızlı ve seri manevra yeteneği vardır. Bu nedenle çimento fabrikaları, taş ocakları gibi alanlarda tercih edilmektedir (Megep, 2013).

1.2.3. Kazıcı - Yükleci Makineler

Kazıcı yükleyici, traktöre monte edilen, delme, kırma, kazma, kanal açma ve yükleme işlerinde kullanılan iş makinesidir (Şekil 1.6). Bu makineler yabancı kaynaklarda backhoe loader olarak tanınmaktadır ve dilimizde bekoloder olarak kullanılmaktadır. Kanal açma ve yükleme işlerinde yaygın olarak kullanılan traktör tipi yükleyicilerdir.



Şekil 1.6. Kazıcı-yükleyici (Çukurova, 2015)

1.2.4. Meliorasyon Makineleri

Toprak işleme; toprağın kazınması ve taşınması, arazinin eğiminin tarıma uygun hale getirilmesi (arazi tesviye çalışmaları), sulama kanalı açılması, sedde yapılması, drenaj kanalı açılması, ağaç köklerinin ve kayaların araziden uzaklaştırılması, tarımsal atıkların parçalanması vb. işlemlerdir. Bu amaçla kullanılan makinalara ise "meliorasyon makineleri" denilmektedir. Meliorasyon makine ve ekipmanlarından bazıları Şekil 1.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Meliorasyon makinelerinden bazıları

1.3. İş Makineleri Kabinleri

Operatörün hareket ve iş kabiliyetleri için makinenin kumanda edildiği, operatörün konforu ve güvenliği açısından standartlar ile belirtilmiş en az bir ya da iki kapısı ve pencereleri olan kapalı ünitelerdir. Operatör; yük kaldırma, doldur-boşlalt işlemleri, makinenin sevki gibi işlemlerini kendisi veya yardımcı bir operatör yardımıyla gerçekleştirmektedir (Şekil 1.8.).



Şekil 1.8. Operatör kabinleri

İyi tasarlanmış bir operatör kabinininde bulunması gereken temel özellikler; agresif çalışma şartlarına uygun mekanik yapının, optimum görüş alanını sağlayacak yapının ve operatörün iş sağlığına ön planda tutan ergonomik koşulların sağlanmasıdır.

İş makineleri operatörlerinin karşılaştığı önemli sorunlardan bir tanesi, kaldırılan yükün her açıdan görülememesidir. Bu sorun hem yük açısından hemde çevredeki insanlar açısından önemli bir risk oluşturur. Şekil 1.8.'de gösterilen kabinlerde, kabin, şaseye hareket etmeyecek şekilde montajlanır. Ek olarak bir düzenek, teçhizat vb. yardımcı araçlara gerek yoktur. Operatörün göz hizasının üzerinde uzun süren çalışmalar olduğunda, boyun tutulması gibi rahatsızlıklar meydana gelebilmektedir. Tasarım yapılırken ergonomik koşullar göz önünde bulundurularak operatör konforu standartlar çerçevesinde maksimum seviyede tutulmaya özen gösterilir. Sabit kabinin şaseye montajlanmış birşekilde Şekil 1.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Sabit kabin (Çukurova, 2015)

Operatörün, çalışma alanını istediği gibi takip edecek konuma gitmesine olanak sağlayacak şekilde tasarlanmış olan Şekil 1.10.'da gösterilen kabinler harketli kabinlerdir. Operatöre maksimum görüş açısını yakalayana kadar kabini istediği gibi hareket ettirme yeteneğine sahip kabin çeşididir. En konforlu çalışma ortamını operatörün kendisi ayarlar (Şekil 1.10.).



Şekil 1.10. Hareketli kabin (Hidromek, 2020)

1.4. Ses ve Gürültünün Temelleri

Yüksek yoğunluklu bir ortamda düşük yoğunluklu bir ortama bağlı olarak ses daha hızlı yayılır. Duyduğumuz sesin çoğu havadaki bir basınç değişimidir. Uzunlamasına bir basınç dalgasıdır. Hava, hareket eden, titreşen, salınan veya titreşen her nesneden geçer. Ses, kaynaktan yayılan bir tür mekanik enerjidir. Havada ses, normatif sıcaklık ve basınçta 344 m/s hızla ilerler. Yoğunluk ters kare yasasına göre belli bir mesafede düşer, yani mesafe iki katına çıktığında havadaki hava yoğunluğu kaybı 4 kat olur. Bu durumda, boş alan koşullarında, engel veya diğer engelleyici nesneler olmadığı varsayılır.

Çelikte ses 5060 m/s hızla hareket eder ve ters kare yasası geçerli değildir. Çelikteki sağlam ilerlemeden yaklaşık 15 kat daha hızlı olacaktır. Ses enerjisi metal malzemede her yöne eşit olarak yayılmaz, metal sınırları içinde bir dereceye kadar sınırlıdır. Ses enerjisi metal yolla ilgilidir, ancak havadaki sesin azalması oldukça hızlıdır. Katılarda veya sıvılarda zayıflama çok daha düşüktür. Çizelge 1.1. ortam türünü ve ses hızını gösterir.

Sesin bir kaynağı, bir yolu ve bir alıcısı vardır. Gürültü problemini çözmek için açıkça bunlardan üçünün tanımlanması gerekir. Kaynak ve alıcı genellikle düz ilerler. Sesin enerji yoğunluğu çok düşüktür. Ses enerjisi genellikle Pico watt (pW) olarak ölçülür. İnsan kulağının aşırı hassasiyeti, bu enerjilerle son derece küçük miktarlarda dengelenir. Modern elektronik sensörlerin duyarlılığı, insan duyarlılığı ile neredeyse orantılıdır.

Çizelge 1.1. Ortam türü ve ses hızı (Wang, 2010)

	Ses Ortamı			
	Akarsu	Tuzlu Su	Beton	Çelik
Hız (m/s)	1481	1500	3100	1500

Boş alana yerleştirilirse veya ses yolunda bir engel varsa sese karşılık gelen parça yansıtılır, parça emilir ve kalan parça nesne veya engel üzerinden aktarılır (Wang, 2010).

Ses, günlük yaşamın o kadar yaygın bir bileşenidir ki, nadiren tüm işlevlerini kavrarız. Ses ayrıca; tekerin sesi ve motorun subap sesi gibi sesleri değerlendirme ve tanımlama yapmamızı sağlamakla birlikte çoğu zaman ses bizi rahatsız eder. Pek çok ses nahoş veya istenmeyen seslerdir ve bunlara gürültü adı verilir. Bununla birlikte, sıkıntı derecesi sadece sesin kalitesine değil, aynı zamanda ona karşı yaklaşımımıza da bağlı. Yeni jet uçağının kalkış sesi, tasarım mühendisi tarafından zararsız ve hoş olarak değerlendirilebilir ancak kalkış pistinin çevresinde yaşayanlar tarafından rahatsız edici olabilir. Ancak sesin rahatsız etmesi için yüksek olması gerekmez. Ayrıca, ses zarar verebilir ve tahrip edebilir. Sonik bir patlama, pencereleri kırabilir ve duvarların sıvalarını dökebilir. İnsan sağlığı açısından en önemlisi, sesin onu almak için tasarlanmış hassas mekanizmaya - insan kulağına - zarar vermesidir. Ölçümler, sesleri tam olarak tanımlama ve değerlendirme imkânı sağlar. Ses ölçümleri ayrıca rahatsız edici seslerin hassas, bilimsel analizine izin verir. Ancak, bireyler arasındaki psikolojik ayrım nedeniyle, rahatsızlık derecesinin belirli bir kişi için bilimsel olarak ölçülmediğini belirtmeliyiz. Ancak yine de ölçümler, farklı koşullar altında rahatsız edici sesleri karşılaştırmak için pratik bir yöntem sağlar.

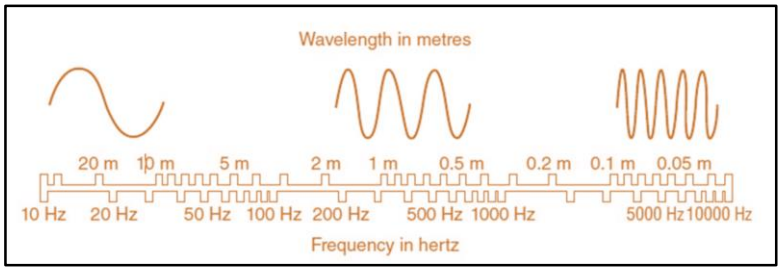
Ses ölçümleri ayrıca bir sesin işitsel algıya zarar verebileceğine dair net kanıtlar sağlar ve düzeltici önlem alınmasına izin verir. İşitme kaybının derecesi, kişinin işitme tepkisini ölçen odyometri ile belirlenebilir. Bu nedenle, ses ölçümleri işitsel koruma programlarının çok önemli bir parçasıdır.

Sonuç olarak, ses ölçümü ve analizi, havaalanlarından fabrikalara, apartmanlara ve kayıt stüdyolarına kadar çeşitli gürültü azaltma uygulamaları için kritik bir teşhis aracıdır. Gürültü ölçüm teknikleri, deneyimlerimizin katkıları göz önüne alındığında, yaşam kalitemizi iyileştirmeye yardımcı olabilecek bir araçtır (Brüel & Kjær, 1984).

1.4.1. Ses ve Gürültü

Ses titreşim halinde havadan gelir. Kulaklar şiddetli genlik veya seviyeden zarar görebilir. Sessizliğin talep edildiği alanlardan biri de araç kabinleridir. İstenilen bu sessizlik aracın iç akustiği kapsamında değerlendirilir. Yankı süresinin ve arka gürültünün azaltılması, araç içi akustiğin en önemli faktörlerinden biridir. Çevre kirliliği olarak kabul edilen istenmeyen seslerin tamamına gürültü denir. Gürültü kirliliği her geçen gün toplumu daha fazla ilgilendiren bir konu haline gelmiştir.

Ses, periyodik bir yöntem olarak tanımlanır (çevrede en azından işlevsel düzeyde). Ses dalga boyu ve frekans arasındaki dönüşüm bağlantısı Şekil 1.11'de gösterilmiştir. Ses, enerji aktarımını içerir. Ses yayılımı enerji aktarımı yapabilir, ancak malzemenin hareket etmesine neden olmaz. Parçacıklar, çevrelerindeki normal dinlenme pozisyonlarını serbest bırakmaktan heyecan duyarlar, ancak sesle birlikte süpürülmezler. Örnek vermek gerekirse, bir konuşmacının ağzındaki hava molekülleri, dinleyiciden konuşmacının sesini duymanın yollarını bulmasını talep etmez (Wang, 2010).



Şekil 1.11. Sesin dalga boyu (Brüel & Kjær, 1988)

Böylece hem esnek hem de eylemsiz parçacıkların normal dinlenme konumları etrafında salınabilirler, böylece üzerine bir geri yükleme kuvveti uygulayan yer değiştirmiş bir parçacık orijinal durma konumunu aşacaktır. Sesin havadaki hızı, c, sıcaklıkla artıyor. Havadaki ses hızı da yükseklikle azalır. Çizelge 1.2. ses hızının yükseklik, sıcaklık ve basınca göre nasıl değiştiğini göstermektedir.

Çizelge 1.2. Rakım ve ses hızı (Brüel & Kjær, 1988)

Rakım (m)	Sıcaklık (K)	Basınç (Standart Atmosferler)	Hava Yoğunluğu (kg/m3)	Hız (m/s)
0	288	1	1,225	340,3
1000	281	0,887	1,1117	336,4
10000	223	0,262	0,4135	299,5

1.4.1.1. Sese Ait Tanımlamalar

a) Gürültü: Subjektif bir kavram olmakla beraber düzensiz titreşimler, bir başka deyişle istenmeyen ve anlam ifade etmeyen rahatsızlık verici seslerdir.

b) Akustik: Akustik ses bilimi olarak tanımlanır. Bu bilim, ses dalgalarının oluşumu, iletimi ve işitme ile ilgili konuları inceler ve uygulama olanaklarını araştırır.

c) Ses: Bir kaynağın ortam basıncında oluşturduğu dalgalanmaların temel adıdır. Boşlukta veya vakumda yayılmayan ses, bir ortamda parçacıkların herhangi bir nedenle titreşmesiyle oluşur.

d) Ses Basıncı (p): Ortamın belirli bir noktasındaki ani basıncın, ortamın statik basıncından farkı olarak tanımlanır. Pa (Pascal) veya N/m² birimi ile ölçülür.

e) Sesin Genliği: Sesin genliği, basınç dalgalanmalarının büyüklüğüdür. Ses basıncı birimi Pa (Pascal) veya N/m²'dir.

f) Ses Gücü (P): Kaynağın birim zamanda ortama yaydığı akustik enerjidir. Birimi Watt (W)'dır. Bu büyüklük ses kaynağını karakterize etmektedir.

g) Ses Şiddeti (I): Birim alanda birim zamanda geçen akustik enerjidir. Birimi Watt/ m²'dir. Yalnız yayılan alanlarda sıfırdan farklı bir değere sahip olan ses şiddeti, bir ortamda belli bir noktadan geçen net enerji akımı miktarını ve doğrultusunu karakterize etmektedir. Sesi oluşturan titreşimlerin atmosferde yarattığı basınç, sesin şiddetini belirler. Ses basınç düzeyi "desibel (dB)" ile ölçülür.

h) DesiBell Ölçeği (dB): İnsan kulağı sesleri lineer değil, logaritmik ölçekle algılar. Akustik ölçümleri, haberleşme tekniğinde ve diğer ölçümlerde seviye belirlenmesinde kullanılmak üzere logaritmik bir ölçek olan desiBell ölçeği

geliştirilmiştir. Kulağımız 0–140dB arasındaki sesleri algılar. Bu gösteriş biçimi diğer bir ses gücü kaynağına bağımlıdır. Bir ses gücü kaynağını kesin terimlerle tanımlayabilmek için referans bir değere ihtiyaç vardır. Bu değer "PİCOWATT"dır.

Ses gücü seviyesi = 10 log 10 W dB W0
W0 = 10-12 pico watt

Yukarıdaki denklemde yer alan 10 katsayısı günlük hayatla bir uyum sağlayabilmek için Bell'i desiBell'e önüştürmek amacıyla kullanılmıştır.

i) **Ses Gücü Düzeyi (Lw):** Ölçülen ses güç değerinin dB cinsinden ifadesidir. Birimi desiBell'dir.

ii)

Lw = 10 log10 P/P0

P0 = Referans güç değeri, 1x10-12 Watt

j) Periyot (T): Bir dalganın kendini tekrarlaması için geçen süredir. Peryodun birimi zaman birimi olan saniyedir.

k) Frekans (f): Birim zamandaki dalga tekrarlama sayısıdır. Birimi 1/s veya Hz (Hertz)'dir.

l) Sesin Dalga Boyu (λ): Ses dalgasının iki tepe noktası arasındaki mesafe olarak tanımlanır ve birimi metre (m)'dir. Şekil 1.10.'da sesin dalga boyu ile frekansı arasındaki ilişki gösterilmiştir.

λ= c / f
c = Ses Hızı
f = Frekans

m) Oktav: Birinin frekansı diğerinin iki katı olan iki titreşimin aralığıdır. Ölçülen gürültünün frekans bileşenlerini ortaya çıkarmak için, mikrofondan veya diğer akustik dönüştürücüden gelen analog sinyal bant geçiren filtreler veya işlemsel Fourier Dönüşümleri kullanılır. Frekans analizleri genellikle gürültü denetimi çalışmalarında çok sık kullanılan araçlardan biridir. Gürültü ölçümlerindeki frekans analizleri sırasında, bant geçirici filtreler için bir standartlaştırmaya gidilmiş 1/1 veya 1/3 vb. gibi frekans bantlar tanımlanmıştır (Anonim, 2006).

n) Fon: Gürültünün öznel şiddetini ölçebilmek için kullanılan boyutsuz bir ölçü birimidir. Fon ölçüsü aynı şiddette (aynı basıncı yaratan) fakat frekansları değişik seslerin eş şiddetle algılanmaması olgusuna dayanmaktadır.

o) Duyma Aralığı: İnsan kulağının algılayabildiği ve frekansları 20 Hz ile 20000 Hz arasında olan seslerdir.

p) Duyma Eşiği: İnsan kulağının duyabileceği en düşük basınç dalgalanmasının etkin (rms) değeridir. Genç ve sağlıklı bir insan kulağı 1000 Hertzlik bir sesi 20 mPa (mikropaskal) civarında duyar ve bu değere insan kulağının duyma eşiği denir. İnsan kulağının acı duyma eşiği 100 Pascal'lık ses basınç seviyesindedir. Acı duyma eşiği kişilere göre farklılık gösterebilmektedir. Acı duyma eşiği gürültü şiddeti olan 120-140 dB(A) kişilere göre değişmektedir. Sağlıklı insan kulağı 20-20.000 Hz arasındaki sesleri duyar. Bu bölgeye "İşitilebilir Frekans Aralığı" denir. Bu sınırın altındaki seslere infrasonik, üstündeki seslere de ultrasonik sesler denir. Konuşma sesi aralığı da 500-2000 Hz arasındadeğişir. Uluslararası standartlara göre, işitme sistemine zarar veren gürültü düzeyi 100-10.000 Mhz ve 85 ve üzeri dB düzeyidir.

r) Ağrı Eşiği: İnsan kulağının dayanabileceği en büyük basınç dalgalanmasının etkin değeridir. Ağrı eşiğinin ortalama değeri 200 Pa ses basıncına denk gelen 140 dB'lik ses basınç düzeyidir.

1.4.1.2. Gürültüye Ait Tanımlamalar

Gürültünün tipi, onun sahip frekans bantlarına, ses düzeyinin zamanla değişmesine, ses alanlarının yapısına bağlıdır.

a) Sürekli bant gürültüsü (Beyaz Gürültü): Bütün frekans aralıklarına sahip sürekli spektrumlu seslerden oluşmuştur. Birçok gürültü sürekli bir spektruma sahiptir. Yani; gürültüyü meydana getiren sesin frekansı, tüm frekans boyunca yayılmıştır. Tabiatta mevcut bulunan bütün renklerin karışımı nasıl beyaz ışığı meydana getirirse, bütün frekans aralıklarına sahip sürekli spektrumlu sesler de "Beyaz Gürültü"yü meydana getirir. Beyaz gürültüye en iyi örnek makine gürültüsüdür.

b) Sürekli dar bant gürültüsü: Böyle seslerde birkaç frekans yoğun olarak yer alır. Döner daire testere buna örnek olarak gösterilebilir.

c) Kararlı Gürültü (Sabit Gürültü): Gürültü seviyesi, ölçüm süresince önemli değişmeler göstermeyen gürültülerdir.

d) Kararsız Gürültü: Ölçme süresince, seviyesinde önemli ölçüde değişiklikler olan gürültülerdir.

e) Dalgalı Gürültü: Ölçme süresince, seviyesinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklikler olan gürültüdür.

f) Kesikli Gürültü: Ölçüm süresinde, gürültü seviyesi aniden ortam gürültü seviyesine düşen ve ortam gürültüsü seviyesinden, yüksek değerdeki seviyelerde 1 saniyeden fazla veya 1 saniye sabit olarak devam eden gürültüdür (Trafik Gürültüsü gibi).

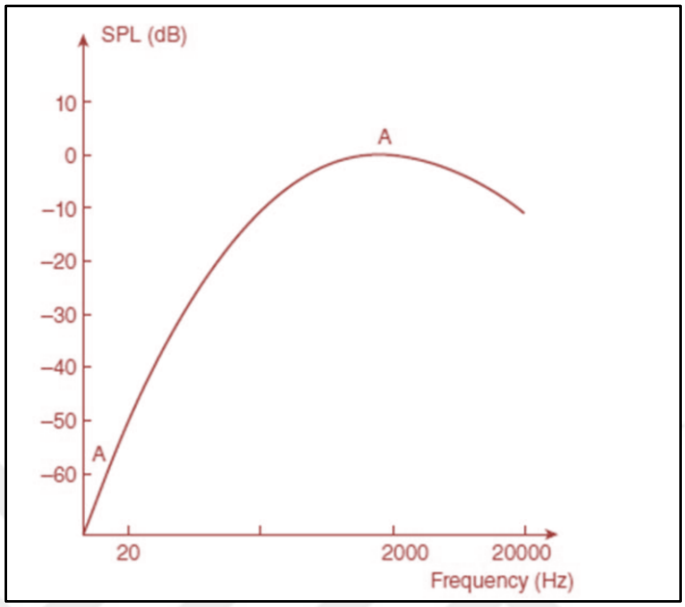
g) Vurma Gürültüsü (Anlık Gürültü): Her biri 1 saniyeden daha az süren bir veya birden fazla vuruşun çıkardığı gürültüdür (Çekiç gürültüsü gibi) (Nihan Yılmaz, 2010).

Gürültü kontrolünün 3 aşamasından bahsedebiliriz:

- Kaynakta kontrol (işletme şartlarının iyileştirilmesi, susturucu takılması, kaynak yerinin değiştirilmesi, titreşim yalıtımı, gürültü kaynağının izole edilmesi, daha sessiz bir çalışma prensipli makine veya işlem tercih edilmesi)
- Gürültüye maruz kalan kişilerin korunması (Kişisel koruyucu kulaklıklar veya poliüretan tıkaçlar kullanılması)

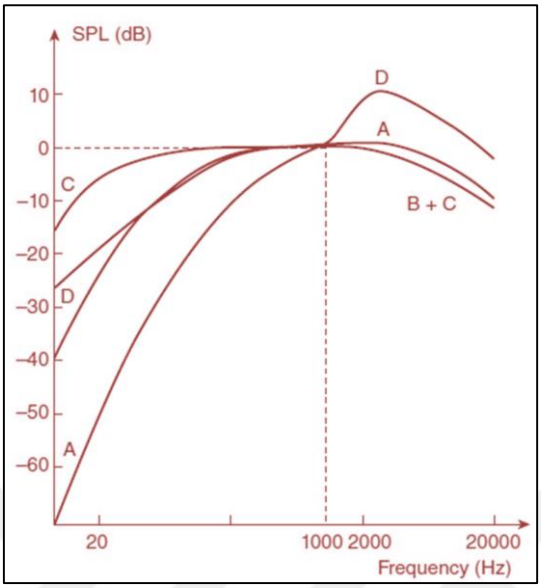
1.4.2. Frekans ve Ses Basıncı Seviyesi

İnsan kulağı tüm frekanslardaki seslere homojen bir şekilde yanıt veremez. İnsanlar düşük frekanslı seslere (yaklaşık 20 Hz'nin altında) ve yüksek frekanslı seslere (yaklaşık 20000 Hz'nin üzerinde) duyarsızdır ve 2000 Hz civarındaki seslere karşı en hassastır. İnsan işitme tepkisi yaşa göre değişir. Tipik insan işitme tepkisi Şekil 1.12.'de gösterilmiştir. Bunu telafi etmek için, ses seviyesi ölçüm cihazının "A" ağırlıklandırma tepkisi, insan kulağının yansımalarına yaklaşacak şekilde metriğin tepkisini ayarlar. Ses seviyesi ölçerde doğrusal ağırlıklandırma yoktur. Mikrofilmden gelen ham sinyal, değiştirilmemiş ses seviyesi ölçerlerde doğrusal ağırlıklandırma karakterinden geçer. Bu nedenle insan işitme hassasiyetine yaklaşmak için "A" ağırlık unsuru kullanılabilir. Bununla birlikte, frekans analizi kullanarak bir araştırma çalışması gerçekleştirirken spektrumun herhangi bir parçasını değiştirmeye gerek olmadığı için ses seviyesi ölçerlerde doğrusal ağırlıklandırma ağırlığı uygundur (Wang, 2010).



Şekil 1.12. İnsan işitme tepkisi (Brüel & Kjær, 1984)

A,B,C,D ses basınç seviyeleri grafiği Şekil 1.13.'de gösterilmiştir. Önceden belirtildiği üzere A eğrisi (Şekil 1.12.'de olduğu gibi) yüksek oranda şiddetlenerek insan işitme seviyesine yaklaşma şeklini göstermektedir. Düşük ses seviyelerinde ters denge eğrisi A'ya tekabul etmektedir. Ses seviye grafiğinin ortalarına denk gelen B eğrisi ise yükses seviyelerde bulunan C eğrisiyle eşitlenir ve beraber devam eder. D eğrisi ise hava araçlarının gürültü ölçümlerinde kullanılır. Genellikle A eğrisi nominal değerlendirmeler için uygundur. Fakat B ve C kişisel testler için pek kullanılabilir.



Şekil 1.13. Ses seviyesi ölçerler için ağırlık eğrileri (Brüel & Kjær, 1984)

1.4.3. Desibel Ölçekleri

Ses seviyesi, gürültü kaynaklarının ses gücü (W) çıkışı ve belirli bir alandaki ses basıncı (Pa) genliği açısından geniş alanda tanımlanır. Ancak, genişletilmiş güç aralığı ve karşılaşılabilecek ses basıncı genliği nedeniyle desibel ölçekler (dB) kullanışlıdır. Çizelge 1.3.'te 0,001 - 1000 W ses çıkış aralığına (bir milyon kat) sahip makineler ve insan sesinin 0,000 000 001 – 0,001 W aralığında (bir milyon kat) güç çıkışı olduğu görülmektedir.

Çizelge 1.3. Farklı kaynaklar için tipik ses gücü seviyeleri (Brüel & Kjær, 1984)

Kaynak	Ses Gücü Çıkışı(W)
Satürn Roketi	25 – 40 Milyon
Brülörlü Askeri Jet Motoru	100 000
Turbojet Motor	1000 – 10 000
Dört Motorlu Pervaneli Uçak	100–1000
75 Kişilik Orkestra	10–1000
Küçük Uçak Motoru	1–10
Piyano	0,1–1
Araba Alarmı	0,1
Hi- Fi - Doğal ses	0,01
Hareket Eden Araba	0,001–0,01
Fan	0,001
Bağıran Kişi	0,0001–0,001
Konuşma sesi	0,000 01
Fısıldayan ses	0,000 000 001

Günlük gürültü ortamları dikkate alınarak 0,0002 ile 20 Pa arasındaki basınç genliklerinin ilişkisi Çizelge 1.4.'te gösterilmiştir. Bu aralıktaki ses basıncı genlikleri insan kulağı tarafından algılanabilir.

Çizelge 1.4. Farklı kaynaklar için tipik ses basınç seviyeleri (Wang, 2010)

Çevresel	Ses Basıncı Genliği (Pa)	Açıklama
Satürn Roketinden 100 M	200	Kulak Ağrısı Eşiği
Rock Konserinin Önünde	20	Potansiyel Olarak Zararlı
En Gürültülü Fabrika	2	Zararlı
Karayolu Veya Demiryolu Yanında	0,2	Gürültülü
Yoğun Restoran	0,02	Orta Derecede İşitme
Sessiz Banliyö Caddesi	0,002	Sessiz
Kayıt Stüdyosu	0,0002	Çok sessiz

Ses seviyelerinin mevcudiyetini kolaylaştırmak için genellikle desibel ölçeği kullanılarak tanımlanırlar:

$$L = 10 \log_{10} \left[\frac{x}{x_{ref}}\right] dB \quad (2.1)$$

$$X = X_{ref}\left[\frac{10^{L/10}}{10}\right] \quad (2.2)$$

Ses basıncı seviyesi (L_p), kare ses basıncı genliğinin işitme eşiğine oranı olarak tanımlanır:

$$L_p = 10\log_{10}\left[\frac{p^2}{p_{ref}^2}\right] = 20\log_{10}\left[\frac{p}{p_{ref}}\right] dB \quad (2.3)$$

$p_{ref} = 20x110^{-6}Pa.$

Bu aralık dikkate alındığında günlük gürültü ortamlarının 0-120 dB ses basınç seviyeleri aralığında olacağı görülmektedir. İçten yanmalı motorlarla ilişkili nitelik çalışma basınçları, karşılaştırma yöntemiyle aşağıda listelenmiştir:

- Pik silindir basıncı ≈ 60 bar ≈ 230 dB.
- Egzoz basıncı dalgası ≈ 0,8 bar ≈ 192 dB.
- Giriş basıncı ≈ 0,2 bar ≈ 180 dB.

Ses gücü seviyesi (Lw), ses gücünün 10^{-12} W referans gücüne oranı olarak tanımlanır:

$$L_w = 10\log_{10}\left[\frac{w}{W_{ref}}\right] dB \quad (2.4)$$

$$W_{ref} = 10^{-12}\ W \quad (2.5)$$

Yukarıda belirtilen değerler dikkate alındığında günlük makineler 70-160 dB ses gücü üretirken, normal şartlar altında insan sesi 30-70 dB ses gücü üretebilmektedir. İki veya daha fazla makinenin veya ses kaynağının ses seviyeleri

ölçülerek, makinelerin çalışma sırasındaki toplam ses basınç seviyesi belirlendiğinde ses seviyeleri toplanır ve toplam ses seviyesi elde edilir. Ancak logaritmik ölçek nedeniyle desibeller doğrudan birbirine eklenemez (Wang, 2010).

1.4.4. Araç Gürültüsü

Araç hızlanmak için güç ürettiğinde bu gücün bir kısmı ses gücüne dönüşerek iletim sırasında bir kısmı ise kullanımda ve üretim sırasında havaya yayılır. Akustik güce dönüştürülen mevcut araç gücünün kesirleri genellikle çok küçüktür. Ancak, yüksek bir ses kaynağı elde etmek için bir miktar akustik güce sahip olmak gerekir.

Araç çalışması sırasında oluşan gürültü iki kategoride incelenir; havada iletilen gürültüye havadaki (havadan yayılan) gürültü, araç şasisinden yayılan gürültüye ise yapıdan kaynaklanan (yapı kaynaklı) gürültü denir.

1.4.5 Hidrolik Sistemlerde Gürültü

Hidrolik sistem, güç yoğunluğu, yoğunluk ve hızlı tepki gibi avantajları nedeniyle çoğu endüstriyel ve mobil ekipman için tercih edilen güç aktarım kaynağı olmuştur. Akışkan gücü sistemleri, endüstriyel, arazi araçları, otomotiv sistemleri ve uçakları içeren geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Ancak, hidrolik sistemlerdeki ana zorluklardan biri, bunların ürettiği gürültüdür. Gürültüyle ilgili sağlık ve güvenlik sorunları yıllardır bilinmektedir ve mevzuat artık üreticilerin gürültü seviyelerini en aza indirmeleri için net talepler getirmektedir (EDGE, 1999).

1.4.6. Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Aşırı gürültü verilen dikkati azaltmakta, sinirliliğe yol açmakta, anlaşma olanaklarını kısıtlamakta, kişiler arasındaki ilişkiler üzerinde olumsuz etki yaratmakta ve işitme duygusunun azalmasına kadar gidebilmektedir. Ayrıca gürültülü ortamda çalışmalarda zamanla konsantrasyon, dikkat ve reaksiyon

kapasitesi zayıflar, bunun sonucu olarak çeşitli fonksiyonel bozukluklar (yorgunluk, uyku bozuklukları baş ağrıları, dolaşım semptomları gibi) ortaya çıkar.

İşitme ile diğer duyu organları, sinir sistemleri ve duyu merkezleri arasında çok çeşitli etkileşimler vardır. Ani gürültüde refleks halinde insanın başı sese doğru döner, gözler o tarafa yönelir uykudan sıçrama halinde uyanılır. Bir takım yöneticilerin sandığı ve savunduğu gibi gürültüyü alışmak kolay değildir. Kaldı ki gürültüye alışılsa bile yan etkilerinden kurtulma olasılığı hemen hemen yoktur.

Makineleşmenin yoğunlaşması nedeniyle giderek artan gürültü ve çoğu kez onunla birlikte gelen titreşimin olumsuz etkileri sadece fizyolojik nitelik taşımaz. Çalışanın sinir sistemi ve ruhsal yapısı üzerinde izleri çok zor silinebilecek etkilerde yaratır. Gürültüyü zararlı etkileri açısından şu aralıklarda incelemek olanaklıdır:

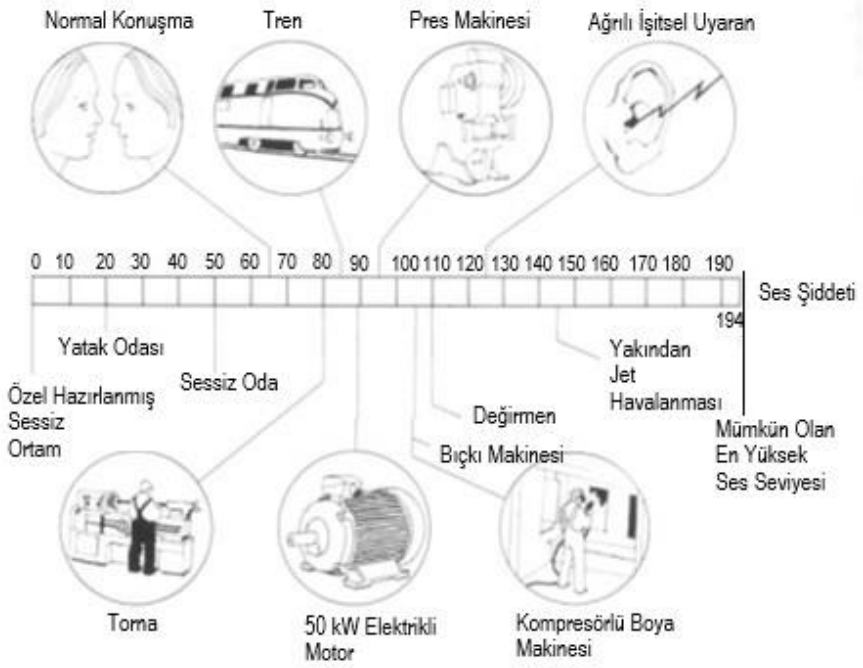
- 30-65 dB(A) gürültü aralığı: Kişinin gürültünün kaynağı ile olan ilişkisi, yaptığı iş, ruhsal ve fiziksel durumu bu şiddetteki gürültüde rahatsız olupolmayacağım belirleyen faktörlerdir.
- 65-90 dB(A) gürültü aralığı: Psişik reaksiyonların yanında dolaşım bozuklukları da bu gürültü düzeyinde söz konusudur. Bunlar kişinin gürültüden etkilenme derecesinden ve gürültüye olan alışmışlıktan bağımsız olarak oluşur.
- 90-120 dB(A) gürültü aralığı: Bu şiddetteki bir gürültü uzun sürersekulakta kalıcı sağırlığa neden olabilir. Etkisi belki günler sonra ortadan kalkar.
- 120 dB(A) üstü: Bu düzeyde kısa bir süre için bile duyma duyusu hasara uğrayabilir.

Artan gürültü düzeyi, beceri gerektiren el işleri ve düşünsel çalışmalarda, konsantrasyon kaybı nedeniyle başarı yüzdesi düşmektedir. Uygulamada bedensel

işlerde 80 dB'i geçen ses ortamların iş gücü verimi düşer. Genel olarak çeşitli işlerde üst sınır olarak şu değerler geçerlidir;

- Sürekli ve yoğun zihinsel çalışma gerektiren işlerde 50 dB
- Büro ve benzeri işlerde 70 dB,
- Diğer ve bedensel işlerde 90 dB.

Şekil 1.14.'te çevremizde bulunan bazı gürültü kaynaklarının ses basınç düzeyleri dB olarak verilmiştir.



Şekil 1.14. dB değerleri gösterilen bazı gürültü kaynakları (Ingemansson ve Elvhammar, 1995)

Gürültü basınç düzeyi ve etki süresine göre geçici kulak yorgunluğuna ve sağırlığa neden olabilir. Yoğun ve yüksek frekanslı seslerle, aniden patlama şeklinde

oluşan ve uzun süren sesler tehlikelidir. İleri yaşlarda bu risk daha da artar. Tek bir tondan oluşan gürültü, çeşitli tonları kapsayanlardan daha çok rahatsızlık verir. Kısa aralıklarla oluşan gürültü, sürekli gürültüden daha çok rahatsız edicidir. Gürültü sessiz ortamlarda daha etkilidir. Buradan hareketle, hangi iş kolunda olursa olsun, gürültüye maruz kalan çalışanların iş verimi ve sağlık durumları üzerindeki etkiler kabul edilmiş bilimsel ölçütlerlde değerlendirilmek zorundadır. Çizelge 1.5.'de ses basınç düzeylerine (dBA) göre izin verilebilir maruz kalma süreleri verilmiştir (OSHA,1983).

Çizelge 1.5. Gürültü Ses Düzeyine Göre İzin Verilebilir Maruz Kalma Süreleri

Ses Basınç Düzeyi, (dBA)	Maruz Kalma Süresi, (h)
90	8
95	4
100	2
105	1
110	½
115	¼

Çizelgeden de görüldüğü gibi her 5 dBA'lık ses basınç düzeyi artışına karşılık izin verilebilir maruz kalma süresi bir önceki değere kıyasla yarı yarıya azalmaktadır.

Gürültünün insan üzerindeki olumsuz etkileri üç grupta incelenir;

- İşitme duyusuna yaptığı olumsuz etkiler,
- Fizyolojik ve
- Psikolojik etkiler.

İşitme duyusu zedelenen bir kişide, işitme kaybı ya da işitme eşiğinin kayması adı verilen, işitme yeteneğinde azalma görülür. Işitme eşiğinin kayması, geçici olabileceği gibi kalıcı da olabilir. Eşik kaymasının kalıcı ya da geçici olması ve eşik kaymasının derecesi; etkisi altında kalınan gürültünün düzeyine, gürültünün

frekans dağılımına, kişinin bu gürültünün etkisinde kaldığı süreye ve kişisel duyarlılığa bağlıdır.

Gürültünün etkisinde kalınan süre ifadesi, kişinin sürekli olarak gürültünün etkisi altında kaldığı süreyi ve aralıklı olarak gürültünün etkisinde kaldığı toplam yılları kapsamaktadır. Yani, belirli yükseklikteki sesin etkisinde belirli bir süre kalmak işitme kaybına yol açacağı gibi, belirli bir süre zararlı olmayacak düzeydeki sesin etkisinde çeşitli aralıklarla yıllarca kalmak da işitme kaybına yol açabilir (ISO 11202).

Başlıca fizyolojik etkiler; kas gerilmeleri, stres, kalp atışlarının hızlanması, kan damarlarının büzülmesi, kan basıncında artış, göz bebeği büyümesi ve uykusuzluktur. Bunların çoğu kısa süren etkilerdir.

Yalnız stres ve uykusuzluk, gürültünün uzun süreli fizyolojik etkilerindendir. Gürültünün psikolojik etkileri ise; sinir bozukluğu, korku, rahatsızlık, tedirginlik, yorgunluk, zihinsel etkinliklerde yavaşlama ve iş veriminin azalması olarak sıralanabilir (Sabancı ve ark., 1999).

1.5. Çalışmanın Amacı

İş makineleri genel olarak ağır iş ve gürültülü alanlarda faaliyet göstermektedir. Özellikle yerleşim yerlerinde çalışan iş makineleri çalışmaları sırasında gürültü kirliliğine sebep olmaktadırlar. Çevre ve operatör açısından gürültü önem arzetmektedir. Operatör kabini ergonomisin ve tasarımının önemi kadar kabin içerisindeki gürültünün seviyesi de önemlidir. Bu çalışmada temel amaç operatörün çalışma şartlarının maksimum seviyede tutulmasıdır. Yüksek gürültüye maruz kalan insanların, ilerleyen zamanlarda duyma yetisinde kayıplar yaşadığı iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili raporlarda kayıt altına alınmıştır.

Bu çalışmada, kazıcı-yükleyici makinenin gürültü kaynağının tespiti, çevreye yaydığı gürültü düzeyi, kabin içi gürültü düzeyinin incelenmesi, yapılan akustik testlerin değerlendirilmesi ve buna göre üretici firmanın önerisi ile tercih

edilen izolasyon malzemesinin araç içi gürültü seviyesine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Panza (2015) çalışmasında, bir araçtaki gürültü titreşim sertliği kaynaklarını analiz etmek ve tespit etmek için en uygun deneysel teknikler olarak kabul edilen akustik holografi, transfer yolu analizi, sipariş takibi gibi gürültü haritalama tekniklerini anlatmıştır. Çalışmada gürültü titreşim sertliği çalışmalarının deneysel tekniklerinin temel amacı olan gürültü kaynakları ve araç içindeki transfer yolu analizine odaklanılmıştır. Ayrıca yaptığı çalışmalarda yapısal ölçüm teknikleri, deneysel modal analiz, operasyonel modal analiz ve sehim analizine yer vermiştir. Çalışmada dikkate alınması gereken bir diğer önemli faktör de gürültünün kalitesidir. Bir araçta kullanıcının algısı için en sık kullanılan ses kalitesi ve psikoakustik metriklerden bazıları artikülasyon indeksi , ses yüksekliği ve keskinliktir. Bu örneklerin sağlıklı kalite ölçüm, ölçüm yöntemleri birim ve formülleri ile açıklamaları anlatılmıştır. Keskinlik, çalışmayı içeren gürültünün frekans içeriğini dikkate alan bir diğer önemli ölçüdür, yüksek frekanslı gürültü seviyesi ile genel seviye arasındaki oran olarak tanımlanır; ses yoğunluğu ile ilgili değildir, ancak genellikle rahatsız edici kabul edilen metalik gürültü bileşenleri için yüksektir. Sonuç olarak günümüzde kullanılan araçlarda gürültüsü ve titreşim özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarında kullanılabilecek birçok deneysel tekniğin sonuçlarının ortaya konduğu bu çalışmada belirtilmektedir.

Panda (2016) çalışmasının amacı, güç aktarma sistemlerinde gürültü titreşim sertliği konusunu ele almak için kullanılan analiz teknikleri ve doğrulama yöntemleri hakkında literatüre bir bakış sağlamak ve aynı zamanda mevcut ve gelecekteki eğilime ilişkin analiz öncülerini kapsamaktadır. Bu çalışmada amaçlanan, güç aktarma organı gürültü titreşim sertliği analizinin gelişimini, mevcut uygulamayı ve otomotiv endüstrisinde düşük ve orta frekanslı gürültünün tahmini, karakterizasyon süreci ve azaltılması ile ilgili önerilen yeni yolları göstermektedir. Konunun

çalışmasında, güç iletim sistemlerinde kullanılan sonlu elemanlar analiz yöntemlerinin tanımı ve örnekleri ele alınmıştır.

Balaban (2010) çalışmasında dört silindirli dizel motorlu bir traktör gürültü kaynaklarının belirlenmesine odaklanmıştır. Ses gücü seviyesi belirleme yöntemleri, gürültü verilerinin spektral analizi ve ses şiddeti ölçüm teknikleri kullanılarak traktörün sağ ön, ön panjur ve sol ön bölümlerinden veriler toplanır. Balaban (2010), aktif ve pasif gürültü kontrol sistemlerinin yöntemlerini anlatmış ve bu çalışmalarla ilgili örnekler vermiştir. Bu çalışma, gürültü kontrolünde titreşim yalıtımının önemini vurgulamaktadır. Çalışma halindeki traktörün verilerinde elde edilen bilgilerde gürültü kaynakları soğutma fanı, egzoz borusu susturucusu ve motor olarak belirlendi. İyileştirme çalışmasında, akış kaynaklı gürültüyü azaltmak için soğutma fanı daha yüksek kanat açısına sahip olacak şekilde seçilmiştir. Ayrıca, aktarma organları gürültü seviyesini azaltmak için yeni helis dişli takımları kullanılmaktadır. Ayrıca egzoz borusu ile montaj platformu arasında izolasyon elemanı kullanılarak ses şiddeti ölçümü de azaltılmıştır. Balaban (2010), gürültü şiddeti ölçümü ve gürültü kontrol tekniklerini kullanarak, traktörün yoldan geçen gürültü seviyesinde ve operatörün kulak gürültü seviyesinde 3 dB'lik bir iyileştirme sağlamıştır. Motor susturucusunun uygun yazılımlar yardımıyla akustik olarak analiz edilebildiği ve gelecekte egzoz boruları ve susturucuların bulunabileceği çalışmanın sonunda vurgulanmıştır.

Eisele ve arkadaşları (2005), araç içi gürültü simülasyonunun gürültü titreşim sertliği büyüme sürecinin uygulanmasını araştırmalarında anlatmıştır. Araç içi gürültü simülasyonu tekniğinin faydasını göstermek için bir minibüsle ilgili bir deneme çalışması yapılmıştır. Yapıdan kaynaklanan ve havadan yayılan gürültü yolları dahil edildiğinde, simüle edilmiş ve ölçülen gürültü arasında iyi bir ilişki elde edilmiştir.

Lumnitzer ve Bilova (2011), gürültü emicilerin akustik karakterini belirlemek için kullanılan ileri teknikler üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu

çalışmanın amacı, ses emici malzemelerin akustik parametrelerinin belirlenmesi ve bu parametrelerin tanımlanmasıdır.
Akustik parametreler aşağıdaki gibidir:

- ✓ Ses emme katsayısı
- ✓ Ses basıncı yansıması
- ✓ Ses basıncı vb.

Ayrıca çalışmada emilim performansını etkileyen kritik malzeme özelliklerini gösteren liste olarak listelenmiştir.

- ✓ Yoğunluk
- ✓ Gözeneklilik
- ✓ Bükülme

Sistem özellikleri:

- ✓ Toplam kalınlık ve yüzey
- ✓ Yalıtım malzemesi varlığı
- ✓ Kaplama dahil katmanların varlığı.

Bu çalışmada klasik ölçüm yöntemlerinden biri olan empedans tüp yöntemi şekil ve formüllerle anlatılmıştır. Yöntemin tarihçesi ve ilkelerinden ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Bu yöntemin avantajları doğru ve hızlıdır. Bir diğer klasik ölçüm türü olan Alfa kabin test tekniği(çınlama) de çalışmada yer almaktadır. Örnek yalıtım malzemesinin koşulları, oda boyutları ve ses emme katsayılarının nasıl belirlendiği detaylı olarak anlatılmıştır.

Haverkamp (2000), araç gürültüsü problemini iletilen ses enerjisi analizi ile çözmeye yönelik bir araştırma yapmıştır. Çalışmanın girişinde ses iletimindeki kayıplar tanımlanmış ve ses kontrolüne etkileri hakkında bilgi verilmiştir. Bu çalışmada ses iletim kaybı, tanımlanmış şekillerle görselleştirilmiş ve formüllerle temsil edilmiştir. Bu yöntemin temel avantajının binaların akustiklerine de uygulanabilmesi olduğu belirtilmiş, toplam gücün tam radyasyon yönü bilgisi olmadan birkaç mikrofon ile ölçülebilir olduğu belirtilmektedir.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, araç gövdesi bileşenlerinde ses iletimi kaybının ölçümü ele alınmıştır. Bu bölümde, araç gösterge panelinin hava kaynaklı ve yapısal kaynaklı uyarım davranışı ayrıntılarıyla anlatılmaktadır. Sönümleme katmanları kullanılarak araç gösterge panelinin panellerinde modifikasyonlar yapılmıştır. Sonuç, sönümleme katmanlarının uygulanmasında ses radyasyonunda bir azalma olmuş ve toplamda > 3dB'lik bir azalma olarak sonuçlanmıştır.

Esenboğa (2014), bir otobüsün ısı ve ses yalıtımının geliştirilmesi üzerine bir iyileştirme çalışması yapmıştır. Esenboğa (2014) çalışmasında 3 dingilli bir otomobil üzerinde ısı, gürültü ve titreşim tespiti yapmış ve sonuçlar ışığında uygun yalıtım seçimini yapmıştır. Akustik ve vibrasyonun temel prensipleri çalışmanın başında anlatılmaktadır. Bu açıklamalar formüllerle desteklenmiştir. Esenboğa (2014), çalışmanın ileri bölümlerinde bir araç tasarımının aşamalarını paylaşıyor. Bu prospektüs, araç tasarlanırken aracın akustiğinin ve titreşimlerinin nasıl ele alındığını ve bunların nasıl ele alındığını açıklamıştır. Çalışmada otobüs izolasyonlarının montajı öncesi ve sonrası testler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Operasyonun sonuç raporu, otobüsün iç ses kalitesinin arttığını göstermiştir.

İzolasyon çalışması ile motor egzozundaki ısı yalıtımının etkin bir şekilde iyileştirildiği belirtilmiştir. Sonuç olarak 3-5 dB daha azaltılmış gürültü seviyesine sahip olan bir otobüs elde edilmiştir.

Sabancı ve arkadaşları (1999), Çukurova Bölgesi'nde bulunan üç tekstil fabrikasının dokuma ve iplik bölümlerinin gürültü düzeyini belirleme üzerine

çalışma yapmışlardır. Bu amaçla dokumave iplik makinelerinin ortama yaydıkları gürültünün 1/1 oktav bandı merkez frekanslarındaki ses basınç düzeyleri ve eşdeğer ses düzeyi değerleri ölçülmüştür. Ölçümler, Brüel & Kjear 2236 C gürültü ölçer kullanılmış ve kalibrasyon, Brüel & Kjear 4231 kalibratör (Ses basınç düzeyi: 94 dB, frekans:1 kHz) ile yapılmıştır. 1/1 oktav bandı merkez frekanslarında ölçülen ses basınç düzeyi ve eş değer ses düzeyi değerleri, insan işitme özellikleri ile kıyaslanmış ve etkileri incelenmiştir.

Sonuç olarak; Dokuma makinelerinin yaydığı ses basınç düzeyi değerleri 78,3 ile 100,8 dB arasında değişirken, iplik makinelerinde bu değerler 74,7 ile 90,3 arasında, insan kulağının en duyarlı olduğu 4000 Hz frekans değerinde ise, dokuma makinelerinin yaydığı ses basınç düzeyi 87,7 ile 98,1 dB arasında, iplik makinelerinde 81,2 ile 88,8 dB arasında değiştiği saptanmıştır. Dokuma makinelerinin yaydığı eşdeğer ses düzeyi değerlerinin ise 97,1 ile 105,5 dBA arasında değişirken, bu değerlerin iplik makineleri için 89,7 ile 93,9 dBA arasında olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonunda, gürültünün bu ortamlarda azaltılmasına yönelik öneriler sunulmuştur.

Sümer ve arkadaşları (2006), Türkiyede kullanılan biçerdöverlerin eski ve kabinsiz olarak kullanılmasından ötürü operatörlerin maruz kaldığı gürültünün belirlenmesi amacıyla, kabinli ve kabinsiz biçerdöverlerdeki gürültünün karşılaştırılması ile ilgili çalışma yapmışlardır. Operatörlerin oktav bant merkez frekanslarındaki (31.5–8000 Hz) ses basınç seviyeleri (dB) ve kulak seviyesindeki ses seviyeleri (dBA), 1976'dan 2001'e kadar dört farklı marka ve farklı yıllara sahip 37 farklı biçerdöverde ölçülmüştür. Biçerdöverlerin 15'i kabinsiz, 15'i orijinal kabinli, geri kalan yedi biçerdöver ise üretimden sonra üzerine monte edilmiş kabinlere sahiptir.

Ses basıncı seviyeleri, düşük frekanslardan yüksek frekanslara doğru azalma eğiliminde olduğu gözlemlenmiş olup bu eğilim, orijinal kabinli ve imalat sonrası kabin montajı yapılan biçerdöverlerde kabinsiz olanlara göre daha belirgindir. Düşük

frekanslara göre daha fazla rahatsız edici etkiye sahip olan orta ve yüksek frekanslarda kabin kullanımı gürültünün yalıtımında daha etkili olmuştur. Tüm biçerdöverler için ses basıncı seviyeleri düşük (31,5–500 Hz) ve yüksek (500–8000 Hz) frekanslarda sırasıyla 75–102 dB ve 46–89 dB ölçülmüş. . İnsan kulağının en hassas olduğu 4000 Hz frekanstaki ses basınç seviyeleri, kabinsiz biçerdöverlere göre imalattan sonra monte edilen kabinli biçerdöverlerde 6–17 dB, orijinal kabinlilerde ise 9–28 dB daha düşük olmuştur. Ses seviyeleri, kabinsiz, üretim sonrası kabinli ve orijinal kabinli biçerdöverler için sırasıyla 85–90, 81–83 ve 76–81 dBA idi.

Sonuç olarak bu çalışmada, kabin kullanımının, özellikle yüksek frekanslarda, gürültünün yalıtımında yararlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca yüksek sıcaklık, tozlu ortam gibi çalışma verimini olumsuz etkileyen faktörlerden operatörü korur. Yazarlar, operatörlerine sağlıklı çalışma koşulları sağlamak için Türkiye'de kiralama sisteminde şu anda kabinsiz olarak kullanılan biçerdöverlere kabin takılmasını şiddetle tavsiye etmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, üç farklı ses izolasyon malzemelerinin birbiri üzerine sıralı bir şekilde kullanarak, kazıcı yükleyici makinelerin, kabin içerisindeki gürültüsünün azaltılması amaçlanmıştır. Bununla beraber kazıcı yükleyicinin ses kaynakları ve kabin açıklıkları tespit edilmiş, önceden üretici firma önerisi ile tercih edilmiş üç adet ses izolasyon malzemesi kabinlere yapıştırılıp ilk testler yapılmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1. Akustik İzolasyon Malzemeleri

Ses kaynağı olan motor ve hidrolik pompanın ses etkileri incelendiğinde; kazıcı yükleyici kabin içinde ve dışında kullanılan akustik yalıtım malzemeleri, cam, yapıştırıcılar, paneller vs. ses seviyesinin belirlenmesinde çok etkilidir. Ayrıca bu araştırmada kazıcı yükleyici kabinin zemininde ses bariyeri kullanılmış ve etkisi incelenmiştir.

Kazıcı yükleyici kabin iç ses seviyesinin ölçülmesi amacıyla kabin yanma duvarına dıştan ve içten özel ses emici 3 farklı malzeme; ses kaynağı olan motora ait motor kaputunun iç yüzeyine nitril kauçuk malzeme uygulanıp, malzemelerin desibel değerlerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca, kazıcı yükleyici kabininin taban sacının dış yüzeyine granül kauçuk malzeme ve iç yüzeyine ise yalıtım kaplı paspas uygulanmıştır.

Genel olarak akustik yalıtım malzemelerinin kullanım alanları; ev aletleri, ısıtma/havalandırma/klima sistemleri, iş makineleri, raylı sistemler, ses ölçüm labaratuvarlarında, gemi makinelerinde, jeneratör, asansör motoru, kompresör, hidrofor, konut, hastanene gibi çoğu gürültülü ortamlarda tercih edilmektedir.

3.1.1.1. Butilen Ses Bariyeri

Malzemenin temelini EPDM/EVA sentetik ve özel ısı önleyici mineral bileşimlerinin karışımlarından oluşan ağır tabakalar oluşturur (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Butilen malzeme (MND, 2018).

Yalıtım malzemesinin avantajları: Yüksek ses yalıtımı değerleri, yüksek ısı dayanımı, direkt alev ile temasa yüksek dayanım, ve yüksek ısı karşısında kötü kokuların oluşmaması önemli özelliklerindendir (MND, 2018).

3.1.1.2. Nitril Ses Bariyeri

Materyalin yapısı, düşük yoğunluklu, kapalı hücreli, ses yalıtımlı polietilen köpükten ıluşur. Nemli ve tozlu çalışmalarda tercih edilmektedir (Şekil 3.2.).

Yalıtım malzemesinin avantajları: Yüksek ses yalıtım değerleri, kimyasal etkenlere karşı yüksek direnç, yüzeylere güçlü yapışma, nemli ortamlarda küf ve bakteri oluşumuna karşı etkili yapısı, düşük ve orta frekanslar için yüksek performans sağlamaktadır. Nitril izolasyon malzemesinin teknik özellikleri Çizelge 3.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Nitril malzemeye ait teknik özellikler (MND, 2018)

Teknik Özellikler	
Kalınlık	8 ± %10
Kullanım Sıcaklığı	-40 +100°C
Yanmazlık Sınıfı	Class 0
Isı İletkenliği	-20°C – 0,036W/mK
Sertlik	20±5 Shore00



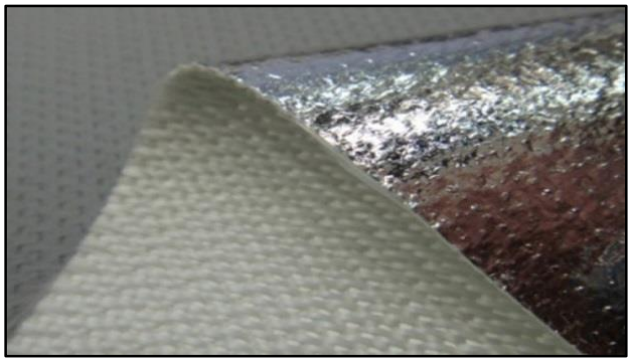
Şekil 3.2. Nitril malzeme (MND, 2018)

3.1.1.3. Cam Elyaf Ses Bariyeri

Bir yüzü taş yünü diğer yüzü alüminyum folyo kaplı üretilen; yağ ve su geçirmeyen yapısı, yangına karşı yüksek dirençli yüzeyle kaplanmış izolasyon bariyerleridir (Şekil 3.3.). Cam elyaf izolasyon malzemesinin teknik özellikleri Çizelge 3.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Cam Elyaf Malzemeye Ait Teknik Özellikler (MND, 2018)

Teknik Özellikler	
Kalınlık (mm)	8 ± %10
Yoğunluk (gr/m^2)	2100 ± %10
Sıcaklık Direnci °C	550
Isıl İletkenlik (W/mK)	0 °C 0,036 50 °C 0,043
Yangın Sınıflandırması	Yanmaz



Şekil 3.3. Cam elyaf malzeme (MND, 2018)

Yalıtım malzemesinin avantajları: yoğunluğu yüksek, esnekliği düşük sıcaklık direnci 550°C ve üzeri olan alüminyum kaplı, yüksek ısı ve alevlenme konularında yetenekli bir üründür.

3.1.1.4. Granül Ses Bariyeri

Granül kauçuk sünger malzemeler; taban yüzeylere uygulanan, titreşim ve darbeli sesleri engelleyen yalıtım malzemesidir. Pürüzlü yüzeyleri tamamıyla kaplayarak tam bir izolasyon sağlar (Şekil 3.4.). Granül akustik izolasyon malzemesinin teknik özellikleri Çizelge 3.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Granül akustik malzemeye ait teknik özellikler (MND, 2018)

Teknik Özellikler	
Ağırlık (gr/m2)	800 ± %10
Kopma Mukavemeti (kPa)	>500
Kopma Uzaması	%>40
Kalınlık (mm)	8 ± %10



Şekil 3.4. Granül malzeme (MND, 2018)

Yalıtım malzemesinin avantajları: ısı ve ses yalıtımında tercih edilebilmesi, nemli ortamlarda küf ve bakteri oluşumuna karşı etkili yapısı, düşük kalınlıklarda yüksek performans sağlamaktadır.

3.1.1.5. İzolasyon Kaplamalı Paspas

Kabin taban saclarına uygulanan paspasların görevleri, montaj elemanlarının görünmesini engellemek, kaygan zemini ortadan kaldırmak, ısı ve ses yalıtımı gibi görevleri vardır. Bu çalışmada kullanılan olan paspasların alt yüzeylerine 10mm kalınlığında EPDM kauçuk malzeme uygulanmıştır (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. EPDM kauçuk uygulanmış paspas (Gökdağ, 2022)

3.1.2. Test Ekipmanları

3.1.2.1. Svan 971 Ses Ölçüm Cihazı

Ses seviyesi ölçüm cihazı ses seviyesini desibel cinsinden ölçer ve ölçen kişiye objektif bir değer sunar. Bir ses ölçüm cihazı genel olarak, sese duyarlı eleman, bir yükseltici, bir sinyal işleme cihazı, bir okuma ve veri görüntüleme parçalarından oluşur. Mikrofon, ses sinyalini karşılık gelen bir elektrik sinyaline dönüştürür. Mikrofonların hassasiyeti seviye ölçümleri yapılırken ses sinyali frekansına bağlı değildir. Mikrofon tipi seçerken genellikle; doğruluk, kararlılık ve güvenilirlik gibi dikkate değer özellikler sağlayan kondansatör tipine dikkat edilir. Yükseltici, elektrik sinyalini ölçülebilir bir genliğe getirmek ve kablo iletimini sağlamak için sinyali güçlendirmek ile görevlidir. İşlem birimi, bir ses olayını tanımlamak için gerekli olan tüm ölçüm parametrelerini hesaplamakla ilgilenir.

Bu çalışmada Svan marka 971 Tip 1 A model ses seviyesi ölçer kullanılmıştır. Svan 971, istatistiksel analizler gerçekleştiren entegre taşınabilir bir ses seviyesi ölçerdir. Svan 971 ses seviyesi ölçer, ISO 61672'ye göre 1. sınıf cihaz olup kendisini otomatik olarak kalibre etme yeteneğine sahiptir (Şekil 3.6.). Svan 971, aşağıdaki uygulama alanları için entegre ses seviyesi ölçer ve analiz cihazıdır:

- Genel akustik ölçümleri, isg ve çevresel gürültü ölçümlerini,
- Çevresel gürültü izleme ve çevresel gürültü seviyesini değerlendirip,
- Ses olaylarının analizini,
- Çalışma alanında ölçüm ve mesleki gürültü ölçümlerini,
- Makine gürültüsünün ölçülmesini,
- 1/1 ve 1/3 oktav gerçek zaman analizlerini yapabilir(Svantek).



Şekil 3.6. Svan 971 tip 1 A ses ölçüm cihazı (Svantek)

3.1.2.2. Kazıcı Yükleyici Makine

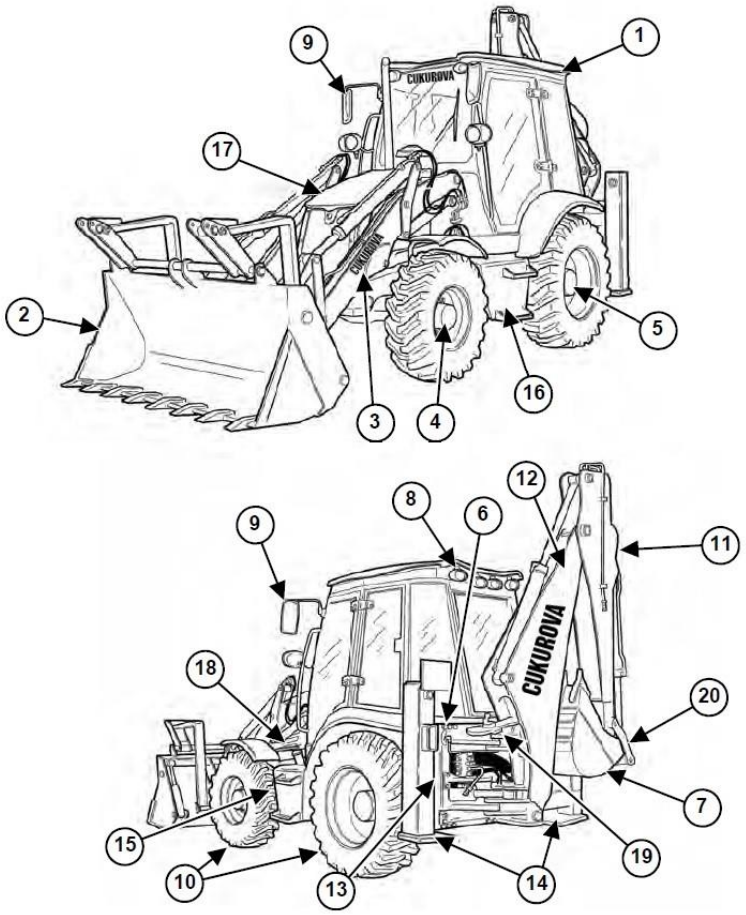
Çalışmada kullanılan makinenin kazıcı ve yükleyici olmak üzere etkin bir şekilde kullanılabilen 2 kısım bulunmaktadır,

Yükleyici kısım; yükleyici kol(bom), manivela kolları, silindirler, kepçe kovanı gibi ana parçaları bulunur. Ek olarak kar küreme, açılır kepçe, forklift çatalı, süpürge ataşmanı, asfalt beton frezesi gibi yardımcı ataşmanlar opsiyon olarak kullanılır (Şekil 3.7). Bom, sadece yukarı ve aşağı hareket edecek şekilde tasarlanmıştır. Bom ucuna bir kova ve kovayı 45° devirme hareketine yardımcı olan mekanizma kolları montajlanmıştır.

Kazıcı kısımda ise; kayıcı tabla, ana kol, kazıcı kol, silindirler, manivela kolları, kepçe kovanı gibi temel parçalar bulunmaktadır. Opsiyon olarak uzayan kazıcı kol, rögar kapağı açma, kaldırım ataşmanı, trapez kova, burgu ataşmanı, kırıcı ataşmanı, kanal açma ve kaya kesici gibi yardımcı ataşmanlar tercih edilebilmektedir. Ana kol, 180° sağa - sola, 150° aşağı - yukarı hareket alanına sahiptir. Kazıcı kol yardımıyla kepçenin ileri geri hareketi ayarlanır ve kepçenin 200,4° derece dönme açısıyla çalışmasına olanak sağlanır.



Şekil 3.7. Kazıcı yükleyici (JCB, 2020)



Şekil 3.8. Kazıcı Yükleyici Makinenin Parçaları (Çukurova, 2016)

Bu araştırmada; su soğutmalı, 4 zamanlı, 4 silindirli, direkt enjeksiyonlu dizel motorlu, 2 değişken deplasmanlı, eksenel piston pompalı, maksimum pompa debisi 154 litre/dakika olan lastik tekerlekli kazıcı yükleyici kullanılmıştır (Şekil 3.8.). Kazıcı yükleyicinin çalışma ağırlığı 8000 kilodur. Kazıcı yükleyici iş makinesinin hidrolik çalışma basıncı 22000 kPa'dır . Kazıcı yükleyici makineye ait teknik özellikler Çizelge 3.4., 3.5., 3.6.'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Kazıcı yükleyici makinenin bileşenleri (Çukurova, 2016)

No	Tanım	No	Tanım
1	Operatör Kabin(ROPS/FOPS)[A]	11	Kazıcı Kol
2	Yükleyici Kepçe	12	Kazıcı Bom
3	Kaldırma Kolu	13	Kayıcı Tabla
4	Ön Dingil	14	Denge Ayakları
5	Arka Dingil	15	Hidrolik Tank
6	Yakıt Deposu(Sağ Tarafta)	16	Akü Kutusu(H.Tank İçinde)
7	Kazıcı Kepçe	17	Motor Kaputu
8	Çalışma Lambaları	18	Yükleyici Manivela Kolu
9	Aynalar	19	Bom Kilitleme
10	Tekerler	20	Kepçe Manivela Kolu

[A] - ISO 3471'e göre Devrilme Koruma Yapısı (ROPS) ve ISO 3449, Seviye II'ye göre Düşme Koruma Yapısı (FOPS).

Çizelge 3.5. Kazıcı yükleyici makineye ait motorun teknik özellikleri

Motor Özellikleri	Tanım
Marka	Perkins
Model	904J-E36TA EURO-5
Silindir Sayısı	4
Çap x Strok (mm)	96x120
Hacim	3,62 L
Maksimum Güç (kW)	94-134 hp / 70-110,1
Maksimum Tork (Nm)	560

Çizelge 3.6. Kazıcı yükleyici makinenin fren ve dingil teknik özellikleri

Dingil- Fren Özellikleri	Tanım
Marka	Carraro (Ön – Arka)
Dingil Osilasyonu	± 8 Derece
Diferansiyel Kilidi	Elektro hidrolik kumandalı
Servis Freni	Arka iki lastikte hidrolik sulu çoklu disk
Park Freni	Arka dingilde mekanik kontrol

3.2. Metot

3.2.1. Ses Basınç Seviyesinin Belirlenmesi - Sabit Test Koşulları(Dış Ortam)

Havadaki ses yayılımı, bir havuzdaki dalgalanmalarla yan yana olabilir. Dalgalar, kaynaktan uzaklaştıkça genlikleri azalır, her yöne homojen bir şekilde yayılır. Havadaki ses için, mesafe iki katına çıktığında genlik yarıya düşer ki bu 6 dB'lik bir düşüş olur, böylece ses basıncı seviyesi 6 dB azalacaktır. 4 metreye kadar hareket ederseniz, 12 dB, 8 metrede 18 dB vb. azalır.

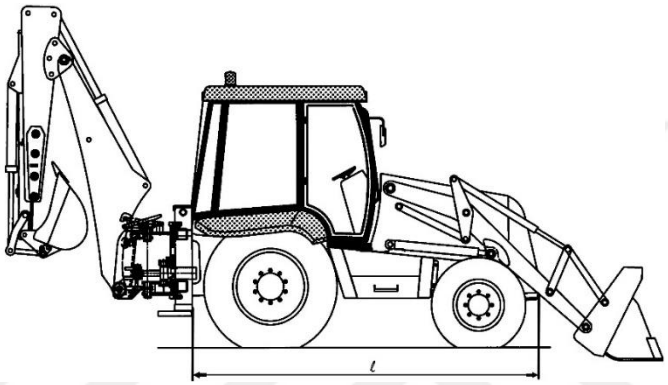
Ancak bu, yalnızca ses aktarım yolunda saptırıcı veya engelleyici nesneler olmadığında geçerlidir. Bu ideal koşullara serbest alan koşulları denir. Ses yolunda bir engel olduğunda, sesin bir kısmı yansıtılır, bir kısmı emilir ve geri kalanı nesne üzerinden iletilir. Ne kadar sesin yansıdığı, emildiği veya iletildiği, nesnenin özelliğine, boyutuna ve sesin dalga boyuna bağlıdır. Genellikle, sesi önemli ölçüde bozmak için nesnenin bir dalga boyundan daha büyük olması gerekir (Brüel & Kjær, 1984).

Kazıcı yükleci makine; dizel motor ve hidrolik dişli pompalar gibi temel ses kaynaklarına sahiptir. Gürültü hava ve yapı yoluyla iletilir. Ancak iş makinesinin tasarımındaki iskelet yapısı ve servis kapakları ses yayılımının ilerlemesine engel olur. Araştırmada, kazıcı yükleyici dışındaki ses basınç seviyesi deney koşulları TS ISO 6393'te belirtilen şartlara uygun olarak yapılmıştır.

Bu standart, ağır iş makineleri sabit deney koşullarında çalışırken A ağırlıklı ses gücü seviyesi cinsinden çevreye yayılan gürültünün tespit edilmesi yöntemini kapsar.

Test koşulları olarak nem, hava sıcaklığı, barometrik basınç, titreşim ve manyetik alan sızıntısı cihaz üreticisi tarafından belirlenen sınırlar içindedir. Ortam düzeltme faktörünün 0,5 dB'den küçük veya buna eşit olduğu varsayılmış ve bu nedenle, içinde sesi yansıtmayan engeller bulunan beton veya geçirimsiz asfalt gibi sert bir yansıtıcı düzlemden, test sahasının yüzeyi için bu değer ihmal edilmiştir. Bu durumda kaynağa olan mesafe yarıçapının üç katına eşit bir mesafede, ortam

düzeltme faktörünün 0 dB'ye eşit olduğu varsayılmıştır. Mikrofonların zemine dikey izdüşümü ile sınırlı olan deney alanı beton veya geçirimsiz asfalttan seçilmiştir. Deney için kullanılacak ölçü yüzeyi yarım küre şeklindedir. Yarım kürenin yarıçapı, Şekil 3.9.'da gösterildiği gibi kazıcı yükleyicinin (L) temel uzunluğu ile belirlenmiştir.



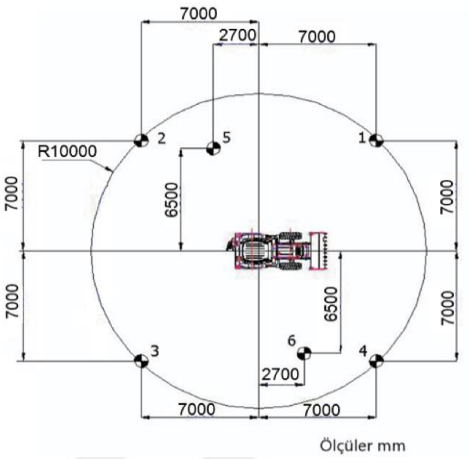
Şekil 3.9. Kazıcı yükleyicilerin temel uzunluğu (Çukurova, 2016)

Deneye tabi kullanılan makinenin esas uzunluğu (l), 1,5 m'den daha büyük veya eşit ancak 4 m'den daha küçük olduğundan, yarıçap 10 metre alınmıştır (Şekil 3.9.)(ISO 6393).

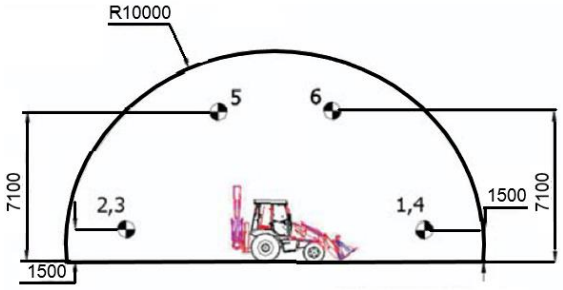
Ana boy, makinenin ana şasisini kapsar, dozer bıçakları, kepçeler veya bom bu ölçünün dışındadır. Ana boyun, l, orta noktası, yerleştirme amaçları için makinenin merkez hattı olarak esas alınır. Test boyunca altı adet mikrofon ölçüm noktası kullanılmıştır. Mikrofon konumları ve koordinatları Şekil 3.10. ve Şekil 3.11.'de gösterilmiş olup, Çizelge 3.7.'de listelenmiştir.

Çizelge 3.7. Mikrofon konumlarının koordinatları

Mikrofon Poziyonu	x/r	y/r	z
1	0,7	0,7	1,5
2	-0,7	0,7	1,5
3	-0,7	-0,7	1,5
4	0,7	-0,7	1,5
5	-0,27	0,65	0,71r
6	0,2	-0,65	0,71r



Şekil 3.10. ISO 6393'e göre dış ortam yatay konum ölçüm noktaları



Şekil 3.11. ISO 6393'e göre dış ortam düşey konum ölçüm noktaları

Mikrofonların konumlandırılması 1, 2, 3 ve 4 noktaları için tripod sabitleyici kullanılarak, 5 ve 6 noktaları için teleskopik forklift yardımı ile yapılmıştır. Makinenin önü 1 ve 4 nolu mikrofon konumlarına bakmalıdır. Makinenin boyunun

(l) orta noktası, yerleştirme amaçları için makinenin merkez hattı olarak kabul edilir. Kazıcı yükleyici iş makinesinin yerleştirilmesi tamamlandıktan sonra standartlar çerçevesinde aşağıda belirtilen ön test hazırlıkları tamamlanmıştır:

- İleri uyarı kornası veya geri manevra alarmı gibi sinyal kurulumları deney boyunca devre dışı bırakılmıştır.
- İş makinesi üreticisi tarafından belirlenen ekipman ve eklentilerle donatılmıştır. Motor ve hidrolik sistem, makine üreticisi tarafından belirlenen normal çalışma koşullarına kadar ısıtılmıştır.
- Makineye ait tüm akışkan sistemler, üretici tarafından belirlenen aralıklarda doldurulmuştur.
- Motor dönüş hızı, makine üreticisi tarafından belirlenen yüksüz maksimum değerde ayarlanmıştır.
- Makine motoru veya hidrolik sistem, deney boyunca çalıştırılmıştır. Makine üreticisi tarafından belirtilen fan hızı üretici tarafından ayarlanmıştır. Motor, önce düşük rölanti durumuna getirilmiş ve sonra her bir veri alma işlemi öncesinde imalatçının beyan ettiği, yüksüz olarak kararlı çalışma devrine yükseltilmiştir.

Ölçüm sonuçlarının belirlenmesi için, her mikrofon konumundan elde edilen üç ölçüm grubu, ses basınç seviyesinin üç A ağırlıklı değeri ile hesaplanır. Ses basıncı seviyeleri ve alan hesaplaması gibi, tüm ara sonuçlar ilk ondalık basamakta ifade edilir.

Ses gücü seviyesinin berlirlenmesi için, kazıcı yükleyici makinenin; servis kapakları ve motor bölümü ses yutucu malzemeler ile tamamamen kapatılmış ve test bu şekilde gerçekleştirilmiştir (TS ISO 6393).

3.2.2. Operatör Konumundaki Emisyon Ses Basıncı Seviyesinin Belirlenmesi (İç Ortam)

Bir aracın ses paketi projesi, aracın akustik hedefleri, araçtaki temel gürültü kaynakları, gürültünün iletim kanalı ve ses, gürültü ve titreşim performansını iyileştirmek için kullanılabilecek piyasada bulunan malzemelerin özellikleri hakkında bilgi gerektirir. Sağlam bir tasarım, malzeme, maliyet ve performans açısından uygulanabilir çözümlerin kullanılmasını gerektirir. Piyasada bulunan tüm akustik malzemeler bir araç uygulamasının(geri dönüştürülebilir, aleve dayanıklılık, maliyet, ağırlık, vb.) gereksinimlerini karşılamamaktadır. Mevcut araçların tasarım optimizasyonu da sıklıkla yapılmaktadır. Tasarım çalışmaları malzeme tedarikçileri ve otomobil üreticileri arasında kalıcı bir işbirliği içinde gerçekleştirilir ve bu araç uygulamaları için özel tasarımların geliştirilmesine olanak tanır. Aynı durum, hareket kontrolleri kabin içinde yapılan iş makineleri için de geçerlidir (Wang, 2010).

Araştırmada, iş makinesinin dış gürültü kaynaklarının neden olduğu gürültünün değerleri, kazıcı yükleyici makine operatörünün kulak seviyesine geldiğinde kayıt altına alınmış olup yüksek yoğunluklu ses yutum malzemesinin kabin içi gürültü seviyesine etkisi yapılan bu çalışmada gözlemlenmiştir. Bu çalışmada operatör mahallindeki ses basınç seviyesi TS ISO 6394'te belirtilen şartlara uygun olarak yapılmıştır.

Bu standart, sabit test koşullarında çalışırken zaman ortalamalı A ağırlıklı ses gücü seviyesi cinsinden ölçülen, operatör konumunda inşaat ve hafriyat makinesinin emisyon ses basınç seviyesini belirleme yöntemini kapsar. Bu deneysel koşullarda ISO 6393 standardında belirtilen çevre koşulları geçerlidir.

Standartlara göre teste katılan opertatörün boyu 1,7 m’dir. Bu uzunluktan sonraki ölçümler, koltuğa uygulanan yükten ötürü mikrofon konumunu değiştirmektedir. Ölçümler sırasında, operatör sürüş konumunda ve gözlemciler kabinde veya kabin yakınında bulundurulmamıştır.

Operatör, TS ISO 3411'de belirtildiği gibi, oturma yüzeyinden başın üst noktasına kadar ölçülen yani (kısa boylu operatör için) 800 mm ve (uzun boylu operatör için) 960 mm arasındaki bir oturma yüksekliğinde teste katılmıştır.

Koltuk, olabildiğince yatay ve düşey ayarlarının ortasına ayarlanmıştır. Koltuğun yaylanma sistemi, dinamik aralığın ortasına ulaşılıncaya kadar bastırılmıştır.

Mikrofon, operatör koltuğunda oturan bir kişinin normal olarak bakacağı yönü gösterir biçimde, mikrofon imalatçısı tarafından belirlenmiş referans yönünde yatay olarak düzenlenmiştir.

Mikrofon, zamana göre ortalaması alınmış A-ağırlıklı ses basınç seviyesinin en yüksek olduğu, başın yanı ve gözler ile aynı hatta ve başın orta düzleminden 200 mm ±20 mm mesafede yerleştirilmiştir(ISO 6394, 1999).

Koltuğun referans noktasına göre tüm eksenler için mikrofon konumları Şekil 3.12. ve Şekil 3.14.'te gösterilmiştir.

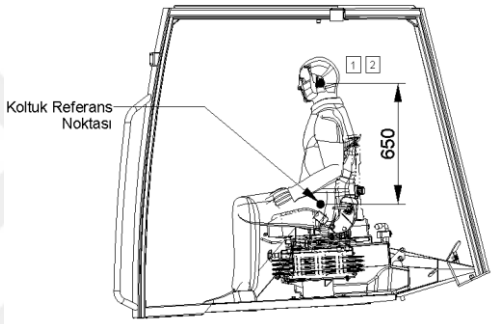
Ölçümleri etkileyebilecek titreşimlerden mikrofonun yalıtılması için tedbirler alınmıştır. Ölçümler süresince mikrofonun hareket ettirilmesi halinde, oluşan elektriksel gürültünün (örneğin, kablonun bükülmesi sebebiyle) veya akustik gürültünün (örneğin, mikrofonun operatörün kıyafetine sürtünmesinden dolayı oluşan gürültü), ölçümler ile girişim yapmasını engellemek için tedbirler alınmıştır.

Mikrofon önce operatör başının sol tarafına, ardından sağ tarafına yerleştirilir. En yüksek okuma hangi tarafta elde edilirse, kontroller için o taraf kullanılır. Her iki başlangıç ses basıncı seviyesi kontrolü aynıysa, sağ taraftaki konum referans alınır.

Ölçümler sırasında kapılar ve pencereler kapatılmış ve klima ve/veya havalandırma sistemi çalışır duruma getirilmiştir. Birden fazla çalışma hızına sahip oldukları için üç hıza kadar olan sistemlerde klima sistemi ikinci hızda çalıştırılmıştır. Klima ve havalandırma sistemleri test süreci boyunca çalışmaya devam etmiştir. Test prosedüründe belirtildiği üzere operatör konumundaki zaman

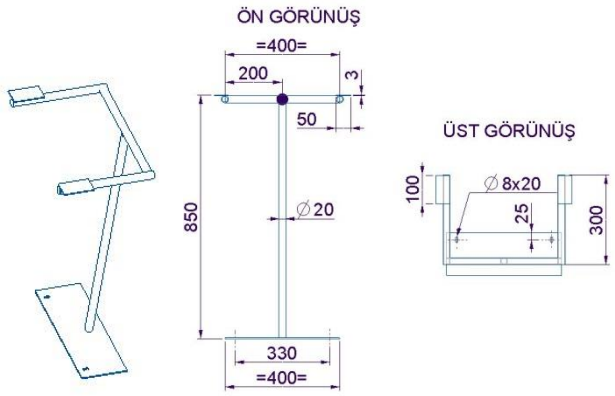
ortalamalı A ağırlıklı emisyon ses basıncı seviyesi ile zaman ortalamalı A ağırlıklı emisyon ses basıncı seviyesi, mikrofon konumunda en az üç kez ölçülmüştür.

ISO 6394 standartlarına göre, A-ağırlıklı üç değerden ikisinin aralarındaki fark 1 dB'den fazla değilse, sonraki ölçümlere geçilmez. O halde, bir değer ile diğer bir değer arasında 1 dB' den fazla iki değer elde edilene kadar ölçümler devam eder. Zaman ortalamalı A-ağırlıklı emisyon basınç seviyesi, her 1 dB aralığındaki en yüksek iki değerin aritmetik ortalaması olarak değerlendirilir.

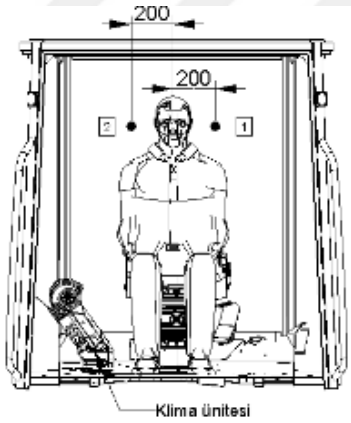


Şekil 3.12. Kazıcı yükleyici makine kabininde mikrofon konumu

Mikrofon konumunun, operatörün göz hizasında konumlandırılması ve sabitlenmesi gerektiğinden bu sabitleme işlemi için özel bir aparat yardımıyla kabin içerisinde kabin elemanlarından yararlanılarak sabitleme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.13.). Aparat, operatörün arkasında koltuğun kayıcı kızağı içinde bulunan Ø8 deliklere metrik 6 civata, somun ve pul bağlantı elemanları kullanılarak sabitleme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.13. Operatör kulak seviyesi mikrofon tutucu aparat



Şekil 3. 14. Kazıcı yükleyici makine kabin içi mikrofon konumu

3.2.3. Motor ve Soğutma Ünitesi Departmanı Yalıtım Tesisatı

Kabin içerisinde operatör bölgesine iletilecek ses seviyesini azaltmak için gürültü kaynaklarının, motor, fan ve soğutucu ünite alanının ses azaltıcılarla kaplanması önemlidir. Bu amaçla motor bölümü nitril kaçuk özel ses yutucularla kaplanmıştır. Ses yutucular, motor kaputunun duvarlarına malzemenin yapışkan yüzeyi yardımıyla yapıştırılmıştır. Şekil 3.15.'te, motor bölümüne monte edilmiş ses emicileri gösterilmektedir.

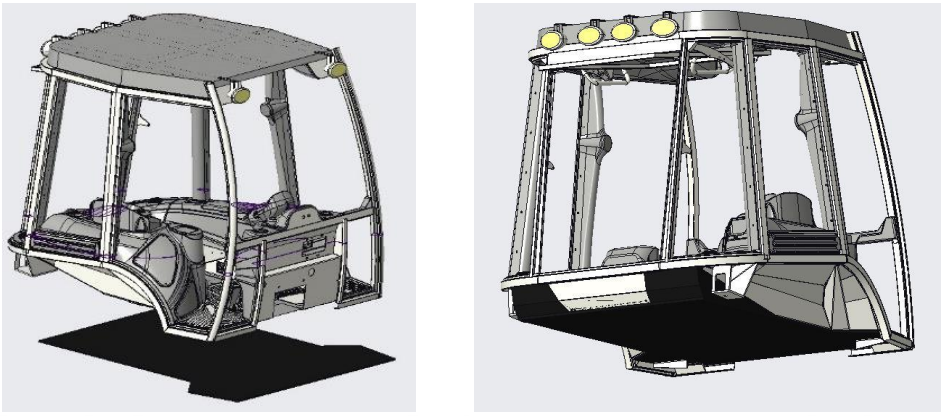


Şekil 3.15. Elastomerik ses emici uygulanan motor bölümü

3.2.4. Kazıcı Yükleyici Kabinin İç ve Dış İzolasyon Uygulaması

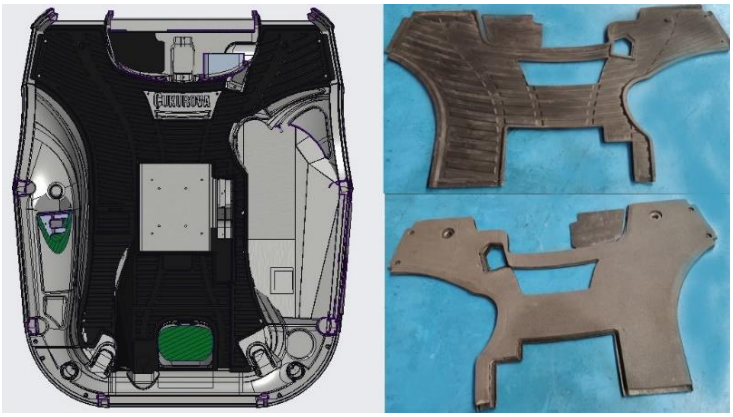
Daha sessiz bir operatör alanı elde etmek için kabinin dışarıdan çok iyi izole edilmesi gerekmektedir. Bu izole ortamın sağlanabilmesi için prototip makine kabini üzerine, üst şase bağlantısını sağlayan kabin tabanının altına, kabin iç tabanına ve trim altına ses yutucu kauçuk malzemeler konulmuştur. Granül parçacıklı kauçuk malzeme, kazıcı yükleyici kabin tabanının dış yüzeyine yapıştırılmıştır. Ses yutucu, taban tasarımı ile aynı hatlara sahiptir.

Bu şekilde verim kaybı sadece elektrik kabloları, hidrolik hortum geçişleri ve parça bağlantı delikleri gibi alanlarda olmuştur. Kabin içerisinde izole ortamın sağlanması için bu geçiş bölgelerine ve deliklere gromet ve silikon uygulanmıştır. Şekil 3.16.'da kabin dış tabanına ses emicinin uygulanması gösterilmektedir.



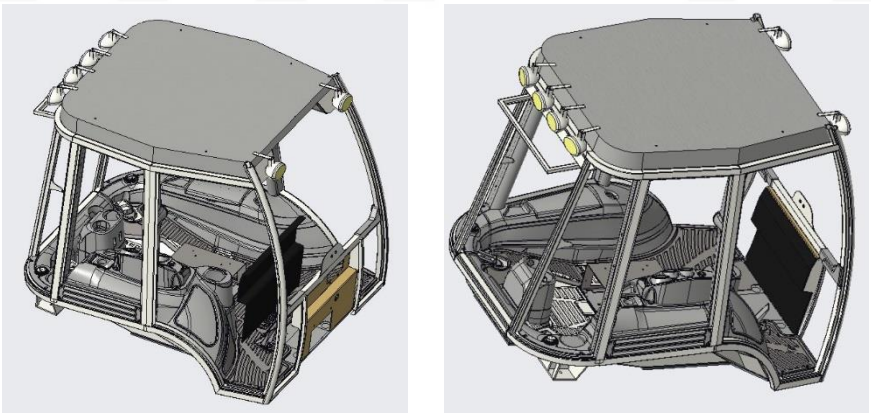
Şekil 3.16. Kabin tabanı dış ses emici granül malzeme uygulanması

Taban alanına kabin içerisinden yüksek yoğunluklu sentetik ses bariyeri uygulanmıştır. Kabin taban sacındaki boş yerlere mutlaka izolasyon malzemesi uygulanmalıdır. Kabin içinde etkin bir izolasyon sağlamak için kabin tabanının izole edilmesi ve kabin karkasının izolasyonununda sağlanması önemlidir. Kabinin ana kasasında bulunan preslenmiş sacların formu nedeniyle bu alanlarda kullanılacak yalıtım malzemesinin kolay şekillendirilebilen bir yapıda olması tercih edilmelidir. Sisin ve tozun giriş yaptığı her bölgeden, sesin geçme yeteneği olduğu dikkate alınmalıdır. Kabin içerisine girecek olan sesin, minimize edilmesi sürecinde uygulanan, taban sacı dış tarafına yalıtım malzeme kaplama seçeneği her ne kadar önemli isede içeriden desteklenen ikinci bir malzeme başarı oranını arttırmaktadır. Bu yüzden kabin içerisine, açıklıkların ve pürüzlü yüzeylerin görünmesini engelleyen; titreşimi sönümleyen ve ısının doğrudan insan ayaklarına iletilmesini engelleyen, daha düzgün ve sade görüntü özelliği olan paspaslar kullanılmıştır. Paspaslar, ısı ve ses yutum özellikleri içerisinde barındıran EPDM malzeme ile güçlendirilerek, kabine monte edilmiştir (Şekil 3.17.).



Şekil 3.17. Kabin tabanı iç izolasyon EPDM kaplı paspas uygulanması

Motor ve kabin arasında, gürültünün ve ısının hava ile taşınanarak yoğun olarak toplandığı ve operatör ile aynı eksende olan yanma duvarı bulunmaktadır. Bu bölgenin iç ve dış yüzeylerine ayrı ayrı uygulamalar yapılmıştır. Çift taraflı yapışkan özelliği olan, özel yalıtımlı nitril sünger malzemenin yanma duvarı iç tarafına montajı Şekil 3.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18.Yanma duvarı kabin içi nitril malzme uygulanması

Bu çalışmada yanma duvarı dış bölgesi için gürültü önleme yöntemlerinden hedefte kontrol yöntemi tercih edilmiştir. Bu bölgeye kademeli olarak, özel

bileşenlerden oluşan farklı yapı ve kalınlıklara sahip 3 adet akustik izolasyon malzemesi yapıştırılmıştır (Şekil 3.19.).

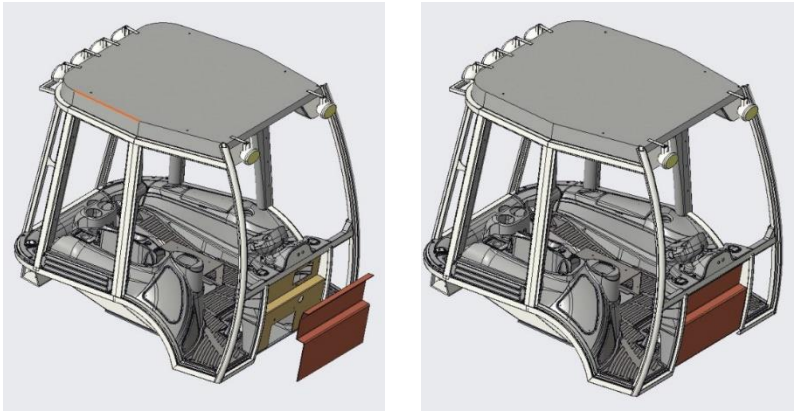
Butilen + nitril kauçuk + ve son olarak cam elyaf malzemenin yapıştırılması bu bölümde gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Yanma duvarı özel malzemelerin sıralı uygulanması

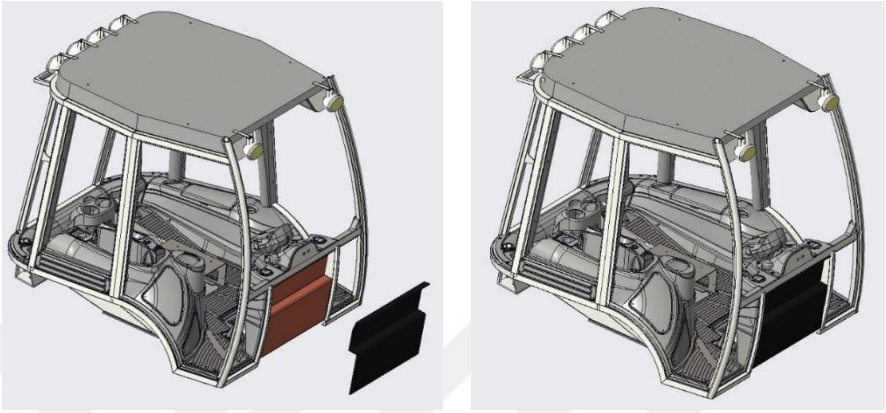
Yanma duvarı yüzeyine işlem yapmadan önce, yapışkan malzemelerin daha güçlü bir şekilde yapıştırılması için, yapışma yüzeyi temizlenmiştir.

İlk olarak özel bileşenlerden oluşan butilen akustik malzeme yanma duvarına uygulanmıştır (Şekil 3.20.).



Şekil 3.20. Yanma duvarı butilen malzemenin uygulanması

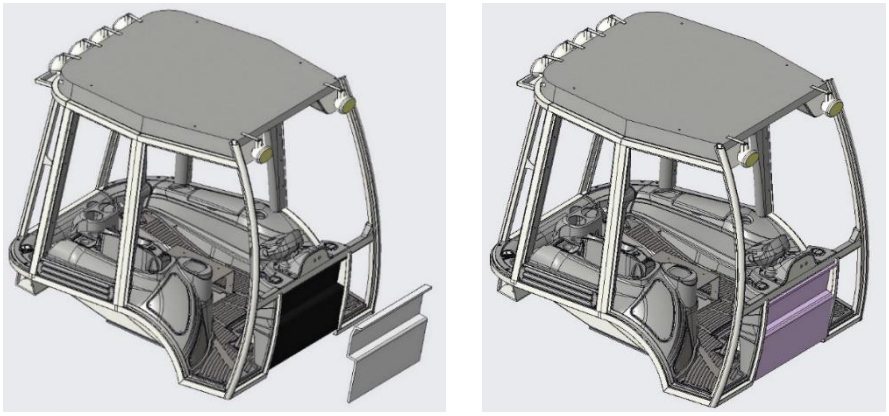
Çift tarafı yapışkan özelliğe sahip nitril kauçuk malzeme, yanma duvarına uygulanan butilen malzeme üzerine yapıştırılmıştır (Şekil 3.21.).



Şekil 3.21. Yanma duvarı nitril malzemenin uygulanması

Çift tarafı yapışkan bant olan nitril akustik izolasyon malzemesinin hava ile teması kısa tutularak form boyunca etkili yapıştırma işlemi yapılmıştır. Minimum açıklık ilkesi baz alınarak dikkatli bir şekilde kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Eğerki kesme işlemlerinde sorun yaşanılıyor ise, maliyet hesabı ve piyasa araştırması yapılarak kalıp fiyatı tespit edilir. Ardından buna göre kesim işlemi yapılır. Bu sayede kesilmiş olan parçalarda materyal kaybı ve ölçü uyumsuzluklarının önüne geçilebilir.

İlk olarak yanma duvarının taban yüzeyine butilen yalıtım malzemesi uygulandı ardından nitril kauçuk malzemesi daha sonra son kat olarak ise cam elyaf malzeme uygulanmıştır (Şekil 3.22. ve 3.23.).



Şekil 3.22. Yanma duvarı cam elyaf malzemenin uygulanması -1



Şekil 3.23. Yanma duvarı cam elyaf malzemenin uygulanması -2

Özel malzemeler, kabinin iç ve dış yüzeylerine mümkün olduğunca en az toz/ışık girecek şekilde yapıştırılmasına özen gösterildi. Kabin üzerinde hiçbir şekilde delik veya boşaltma olmamalıdır. Uygunsuzluk tespit edilirse destek parçası ve bağlantı elemanları ile kapatılıp üzerine nitril kauçuk malzemeden yapıştırılır. Yalıtım malzemesi ile kaplama işlemi bittikten sonra testlere geçilmiş ve standartlara göre ölçümler yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada aynı özellikte 2 adet kazıcı yükleyici makinenin standartlarda belirtilen deney şartlarına göre; boşta, klima üfleme hızı 2. kademede ve motor devri 2500 dev/dak çalıştırılarak ölçüm sonuçları elde edilmiştir(ISO 6393-6394) (Bkz., 3.Bölüm, s.40-47).

4.1.Sabit Test Koşullarında, Ses Gücü Seviyesinin Ölçülmesi ve Test Sonuçları

Dış ortam verileri TS ISO 6393 teknikleri kullanılarak elde edilmiştir. Motor bölmesi ve servis kapakları yalıtımlı kazıcı yükleyici makinede ve yalıtımsız kazıcı yükleyici makinelerde testler yapılmıştır. Elde edilen test verilerinin karşılaştırmalı değerleri şekillerde verilmiştir. Kazıcı yükleyici makine çalıştırılmadan önce ortam gürültüsü ölçümü Şekil 3.10. ve 3.11.'de belirtilen ölçüm noktalarından yapılmıştır (Şekil 4.1.).

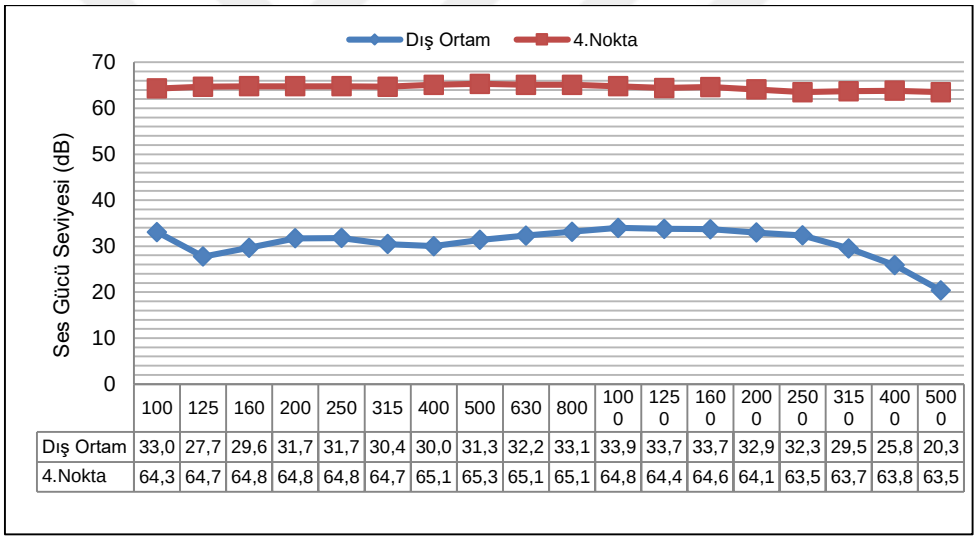


Şekil 4.1. Araştırma öncesi dış ortam gürültüsü ölçümü

Şekil 4.2.'de TS ISO 6393 standartlarına göre Şekil 3.10. ve 3.11.'de belirtilen ölçüm noktalarından ölçüm yapılmıştır. Dış ortam değerleri ölçümü yapılırken iş makinesi durdurulmuş ve tamamen sessiz bir ortam sağlanmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'te gösterilmiştir.

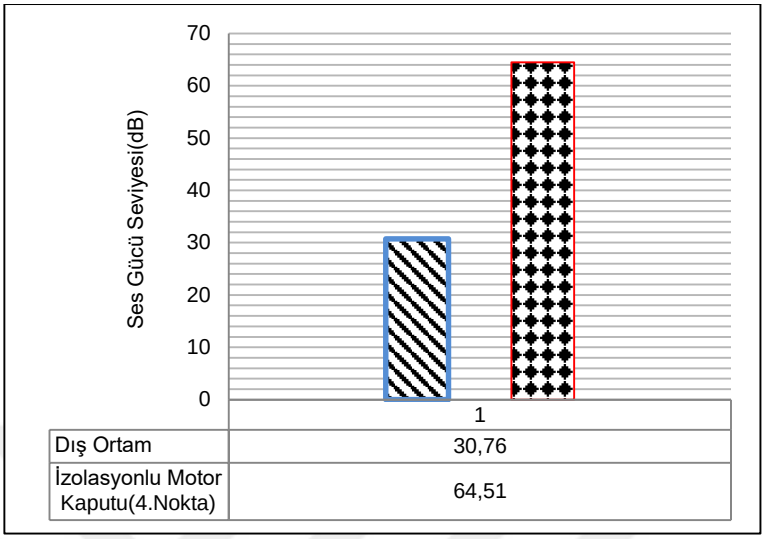


Şekil 4.2. Deney öncesi dış ortam gürültüsü ölçümü (6.nokta)

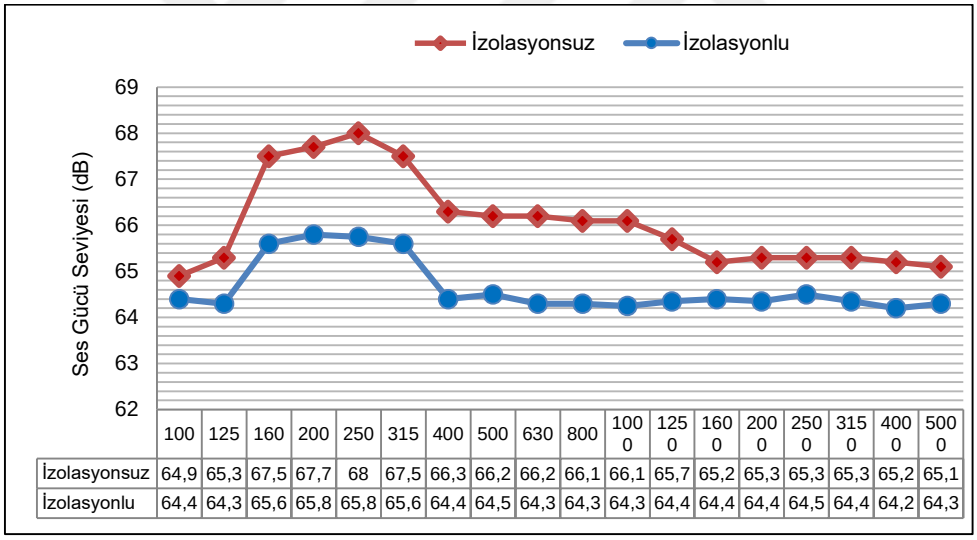


	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Dış Ortam	33,0	27,7	29,6	31,7	31,7	30,4	30,0	31,3	32,2	33,1	33,9	33,7	33,7	32,9	32,3	29,5	25,8	20,3
4.Nokta	64,3	64,7	64,8	64,8	64,8	64,7	65,1	65,3	65,1	65,1	64,8	64,4	64,6	64,1	63,5	63,7	63,8	63,5

Şekil 4.3. Deney öncesi dış ortam gürültü değerleri (Sessiz)



Şekil 4.4. Deney öncesi dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA})

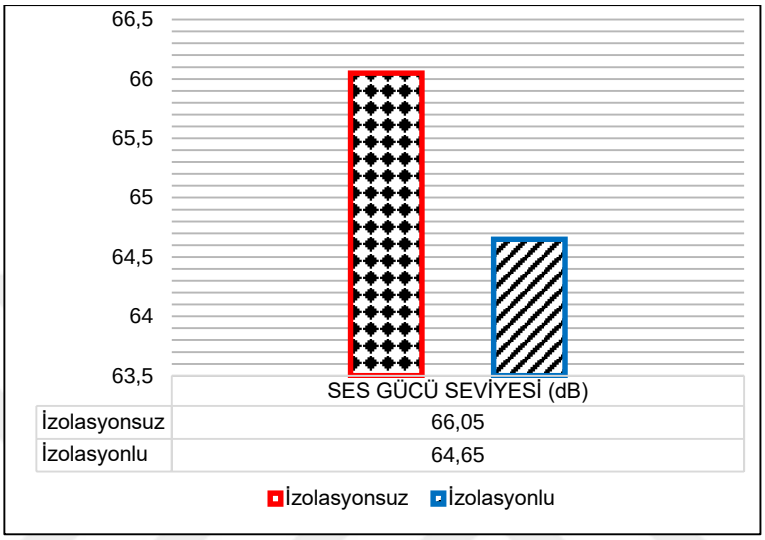


	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
İzolasyonsuz	64,9	65,3	67,5	67,7	68	67,5	66,3	66,2	66,2	66,1	66,1	65,7	65,2	65,3	65,3	65,3	65,2	65,1
İzolasyonlu	64,4	64,3	65,6	65,8	65,8	65,6	64,4	64,5	64,3	64,3	64,3	64,4	64,4	64,4	64,5	64,4	64,2	64,3

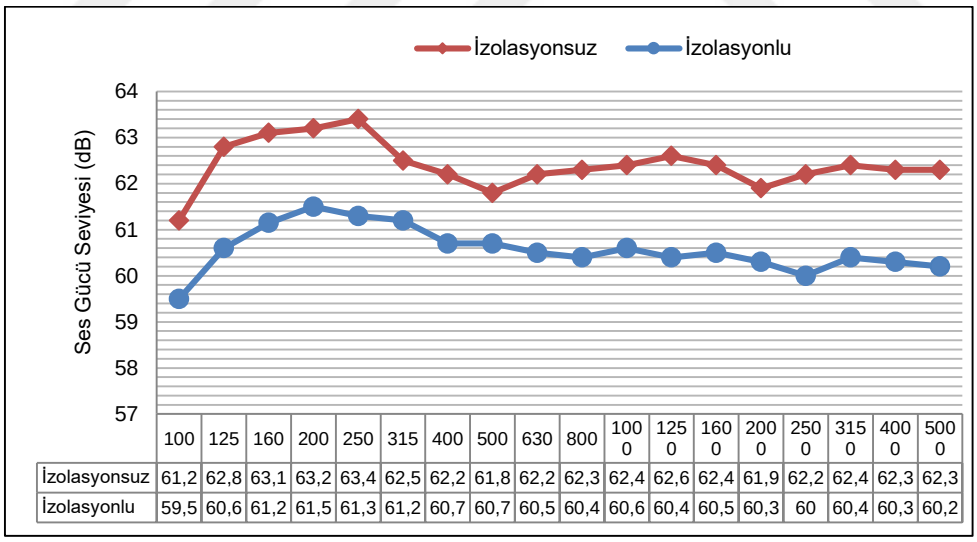
Şekil 4.5. 1. nokta dış ortam gürültü değerleri(L_{WA})

Şekil 4.5. incelendiğinde, 250 Hz frekans değerinde en yüksek ses gücü değeri ölçülmüş olup, 400–5000 Hz frekansları arasında en düşük ses gücü seviyesi değerleri kaydedilmiştir. 1. nokta için alınan 30 saniyelik 3 tekrardan oluşan ölçüm

değerlerinin ortalaması Şekil 4.6.'te gösterilmiş ve karşılaştırması yapılan iki makinenin 1.noktasından alınan fark 1,4 dB'lik bir azalma ile sonuçlanmıştır.



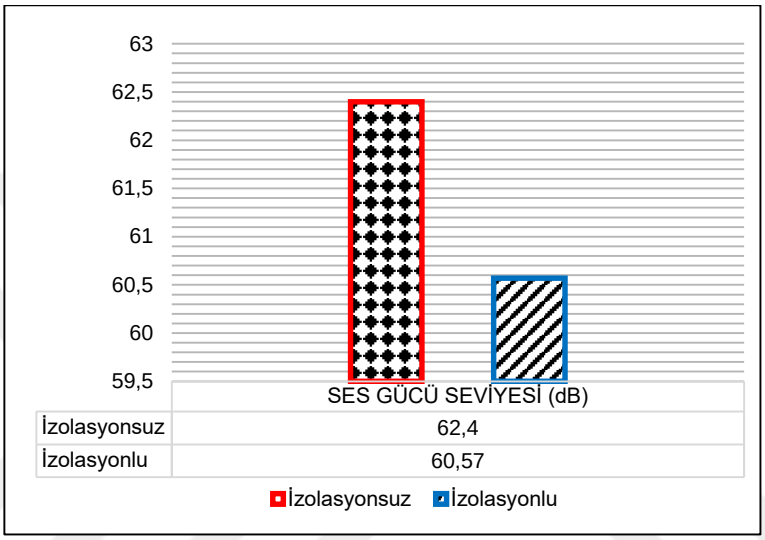
Şekil 4.6. 1. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA})



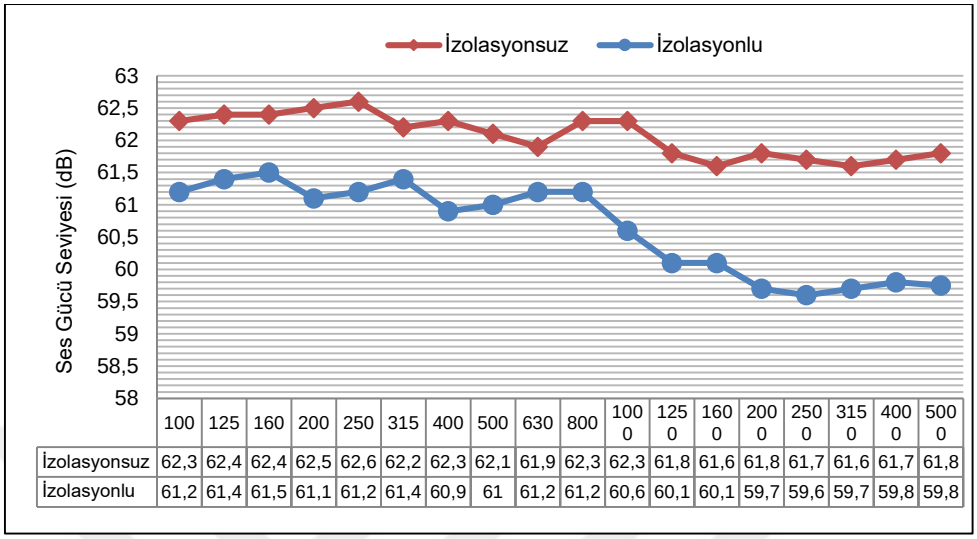
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
İzolasyonsuz	61,2	62,8	63,1	63,2	63,4	62,5	62,2	61,8	62,2	62,3	62,4	62,6	62,4	61,9	62,2	62,4	62,3	62,3
İzolasyonlu	59,5	60,6	61,2	61,5	61,3	61,2	60,7	60,7	60,5	60,4	60,6	60,4	60,5	60,3	60	60,4	60,3	60,2

Şekil 4.7. 2. nokta dış ortam gürültü değerleri(L_{WA})

Makinenin 2. noktasından alınan ölçümler sonucunda Şekil 4.7.'de gösterildiği üzere 125-250 Hz frekans değerleri arasında en yüksek ses gücü değeri ölçülmüş olup 400 Hz'den sonraki frekans değerleri arasında önemli değişimler görülmemiştir. Ölçülen değerlerin ortalamaları Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



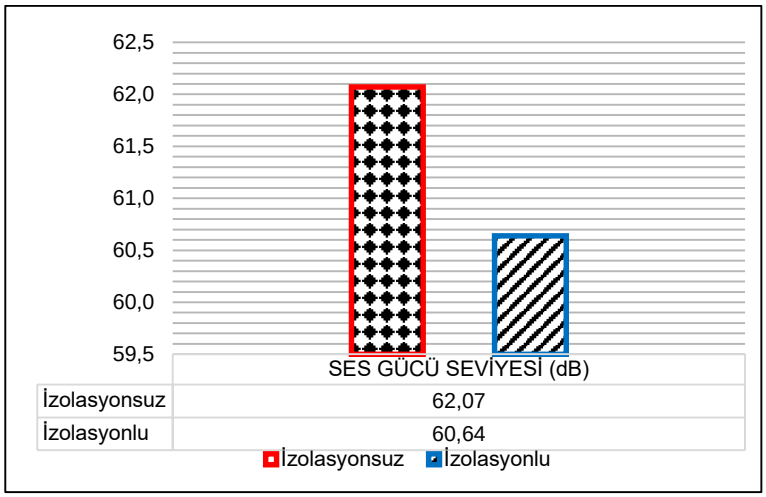
Şekil 4.8. 2. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA})



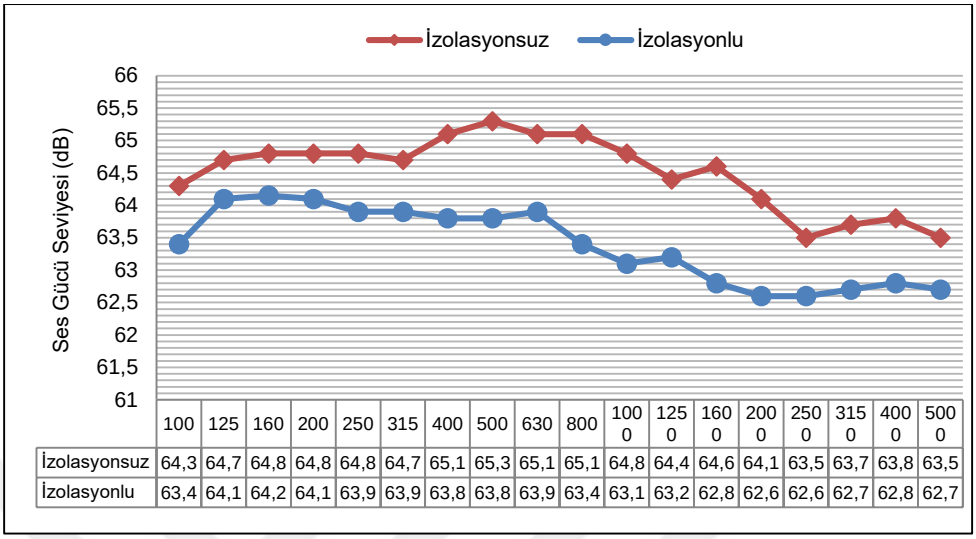
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
İzolasyonsuz	62,3	62,4	62,4	62,5	62,6	62,2	62,3	62,1	61,9	62,3	62,3	61,8	61,6	61,8	61,7	61,6	61,7	61,8
İzolasyonlu	61,2	61,4	61,5	61,1	61,2	61,4	60,9	61	61,2	61,2	60,6	60,1	60,1	59,7	59,6	59,7	59,8	59,8

Şekil 4.9. 3. nokta dış ortam gürültü değerleri(L_{WA})

3. noktaya ait ölçüm sonuçları Şekil 4.9.'da gösterilmiş ve en yüksek değerler 250 Hz frekanslarında ölçülmüştür. Ayrıca 100-800 Hz frekansları arasında çıkan sonuçlar arasında önemli farklılıklar görülmemiştir. Ancak 800 Hz'den sonra yüksek frekanslara doğru düşük değerlere ulaşılmıştır. Şekil 4.10.'da ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri gösterilmiştir.



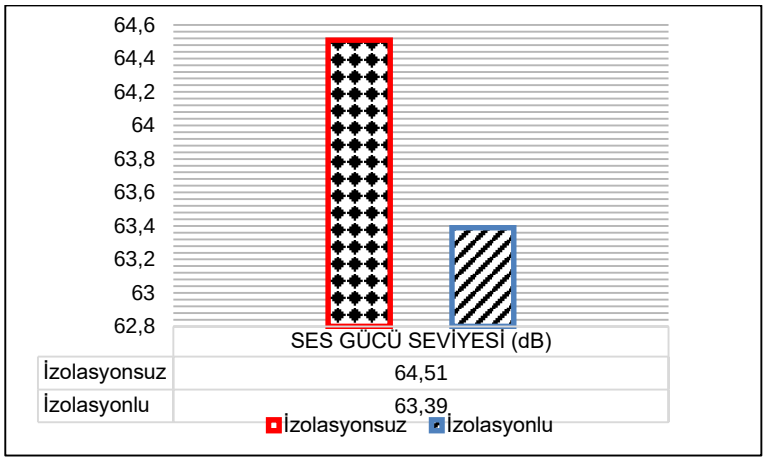
Şekil 4.10. 3. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA})



	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
İzolasyonsuz	64,3	64,7	64,8	64,8	64,8	64,7	65,1	65,3	65,1	65,1	64,8	64,4	64,6	64,1	63,5	63,7	63,8	63,5
İzolasyonlu	63,4	64,1	64,2	64,1	63,9	63,9	63,8	63,8	63,9	63,4	63,1	63,2	62,8	62,6	62,6	62,7	62,8	62,7

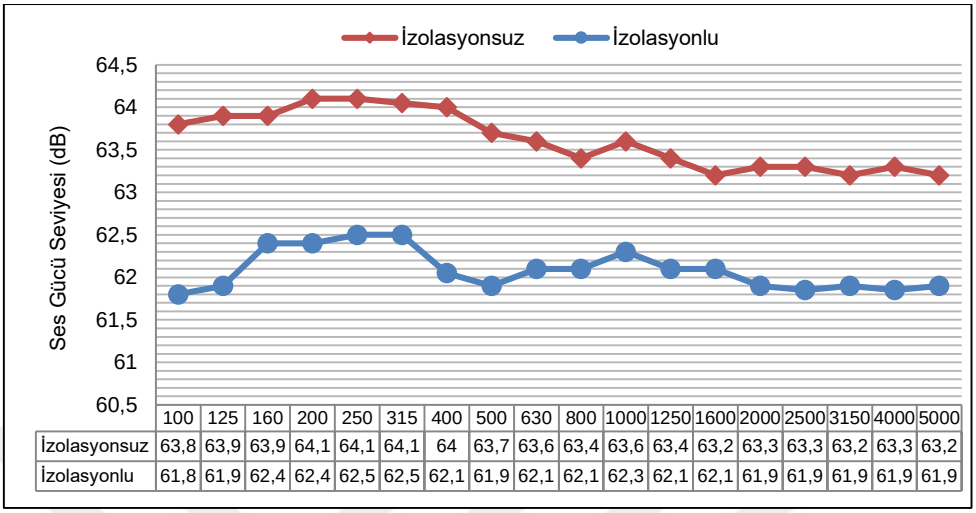
Şekil 4.11. 4. nokta dış ortam gürültü değerleri($L_{WA)}$

Makinenin ön sağında bulunan 4. noktadan yapılan ölçümlerde Şekil 4.11.'de gösterildiği gibi 315-1000 Hz frekans aralığında en yüksek ses gücü değerleri ölçülmüştür. En düşük dB değerleri 2000-5000 Hz aralığındadır. Şekil 4.12.'de karşılaştırması yapılan iki makinenin 4. noktasına ait ortalama ses gücü seviyeleri gösterilmiştir.



	SES GÜCÜ SEVİYESİ (dB)
İzolasyonsuz	64,51
İzolasyonlu	63,39

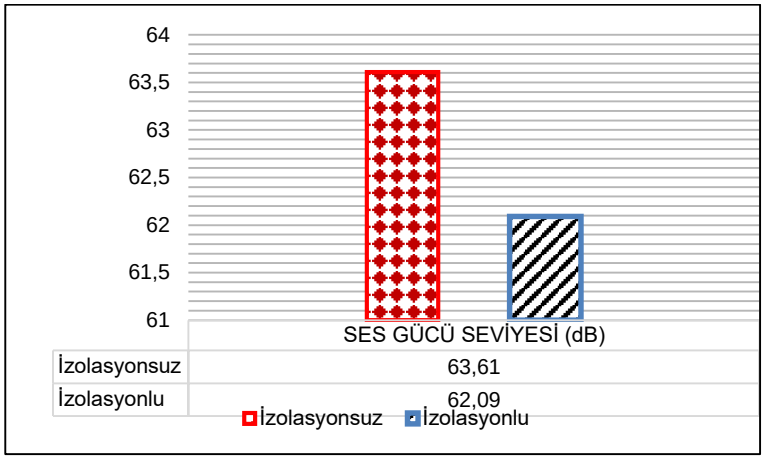
Şekil 4.12. 4. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA})



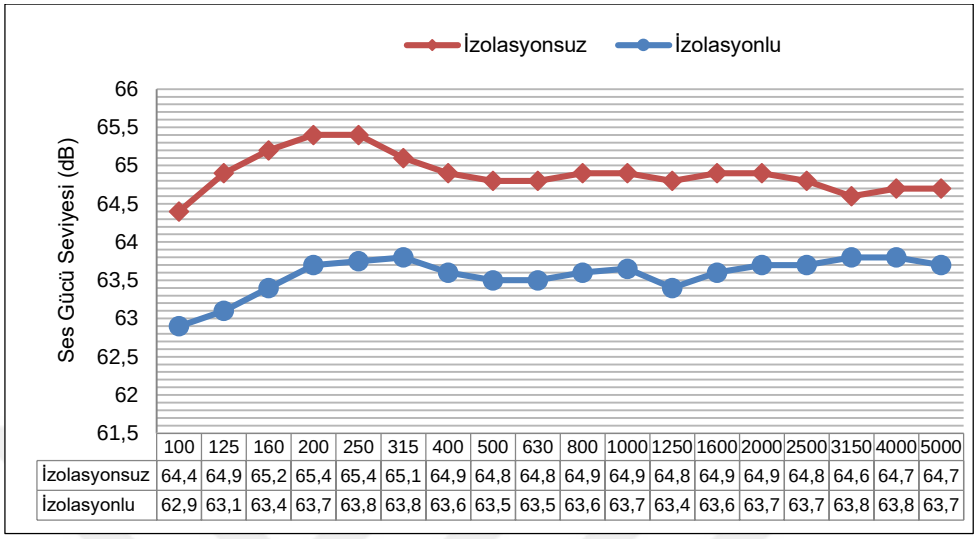
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
İzolasyonsuz	63,8	63,9	63,9	64,1	64,1	64,1	64	63,7	63,6	63,4	63,6	63,4	63,2	63,3	63,3	63,2	63,3	63,2
İzolasyonlu	61,8	61,9	62,4	62,4	62,5	62,5	62,1	61,9	62,1	62,1	62,3	62,1	62,1	61,9	61,9	61,9	61,9	61,9

Şekil 4.13. 5. nokta dış ortam gürültü değerleri(L_{WA})

Şekil 4.13. incelendiğinde, 160-315 Hz frekans değerleri arasında en yüksek ses gücü değeri elde edilmiştir. 500 Hz frekans değerinden sonraki ses gücü değerleri arasında belirgin farklılıklar bulunmamaktadır. Şekil 4.14.'de 5. noktaya ait ölçümlerin ortalama ses gücü değerleri gösterilmiştir.



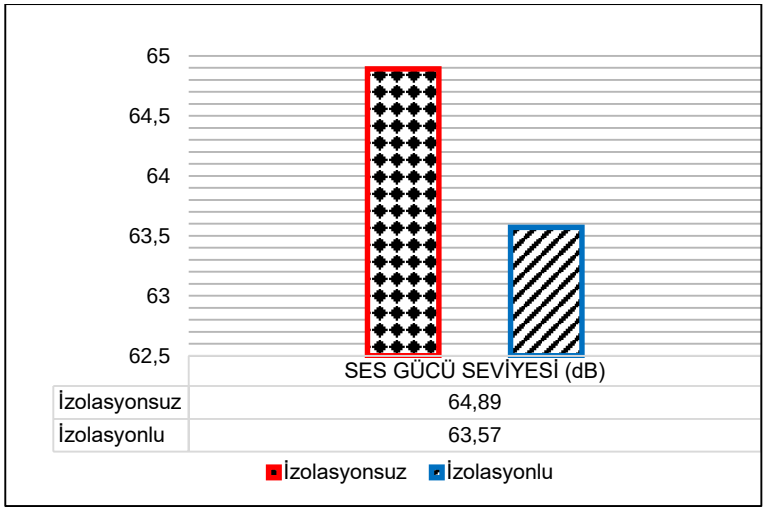
Şekil 4.14. 5. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA})



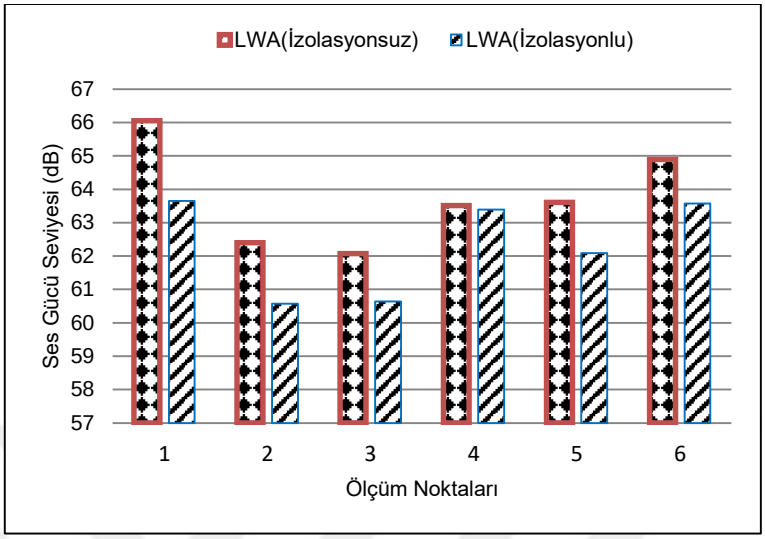
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
İzolasyonsuz	64,4	64,9	65,2	65,4	65,4	65,1	64,9	64,8	64,8	64,9	64,9	64,8	64,9	64,9	64,8	64,6	64,7	64,7
İzolasyonlu	62,9	63,1	63,4	63,7	63,8	63,8	63,6	63,5	63,5	63,6	63,7	63,4	63,6	63,7	63,7	63,8	63,8	63,7

Şekil 4.15. 6. nokta dış ortam gürültü değerleri(L_{WA})

Şekil 4.15. incelendiğinde, 200-250 Hz frekans değerleri arasında en yüksek ses gücü değeri elde edilmiştir. 315 Hz frekans değerinden sonraki ses gücü değerleri arasında belirgin farklılıklar bulunmamaktadır. Şekil 4.16.'de 6. noktaya ait ölçümlerin ortalama ses gücü değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.16. 6. nokta dış ortam ortalama gürültü değerleri (L_{WA})



Şekil 4.17. 6 noktadaki dış ortam gürültü değerleri

Şekil 4.17.'de 6 noktadan alınan 30 saniyelik 3 tekrarlı ölçümlerin ortalama sonuçları gösterilmektedir. Ölçümlerin sonuçları incelendiğinde, 6 noktadan yapılan ölçümlerde ses gücü derğerlerinin tüm frekans değerleri için 60,5 dB ile 66,1 dB arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.1. Sabit test koşulları verilerinin karşılaştırma değerleri (dB)

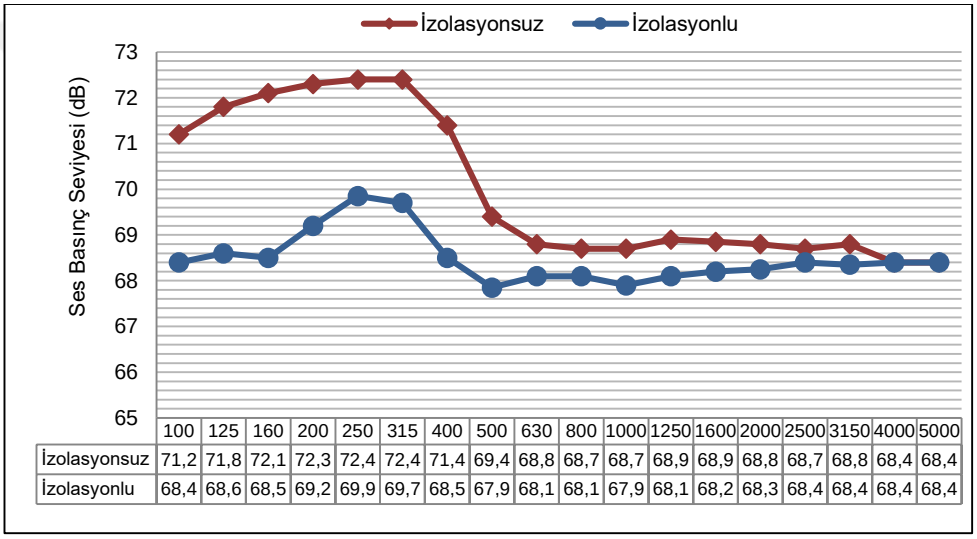
Ölçüm Noktaları	L_{WA} İzolasyonlu	L_{WA} İzolasyonsuz	Gürültü Değişimi
1	63,65	66,05	1,4
2	60,57	62,4	1,83
3	60,64	62,07	1,43
4	63,39	63,51	1,12
5	62,09	63,61	1,52
6	63,57	64,89	1,32

4.2. Operatör Konumundaki Ses Basıncı Seviyesinin Test Sonuçları

Kabin içindeki ses basınç seviyesini belirlemek için test ortamı standarda uygun olarak kurulmuş ve test verileri alınmıştır. Test verilerinin doğru olduğundan emin olmak için testler üç kez tekrarlandı. Alınan her üç testin sonuçlarının

standartta belirtilen formülasyonlar ile ortalaması alınmış ve nihai veriler elde edilmiştir.

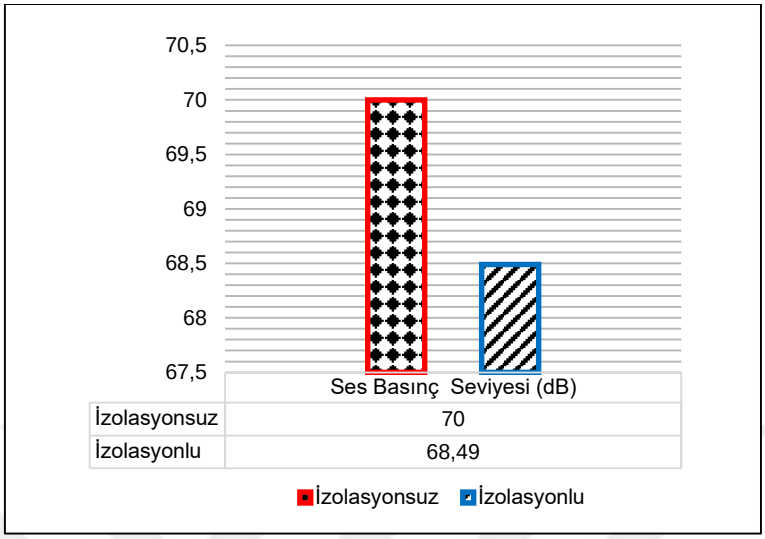
Her bir noktaya ait sonuçlar için L_{pA}, verileri kullanılmıştır. Bu testlerden 30 saniye boyunca elde edilen verilerin ortalama değerleri alınmış ve bu sonuçlar elde edilmiştir. 3 tekrar yapılmış olup en yüksek 2 değerin ortalaması alınarak grafikler oluşturulmuştur. Bu sonuçlardan ise ortalama A-ağırlıklı ses basınç değeri L_{pAT} elde edilir. Bu terimlerin tümü standarda göre tanımlanmıştır.



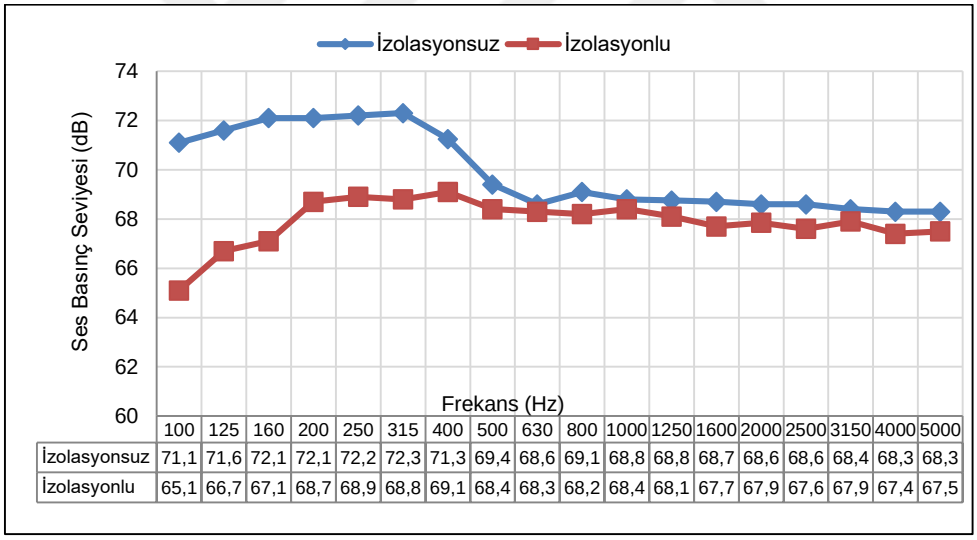
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
İzolasyonsuz	71,2	71,8	72,1	72,3	72,4	72,4	71,4	69,4	68,8	68,7	68,7	68,9	68,9	68,8	68,7	68,8	68,4	68,4
İzolasyonlu	68,4	68,6	68,5	69,2	69,9	69,7	68,5	67,9	68,1	68,1	67,9	68,1	68,2	68,3	68,4	68,4	68,4	68,4

Şekil 4.18. 1. nokta kabin içi gürültü değerleri(L_{pA})

Kabin içi ölçüm sonuçları incelendiğinde, 1. noktada en yüksek ses basınç frekans değeri 200-315 Hz aralığında ölçülmüştür. Bu frekans değerinden sonra ses basınç değerinde azalma olmuş ve 500-5000 Hz aralığındaki frekanslarda önemli farklılıklar gözlemlenmemiştir (Şekil 4.18.). Kabin içi 1. noktaya ait ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri Şekil 4.19.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. 1. nokta kabin içi ortalama gürültü ölçüm değerleri (L_{pA})

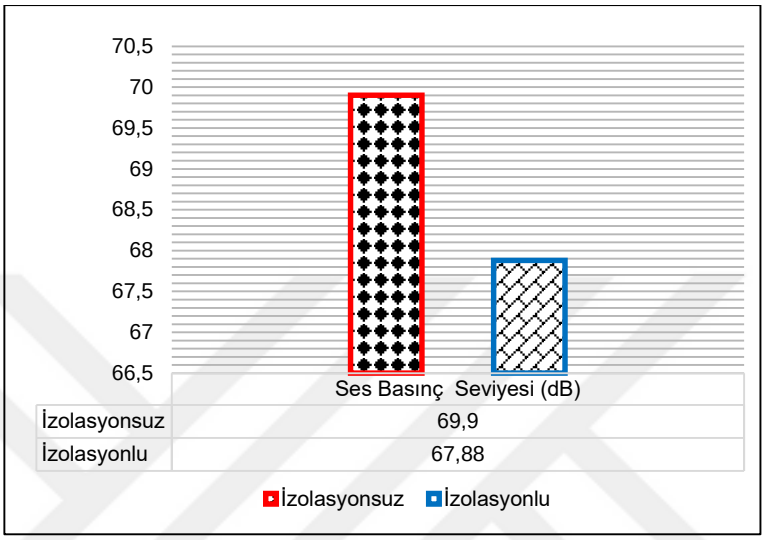


	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
İzolasyonsuz	71,1	71,6	72,1	72,1	72,2	72,3	71,3	69,4	68,6	69,1	68,8	68,8	68,7	68,6	68,6	68,4	68,3	68,3
İzolasyonlu	65,1	66,7	67,1	68,7	68,9	68,8	69,1	68,4	68,3	68,2	68,4	68,1	67,7	67,9	67,6	67,9	67,4	67,5

Şekil 4.20. 2. nokta kabin içi gürültü ölçüm değerleri (L_{pA})

2. noktaya ait ölçüm sonuçları incelendiğinde, 200-315 Hz frekans aralığında en yüksek ses basınç değerleri ölçülmüş olup, 500-5000 Hz aralığındaki frekanslarda

benzer sonuçlar görülmektedir (Şekil 4.20.). Şekil 4.21.'de 2. noktadan alınan sonuçların ortalamaları gösterilmektedir.



Şekil 4.21. 2. nokta kabin içi ortalama gürültü ölçüm değerleri (L_{pA})

Çizelge 4.2. Operatör konumundaki ortalama ses basıncı seviyesinin karşılaştırma değerleri (dB)

Ölçüm Noktaları	L_{WA} İzolasyonsuz	L_{WA} İzolasyonlu	Gürültü Değişimi
1	70	68,49	1,51
2	69,9	67,88	2,02

Test sonuçları değerlendirildiğinde, Çizelge 4.2.'te ortalamaları verilen 3 tekrarlı ölçümlerin, kabin içi sol kulak gürültü seviyesi izolasyon çalışması öncesi 70 dB ölçülürken izolasyon çalışması sonrası ise 68,49 dB olarak ölçülmüştür. Sağ kulak gürültü seviyesi için sonuçlar, izolasyon malzemesi çalışmasından önce 69,9 dB ölçülürken izolasyon malzemesi uygulamasından sonra 67,88 dB'dir. Test sonuçları dikkate alındığında kabin içi gürültü seviyesinde düşük frekanslarda yaklaşık 1,5-2,1 dB'lik bir azalma gözlemlenmiştir. İndirgeme değerleri yaklaşık %3'lük bir azalmaya karşılık gelir. Ayrıca test sonucu grafikleri incelendiği için tepe

dB değeride belirlenmiştir. Bu değerler sağ kulak hizalaması için 69,85-68,56 dB (izolasyon sonrası), 72,4-72,8 dB (izolasyon öncesi) ve sol kulak hizalaması için 69,1-69,5 dB (izolasyon sonrası), 72,3-69,1 dB (izolasyon öncesi) şeklindedir. Burada ölçüm sonuçlarına dikkat ettiğimizde kabin içi ölçümlerin kabin dışı ölçümlerden yüksek değerde olduğunu görürüz. Kabin içi ölçüm sonuçlarının kabin dışı ölçüm sonuçları yüksek olmasında en büyük etkenin klimadan gelen üfleme sesi olduğu gözlemlenmiştir.

Özden(2019), 30 ton ağırlıklı paletli bir ekskavatörün kabin akustiği iyilşetirme çalışmasını yürütmüştür. Kabin içerisindeki gürültü seviyesinin iyileştirilmesine ek olarak, ekskavatörün ses kaynaklarının dış ortama yaydıkları ses basınç değerlerinde de iyileştirme çalışmaları yürütülmüştür. Bu çalışmanın test kriterleri olarak TS ISO 6395 standardı kullanılmıştır. Bu standartta iş makinesi üreticilerinin ses emisyon değerlerini belirlerken uyması gereken standartlar belirtilmiştir. Bu standart makinenin dış ortamında belirtilen uzaklıklardan alınan ses basınç değerlerinin hesaplanması ve raporlanmasını içermektedir.

Özden(2019), yapmış olduğum çalışmanın benzeri bir şekilde, öncelikle izolasyon malzemelerinin uygulanmadığı makineden ölçümler yapmış ve ekskavatördeki ses kaynaklarını belirlemiştir. Bu belirlenen ses kaynaklarının uygun bölgelerine ekskavatörün çalışma şartlarına uygun olacak şekilde izolasyon malzemesi seçmiştir. Uygulanacak olan izolasyon malzemesinin etkinliği arttırmak ve kabin içerisindeki alanı dış ortamdan en yüksek seviyede izole edebilmek için kabin içerisine 10 dakika boyunca sis testi yapılmış ve kabin açıklıkları tespit edilmiştir. Tespit edilen bölgedeki açıklıklar giderildikten sonra kabin içi trim iç yüzeylerine (iç ve dış plastik aksam) yalıtım malzemesi ve kabin tabanına ise yüksek yoğunluklu ses bariyeri uygulanmıştır. Ses bariyeri ve yalıtım malzemesinin uygulanmasından sonra standartta belirtilen kriterlerde test yapılmıştır.

Özden'in (2019), standartlarda belirtilen dış ortam ölçüm noktalarından almış olduğu sonuçlar; 1. ölçüm noktasında izolasyon uygulanmayan makineden

82,72 dB sonucu alınırken, izolasyon uygulanan makineden alınan sonuç ise 81,52 dB'dir. Buna karşılık yapmış olduğumuz çalışmada ise 1. ölçüm noktasından alınan sonuç izolasyonsuz makinede 66,05 dB iken izolasyon malzemesi uygulanan makinede bu değer 64,65 dB olarak ölçülmüştür. 1. ölçüm noktası ölçüm değerleri farkları incelendiğinde ekskavatör makinesine yapılan uygulamanın gürültü düzeyine etkisi 1,2 dB ölçülürken, kazıcı-yükleyici makinesine yapılan uygulamanın fark değeri 1,4 dB olarak ölçülmüştür. Tüm ölçüm noktalarını karşılaştırmak yerine en düşük gürültü düzeyi farkı ile en yüksek gürültü düzeyi farklarının olduğu noktalar değerlendirilmiştir. Buna göre, ekskavatör makinesinin en fazla gürültü düzeyi azalması 5. ölçüm noktasında 2,67 dB'lik bir düşüş gözlenirken, 4. ölçüm noktasında 0,67 dB'lik bir düşüş ölçülmüştür. Kazıcı-yükleyici makinesinin en fazla gürültü düzeyi azalması 2. ölçüm noktasında 1,83 dB'lik bir düşüş gözlenirken, 4. ölçüm noktasında 1,12 dB'lik bir düşüş ölçülmüştür. İki makineden ölçülen kabin dışı 6 noktaya ait değerlerin farklarının ortalaması 1,4 dB'lik gürültü düzeyinin düşüşü olarak ölçülmüştür.

Özden'in (2019), standartlarda belirtilen kabin içi ölçüm noktalarından almış olduğu sonuçlar; 1. ölçüm noktasında izolasyon uygulanmayan makineden 75,76 dB sonucu alınırken, izolasyon uygulanan makineden alınan sonuç ise 71,31 dB'dir. Buna karşılık yapmış olduğumuz çalışmada ise 1. ölçüm noktasından alınan sonuç izolasyonsuz makinede 70 dB iken izolasyon malzemesi uygulanan makinede bu değer 68,49 dB olarak ölçülmüştür. 1. ölçüm noktası ölçüm değerleri farkları incelendiğinde ekskavatör makinesine yapılan uygulamanın gürültü düzeyine etkisi 4,45 dB ölçülürken, kazıcı-yükleyici makinesine yapılan uygulamanın fark değeri 1,51 dB olarak ölçülmüştür. Ekskavatör makinesinin 2. ölçüm noktası incelediğimiz zaman, izolasyon uygulanmayan makineden 75,55 dB sonucu alınırken, izolasyon uygulanan makineden alınan sonuç ise 72,97 dB'dir. Yapmış olduğumuz çalışmada ise kabin içi 2. ölçüm noktasından alınan sonuç izolasyonsuz makinede 69,9 dB iken izolasyon malzemesi uygulanan makinede bu değer 67,88 dB olarak ölçülmüştür. 2.

ölçüm noktası ölçüm değerleri farkları incelendiğinde ekskavatör makinesine yapılan uygulamanın gürültü düzeyine etkisi 2,58 dB ölçülürken, kazıcı-yükleyici makinesine yapılan uygulamanın fark değeri 2,02 dB olarak ölçülmüştür. İki makineden ölçülen kabin içi 2 noktaya ait değerlerin farklarının ortalaması incelendiği zaman ekskavatör makinesi için 3,5 dB'lik gürültü düzeyinin düşüşü ölçülmüş olup, kazıcı-yükleyici makinede bu değer 1,76 dB olarak ölçülmüştür.

Ölçüm sonuçları ve grafikler incelendiğinde ekskavatör makinesine yapılan izolasyon uygulamasından alınan sonuçlarda tüm frekanslarda paralel bir azalma gözlemlenmiştir. Kazıcı-yükleyici makinesinin ölçüm sonuçlarında ise, uygulanan materyalin insan kulağı işitilebilir frekanslarında(2000-5000 Hz) bir azalma göstermediği bu nedenle seçilen materyallerin başarı sağlamadığı tespit edilmiştir.

Matthews (1967), kabinli ve kabinsiz biçerdöverlerin gürültü seviyeleri ile ilgili bir araştırma yapmıştır. Sonuçlar, bir biçerdöverdeki kabinin, kabinsiz bir biçerdövere kıyasla ses basıncı seviyesinde önemli bir düşüşe yol açmadığını göstermektedir. Ancak, bu çalışmanın sonuçları, kabinli ve kabinsiz biçerdöverlerin gürültü seviyeleri arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir. Görünüşe göre bu ayrımın nedeni farklı teknoloji 1967'lerden 2000'lere kadar kullanılan malzemelerin uygulamaları ve yalıtım özellikleridir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmaya göre izolasyon malzemesi kullanarak düşük frekanslarda 1,5-2,7 dB'lik bir düşüş sağlanmıştır. Kullanılan izolasyon malzemeleri ve ses bariyerleri incelendiğinde yüksek frekanslarda gürültü seviyesinde belirgin düşüşlerin olmadığı gözlemlenmiştir. İnsan kulağının işitilebilir frekans aralığı olan 2000 – 5000 Hz frekans değerleri arasında malzemenin özelliğinin gürültü seviyesinin düşürülmesinde yetersiz kaldığı kullanmış olduğumuz bu malzemelerin daha düşük frekanslarda etkili olduğu sonucu elde edilmiştir.

Sonuç olarak, ileride yapılabilecek çalışmalar için aşağıda sıralanan sonuçlar bu çalışmanın kazanımları olarak değerlendirilebilir:

- Düşük frekans değerlerinde ses dalgaları oluşturan gürültü kaynakları için, uygulama bölgelerinde kapalı hücre yapılı düşük yoğunluklu polietilen ses yutucu ve izolatörler ses emilimi uygulamalarında tercih edilebilir.
- Kazıcı yükleyici kabininin akustik olarak izole edilebilmesi için kabinin dış ortamdan tamamen izole edilmiş olması gerekmektedir. Bu açıklıkların belirlenmesi ve kapatılması kabin akustiği için büyük önem taşımaktadır. Sesin geçiş yapacağı bölgelerin tespiti için sis testi tekniği kullanılır. Kabin ve kabin içindeki parçalar tamamen düz şekillerden olmadığından, bu şekillere uygun, yüksek yoğunluklu ses bariyerleri uygulamak zordur. Bu yüzden bu bölgeler için, kolay şekillenebilen ses akustiği için tasarlanmış izolasyon malzemeleri tercih edilebilir.
- Kabin içerisinde bulunan trim parçalarının malzeme yoğunluğunun yüksek oranda olması sesin bir alan içerisinde hapsolmasını katkı sağlayabilir.
- Yüksek yoğunluklu ses bariyerlerinin kabin zeminine uygulanması ve başarılı sonuçlara ulaşılması için, kabin tasarımlarında düz yüzeyli tasarımlar dikkate alınarak kabin akustiğinin başarı oranı arttırılabilir.

- Hava yoluyla taşınan gürültünün, kaynakta minimize edilmesi önemlidir. Gürültü kaynağı olan motor ve motor bölmesinde oluşabilecek montaj bağlantı elemanlarının gevşemesi ve bağlantı elemanlarının düşüp motor veya radyatör bölgesinde boşta hareket etmemesine dikkat edilmelidir.
- Bağlantı elemanlarının doğru ve eksiksiz seçilmesine ve yeterli sıkılıkta montajlanmasına dikkat edilmelidir.
- Egzoz ve çevresinde bulunan kapama saclarının ve motor kaputunun tasarımında oluşabilen uyumsuzluklar büyük açıklıklıklara sebep olur ve ses dalgalarının bu büyük açıklıklardan kolayca geçmesine olanak sağlar. Sonuca etkisi oldukça fazla olan bu tür açıklıkların, Ar&Ge çalışması ile mümkün olduğunca kapalı konuma getirilmesi istenilen sonuçlara ulaşmada yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

Balaban, M., 2010. Noise Source Identification and Adoption of Proper Noise Control Strategies on Wheeled Tractors. Middle East Technical University, M.Sc. Thesis, Ankara, Sayfa 109

Bruel & Kjær Sound & Vibration A/S, 1984, Measuring Sound. Çukurova Makine, Bekoloder Servis Manueli 883/885–880S–Modelleri, https://www.cumitas.com/ 2022.

Edge,K., 1999,Designing Quieter Hydraulic Systems - Some Recent Developments and Contributions, Forth JHPS International Symposium.

Eisele,G., Wolff,K.,Alt,N.,2005, Application of Vehicle Interior Noise Simulation (VINS) for NVH Analysis of a Passenger Car, SAE International, 2005-01-2514.

Esenboga, F., 2014, Improving Thermal and Acoustic Insulation of Coaches. Cukurova Unıversity, M.Sc.Thesis, Adana, 174p.

Everest, A., Pohlmann, K., 2009,Master Handbook of Acoustics, The McGraw-Hill Companies, Sayfa 529

Hidromek, Kazıcı, HMK 210 W MH, 2019

Hidromek, HMK Hicon 7 W, 2021

Ingemansson S. Elvhammar, H., 1995: 14

Ingemansson,S.;Elvhammar,H.,1995:Za{titaodbuke– na~ela i primjena. ZIRS, Zagreb

Matthews, J., 1967. Progress in the application of ergonomics to agricultural engineering. I.A.E. Symposium, Silsoe.

MEGEB, 2013. Motorlu Araçlar Teknolojisi, İş Makineleri Ders Kitabı, Sayfa 3 -20

MND, İzolasyon Malzemeleri 2018, Yalıtım Malzemeleri Teknik Verileri, https://mnd.com.tr/

OSHA,1983. Occupational Noise Exposure: Hearing Conservation Amendmend. Federal Register, Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 48, 9738-9783.

Özden, M. C, 2019, Improving Of Crawler Excavator Cabınet Acoustıc Isolation Wıth Synthetıc Sound Barrıer And Polyethylene Insulations Materials, Adana

Panda, K. C., 2016.Dealing with Noise and Vibration in Automotive Industry,Procedia Engineering 144: 1167-1174.

Panza, M. A., 2015, A Review of Experimental Techniques for NVH Analysis on Commercial Vehicle, Energy Procedia 82: 1017-1023.

Sabancı, A., 1999. Ergonomi. Yayın No:13, ISBN: 975-7024-11-2. Baki Kitabevi.592 sayfa.

Sümer, S. K., Ege, F. , Sabancı, A. "Tekstil Fabrikalarında Gürültü Düzeyi Ve Etkileri" . TTB Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi 4 (2003): 30-39

Sümer, S. K., Ege, F. , Sabancı, A. " Noise exposed of the operators of combine harvesters with and without a cab". Applied Ergonomics 37 (2006) 749–756

Svantek,2022, Class 1 Sound Level Meter, Svantek 971, https://svantek.com/ (Giriş Tarihi 18 Eylül 2022)

TMMOB Makine Mühendisleri Odası İş Makinaları El Kitabı-1 (2002), Sayı: MMO/2002/305

TS ISO 6393:1999 Akustik - İnşaat Ve Kazı Makinalarından Yayılan Dış Gürültünün Ölçülmesi - Sabit Deney Şartları

TS ISO 6394:1999 Akustik-İnşaat Ve Kazı Makinalarından Yayılan Gürültünün Operatör Konumunda Ölçülmesi-Sabit Deney Şartları

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Makina Mühendisleri Odası İş Makinaları Kullanıcısı (Operatör) Kurs Yönetmeliği (2002).

Wang, X., 2010, Vehicle Noise and Vibration Refinement, Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Granta Park, Great Abington, Cambridge CB21 6AH, UK, 434 p.

Yılmaz N, 2010, Farklı Yapıdaki Traktör Kabinlerinin Gürültü Yalıtımına Etkisinin Saptanması

ÖZGEÇMİŞ

Hayati ALYAĞUT; 2004 -2008 Lise eğitimine Tarsus Endüstri Meslek Lisesi – Makine Teknolojisi (MEGEP Pilot Kurum) bölümünde 4 yıl eğitim aldı. 2008-2010 yıllarında Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulun – Makine Bölümünde okudu. 2011'de askerlik görevini tamamladıktan bir süre sonra, DGS ile 2013 - 2016 yılları arasında eğitime Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde devam etti ve bölüm birinciliği ile mezun oldu. 2019 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

Özen-İş Makine Torna Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.'nde 2012-2013 yılları arasında kalite kontrol teknikeri görevinde çalıştı.

Aky Teknoloji Mak.San.Tic.Ltd.Şti.'nde renkli ayırma makineleri satış sonrası destek görevinde 2016 – 2017 yılları arasında çalıştı.

Çukurova Makine İmalat ve Ticaret A.Ş.'de, 2018 yılından itibaren Ar&Ge bölümünde çalışmakta(2023).