

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÜRETİM SAHASINDA GÜRÜLTÜ KONTROLÜ

YAKUP ERDOĞAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE TEORİSİ VE KONTROL PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. RAHMİ GÜÇLÜ**

İSTANBUL, 2017

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜRETİM SAHASINDA GÜRÜLTÜ KONTROLÜ

Yakup ERDOĞAN tarafından hazırlanan tez çalışması 19/12/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Rahmi GÜÇLÜ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Rahmi GÜÇLÜ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Muzaffer METİN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç.Dr. Lütfi Emir SAKMAN
İstanbul Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tezin konusu, üretim sahasında karşılaşılan gürültü problemine karşı mühendislik yaklaşımıyla sistemsel nasıl bir çözüm bulunması gerektiğidir. Bu amaçla çeşitli sektörlerde faaliyet gösteren fabrikaların üretim alanları içinde önemli noktalarda gürültü ortam ölçümleri yapılmış ve kişisel maruziyet değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlere göre uygulamalı gürültü kontrol çalışmaları yapılarak, gürültü etkisinin azaltılması ve istenen sınır değerlere getirilmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışması boyunca, bilgi, tecrübe ve sabırlarını eksik etmeyen saygıdeğer hocam, tez danışmanım Prof. Dr. Rahmi GÜÇLÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Sadece iş hayatında değil, yaşamın bütün yönlerinde örnek aldığım ve benden hiçbir alanda yardımlarını eksik etmeyen saygıdeğer üstadım İş Müfettişi Abbas DENİZ'e teşekkür ederim.

Tezin hazırlanması aşamasında destek veren İş Müfettişi Yardımcısı arkadaşlarıma, İş Güvenliği Uzmanı Yasemen ARKAN'a, değerli çalışanlarımıza, sevgili eşim Elif Ayşe ERDOĞAN'a ve kızım Zeynep ERDOĞAN'a, aileme ve değerli dostum Kerem YÜCESAN'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Aralık, 2017

Yakup ERDOĞAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	
TEMEL SES BİLGİSİ	3
2.1 Ses ve Gürültü	3
2.2 Ses Dalgalarının Özellikleri-Frekans, Periyot, Dalga Boyu ve Yayılma Hızı	4
2.3 Harmonik Olmayan Ses Dalgaları ve Ses Basıncının RMS Değeri	6
2.4 Desibel.....	6
2.5 Ses Gücü Düzeyi	7
2.6 Ses Basıncı Düzeyi	8
2.7 Ses Şiddeti ve Ses Şiddeti Düzeyi	9
2.8 Yönelme ve Yönelme Katsayısı	9
2.9 Arı Ses, Periyodik Ses ve Karmaşık Sesler	11
2.10 Frekans Analizi	11
2.11 Oktav Bantları	12
BÖLÜM 3	

SES YÜKSEKLİĞİ VE GÜRÜLTÜNÜN SINIFLANDIRILMASI.....	13
3.1 Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi.....	13
3.2 Gürültü Ölçütü Eğrileri	16
3.3 Gürültünün Sınıflandırılması	17

BÖLÜM 4

GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ, GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ ve GÜRÜLTÜ İLE İLGİLİ MEVZUAT	20
4.1 Ses Düzeyi	20
4.2 Gürültü Ölçümleri	21
4.2.1 Görev tabanlı ölçüm stratejisi.....	22
4.2.2 İş tabanlı ölçüm stratejisi	23
4.2.3 Tam gün ölçüm stratejisi.....	23
4.3 Ses Ölçüm Cihazları	24
4.3.1 Ses Seviye Ölçerler	24
4.3.2 Oktav Bantlı Analiz Cihazı.....	25
4.3.3 Gürültü Dozimetreleri	25
4.3.4 Odyometre	26
4.4 Gürültünün Çalışan Sağlığına Olan Etkileri	26
4.4.1 Fizyolojik Etkileri	28
4.4.2 Psikolojik Etkileri	29
4.4.3 Performans üzerine etkileri	29
4.5 Mesleki İşitme Kayıpları	29
4.5.1 Sebepleri	30
4.5.2 Özellikler ve Sınıflandırma	30
4.5.3 Gürültü ilişkili işitme kaybı	31
4.6 Gürültü ile İlgili Ulusal ve Uluslararası Mevzuat	32
4.6.1. Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmelik ...	32
4.6.2. Uluslararası Standartlar ve Türk Standartları	33
4.6.3. TS 2607 ISO 1999 Akustik - İş Yerinde Maruz Kalınan Gürültünün Tayini Ve Bu Gürültünün Sebep Olduğu İşitme Kaybının Tahmini	33

BÖLÜM 5

GÜRÜLTÜ KONTROLÜ	35
5.1 Giriş	35
5.2 Üretim Sahasında Temel Gürültü Kontrol Metodu.....	36
5.3 Kurulum Aşamasında Planlama İle Gürültü Kontrolü	39
5.4 Gürültü Kaynağının Kapatılması İle Gürültü Kontrolü	40
5.5 Bariyer Yöntemiyle Gürültü Kontrolü	42
5.6 Susturucularla Gürültü Kontrolü.....	43
5.7 Kulak Koruyucularla Gürültü Kontrolü.....	45
5.8 Endüstriyel Sahada Gürültü Kontrolü ve Örnek Uygulamalar	47
5.9 Ses Yalıtımı ve Ses Yalıtım Malzemeleri	50

BÖLÜM 6

ENDÜSTRİYEL ALANLARDA GÜRÜLTÜ KONTROL UYGULAMALARI.....	51
6.1 Otomotiv Lastik Fabrikası Gürültü Kontrolü Çalışması	52
6.1.1 Otomotiv Lastik Fabrikası Gürültü Değerleri	54
6.1.2 Lastik Fabrikasında Yapılan Gürültü Ölçümleri	63
6.1.3 Lastik Fabrikasında Yapılan Gürültü Kontrol Çalışmaları	65
6.2 PVC Çatı ve Dış Cephe Fabrikası Gürültü Kontrol Çalışması	70
6.2.1 PVC Çatı ve Dış Cephe Fabrikası Gürültü Değerleri	70
6.2.2 PVC Çatı ve Dış Cephe Fabrikası Gürültü Kontrol Uygulamaları	73
6.3 Metal Fabrikası Gürültü Kontrol Çalışması	75
6.3.1 Metal Fabrikası İç Ortam ve Kişisel Maruziyet Gürültü Değerleri	76
6.3.2 Metal Fabrikası Gürültü Kontrol Uygulamaları	82
6.3.3 Metal Fabrikası Gürültü Kontrol Programı	84
BÖLÜM 7	
SONUÇ VE ÖNERİLER	86
KAYNAKLAR.....	89
EK-A	
ÇALIŞANLARIN GÜRÜLTÜ İLE İLGİLİ RİSKLERDEN KORUNMALARINA DAİR YÖNETMELİK	91
EK-B	
GÜRÜLTÜ HARİTASI OLUŞTURMA	98
B-1 INoise V2018 Programın Tanıtılması	98
ÖZGEÇMİŞ.....	102

SİMGE LİSTESİ

A, B, C, D	Ses basınç ağırlık ağları
α	Hücrenin iç yüzeylerinin ortalama ses yutma katsayısı
C	Yayıma hızı
dB	Desibel
f	Frekans
Hz	Hertz
I	Ses şiddeti
I_L	Gürültü kaybı
I_t	Sesin küresel dalgalar halinde yayılması durumunda elde edilecek teorik ses şiddeti
L_{EX}	Maruziyet değeri
L_L	Ses yüksekliği düzeyi
L_p	Ses basıncı düzeyi
L_w	Ses gücü düzeyi
$L_{EX,8h Anma}$	8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş, maruz kalınan gürültü seviyesi
$L_{Aeq,Te}$	Te süredeki eş değer sürekli A-ağırlıklı ses basınç seviyesi
m	Metre
μPa	Mikropaskal
n	Oktav bantları
λ	Dalga boyu
ρ	Yoğunluk
Q	Yönelme katsayısı
Pa	Paskal
P_{EL}	İzin verilen etki seviyesi
P_o	Genlik
P_t	Ses basıncının zamanla değişimi
S	Ses yüksekliği
sn	Saniye
T	Periyot
T_e	Gün içinde maruz kalınan periyot
T_o	8 saatlik çalışma periyodu
Tk	Havanın Kelvin cinsinden sıcaklığı
W	Ses Gücü

KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliđi
ANSI	Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
ÇGİİRKDY	Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik
EDMED	En düşük maruziyet eylem değeri
EYMED	En yüksek maruziyet eylem değeri
GSKEK	Gürültünün Sebep Olduğu Kalıcı Eşik Kayma Değeri
GEK	Geçici eşik kayması
ISO	International Organization for Standardization
İSGB	İşyeri Sağlık ve Güvenlik Birimi
KEK	Kalıcı eşik kayması
MSD	Maruziyet sınır değeri
NC	Gürültü ölçütü eğrileri
NR	Gürültü sınıflandırma eğrileri
OSHA	Occupational Safety and Health Act
RMS	Ses basıncının ortalama kare değerin karekökü
PNC	Yeğlenen gürültü ölçütü eğrileri
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
STS	Standart eşik kayması
TS	Türk Standardı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Basit bir harmonik ses dalgasının bir noktada oluşturduğu ses basıncının zamanla değişimi [4]	4
Şekil 2.2 Harmonik bir ses dalgasının bir yönde ilerleyişi [4].....	5
Şekil 2.3 Yüksek veya düşük frekanslı gürültüyü yansıtan bariyer engelin etkileri	10
Şekil 3.1 Ses yüksekliği (sone) - ses yüksekliği düzeyi(phon) çevrim eğrisi [4]	15
Şekil 3.2 Saf seslerin boşluktaki eşit ses yükseklik eğrileri.....	15
Şekil 3.4 Gürültü sınıflandırma eğrileri (NR eğrileri) [4].....	16
Şekil 4.1 A, B, C ve D ağırlıklı filtreler	22
Şekil 4.2 Farklı tiplerde ses ölçerler ve dozimetre	24
Şekil 4.3 Ses seviye ölçer şeması.....	24
Şekil 4.4 Gürültü kaynağının oktav bantlı analizinden elde edilen veriler	25
Şekil 5.1 Gürültü problemi üç faktöre ayrılabilir: 1 - Kaynak; 2 - Ses enerjisinin geçtiği yol; 3 - Alıcı.....	37
Şekil 5.2 Gürültünün yayılması	38
Şekil 5.3 Gürültü kontrol yöntemlerinin uygulanması	38
Şekil 5.4 Odacık uygulamasıyla gürültü kontrol yöntemi	41
Şekil 5.5 Bariyer kullanarak akustik gölge elde edilmesi ve gürültü kontrolü	42
Şekil 5.6 Bariyer ve yansıtıcı ve ses yutucu tavanlı odalardaki etkisi.....	43
Şekil 5.7 Akışkan gürültüsüne yönelik susuturucu kullanımı	44
Şekil 5.8 Susuturucu çeşitleri	44
Şekil 5.9 Kulaklıklar	46
Şekil 5.10 Kulak Tıkaçları.....	46
Şekil 5.11 Fabrika içi gürültü kabini	48
Şekil 5.12 Jeneratör odası içten ses yalıtım ve izolasyon uygulamaları.....	48
Şekil 5.13 Radyal fan kabini duvar ve ses yalıtım uygulaması	49
Şekil 5.14 Fabrika içi pres kabini ve pres grubu kısmi hücre uygulamaları.....	49
Şekil 5.16 Ses yalıtımı için kullanılan akustik süngerler	50
Şekil 6.1 Otomotiv lastik fabrikası gürültü ölçüm noktaları [13]	56
Şekil 6.2 Otomotiv lastik fabrikası gürültü ölçüm noktaları (a) [13]	57
Şekil 6.3 Otomotiv lastik fabrikası gürültü ölçüm noktaları (b) [13].....	58
Şekil 6.4 Otomotiv lastik fabrikası gürültü haritası [13]	60
Şekil 6.5 Otomotiv lastik fabrikası gürültü haritası (a) [13]	61
Şekil 6.6 Otomotiv lastik fabrikası gürültü haritası (b) [13]	62

Şekil 6.7 Ölçümde kullanılan cihaz	63
Şekil 6.8 Banbury için susturucu takılması.....	65
Şekil 6.9 AN 200-900 serisi susturucu teknik özellikleri.....	65
Şekil 6.10 Raspa makinesi fanının değiştirilmesi	66
Şekil 6.11 Ekstrüder hattı blower fanına izolasyon kabini yapılması.....	67
Şekil 6.12 Kazan dairesinde çalışanlar için kabin	68
Şekil 6.13 Kalıp sökme çalışma masasının kauçuk ile kaplanması.....	68
Şekil 6.14 Kulak tıkacı kullanılması.....	69
Şekil 6.15 Ölçümde kullanılan ses seviyesi ölçer	70
Şekil 6.16 Mevcut plastik kırma makinası ve yeni tesis edilen kırma makinası	73
Şekil 6.17 Testere bölümü kişisel maruziyet ölçüm cihazı.....	74
Şekil 6.18 Metal fabrikası iç ortam gürültü noktaları (a) [15].....	79
Şekil 6.19 Metal fabrikası iç ortam gürültü noktaları (b) [15]	80
Şekil 6.20 Metal fabrikası iç ortam gürültü noktaları (c) [15].....	81
Şekil 6.21 Çelik servis merkezi fabrika içi gürültü kabinleri	82
Şekil 6.22 Mekanik işlem bölümü akustik baffle uygulaması	83

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Sesin 21°C'deki yayılma hızları [4]	6
Çizelge 2.2 Çeşitli ses ve gürültü kaynaklarının tipik ses güçleri ve ses gücü düzeyleri ...	8
Çizelge 2.3 Düzgün ses yayan bir ses kaynağının değişik konumlardaki yönelme katsayısı.....	10
Çizelge 3.1 Çeşitli kapalı yerlerdeki arka plan gürültüsü için önerilen NC değerleri [4] .	17
Çizelge 4.1 Bir fabrikanın değişik kısımlarındaki ses seviyeleri.....	26
Çizelge 4.2 Gürültü nedeniyle işitme kaybındaki tahmini riskleri [7]	28
Çizelge 4.4 Değişik düzeydeki sürekli gürültülerin etkisi altında kalma süreleri	33
Çizelge 5.1 Kulak koruyucularının gürültü engelleme değerleri [12]	46
Çizelge 6.1 Otomotiv lastik fabrikası kişisel maruziyet gürültü ölçüm sonuçları [13]	55
Çizelge 6.2 Otomotiv lastik fabrikası hesaplanan ölçüm sonuçları [13]	59
Çizelge 6.3 03/12/2015 tarihli lastik fabrikası kişisel maruziyet ölçüm sonuçları [13]...	64
Çizelge 6.4 03/12/2015 tarihli lastik fabrikası ölçüm sonucu hesaplanan değerler.....	64
Çizelge 6.5 07/04/2016 tarihli PVC fabrikası iç ortam ölçüm sonuçları [14]	71
Çizelge 6.6 PVC Fabrika Kişisel Maruziyet Ölçüm Sonuçları [14]	72
Çizelge 6.7 PVC fabrika hesaplanan kişisel maruziyet sonuçları [14]	72
Çizelge 6.8 Metal fabrikası iç ortam gürültü değerleri	76
Çizelge 6.10 Metal fabrikası kişisel maruziyet ölçüm sonuçları [15]	78

ÜRETİM SAHASINDA GÜRÜLTÜ KONTROLÜ

Yakup ERDOĞAN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Rahmi GÜÇLÜ

Üretim sahasında mevcut olan makinelerin oluşturduğu gürültü, çalışanlar için önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Üretim sahasında oluşan gürültünün azaltılması, kontrol edilmesi ve çalışanlar için zararlı olmaktan çıkarılması için çeşitli kontrol yöntemleri uygulanır. Gürültünün kaynakta, yayılma ortamında ve en son olarak alıcıda kontrol altına alınması en önemli gürültü kontrol basamaklarıdır. Gürültünün üretimde bulunan çalışanlar üzerindeki etkilerinden, sınır değerlerinden ve ilgili yönetmelik ve standartlardaki bilgilerden yararlanılmıştır. Üretim sahasında karşılaştığımız ekipmanların gürültü seviyeleri değerlendirildikten sonra gürültünün hangi yöntemler ile kontrol edilebileceği örnekler ile gösterilmiştir. Risk değerlendirmesi, üretim sahası yerleşimi, maruziyetin önlenmesi, kişisel koruyucu donanım kulak koruyucular, sessiz makine seçimi, işitme kaybı ve sağlık muayeneleri ile gürültü kontrolü yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında üç farklı fabrika gürültü açısından incelenmiş, gürültü kaynakları belirlenmiş, ortam ve kişisel maruziyet ölçümleri yapılmış ve gürültüden korunmak için çeşitli uygulamalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Desibel, Gürültü Kontrolü, Mesleki Maruziyet, Kulak Koruyucu

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NOISE CONTROL IN PRODUCTION AREA

Yakup ERDOĞAN

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Rahmi GÜÇLÜ

The noise generated by the machines that are present in the production area is a major problem for the employees. A variety of control methods are applied to reduce the noise generated from the manufacturing process, to control it and to remove it from being harmful to employees. In the source of noise, in the spreading environment and finally in the receiver, the most important noise control steps. Benefits from the effects on the employees at the production level, the limit values and the relevant regulations and standards. After examining the methods of measuring the sound levels of the equipments we use in the production area, in which ways the noise can be controled are showed by the means of the examples. Noise control was carried out with risk assessment, production site setting, exposure prevention, personal protective equipment ear protectors, silent machine selection, hearing loss and health examinations.

In this thesis study, three different factories were examined in terms of noise, noise sources were determined, environment and personal exposure measurements were made and various applications were made to protect from noise.

Keywords: Decibel, Noise Control, Occupational Exposure, Hearing Protector

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

1.1 Literatür Özeti

Dünyada ve ülkemizde teknolojinin ve sanayinin gelişmesi, makineleşmenin artması birçok sağlık ve güvenlik riskini beraberinde getirmiştir. Bu risklerden biriside fiziksel iş güveniği unsuru olan gürültüdür. Gürültüden kaynaklanan işitme kaybı insanlık tarihi kadar eskidir. Geçmişe bakıldığında bakır işçilerinin sürekli yüksek gürültüye maruz kalmaları sonucu işitme güçlüğü çekmeye başladıkları ve ilerleyen yaşlarda tamamen sağır oldukları tespit edilmiştir. Özellikle otomasyona dayalı sanayi kollarındaki gürültü seviyeleri işyeri dışında yaşanan gürültü seviyelerinden daha şiddetli ve sürekli hale gelmiştir.

Makinelerin hızlanması ve üretimde otomasyon sistemlerine geçilmesi gürültü seviyesinin yükselmesine neden olmuştur. Çalışma alanlarında gürültünün varlığı meslek hastalığı, iş kazası, iş performansının düşmesi vb. gibi riskleri ortaya çıkarmaktadır. Gürültü ile oluşan işitme kayıpları ülkemiz sanayisinde en sık görülen meslek hastalıklarından biridir. İstatiksel olarak kayıt altında olmasa da endüstriyel seslerden dolayı işitme kaybına sahip insan sayısının çok yüksek olduğu tahmin edilmektedir.

Bu tez çalışmasında; ses, gürültü ve gürültü kontrolü konusunda temel bilgiler verilmiş, iş sağlığı ve güvenliği açısından gürültü faktörü ele alınmıştır. Lastik, plastik ve metal sektörleri gibi farklı sektörlerde faaliyet gösteren fabrikalarda gürültü ortam ölçümleri ve kişisel maruziyet ölçümleri sonuçlarına bağlı olarak gürültü kontrol çalışmaları yapılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Tezin amacı endüstride önemli bir tehlike olan, üretim ve çalışan verimini büyük ölçüde azaltan gürültü probleminin mühendislik yaklaşımıyla ele alınarak; gürültü kontrolünün sağlanması ve mesleki maruziyet değerlerinin düşürülerek çalışanlar için uygun çalışma ortamının elde edilmesidir. Endüstride gürültü kontrolü ve uygulamaları çalışanların gürültüye maruz kalmaları sonucu sağlık ve güvenlik yönünden oluşabilecek risklerden korunmaları amacını taşımaktadır. Bu çalışmada gürültünün olumsuz etkilerinin, üretim sahasında meydana gelebilecek meslek hastalıklarının ve iş kazalarının azaltılması amaçlanmıştır. Hazırlanan bu tez çalışmasının, ülkemiz üretim sahasında karşılaşılan gürültü probleminin çözümüne katkıda bulunmasını özellikle üretim sahasında bulunan değerli çalışanlarımızın gürültü ile ilgili risklerden korunarak, meslek hastalıkları ile karşılaşmadan mutlu ve huzurlu bir çalışma yaşamı sürdürmelerine yardımcı olması amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Endüstriyel gürültü üretimde bulunan çalışanlar için büyük bir sorundur. Bu sorunun boyutu ve olumsuz etkileri giderek büyümektedir. Gürültü problemine karşı mühendislik çözümleriyle çalışanların gürültüye karşı maruziyetleri sınırlandırılmalıdır. Üretim sahasında uygun makine, ekipman ve çalışma yöntemi seçilerek, gürültü sönümleyici ekipmanlarla gürültü ile kaynağında mücadele edilerek, çeşitli yalıtım önlemleri kullanılarak ve çalışanlara gürültünün etkilerinden korunacak şekilde kişisel koruyucu donanımlar ve eğitimler verilerek gürültünün yönetmelik ve standartlardaki istenilen sınır değerlere getirilmesi ve çalışanlar üzerinde etkisinin azaltılması gerekmektedir. Kişisel korunma yöntemlerine ve organizasyonel önlem olarak çalışma sürelerinin düzenlenmesine en son olarak başvurulması gerekir.

TEMEL SES BİLGİSİ

2.1 Ses ve Gürültü

Ses işitme organı tarafından algılanabilen hava, su veya benzeri bir ortamdaki basınç değişimi olarak tanımlanmaktadır [1]. Ortamdaki parçacıkların titreşimi ve bu titreşimlerin diğer parçacıklara iletilmesi ile ses oluşur ve dalgalar halinde yayılır. Parçacıkların titreşmesi ile oluşan dalgalar, havada basınç değişikliklerini oluşturmaktadır. Bu basınç değişiklikleri kulak tarafından elektrik sinyallerine çevrilir ve beyin tarafından ses olarak algılanır. Hava basıncının değişim miktarına ses basıncı denir.

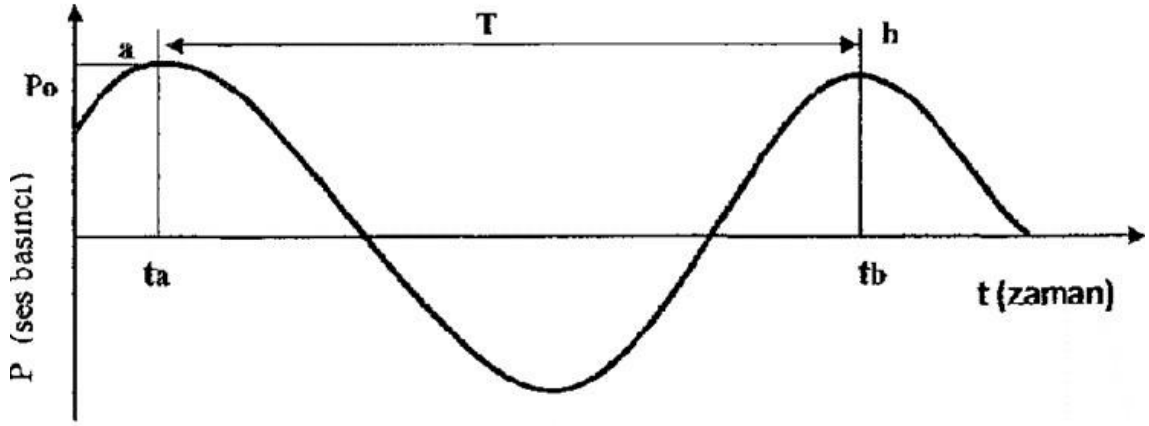


Gürültü katı, sıvı ve gazlardaki basınç değişiklikleri ile oluşturulan mekanik titreşimlerdir. Hava basıncında meydana gelen değişiklikler, duyu organlarına dalgalar halinde ulaşır ve bunun sonucu ses olarak duyulur. Bir titreşim karakteristik olarak, frekans ve şiddeti ile ifade edilir [2]. Ses ölçülebilen nesnel bir kavramdır. Gürültü ise öznel bir kavramdır. Gürültü hoş gitmeyen istenmeyen, rahatsız edici ses olarak tanımlanabilir. Bir sesin gürültü olarak nitelenip nitelenmemesi kişilere bağlı olarak değişir. Bununla birlikte birçok gürültü tipi herkes tarafından gürültü olarak kabul edilmesi gerekmektedir.

Endüstriyel gürültü de bu tip bir gürültüdür. Ayrıca çok yüksek sesin hoş gitse bile işitme kaybından başlayıp birçok psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklara uzanan zararlı etkilerinden dolayı kontrol edilmesi gerekmektedir.

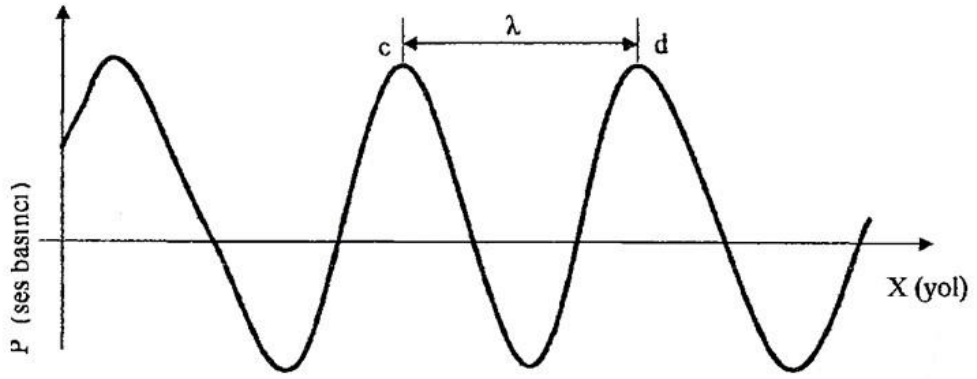
2.2 Ses Dalgalarının Özellikleri-Frekans, Periyot, Dalga Boyu ve Yayılma Hızı

Basit bir ses dalgasının bir noktada oluşturduğu ses basıncının zamanla değişimi Şekil 2.1’de gösterilmiştir. P_0 ile gösterilen, basıncın en büyük değerine ‘Genlik’ denilir. Periyot ise basıncın birbirini izleyen en büyük iki değer arasında (örneğin, t_b-t_a) geçen zamandır. T ile gösterilen periyodun birimi, zaman birimi olan saniyedir. Şekil 2.1’den görüldüğü gibi, basınç değişimi her periyotta (T zamanında) aynen tekrarlanmaktadır. Periyodun tersi ($1/T$) frekanstır. Periyot bir basınç değişimi için değişen zaman olarak tanımlandığına göre; frekans birim zamandaki basınç değişim devri sayısıdır. Bu tanımlardaki basınç değişim devri ile anlatılmak istenen, basıncın aynı düzeye ulaştığı birbirini izleyen iki nokta (a ve b) arasındaki kısımdır. Frekans, genellikle bir saniyedeki devir sayısı (Hertz) ile ölçülür. Yukarıdaki tanımdan anlaşılacağı gibi $T=1/f$ ’dir.



Şekil 2.1 Basit bir harmonik ses dalgasının bir noktada oluşturduğu ses basıncının zamanla değişimi [4]

Ses dalgasının oluşturduğu ses basıncının herhangi bir anda ses kaynağından olan uzaklıkla değişimi ise Şekil 2.2’de olduğu gibi gösterilebilir. Şekil 2.2’de yatay eksen yolu göstermektedir. Birbirini izleyen iki benzer nokta; örneğin c ve d arasındaki uzaklık dalga boyu (λ) olacaktır.



Şekil 2.2 Harmonik bir ses dalgasının bir yönde ilerleyişi [4]

Dalga boyu λ olan bir dalga, periyodu T olan sürede kendi boyu kadar yol gideceğinden, dalganın yayılma hızı,

$$C = \lambda/T \text{ [m/sn]} \quad (2.1)$$

olacaktır. Dolayısıyla bir dalganın frekansı veya periyodu ile dalga boyu arasındaki ilişki, yayılma hızı C 'ye

$$C = \lambda/T = \lambda f \text{ [m/sn]} \quad (2.2)$$

eşitlikleri ile bağlıdır.

Sesin havadaki yayılma hızı, havanın ideal gaz olarak kabul edilmesiyle

$$C = 20.05\sqrt{T_k} \text{ [m/sn]} \quad (2.3)$$

eşitliğinden bulunabilir. Burada T_k , havanın Kelvin cinsinden sıcaklığıdır.

$$T_k \text{ (Kelvin)} = 273.2^\circ + T_d \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (2.4)$$

olduğundan, 21°C 'deki sesin yayılma hızı 344 m/s bulunur. Sesin bazı ortamlarda, 21°C 'deki yayılma hızları çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Sesin 21°C'deki yayılma hızları [4]

Yayıma Hızı	
Ortam	m/s
Hava	344
Mantar	500
Kurşun	1200
Su	1400
Sert kauçuk	1400-2400
Beton	3000-3400
Tahta	3300-4300
Dökme Demir-Çelik	3700
Cam	5200

2.3 Harmonik Olmayan Ses Dalgaları ve Ses Basıncının RMS Değeri

Çevremizde ve endüstride ki seslerin çoğu harmonik değildir. Bu nedenle ses basıncının yüksekliği ses basıncının genliği ile tanımlanamaz. Bu tip durumlarda ses basıncı hakkındaki önemli bilgiyi ses basıncının rms değeri adı verilen ortalama kare değerinin karekökü verir. Ses basıncının zamanla değişimi $P(t)$ ise, bu ses basıncının T süresindeki rms değeri,

$$P = (1/T \int_0^T p(t)^2 dt)^{1/2} \quad (2.5)$$

eşitliğiyle tanımlanır. Periyodik ses dalgaları için, yukarıdaki eşitlikte T olarak ses dalgasının periyodu alınır. Periyodik olmayan ses dalgaları için ise, ses basıncının rms değeri ancak söz konusu bir T süresi için bulunabilmektedir.

2.4 Desibel

Desibel oran gösteren logaritmik bir birimdir. İlk kez elektrik mühendisliğinde kullanılmıştır. Alexander Graham Bell'in anısına bel adı verilen birim, iki büyüklüğün

oranının logaritması olarak tanımlanmaktadır. 1 bel oranları 10 olan iki büyüklüğü göstermektedir. Bu oranın çok yüksek olmasından dolayı desibel adı verilen ve oranların logaritmasınının 10 katı olarak tanımlanan birim daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu oranlardan biri bilinen bir sayı olarak alındığından; desibel, söz konusu bir büyüklüğün referans büyüklüğüne oranının logaritmasınının 10 katıdır. Desibel genelde güç ya da güç eşdeğeri büyüklükleri ölçmekte kullanılır. Desibel ile ölçtüğümüz büyüklüklere düzey adı verilir. W değerindeki bir gücün W_0 referans değerine göre düzeyi,

$$\text{Düzy (dB)}=10 \log W/W_0 \quad (2.6)$$

olarak tanımlanır. Dolayısıyla, referans olarak alınan W_0 'ın değerini bilmeme durumunda, tek başına W 'nın dB cinsinden düzeyi hiçbir anlam taşımaz. Doğrusal bir ölçek yerine logaritmik bir ölçek kullanılışından dolayı alt ve üst sınır değerleri arasında büyük farklar olan ses ölçümleri için desibel çok uygundur.

2.5 Ses Gücü Düzeyi

Ses gücü bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücü olarak tanımlanmaktadır. Bu gücün düzeyine ise ses gücü düzeyi (L_w) adı verilir. Referans gücü olarak uluslararası referans $W_0=10^{-12}$ kullanılır. Ses gücü W olan bir kaynağın ses gücü düzeyi L_w ,

$$L_w=10 \log W/10^{-12} \text{ dB} \quad (2.7)$$

eşitliğinden hesaplanabilir. Örneğin 1 W ses gücüne sahip olan bir uçak motorunun ses gücü düzeyi,

$$L_w= 10 \log 1/10^{-12} = 120 \text{ dB'dir.}$$

Bir makinanın ses gücü, bu makinanın toplam gücünün ses olarak yayılan kısmıdır ve genellikle toplam gücün çok küçük bir kısmıdır. Bazı ses ve gürültü kaynaklarının harcadıkları ses güçleri ve ses gücü düzeyleri çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Çeşitli ses ve gürültü kaynaklarının tipik ses güçleri ve ses gücü düzeyleri

Kaynak	Ses Gücü (W)	Ses Gücü Düzeyi dB(A)
Fısıltı	10^{-9}	30
Normal konuşma	10^{-5}	70
Bağırarak konuşma	10^{-3}	90
Kamyon kornası	10^{-1}	110
Pervaneli uçak motoru	1	120
Senfoni Orkestrası	10	130
Dört Pervaneli Uçak	100	140
Dört Jet motorlu uçak	5×10^4	167
Satürn roketi	5×10^7	197

Bu çizelgenin incelenmesi ses ölçümlerinde desibel kullanmanın yararlarını göstermektedir. Çizelgeye göre ses güçleri çok geniş bir aralıkta değişmekteyken ses gücü düzeylerini daha dar bir aralıkta inceleyebilmekteyiz. Desibel kullanımı nominal sayılar verdiği için daha kullanışlıdır.

Ses gücü düzeyi bilinen bir kaynağın ses gücü, watt olarak

$$W = 10^{-12} \times 10^{(L_w/10)} \text{ bağıntısı ile bulunabilir.} \quad (2.8)$$

2.6 Ses Basıncı Düzeyi

Ses, kulak zarıyla temasta bulunan havanın basıncının değişmesiyle algılandığından, bir ses kaynağının ses gücünden daha çok belli bir noktada yarattığı ses basıncı önemlidir.

Ses basıncı düzeyi L_p ,

$$L_p = 10 \log P/P_0^2 \quad (2.9)$$

olarak tanımlanır. Burada P ses basıncının ortalama kare değerinin karekökü P_0 ise uluslararası referans basıncı olarak kabul edilen 20 mikropaskal (20×10^{-6} Pa ya da N/m^2) 'dir. Böylece;

$$L_p = 20 \log P/P_0 \text{ dB} \quad (2.10)$$

şeklinde söylenebilir. 20 mikropaskalin referans olarak seçilme nedeni; ortalama genç bir yetişkinin, frekansı 1000 Hz olan bir ses dalgasını duyabilmesi için en az 20×10^{-6} Pa değerinde bir basıncın gerekmesidir. Ses basıncı düzeyinin tanımında basınçların değil de basınçların karelerinin oranının kullanılma nedeni, dB'in genellikle güç oranları için kullanılması ve gücün basıncın karesiyle orantılı olmasıdır.

2.7 Ses Şiddeti ve Ses Şiddeti Düzeyi

Ses şiddeti ses kaynağının bulunduğu ortamın akustik ve geometrik özellikleri ile kaynaktan olan uzaklığa bağlı olarak değişen bir özelliktir. Ses şiddetini tanımlamak için W ses gücüne sahip bir ses kaynağından çıkan ses dalgalarının A alanından geçtiği anı düşünürsek birim alandaki güç,

$$I = W/A \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (2.11)$$

ses şiddetini verir. Ses şiddetini ölçmek zordur. Fakat ses şiddeti ile ses basıncı arasındaki, düzlemsel dalgalar için verilen ve kaynaktan uzakta olmak koşulu ile diğer dalga tipleri için de geçerli olan

$$I = P^2/\rho c \quad (2.12)$$

bağıntısını kullanarak, ölçülen ses basıncının RMS değerinden (p) ve sesiniletildiği ortamın yoğunluğu ρ ile bu ortamdaki sesin yayılma hızı c 'den ses şiddeti I hesaplanır.

Ses şiddeti düzeyi L_1 ise daha önceki düzey tanımlamalarına benzer şekilde,

$$L_1 = 10 \log I/I_0 \text{ dB} \quad (2.13)$$

olarak tanımlanır. I_0 olarak 10^{-12} W/m² alınmaktadır.

Buradan da görülebileceği gibi gürültü analizlerinde ses şiddeti yerine ölçülmesi daha kolay olan ses basıncı kullanılmaktadır.

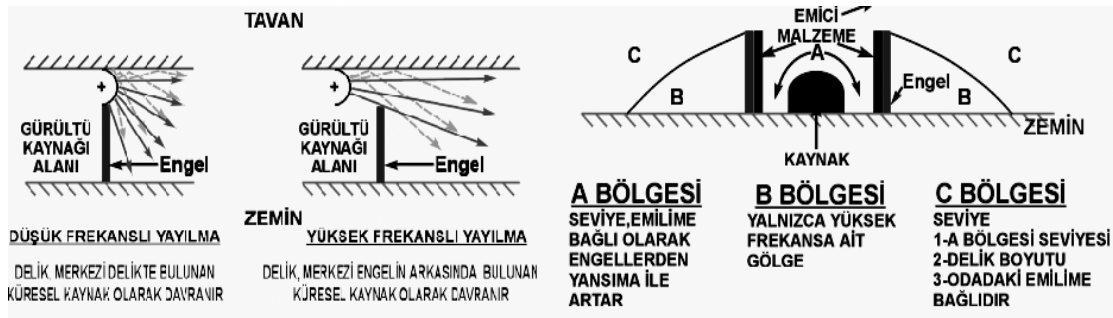
2.8 Yönelme ve Yönelme Katsayısı

Ses noktasal ideal bir ses kaynağından küresel dalgalar şeklinde yayılır. Genellikle, bir ses kaynağından çıkan ses dalgaları her yönde farklılık gösterir. Bir noktadaki yönelme

katsayısı Q: o noktadaki ses şiddetinin, sesin düzgün yayılması durumunda aynı noktada oluşturacağı ses şiddetine oranı olarak tanımlanır. Matematiksel olarak,

$$Q = I/I_t \quad (2.14)$$

yazılabilir. Burada I söz konusu noktadaki ses şiddeti; I_t ise aynı noktada, sesin küresel dalgalar halinde yayılması durumunda elde edilecek teorik ses şiddetidir. Yüksek veya düşük frekanslı gürültüyü yansıtan bariyerin yönelmeye etkisi Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Yüksek veya düşük frekanslı gürültüyü yansıtan bariyer engelin etkileri

Ayrıca yönelme katsayısı $Q = P^2/P_t^2$ şeklinde de yazılabilir. Burada P ölçülen, P_t ise sesin düzgün yayılması durumunda bulunacak ses basıncının RMS değerleridir. Bir ses kaynağının farklı noktalarda ki yönelme katsayısı belirtilmiştir. (Çizelge 2.3)

Çizelge 2.3 Düzgün ses yayan bir ses kaynağının değişik konumlardaki yönelme katsayısı

Kaynağın Konumu	Yönelme Katsayısı Q
Açıkta	1
Yansıtıcı bir düzlem üzerinde	2
Yansıtıcı iki düzlemin kesim çizgisinde	4
Yansıtıcı üç düzlemin kesim noktasında	8

2.9 Arı Ses, Periyodik Ses ve Karmaşık Sesler

Harmonik ses basıncı değişiminin oluşturduğu seslere arı ses adı verilir. Farklı frekanslardaki iki veya daha çok arı sesin birleşmesi sonucunda harmonik olmayan periyodik sesler elde edilebilir. Periyodik sesler, kendilerini oluşturan arı seslere ayrılabilirler. Doğada, arı ses olarak nitelediğimiz tek bir harmonikten oluşan seslere ender rastlanır. Örneğin org ve akort çubuklarının çıkardığı sesler arı seslerdir. Endüstride böyle bir örnek bulmak çok zordur. Bununla birlikte tek bir tonun baskın olduğu seslere elektrik motoru ve transformatör sesi örnek olarak verilebilir. Periyodik seslere doğada daha çok rastlanır. Örneğin, bir dizel motorun çıkardığı sesler belli bir frekans ve onun katlarından oluşur. Üçüncü olarak, karmaşık seslerden söz edilebilir. Bu tip sesler harmonik olmadıkları gibi periyodik de değildirler. Oluşturdukları ses basıncının zamanla değişimi gelişi güzeldir.

2.10 Frekans Analizi

Periyodik sesler kendilerini oluşturan harmoniklere ayrılabilir. Periyodik olmayan karmaşık sesler de sonsuz sayıda harmonik fonksiyonun toplamıdır. Her frekanstaki fonksiyonun katkısı frekansın fonksiyonu olarak çizilirse sürekli bir eğri elde edilmektedir. Bu tür eğrilere frekans spektrumu veya frekans dağılım eğrisi adı verilir.

Doğada rastladığımız sesler genellikle karmaşık seslerdir. Bu yüzden frekans analizi, ses ölçüm ve analizinde önemli bir yer tutmaktadır. Karmaşık bir sesin frekans dağılımını incelersek, o sesin daha çok hangi frekanslardaki seslerden oluştuğunu kolayca görebiliriz. Gürültü kontrolü açısından gürültünün frekans dağılımını bilmek gerekmektedir. Çünkü gürültü kontrolünü sağlamak için alınacak önlemler, yayılması ya da doğması önlenecek sesin frekansına bağlı olarak değişebilir. Ayrıca, kulağın her frekansa gösterdiği duyarlılık farklıdır.

Ses ve gürültü analizinde, oktav bantları ($1/n$ ve $n=2,3,10$ vb.) kullanılarak standartlaştırılmaya gidilmiştir. Genelde oktav analizi kullanılmakla birlikte, hassasiyet gerektiren durumlarda yaygın olarak $1/3$ oktav ya da $1/10$ oktav analizi kullanılır.

2.11 Oktav Bantları

Frekans analizinde karşılaştığımız ilk soru, hangi frekans aralığında inceleme yapmamız gerektiğidir. Bir sesi oluşturan harmoniklerin tümünün, örneğin frekansı 100 kHz olan bir harmoniğin katkısının incelenmesi gerekir mi? Bu sorunun yanıtını vermek için insan kulağının işitebileceği frekansları bilmemiz gerekmektedir. Uygulamada insan kulağının duyarlı olmadığı frekansları incelemenin bir yararı yoktur. Temel kural gelen sinyalleri süzerek istenilen frekanslardaki bileşenlerin büyüklüğünü ölçmektir.

İnsan kulağı yaklaşık olarak 16-20.000 Hz arasındaki seslere karşı duyarlıdır. Bu frekans aralığı değişik kaynaklarda 16 Hz-16 kHz ya da 20 Hz-20 kHz olarak verilmektedir. Kulağın en hassas olduğu frekans ise 3.000 Hz'dir. Normal bir konuşma 200 - 10.000 Hz frekans aralığını kapsar. Konuşmanın anlaşılabilir olması için 1000 - 2.500 Hz aralığındaki frekanslar yeterlidir. Telefonlar genel olarak 500 - 3.000 Hz frekans aralığındaki sesleri iletir. Müzik, genel olarak konuşmadan daha geniş bir frekans aralığına sahiptir. Alt sınır 200 Hz'den 30 Hz'e veya biraz daha altına düşerken, üst sınır 10 kHz'in epey üzerine çıkabilir. Buna karşılık, gürültü kontrolü açısından kulağın duyarlı olduğu tüm frekans aralığını incelemek gerekmez. Alt limit olarak 45 Hz civarı, üst limit olarak ise duruma göre 6 ya da 11 kHz alınabilir [3].

SES YÜKSEKLİĞİ VE GÜRÜLTÜNÜN SINIFLANDIRILMASI

3.1 Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

Bir sesin yüksekliği sadece o sesin yarattığı ses basıncı tarafından belirlenmemektedir. Aynı ses basıncını yaratan değişik frekanslardaki sesler değişik yükseklikte algılanırlar. Dolayısıyla; ses yüksekliği, sesin frekansı ve yarattığı ses basıncı tarafından belirlenir. Değişik frekanslarda aynı yükseklikte duyulan iki sesin ses basınçları arasındaki ilişkinin saptanması için kişisel yargıya başvurulur. Ölçüt olarak çok sayıda kişinin kişisel tepkileri alınmış ve istatistiksel sonuçlara dayanarak, ses yüksekliği ile ses basıncı ve frekansı arasındaki bir ilişki bulunmuştur. Aynı yükseklikte duyulan değişik frekanslardaki saf tonların ses basıncı düzeylerinin frekansla değişimleri çizilerek eş yükseklik eğrileri elde edilmiştir.

Herhangi bir eş yükseklik eğrisinin üzerindeki her nokta aynı yükseklikteki sesleri göstermekte ve eğrinin 1000 Hz'i kestiği noktadaki ses basıncı düzeyinin sayısal değerine o yükseklikteki sesin yükseklik düzeyi denilmektedir. Birimi phon veya fondur. Örneğin, 1000 Hz'de 40 dB ses basıncı düzeyine sahip bir arı sesin yaratacağı sesin yükseklik düzeyi 40 phon'dur. Kulağa bu yükseklikte gelen tüm seslere, hangi frekansta olurlarsa olsunlar, 40 phon yükseklik düzeyine sahip denilir. Ses yüksekliği tamamen öznel bir kavram olduğu için, uygulamada standartlaşma sağlamak amacıyla "ortalama insana" göre elde edilen eş yükseklik eğrileri kullanılmaktadır. Belli bir ses yüksekliği için gereken ses basıncı, 3 kHz dolaylarında en düşük değerini alırken, frekans küçüldükçe yükselmektedir. Bu da insan kulağının en çok 3 kHz dolayındaki frekanslara karşı duyarlı

olduğunu gösterir. Bir arı sesin frekansının yükselmesi sonucu, ses belli bir frekansta aniden duyulabilirliğini yitirebilir.

Ses yüksekliği düzeyi, tanımından da anlaşıldığı gibi logaritmik olarak ölçülmektedir. Bu nedenle; yükseklik düzeyi, iki ayrı sesin yüksekliğini tam olarak kıyaslamaya, birinin diğerinden ne kadar daha yüksek olduğunu söylemeye elverişli değildir. Örneğin, yükseklik düzeyi 60 phon olan bir ses; yükseklik düzeyi 30 phon olan bir sese göre ne kadar daha yüksektir? Yine birçok kişinin, kişisel tepkisini ölçerek elde edilen sonuçlar, yaklaşık olarak 10 phon'luk bir artışın ses yüksekliğini iki katına çıkardığını göstermektedir. Bu nedenle, ses yüksekliği iki katına çıkınca sesin yüksekliğini gösteren sayının da iki katına çıkacağı yeni bir ölçü bulunarak birime sone (son) adı verilmiştir. Ses yüksekliği birimi olan sone, 1000 Hz frekansındaki 40 dB ses basıncı düzeyine sahip an bir sesin ses yüksekliği olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle, 40 phon ses yüksekliği düzeyindeki bir sesin ses yüksekliği 1 sone'dur. Phon ile sone arasındaki ilişki,

$$S = 2^{(L_L - 40)/10} \quad (3.1)$$

eşitliğiyle gösterilmektedir. Burada,

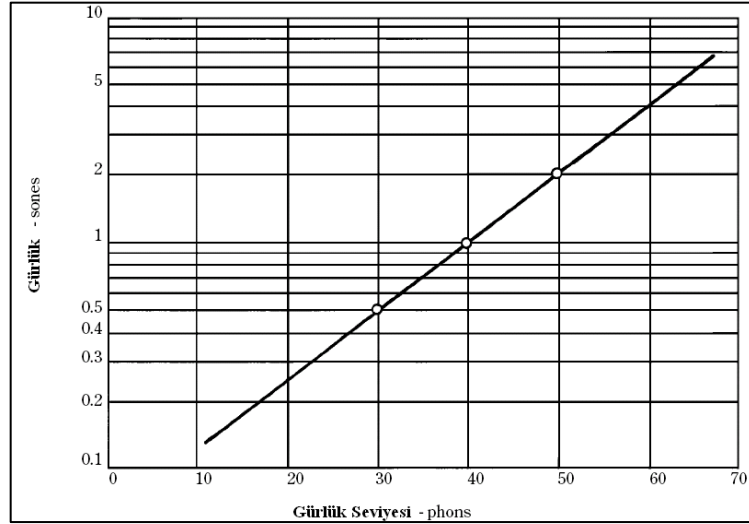
S = ses yüksekliği (sone)

L_L = ses yüksekliği düzeyi (phon)'dur.

Ters çevrim için ise, (2.1) eşitliğinden kolayca elde edilen,

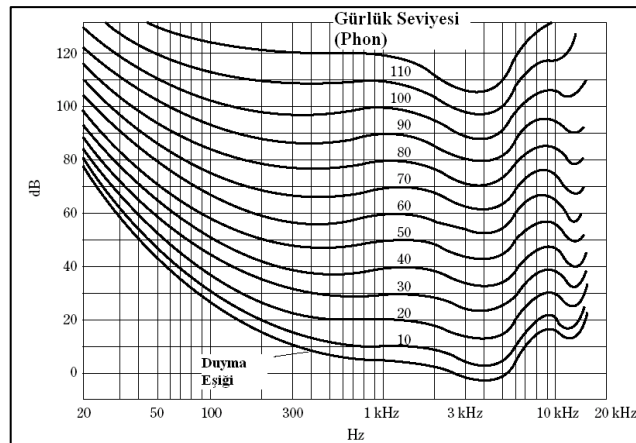
$$L_L = 33.3 \log S + 40 \quad (3.2)$$

Eşitliği kullanılır. Ses yüksekliği – ses yüksekliği düzeyi çevrimi için (3.1) ve (3.2) eşitlikleri yerine Şekil 3.1'de verilen çevrim eğrisi de kullanılabilir.



Şekil 3.1 Ses yüksekliği (sone) - ses yüksekliği düzeyi(phon) çevrim eğrisi [4]

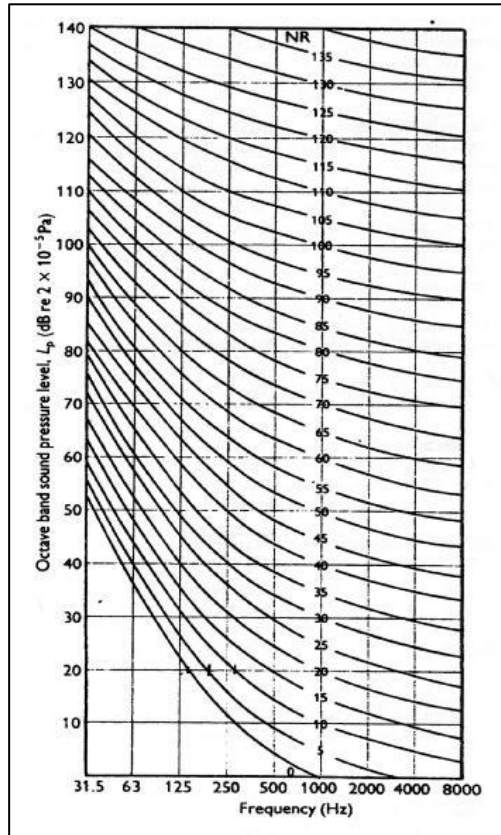
İlk olarak ana seslerin, yani tek bir frekansa sahip seslerin ses yüksekliklerine bakılmıştır. Yüksekliği ölçülmek istenen sesler, genelde ana sesler olmayıp birçok harmonikten oluşan karmaşık seslerdir. Bunun için sesi oluşturan her harmoniği ayrı ayrı incelemek gerekmektedir. Karmaşık seslerin ses yüksekliklerinin ve ses yüksekliği düzeylerinin ölçülmesi için basit bir yöntem geliştirilmiş ve eş yükseklik indeksi eğrileri çizilmiştir. Düşey eksen tek bir frekansa sahip bir sesin ses basınç düzeyini değil de, birçok harmonikten oluşan sesin belli bir frekans bandında ölçülen bant basıncı düzeyini göstermektedir. Şekil 3.2'de belli bir frekanstan söz edildiğinde, yalnız o frekanstaki harmonik bir ses dalgası değil, o frekansı merkez frekansı kabul eden bir frekans bandı içinde kalan tüm harmonikler kastedilmektedir.



Şekil 3.2 Saf seslerin boşluktaki eşit ses yükseklik eğrileri

3.2 Gürültü Ölçütü Eğrileri

Kapalı yerlerdeki arka plan (fon) gürültüsünün düzeyini saptamanın ve bilinen sınır değerlerle kıyaslanmanın bir yolu, gürültü ölçütü (NC) eğrilerini kullanmaktır. İlk olarak 1957 yılında çizilen bu eğriler kapalı yerlerdeki gürültüyü belirtmek için kullanılmaktadırlar. NC eğrilerinin en basit ve en yaygın olarak kullanılanı; her eğri, verilen belli bir S değeri için ulaşılabilecek en yüksek oktav bant basıncı düzeyini göstermektedir. En basit kullanımda, incelenen gürültünün ölçülen oktav bant basıncı düzeyleri NC eğrilerinin üzerine işaretlenir; en büyük NC değerine yakın nokta gürültünün NC değerini belirler. 1971 yılında, NC eğrileri gözden geçirilerek yeniden çizilmişlerdir. Yeni eğrilere yeğlenen gürültü ölçütü (PNC) eğrileri adı verilir. Genellikle, İngiltere’de ısıtma havalandırma endüstrisinde ve Amerika’da her alanda yaygın olan NC ve PNC eğrilerine karşılık, İngiltere’de diğer endüstri kollarında ve Avrupa’da her alanda NR eğrileri adı verilen gürültü sınıflandırma eğrileri kullanılmaktadır. NR eğrileri kullanımı, diğer eğrilerin kullanımı gibidir. Şekil 3.3’de verilen NR eğrilerinin, NC ve PNC eğrileriyle kıyaslanması, arada çok önemli bir fark olmadığını göstermektedir [4].



Şekil 3.3 Gürültü sınıflandırma eğrileri (NR eğrileri) [4]

Genelde gürültü ölçütü eğrileri adını verebileceğimiz NC, PNC ve NR eğrilerinin kullanılmasının en büyük yararı, çeşitli kapalı yerler için izin verilen gürültü üst sınır değerlerinin tek bir sayıyla belirlenebilmesidir. Çizelge 3.1 bazı kapalı yerlerdeki arka plan gürültüsü için önerilen NC değerlerini göstermektedir [4].

Çizelge 3.1 Çeşitli kapalı yerlerdeki arka plan gürültüsü için önerilen NC değerleri [4]

Yer	NC Değeri
Konser salonları ve kayıt stüdyoları	15-20
Yatak odaları	25-35
Ofis ve sınıflar	30-35
Oturma odaları	35-45
Mağazalar	35-50
Laboratuvarlar	40-45
Bilgisayar odaları, tuvalet ve banyolar	45-55
Üretim yapılan bölgeler, ustabaşı vs	45-60

3.3 Gürültünün Sınıflandırılması

Gürültü, frekans dağılımına göre ve ses düzeyinin zamanla değişimine göre olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Gürültü frekans dağılımına göre, geniş bant gürültüsü ve dar bant gürültüsü olmak üzere ikiye ayrılır.

Gürültüyü oluşturan arı seslerin frekansları geniş bir aralığı kaplar. Yani frekans dağılımı verilmiş hiçbir frekans bandında toplanmamıştır. Her frekanstaki katkının aynı değerlerde olduğu geniş bant gürültüye beyaz gürültü adı verilir. Hidrolik pompa gürültüsü örnek olarak verilebilir.

Dar bant gürültüsünün frekans dağılımı, belli bir frekans bandında toplanmış bir grafik gösterir. Başka bir deyişle, gürültüyü oluşturan arı seslerden, frekansı belli bir aralıkta olanlar baskındır.

Gürültü, ses düzeyinin zamanla değişimine göre ikiye ayrılır. Kararlı gürültünün düzeyinde zamanla önemli bir değişme olmaz. Sabit hızda ve güçte çalışan içten yanmalı bir makinenin gürültüsü, kararlı gürültüye iyi bir örnektir. Kararsız gürültü gözlem süresince gürültünün düzeyinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklikler olan gürültü şeklindedir. Darbe gürültüsü olarak da isimlendirilir [5].

Üretim sahasında karşılaşılan gürültü; sürekli gürültü, kesintili gürültü ve darbe tipi gürültü olmak üzere üç sınıfa ayrılabilir.

Sürekli gürültü: Sürekli gürültü üretimde bulunan bir çalışanın sekiz saat, haftada 40 saat süreyle maruz kaldığı yaklaşık sabit seviye ve spektrumdaki geniş bantlı gürültü olarak tanımlanmaktadır. Üretim sahasında karşılaşılan birçok işlem bu gürültü sınıfına girmektedir. Sürekli tip gürültü etkisi ile birçok risk ölçütü oluşturulmuştur. Çünkü bu gürültü tipinde genliği, frekansı ve süreyi tanımlamak çok kolaydır. Yönetmelikler ve standartlar, işverenin uygun mühendislik ya da organizasyonel önlemlerle çalışanların izin verilen seviyeye maruz kalmalarını azaltmasını öngörmektedir. Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik; Günlük gürültü maruziyet düzeyini (LEX, 8saat) [dB(A) re. 20 µPa]: TS 2607 ISO 1999 standardında tanımlandığı gibi en yüksek ses basıncının ve anlık darbeleri gürültünün de dahil olduğu A-ağırlıklı bütün gürültü maruziyet düzeylerinin, sekiz saatlik bir iş günü için zaman ağırlıklı ortalaması olarak tanımlanmaktadır. Haftalık gürültü maruziyet düzeyini ise (LEX, 8saat): TS 2607 ISO 1999 standardında tanımlandığı gibi A-ağırlıklı günlük gürültü maruziyet düzeylerinin, sekiz saatlik beş iş gününden oluşan bir hafta için zaman ağırlıklı ortalaması olarak tanımlanmaktadır.

Kesintili gürültü: Kesintili gürültü normal bir çalışma günü içinde belli bir geniş bantlı ses basınç seviyesine arasıra maruz kalma olarak tanımlanabilir. Ofis ile gürültünün yüksek olduğu üretim sahası arasında gidip gelen mühendis ya da teknik eleman bu tip bir gürültüye maruz kalmaktadır. Sabit gürültülerde, gürültünün ulaştığı A ağırlıklı ses seviyesinin kaydedilmesi yeterlidir. Darbeli gürültüler, darbe gürültüleri vb. gibi sabit olmayan gürültülerde, gürültünün geçici olma özelliği ilave bilgi gerektirir. Anlık ve sürekli tip gürültüler birlikte değerlendirilmelidir.

Darbe tipi gürültü: Darbe tipi gürültü ani ses patlaması olup, bu tip bir gürültünün pik seviyelerini tespit etmek için özel cihazlar gereklidir. Üretim sahasında ve endüstride sürekli gürültü dışındaki gürültü tipleri ile sık sık karşılaşmaktadır. Genelde, saniyede birden fazla tekrarlanan sesler sürekli olarak kabul edilebilir. Pres darbeleri ya da patlamalarla oluşan darbeli gürültü ya da darbe gürültüsü genellikle yarım saniyeden kısa sürelidir. Çalışanlar 140 dBA pik ses basınç seviyesini aşan darbeli gürültü ya da darbe gürültüsüne maruz bırakılmamalıdır. 1 saniyeden uzun bir süreyle gerçekleşen kısa ve kesintili sesler 8 saatlik bir gün içinde seviye ve toplam süre açısından değerlendirilmelidir.

GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ, GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ ve GÜRÜLTÜ İLE İLGİLİ MEVZUAT

4.1 Ses Düzeyi

Ses seviyesi, ses basıncı düzeyinin belli bir eğriye göre ağırlık olarak bulunmuş şeklidir. Kulağın duyarlı olduğu frekanslardaki harmoniklerin ses basıncı seviyelerine ağırlık verip kulağın duyarlılığının azaldığı frekanslara sahip harmoniklerin ses basıncı düzeylerinin ağırlıklarının azaltılarak bunun toplam ses basıncı düzeyi, kulağın söz konusu sesi hangi yükseklikte algıladığının bir ölçüsü olmaktadır.

Düşük, orta ve yüksek ses düzeyleri için sırasıyla A, B ve C adı verilen ağırlık eğrileri kullanılmaktadır. A tipi ağırlık eğrileri her yükseklik düzeyi için işitme bozulması ve sesin oluşturduğu rahatsızlıklar açısından insanların gürültüye gösterdikleri tepkiyi ölçmede yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Her uygulamada A ağırlık eğrisinin tercih edilmesinin nedeni, bu eğrinin kulak duyarlılık eğrileriyle benzerlik göstermesidir.

Bu eğriler kullanılarak yapılan ölçümlere ses düzeyi veya ses seviyesi ölçümü denir. Ağırlıklamayı kendi içerisinde yapıp ölçüm sonunda doğrudan ses düzeyini veren ölçüm cihazlarına ses düzeyi ölçer veya gürültü ölçüm cihazı denmektedir. Ses düzeyinin birimi kullanılan ağırlık eğrisine göre dBA, dBB ve dBC şeklinde ifade edilir.

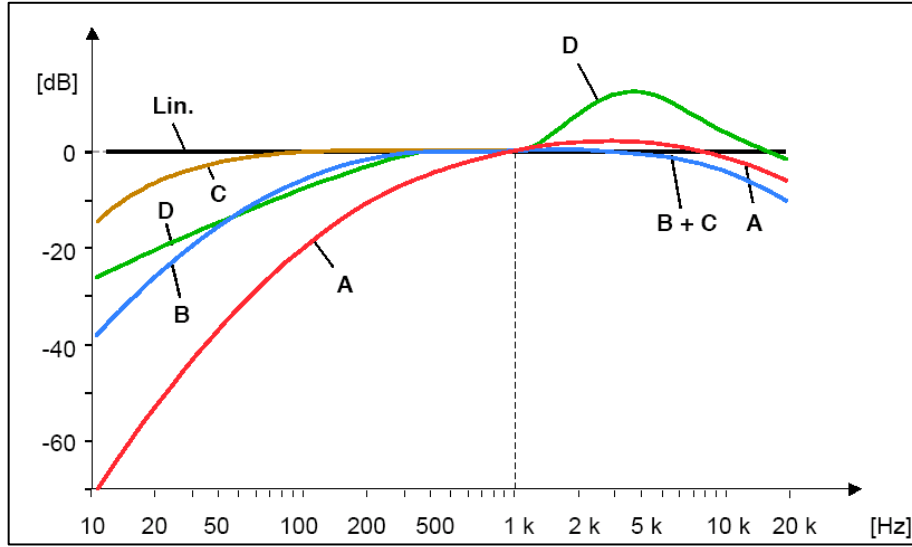
4.2 Gürültü Ölçümleri

Gürültü kontrolünde gürültü ölçümleri önemli bir yer tutmaktadır. Gürültü ölçümlerinde amaç gürültü kaynağını bulmak, belli bir noktadaki gürültü düzeyini saptamak, gürültünün frekans dağılımını bulmak veya darbe gürültüsünü saptamak olabilir. En çok kullanılan gürültü ölçümü, istenilen bir yerdeki gürültü düzeyinin saptanmasıdır. Bu tür ölçümler, genellikle ortam gürültüsünün standartlara uygunluğu açısından veya endüstriyel gürültü düzeyinin istenen sınırlar içinde olup olmadığını kontrol etmek için yapılır.

Gürültü ölçümünü gürültünün kaynaktan veya ortamda ölçümü şeklinde iki kategoriye ayırabiliriz. Herhangi bir kaynaktan yayılan gürültünün özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla akustik verilerin toplanması kaynak ölçümleri ile yapılır. Örneğin, bir elektrik motoru ya da tüm tesis bir gürültü kaynağı olarak değerlendirilebilir.

Gürültü ölçümleri, ya kaynağın bulunduğu ortamda ya da özel olarak hazırlanmış test odalarında yapılır. Test odalarında yapılan ölçümlerde amaç, genellikle, ses kaynağının ses yayma özelliklerinin bulunması veya kaynağın ses gücü düzeyinin bulunmasıdır. Üretim sahasında gürültü kontrolü için, daha çok, kaynağın bulunduğu ortamda ölçüm yapmak gerekmektedir.

En çok yapılan ölçüm, ses düzeyinin saptanmasıdır. Ses düzeyinin ölçümü için her banttaki ses basıncı düzeyini bulup, Bölüm 3.2'de görüldüğü gibi ağırlık eğrisini kullanarak, ağırlıklanmış toplam ses basıncı düzeyini hesaplamak yerine; bu amaç için geliştirilmiş ses düzeyi ölçerler kullanarak, istenilen bir noktadaki ses düzeyi doğrudan ölçülebilir. Ses düzeyi ölçerlerin basit ve gelişmiş tipleri vardır. Basit tipleri, genel amaçlı olarak pratikte çok fazla kullanılırlar. Amaç, istenilen noktadaki ses düzeyini 1 dB ya da 0.5 dB hassasiyetle ölçmektir. Kullanımları basittir ve süratli ölçüm için kullanılabilirler. Bu tip ölçerlerin bir kısmında A, B, C ve D ağırlıklı ses düzeyleri bulmak için ayrı elektronik devreler bulunur (Şekil 4.1). Böylece ses düzeyi; dBA, dBB, dBC ya da dBD olarak ölçülebilir. Hassas türlerde ölçüm hassasiyeti 0.1 dB'dir. Gelişmiş tiplerin, darbe tipi gürültüleri ölçmekten, sesi çeşitli frekans bantlarında filtre etmeye kadar birçok değişik özellikleri olabilmektedir. Örneğin, preslerin veya şahmerdanların çıkardığı kısa süren darbe tipi gürültüler ancak gelişmiş tiplerle ölçülebilir.



Şekil 4.1 A, B, C ve D ağırlıklı filtreler

Değişik tür portatif ses düzeyi ölçerlerin resimleri Şekil 4.2’de görülmektedir. Ses düzeyi ölçer seçiminde önemli olan, amaca uygunluktur. "Endüstri tipi" olarak da isimlendirilen basit türlerle, hassas ölçüm yapmanın, darbe gürültüsü ölçmenin olanaksızlığı yanında; hassas tip adı verilen ve birçok değişik özelliği olan bir cihazın günlük kontrol ölçümlerinde kullanılmasının gereksizliği de vurgulanmalıdır. Ses düzeyi ölçerlerin ölçümlerden önce ve sonra kalibre edilmeleri gereklidir. Farklı çeşitleri olan bu cihazların hangi türlerinin, nerede ve nasıl kullanılacağı deneyim ve kimi zaman uzmanlık isteyen bir konudur.

TS EN ISO 9612:2009 Akustik çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün ölçülmesi ve değerlendirilmesi için prensipler standardı; akustik çalışma ortamında maruz kalınan kişisel gürültü seviyesini belirlemek için kullanılan ölçme yöntemini açıklamaktadır [6]. Bu standartta görev tabanlı ölçüm stratejisi, iş tabanlı ölçüm stratejisi ve tam gün ölçüm stratejisi olmak üzere 3 farklı ölçüm stratejisi bulunmaktadır.

4.2.1 Görev tabanlı ölçüm stratejisi

Yapılan işin iyi belirlenmiş alt görevlere bölünebildiği, her bir görevin çalışma süresinin kesin olarak belirlenebildiği, ses seviyesinde az miktarda değişim gözlemlendiği ve çok sayıda işçinin benzer gürültü ortamında benzer işler yaptığı durumlarda, görev tabanlı

ölçüm stratejisi kullanılmaktadır. Bu strateji uygulanırken öncelikle gün boyunca yapılan çalışmalar analiz edilir. Çalışanın işi alt görevlere bölünür ve her bir görev için ayrı bir Leq ölçülmektedir. Örnek olarak bir işyerinde çalışan kaynakçının bir günlük çalışma planı çerçevesinde; 1,5 saat “planlama, ara”, 4-6 saat “kaynak” ve 1-2 saat “kesim” görevi vardır. Bu çalışan için görev tabanlı ölçüm stratejisine uygun olarak, gürültü seviyesi ölçme cihazı yapılan ölçümler yapılarak L_p, A, eqT, mi sonuçları elde edilir.

4.2.2 İş tabanlı ölçüm stratejisi

Yapılan işlerin ve görevlerin tam olarak belirlenemediği, detaylı iş analizinin mümkün olmadığı durumlarda iş tabanlı ölçüm stratejisi kullanılmaktadır. Bu ölçüm stratejisinde, çalışanların iş unvanına, görevlerine, çalışma alanlarına veya mesleklerine göre homojen gürültü maruziyet grupları belirlenir. Gruptaki çalışanlar, aynı işi yapan ve bir çalışma günü süresince benzer gürültüye maruz kalması beklenen kişilerden oluşmalıdır. Örnek olarak bir işyerinde 18 kişiden oluşan ve 7,5 saat maruziyet süresi olan homojen bir grup mevcuttur. Bu grup üzerinde iş tabanlı ölçüm stratejisine uygun olarak, kişisel gürültü maruziyeti ölçümleri yapılmalıdır.

4.2.3 Tam gün ölçüm stratejisi

Yapılan işlerin ve çalışma sürelerinin tanımlanmasının zor olduğu, belirlenemediği, çalışanların gürültü maruziyetinin karmaşık olduğu, tahmin edilemediği durumlarda tam gün ölçüm stratejisi kullanılmaktadır. Detaylı iş analizinin yapılmasının zor olduğu ve çalışma koşullarının karmaşık olduğu durumlarda kullanılır. Örnek olarak bir işyerinde çalışan 3 forklift sürücüsünün çalışma süreleri molalar hariç 9,25 saat olup; tam gün ölçüm stratejisine uygun olarak, kişisel gürültü maruziyeti ölçümleri yapılmalıdır.

Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde metrolojik olarak belirlenmiş ölçüm hataları yani ölçüm belirsizliği dikkate alınmalıdır. Her ölçüm sonucu bir ölçüm belirsizliği oluşmaktadır. Ölçümler sonrasında genişletilmiş ölçüm belirsizliğini hesaplama yöntemlerini, TS EN ISO 9612:2009 Standardı görev tabanlı, iş tabanlı ve tam gün ölçüm stratejilerine uygun olarak örneklerle birlikte açıklamaktadır.

4.3 Ses Ölçüm Cihazları

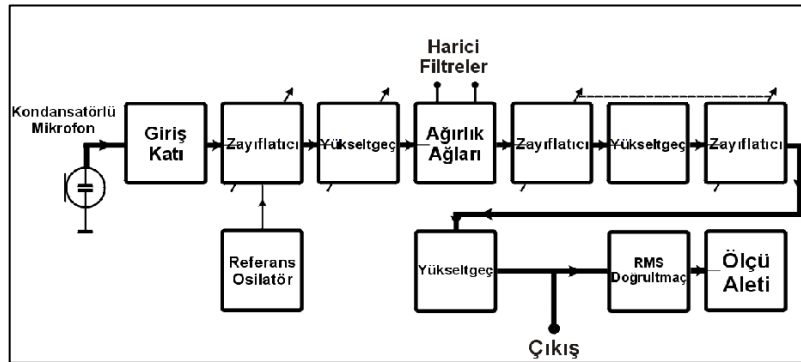
Uygulamada ses ve gürültü ölçümleri ses etüt ölçü cihazları, ses seviye ölçerler, oktav bantlı analiz ve dar bantlı analiz cihazları, bant ve grafik seviye kaydediciler ve darbe ses seviye ölçerler ile yapılmaktadır. Ayrıca bu cihazları kalibre etmek için gerekli donanımı bulunan ekipmanlar vardır.



Şekil 4.2 Farklı tiplerde ses ölçerler ve dozimetre

4.3.1 Ses Seviye Ölçerler

Ses seviye ölçerler havadaki ses basınç değişimini ölçmek için kullanılır. Ses seviye ölçerlerde kondansatörlü mikrofon, kalibre edilmiş zayıflatıcıya sahip bir yükselteç, frekans-tepki ağı seti ve mömbir gösterge bulunur.



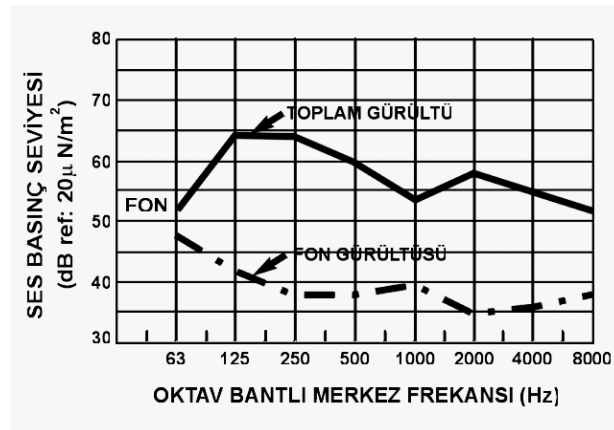
Şekil 4.3 Ses seviye ölçer şeması

Ses seviye ölçer mikrofondan gelen elektrik sinyalini ölçen hassas bir elektrik voltmetresidir. Mikrofondan yayılan alternatif elektrik sinyali doğru akıma dönüştürülür ve göstergedeki ibreyi saptıracak şekilde yükseltilir. Zayıflatıcı, cihazın gelen sinyali ne

kadar yükselttiğini kontrol eder. Yükseltilen sinyalin frekansı ağırlık ağırları kullanılarak kontrol edilir. Ses seviye ölçer şeması Şekil 4.3’de gösterilmiştir.

4.3.2 Oktav Bantlı Analiz Cihazı

Üretim sahasında karşılaşılan endüstriyel gürültü probleminde, gürültü enerjisinin frekans spektrumunun neresinde olduğunu belirlemek için oktav bantlı analiz cihazının kullanılması gerekmektedir. Özellikle mühendislik kontrolü uygulamalarında oktav bantlı analiz cihazları kullanılmaktadır. Çünkü endüstriyel gürültü kaynakları, farklı frekanslardaki çeşitli ses şiddetlerinden oluşur. Oktav bantlı analiz elde edilen veriler (Şekil 4.4) bir gürültü kaynağının dB değerlerini göstermektedir. Örneğin, bir fan tarafından üretilen gürültü genellikle, fanın kanat sayısının fan hızı saniyedeki dönüş sayısı ile çarpımına eşit olan kanat geçiş frekansında toplanır.



Şekil 4.4 Gürültü kaynağının oktav bantlı analizinden elde edilen veriler

4.3.3 Gürültü Dozimetreleri

Üretim sahasında çalışma ortamında mesai süresince sabit bir bölümdeki gürültü etkisinin ölçülmesi yeterli olmayabilir. Çalışan görevi esnasında farklı yerlere gidebilir veya gün içinde, farklı seviyelerde gürültü üreten çeşitli işlemler yapabilir. Bu durumda gürültü etkisini ölçmenin pratik yolu çalışanın üzerine takılan ve gün boyunca çalışanın birlikte dolaşan bir gürültü etki dozimetresi kullanmaktır. Çalışanların maruz kalabilecekleri gürültü seviyeleri Çizelge 4.1’de bir fabrikanın değişik bölümlerindeki ses seviyelerinde belirtilmiştir. Gürültü dozimetresi çalışanın mesai içinde maruz kaldığı kişisel maruziyet gürültü değerini kaydeder

Çizelge 4.1 Bir fabrikanın değişik kısımlarındaki ses seviyeleri

YER	SES SEVİYESİ SINIRI (dBA)
Toplantı ve konferans odası	34
Mühendislerin çalışma odası	40
Laboratuvar ve kalite kontrol	50
Soyunma odaları, lavabo, vs...	55
Tamirhane	60
Montaj bölgeleri	75
Üretim bölgeleri	80
Sürekli operatör istenmeyen makinelerin	90

4.3.4 Odyometre

Odyometre ise işitme duyusundaki bozukluğu saptamada kullanılan bir cihazdır. Belli aralarla odyometrik ölçüm yaptıran kişinin, her frekans bandındaki olası duyma eşiği kayması kolaylıkla saptanabilir. Odyometre değişik düzeylerde ve frekanslarda arı ses üretebilmektedir. Normal bir yetişkinin her frekanstaki sesi hangi düzeyde duyabileceği bilindiğinden, duyma eşiğinde kayma olan bir kişi odyometrik ölçüm ile kolaylıkla belirlenebilmektedir. Özellikle gürültüden kaynaklanan meslek hastalıklarını saptamada odyometrik ölçümler önemli yer tutmaktadır.

4.4 Gürültünün Çalışan Sağlığına Olan Etkileri

Üretim sahasında bulunan çalışanlar açısından gürültünün olumsuz etkilerini işitme duyusuna yaptığı olumsuz etkiler ve fizyolojik, psikolojik, çevresel etkiler olarak inceleyebiliriz.

Gürültünün işitme duyusunda oluşturduğu olumsuz etkiler, ya darbe şeklindedir, ya da zamanla görülebilir. Ani ve yüksek bir sesin kulak zarını parçalaması ya da hassas korti organının fizyolojik yapışım düzelmeyecek şekilde bozması ani oluşan etkilerdir.

Bununla birlikte, ani zarar oluşturmeyecek düzeydeki gürültüde uzun süre maruz kalan çalışanlarda sürekli işitme kayıpları görülebilir. Yüksek ses, işitme sinir hücrelerini zedeleyerek işitme organına zarar verebilir. İşitme duyusu zedelenen bir kişide, işitme kaybı ya da işitme eşiğinin kayması adı verilen, işitme duyusunda azalma görülür. İşitme eşiğinin kayması geçici olabileceği gibi sürekli de olabilir. Örneğin, normal bir yetişkin 1000 Hz frekansında, ses basıncı düzeyi 10 dB olan bir sesi duyabilirken, uzun süre yüksek bir sesin etkisi altında kaldıktan hemen sonra, söz için 20 dB'dir.

Eşik kaymasının sürekli 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 süresi; kişinin hem sürekli olarak bir kerede gürültünün etkisi altında kaldığı süreyi, hem de aralıklı olarak gürültünün etkisinde kaldığı toplam yılları kapsamaktadır. Örneğin, belirli yükseklikteki bir sesin etkisinde belirli bir süre kalmak işitme kaybına yol açabilir. Benzer şekilde zararlı olmayacak yükseklikteki sesin etkisinde, farklı sürelerle yıllarca kalmak da işitme kaybına yol açabilir.

İşitme zararları genellikle gürültünün şiddetine, gürültünün sürekli veya kesikli olmasına, çalışanın yaşına, gürültülü ortamda geçirilen toplam zamana (Çizelge 4.2), gürültüye olan duyarlılığa ve vücuttaki fizyolojik durumuna bağlı olmak üzere üç safhaya ayrılabilir.

I. safha: Yüksek frekans nedeniyle işitme yetersizliği başlar, ancak rahatsızlık tamamen geçebilir.

II. safha: Gürültülü ortamda 2-20 yıl arasında çalışan insanlarda oluşur. Bu durumda, insan işitme rahatsızlığının farkında değildir ancak 2-3 metre yakınındaki fısıltıları duyamaz.

III. safha: İşitme yetersizliğinin farkına varılmıştır, bu safhada insan çok yakınındaki yüksek sesleri duyabilmektedir.

Uzun süreli şiddetli gürültüye veya 87 dB (A) 'nın üzerindeki seslere maruz kalan kişilerde geçici veya sürekli işitme kaybı oluşur.

Çizelge 4.2 Gürültü nedeniyle işitme kaybındaki tahmini riskleri [7]

Sekiz saatlik süre içindeki ortalama ses şiddeti dB(A)	Her 100 kişi içinden 50 dB(A)'lık kayıptan payını alan insan sayısı	
	Hayat boyu gürültüye maruz kalma	10 yıllık gürültüye maruz kalma
100	32	17
90	11	5
80	3	1

1.Geçici işitme kaybı: Belirli bir zaman dinlendikten sonra geçebilen işitme kayıplarıdır. Örneğin, 90 dB(A)'lık bir gürültüye 60 dakika maruz kalma sonucunda ortaya çıkan yaklaşık 5-15 dB'lık bir işitme kaybının ortadan kalkabilmesi için gerekli olan iyileşme süresi yaklaşık olarak 600 dakikadır. Görüldüğü üzere maruz kalma süresinin 10 katı iyileşme süresine ihtiyaç vardır.

2.Sürekli işitme kaybı: Endüstride gürültülü alanlarda çalışanların gerekli iyileşme sürelerine sahip olması mümkün değildir. 8 saatlik bir maruz kalma sonucunda en az 16 saatlik bir dinlenme süresine sahip çalışanlarda bu işitme kayıpları birikmeli bir şekilde oluşur ve sürekli işitme kaybına sebep olurlar.

3.Odyogram: Odyogram işitme testinin sonucudur. Daha detaylı ifade etmek gerekirse kişinin her iki kulağının ayrı ayrı olarak farklı frekanslarda hangi seviyede işitebildiğinin gösterildiği grafiksel bir tanımdır.

İşitme duyusuna olan olumsuz etkilerinin yanında, gürültünün, çalışanlara başka zararları da bulunmaktadır. Bu olumsuz etkileri, fizyolojik, psikolojik, performans üzerine ve çevreye olan etkileri şeklinde inceleyebiliriz.

4.4.1 Fizyolojik Etkileri

Fizyolojik etkilerin başlıcaları; kas gerilmeleri, stres, kan basıncında artış, kalp atışlarının ve kan dolaşımının değişmesi, göz bebeği büyümesi ve uykusuzluktur. Bunların çoğu kısa

süren etkilerdir. Yalnız stres ve uykusuzluk, gürültünün uzun süreli fizyolojik etkilerindedir. Ayrıca migren, ülser, gastrit vb. hastalıkların ortaya çıkmasında gürültünün de önemli etkisi olabileceği ileri sürülmektedir.

4.4.2 Psikolojik Etkileri

Bilimsel araştırmalarda gürültüye maruz kalmış çalışanların hemen hemen tümünde psikolojik rahatsızlıklar bulunmuştur. Gürültülü yerlerde yaşamının en belirgin karşılığı rahatsızlık, sıkıntı ve gerilim duygusudur. Gürültü yüksekse ve kaynağı belirsiz ise veya neden olduğu gerilim yeteri kadar fazla ise rahatsızlık, ani parlamalar, öfkeye hakim olamama ve kendini kaybetme, kızgınlık ve öfkenin içe yöneltilmesi, kendini suçlama ve aşırı sessizlik ve içe kapanma, kızgınlık ve öfkenin dışa vurumu, tartışmacı ve karamsar olma durumu, hoşgörünün azalması, yardım isteğinin azalması gibi davranış bozuklukları görülebilmektedir.

4.4.3 Performans üzerine etkileri

Çalışanların işyerlerinde, evlerinde ve sosyal yaşamları sırasında maruz kaldıkları gürültünün performanslarını etkilediği belirlenmiştir. Karşılıklı konuşmanın etkilenmesi, dinleme ve anlama güçlüğüne ortaya çıkması, konuşmanın kesintiye uğraması, yüksek sesli konuşmanın gerekmesi, insan iletişiminin bozulması, okuma ve öğrenmenin olumsuz etkilenmesi en önemli performans etkileri olarak sayılmaktadır.

Endüstriyel tesislerde çalışma hayatında yüksek düzeyli, darbeli veya kesikli gürültüler çaişam verimini çeşitli biçimlerde etkilemektedir. İşin zamanında ve doğru olarak yapılmasına engel olabilmekte, iş kazalarına ve meslek hastalıklarına sebebiyet verebilmektedir.

4.5 Mesleki İşitme Kayıpları

Genel olarak üç çeşit mesleki işitme kaybı görülmektedir. İletim tipi işitme kaybı, sensörinöral işitme kaybı ve karışık tipte işitme kaybı.

Dış kulak ve orta kulakla ilgili hastalıklar genel olarak iletim tipi işitme kaybı yaparken, iç kulak, işitme siniri ve beyinle ilgili hastalıklar ve gürültü maruziyeti sensörinöral tip işitme

kaybı yaparlar. Eđer işitme yollarının sadece bir yerinde değil birden fazla bölgesinde hastalık varsa karışık tip işitme kaybı ortaya çıkmaktadır[7].

4.5.1 Sebepleri

Yüksek bir sese kısa süreli maruz kalınması, şiddetli bir patlama, orta ve yüksek şiddetteki sese uzun süre maruz kalınması ve gürültülü ortamda çalışma işitme kaybına yol açmaktadır. Bu tip kayıplar uzun sürede ve yavaş yavaş oluştuğu için kişinin farkına varması zordur.

Özellikle üretim sahasında ve endüstride sıklıkla karşılaştığımız pres tezgahlarında, hava basınçlı çekiçlerle yapılan kaporta ve perçin işlerinde, metallerin ve sac levhaların haddelenmesinde, buhar kazanlarındaki kazan taşlarının temizlenmesinde, kumlama ve metal püskürtme işlemlerinde, zımba, çekiç, perçin, testere ve planya tezgahlarında, tekstil sektöründe dokuma tezgahlarında, madencilik faaliyetlerinde, plastik kırma makinelerinde ve titreşimli ekipmanlarda gürültü açısından çalışanların kişisel maruziyet oranları yüksektir. Meslek hastalıklarının tespit edilmesi açısından bu gibi işler dikkatle incelenmektedir.

4.5.2 Özellikler ve Sınıflandırma

Günlük gürültü maruziyet düzeyi ve gürültü maruziyet süresi işitme hasarı riskini belirleyen parametrelerdir. İşitme hasarı günlük 85 dB(A) veya daha fazla gürültü düzeylerine maru kalma nedeniyle oluşabilmektedir. 85 ile 89 dB(A) günlük gürültü düzeyleri yalnızca uzun süreli maruziyetlerden sonra oluşabilirken, 90 dB(A) ve üzerindeki düzeylerde hasar riski olarak daha yüksektir. Günlük 85 dB(A)' den daha az gürültü maruziyet düzeylerinin gürültü ilişkili işitme hasarı yaratması fazla görülmemektedir.

Sağlıklı kulakları olan kişilerde, 90 dB(A)' de günlük gürültü maruziyet düzeyi süresi 6 yılı, 87 dB(A)' de 10 yılı ve 85 dB(A)' de 15 yılı aşmazsa genellikle gürültü ilişkili işitme hasarının oluşmayacağı varsayılmaktadır. Gürültü düzeyleri daha yüksek ya da maruziyet süresi daha uzun olmamasına rağmen işitme hasarı oluşursa, işyeri hekimi hasar nedenlerini bulmak amacıyla bir anamnez almalıdır.

4.5.3 Gürültü ilişkili işitme kaybı

Gürültü ilişkili işitme kaybı genellikle 1 kHz üzerinde frekanslarda gelişen odyometrik olarak tespit edilebilen işitme keskinliğinin kaybıdır. Odyometride en az 3 ile 6 kHz arasında karakteristiktir. Daha sonra işitme kaybı yüksek frekansları ve son olarak orta frekans aralığını da kapsar. Gürültü ilişkili işitme kaybı iç kulağın fonksiyonel bir bozukluğudur. İşyerinde ototoksik maddelere veya titreşime maruziyetinin gürültü aracılı işitme kayıpları üzerinde olumsuz etkileri olabilir.

Geçici ve Kalıcı eşik kayması

Geçici eşik kayması (GEK) günlük gürültü maruziyetinin bitmesinden sonra geriye dönen işitme eşliğindeki bir değişimdir.

Kalıcı eşik kaymaları (KEK) geri dönmeyen işitme eşliğindeki bir değişimdir. İşitmenin düzelmesi işitme kaybının gerilemesidir. İyileşme dönemi süresince daha düşük gürültü düzeyi ve daha uzun süren iyileşme dönemi, işitme düzelmesi düzeyinin daha büyük olmasını sağlar.

Gürültü ilişkili işitme hasarı

Gürültü ilişkili işitme hasarı, iç kulaktaki tüysü hücre hasarının odyometrik olarak tespit edilebilir belirtilerinin eşlik ettiği, 40 db'de 3kHz' in üzerinde işitme kaybı olan gürültü aracılı işitme kaybıdır.

Akut işitme hasarı

İşitme kaybı, aşırı derecede yüksek 137 dB(C)' den daha fazla LCpeak ses basıncı düzeylerinde, tek bir gürültülü olaydan (örneğin, infilak, patlama) kaynaklanmış olabilir.

Kronik işitme hasarı

Kronik işitme hasarı uzun süreli gürültü maruziyetinin bir sonucu olarak gelişebilir [8].

4.6 Gürültü ile İlgili Ulusal ve Uluslararası Mevzuat

Gürültünün, önceki bölümde gördüğümüz, çalışan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle kontrol altına alınması gereği insancıl bir yaklaşımdır. Bunun yanında, işyerlerindeki gürültü düzeyini tehlike sınırlarının altında tutabilmek için birçok ülkede yasal zorlamalara gidilmiştir. Gürültüyü denetim altına almak ve sanayide gürültünün olumsuz etkilerinden korunabilmek için endüstriyel ülkelerin pek çoğunda resmi örgütler kurulmuş, gürültünün koşullara bağlı olarak zararlı olacağı sınır değerler saptanmıştır, işverenleri bu sınır değerlere bağlı kalmaya zorlayıcı yasa, tüzük ve yönetmelik maddeleri konulmuş, standartlar geliştirilmiştir. Gürültü denetimiyle ilgilenen resmi kuruluşlar olarak Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, Sağlık Bakanlığı, Türk Standartları Enstitüsü, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültü ve Titreşim Yönetimi Şube Müdürlüğü söylenebilir.

Ülkemiz kanunlarında doğrudan endüstriyel gürültü ile ilgili bir madde yoktur. 30.06.2012 tarihinde yayınlanan ve 01.01.2013 tarihinde yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa göre çıkarılan Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik çalışanların gürültüye maruz kalmaları sonucu oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden, özellikle işitme ile ilgili risklerden korunmaları için asgari gereklilikleri belirlemektedir. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun amacı; işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerini düzenlemektir [9].

4.6.1. Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmelik

Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmeliğin amacı, çalışanların gürültüye maruz kalmaları sonucu oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden, özellikle işitme ile ilgili risklerden korunmaları için asgari gereklilikleri belirlemektir. Bu Yönetmelik, 20/6/2012 tarihli ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamındaki işyerlerinde uygulanır. Bu Yönetmelik, 6331 sayılı Kanunun 30 uncu maddesine ve 9/1/1985 tarihli ve 3146 sayılı Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanuna dayanılarak ve 6/2/2003 tarihli ve

2003/10/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifine paralel olarak hazırlanmıştır [10,Ek-A].

4.6.2. Uluslararası Standartlar ve Türk Standartları

Gelişmiş ülkelerin birçoğunda kullanılan gürültü sınır değerleri, genellikle, bir günde ya da bir haftada belli bir düzeydeki gürültünün etkisinde kalınabilecek en uzun süre olarak verilmiştir. ABD'de 1970 yılında uygulamaya konulan OSHA (Occupational Safety and Health Act)'da esas alman standart birçok ülkede de temel alınmıştır. Bu standartta, değişik düzeylerdeki gürültünün etkisi altında bir günde kalmabilecek süreler verilmiştir.

Çizelge 4.3 Değişik düzeydeki sürekli gürültülerin etkisi altında kalma süreleri

Ses Düzeyi (dBA)	Bir Günde Etki Altında Kalmabilecek Süre (Saat)
90	8
92	6
95	4
97	3
100	2
102	1.5
105	1
110	0.5
115	0.25

4.6.3. TS 2607 ISO 1999 Akustik - İş Yerinde Maruz Kalınan Gürültünün Tayini Ve Bu Gürültünün Sebep Olduğu İşitme Kaybının Tahmini

ISO'nun önerisinde (ISO/R 1999) hazırlanan "TS 2607 standardında - İş Yerinde Maruz Kalınan Gürültünün Tayini ve Bu Gürültünün Sebep Olduğu İşitme Kaybının Tahmini" ise; önce, değişik gürültü düzeylerinde değişik sürelerde çalışmanın eşdeğeri sayılabilecek eşdeğer sürekli ses düzeyini (Lg,) pratik olarak hesaplama yöntemi, daha sonra da, hesaplanan eşdeğer sürekli ses düzeyinden, karşı karşıya kalınan işitme kaybı riskini tahmin etme yöntemi verilmiştir [11]. Bu standard değişik seviyeler ve gürültüye maruz

bırakma sürelerinden dolayı yetişkin popülasyonun işitme eşik seviyelerinde gürültünün sebep olduğu tahmini kalıcı eşik kaymasının hesaplanması için bir metodu kapsamaktadır. Bu standard, genellikle ölçülen odyometrik frekanslarda veya bu tür frekansların birleşiminde, işitme eşik seviyesi belli bir değeri aştığında değişik bağlantılara göre işitme kaybının hesaplanması için bir esas teşkil etmektedir.

GÜRÜLTÜ KONTROLÜ

5.1 Giriş

Endüstride bulunan çalışanların fizyolojik ve psikolojik özelliklerini ele alıp insan, makine ve çevre uyumunu sağlayan bilim dalına ergonomi denilmektedir. Ergonomi işin insana ve insanın işe uyumu için gerekli şartları sağlamaya çalışmaktadır. Endüstride ergonomik tedbirler, çalışanların fiziksel bütünlüklerini koruma ve fiziksel özelliklerini en uygun şekilde kullanmaları için ideal bir çalışma ortamı hedeflemektedir.

Üretim gürültüsü işyerlerinde bulunan çalışanları fizyolojik, psikolojik, performans vb. olarak etkileyip, çalışanların vücut sağlığını bozmaktadır. Gürültünün olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak veya kişisel maruziyetleri standart değerlere çekebilmek, iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak amacıyla ergonomik yöntemler geliştirmek, endüstri tesislerinde mühendislik yaklaşımıyla gürültü kontrol yöntemleri uygulamak ve gürültüyle mücadele etmek gerekmektedir.

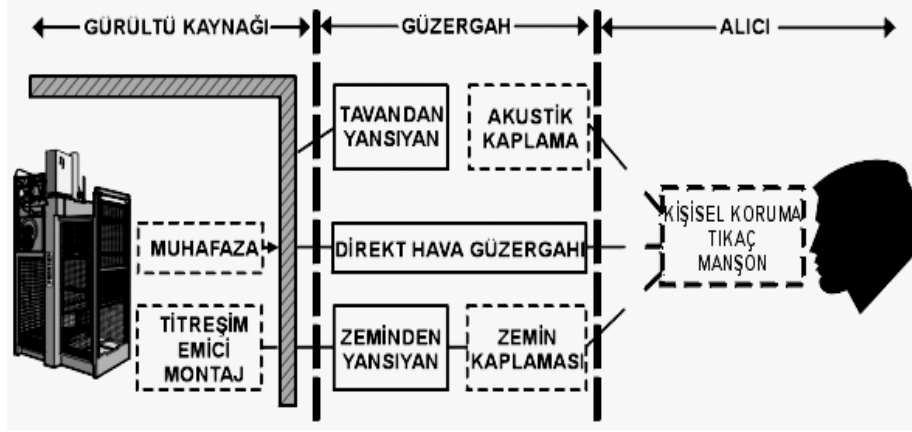
Gürültüyü istenmeyen, rahatsız edici ses olarak tanımlamıştık. Çalışanların sağlığına zarar verecek seviyede olmasa bile gürültünün rahatsız ediciliğinden dolayı endüstride gürültü ile mücadele edilmesi gerekmektedir. Endüstriyel gürültünün azaltılma gerekliliği gürültünün rahatsız edici olmasının yanında çalışan sağlığına olan olumsuz etkilerinden kaynaklanmaktadır. Gürültünün etkisindekilere verdiği zararı engellemek amacıyla; gürültünün meydana geldiği ortamın özelliğine, çalışanların gürültülü ortamda bulunma sürelerine ve koşullarına bağlı olarak farklı değişik gürültü seviyeleri sınır değer

olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu sınır değerler ulusal ve uluslararası standartlarda belirlenmiş, uygulama açısından kanun ve yönetmelikler çıkartılmıştır. Gürültüyü yok etmek ya da azaltmak mümkün değilse, gürültüden etkilenen insanları uygun bir şekilde gürültüden korumak gerekmektedir. Çalışanları ve çevreyi gürültünün olumsuz etkilerinden korumak için uygulanabilecek önlemlerin tümüne gürültü kontrolü adı verilmektedir.

5.2 Üretim Sahasında Temel Gürültü Kontrol Metodu

Endüstriyel tesislerde gürültünün azaltılması, gürültü probleminin mühendislik yaklaşımıyla ele alınması uygun olacaktır. Gürültü problemini ortadan kaldırmak veya etkisini azaltmak için farklı çözümler belirlenebilir. Gürültü kontrol stratejisini belirleyerek, endüstriyel tesislerin kurulum ve amaç aşamalarının belirlenmesi, üretim sahasında gürültünün toplanması, gürültü kaynaklarının etkisi ve çalışanların gürültüye olan maruziyetinin tanımlanması gerekmektedir. Gürültü kontrolü temel olarak üç kademe sağlanabilir. Öncelikle gürültünün kaynağında azaltılması ve gürültü ile kaynağa mücadele edilmesi gerekmektedir. Gürültüye kaynağa çözüm bulunamaması durumunda gürültüyü yayılma alanında yani kaynakla alıcı arasındaki yolda azaltma yöntemine başvurulmalıdır. En son çare olarak gürültünün alıcıda kontrol altına alınması, kişisel koruyucu donanımlar kullanılması gerekmektedir. Organizasyonel olarak da etkili gürültü kontrol programının yapılması, ortam ve kişisel maruziyet ölçümlerinin yapılması ve çalışanların periyodik sağlık muayenelerinin yapılarak odyometri testlerinin takip edilmesi eklenebilir.

Ana kural genellikle gürültünün kaynağında azaltılmasıdır. Kaynağın gürültüsünden tüm çevre korunmuş olur. İkincil seçenek gürültünün yayılma alanında azaltılması gelir. Her iki yolun da yeterince etkili olmadığı veya ergonomik olmadığı durumlarda, kişisel koruyucular kullanılarak, gürültü algılandığı noktada azaltılır. Genellikle, gürültü kontrol yöntemleri beraber kullanılmaktadır. Görüldüğü gibi gürültü kontrolü, her zaman gürültünün herkes için azaltılması ya da yok edilmesi değildir [12].



Şekil 5.1 Gürültü problemi üç faktöre ayrılabilir: 1 - Kaynak; 2 - Ses enerjisinin geçtiği yol; 3 - Alıcı

Gürültü ile kaynağında mücadele yöntemleri:

Gürültü problemi üç faktöre ayrılabilir (Şekil 5.1). Gürültü kaynağının çıkardığı ses enerjisini bertaraf ederek, gürültü kaynağı ile sesi yayan yüzey arasında yalıtım yapılarak ve yüzeyin ses yaymasını azaltarak gürültü kaynağında kontrol altına alınabilir.

Bunları sağlayabilmek için, planlama ve bakımla gürültü kontrolü yapmak, işletme koşullarını değiştirmek, daha az ses yayan ekipmanlar seçmek, gürültü kaynağının yerini değiştirmek, susturucu kullanmak, titreşim yalıtımı ve sönümlemesi yapmak ve gürültü kaynağını örterek hücre için almak gibi seçenekler uygulanabilir.

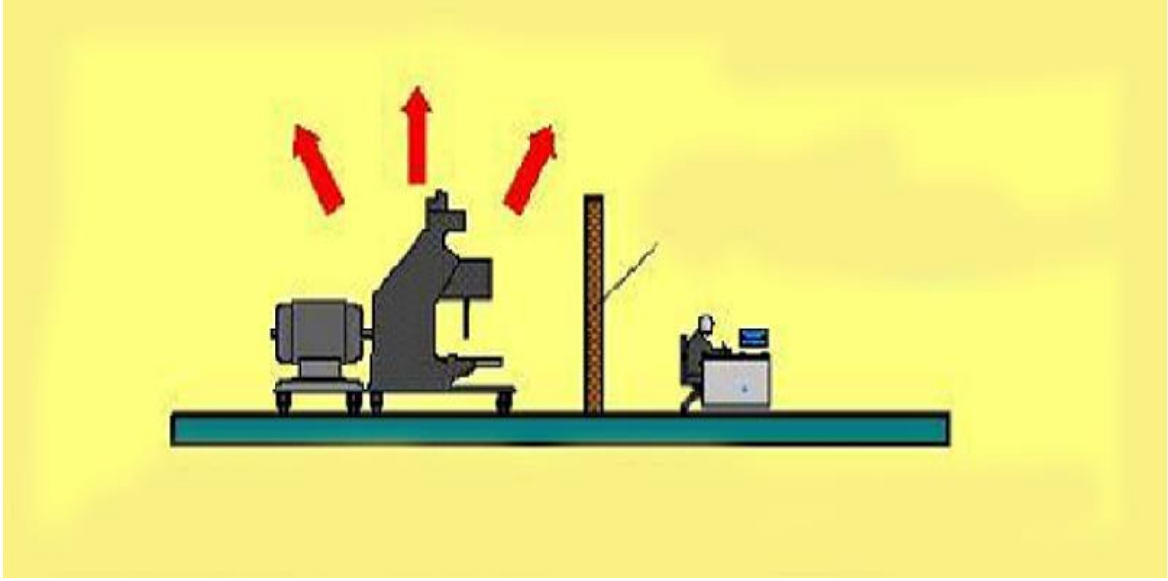
Gürültünün kaynağın alıcı arasındaki alanda kontrol edilmesi:

Makine ve tezgâhların birbirlerine olan mesafelerini ayarlamak yöntemiyle, duvar, taban ve tavan gibi yüzeylere sönümleyici malzemeler döşemek yöntemiyle ve ses kırıcı bariyer ve duvar kullanılarak gürültü ile kaynağın alıcı arasında mücadele edilebilir.

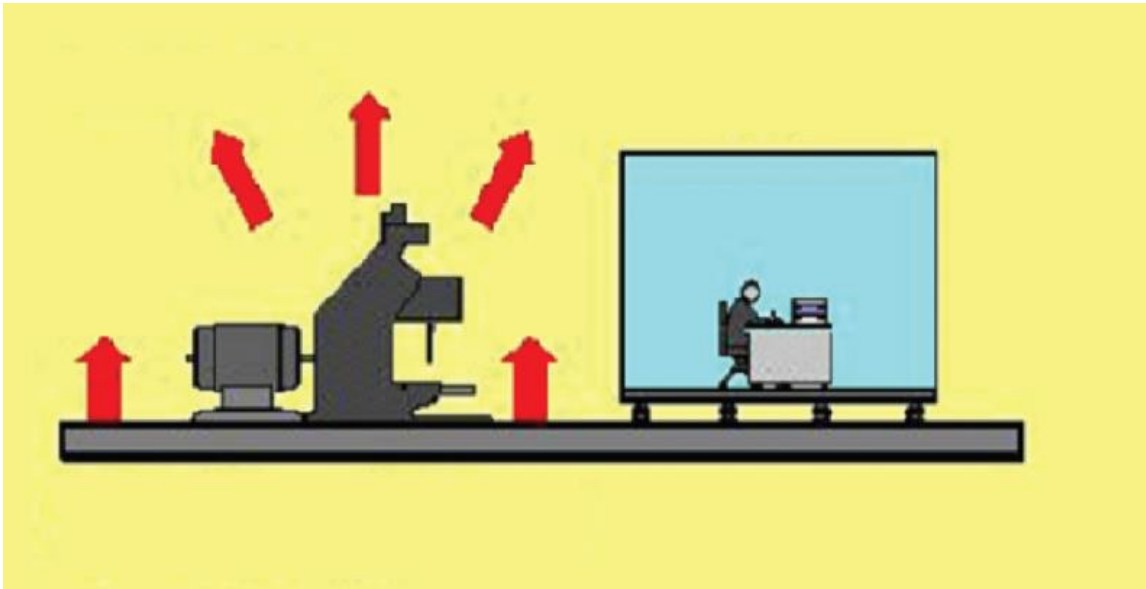
Gürültünün alıcıda kontrol altına alınması:

Gürültüye maruziyeti azaltmak için çalışanları tecrit etmek, organizasyonel ve idari önlemlerle gürültü kontrolü sağlamak, gürültüye maruziyet süresini azaltmak ve çalışma saatlerini düzenlemek ve kişisel koruyucu donanım kulaklık, kulak tıkacı vb. kullanımını sağlamak gibi yöntemlerle alıcı da gürültü kontrol altına alınabilir.

Mühendislik yaklaşımıyla gürültü kontrolü, gürültü seviyesini istenilen sınır değerlere ergonomik ve ekonomik bir şekilde indirme yöntemini belirlemeyi ve bu yöntemi uygulamayı içermektedir. Yukarıda belirttiğimiz yöntemler, üretim sahasında ve endüstride karşılaşılan koşullara bağlı olarak uygulamada değişebilir. Aynı şekilde üretim sahasında ve endüstride karşılaşılan şartlara bağlı olarak her yöntem farklı gürültü kontrol sonucu sağlayabilir.



Şekil 5.2 Gürültünün yayılması



Şekil 5.3 Gürültü kontrol yöntemlerinin uygulanması

5.3 Kurulum Aşamasında Planlama İle Gürültü Kontrolü

Kurulu bulunan endüstriyel tesislerde gürültü kontrol yöntemlerini uygulamak, kurulum aşamasına göre daha zor ve daha maliyetli olabilir. Yeni yapılacak fabrikalarda, üretim alanlarında yapım aşamasında, makinelerin ve tezgâhların yerleştirilmesinde ve iş akışının belirlenmesinde gürültü kontrol önlemleri daha ergonomik ve ekonomik olacaktır.

Endüstriyel tesislerde uygulanacak gürültü kontrol yöntemleri; ilk planlama, tasarım ve planlama, gürültüye karşı önlemlerin alınması ve uygulama, gürültü ölçümleri, değerlendirme ve kabul aşaması olarak uygulanabilir.

Planlama ile gürültü kontrolü, gürültü kontrolünde önemli bir yer tutar. Gürültüyü meydana geldikten sonra azaltmaya çalışmak yerine, baştan önlemek daha etkili, daha ergonomik ve ekonomiktir. Planlama ile gürültü kontrolü üç bölümde incelenebilir:

1. Proses ve makine seçimi: Proses ve makine seçiminde gürültü ilk olarak ele alınmayabilir. Fakat proses ve makineler ileride önemli bir gürültüye sebebiyet verecekse, oluşacak gürültünün azaltılması için yapılacak çalışmalarda göz önünde bulundurulması gerekir. İşletme ve çalışma koşulları da oluşacak gürültü seviyesini etkileyeceğinden, işletme ve çalışma koşulların da belirlenerek gürültüye karşı tedbirler alınabilir.

2. Fabrika içi yerleşimi: Fabrika içi yerleşimi, planlamayla gürültü kontrolünün en önemli bölümüdür. Bu yöntemle, hem üretim sahasında hem de üretim sahası dışında gürültü etkisi azaltılabilir. Gürültü kontrolü açısından, fabrika dışına verilen fan çıkışı, bacalar, egzoz boruları v.b. çıkışların yer ve yönlerinin ayarlanmasıyla, fabrika dışı gürültü düzeyinde 10 db'A'ya varan düşüşler sağlanabilir. Gürültülü prosesler bir araya toplanarak gürültü kontrolünün yapılacağı alan küçültülmüş, gürültüye maruz kalan çalışan sayısı azaltılmış olur. Depo, stok sahası gibi az sayıda çalışanın bulunduğu alanlar gürültü seviyesi yüksek alanlar ile diğer kısımlar arasında seçilerek, tampon görevi görmesi sağlanabilir. İdari binalar ve ofisler, üretim gürültüsünden korunmak için cam bölmelerle gürültülü kısımlardan ayrılabilir. Mümkünse bu gibi bölgeler gürültülü alanlardan etkilenmeyecek şekilde yerleştirilir.

3. Uzun vadeli tedbirler almak: Gürültü problemi planlama aşamasındayken, gerekli tedbirlerin alınmasıyla veya bu tür tedbirler almaya elverişli yerleşimin yapılmasıyla, çok daha kolay ve ergonomik bir şekilde çözümlenebilir. Gürültüye planlama aşamasında dikkat edilmezse, ileride oluşacak gürültü problemini çözebilmek için çok daha fazla zaman ve emek gerekebilir.

Planlamayla gürültü kontrolünün yanında diğer bir gürültü kontrolü yöntemi de bakım ile gürültü kontrolüdür. Makinelere düzenli bakım yapılması ile birçok durumda 10-20 dB'e varan ses basıncı düzeyi düşüşleri sağlanabilir. Üretimde kullanılan makinaların normal koşullardaki gürültü seviyesi bilinirse, gürültünün artması durumunda bakımı yapılır. Bu şekilde hem gürültü kontrolü sağlanmış olur, hem de aşınmış parçalar değişmiş, yağlama vb. bakım yapılmış olacağı için olası bir bozulma, kırılma önlenmiş olur.

5.4 Gürültü Kaynağının Kapatılması İle Gürültü Kontrolü

Gürültü kaynağının tamamen veya kısmen kapatılarak oluşturduğu gürültünün azaltılarak uygulanan gürültü kontrol yöntemidir. Tamamen hücre içine ve kısmi hücre içine alma olarak iki genel uygulaması vardır.

Hücre içine alma gürültü kaynağının üzerinin tamamının kapatılmasıdır. Bu yöntem en etkili gürültü kontrolü yöntemlerinden biridir. Bu yöntemle büyük odacıklarla tüm makina hücre içine alınır veya küçük odacıklarla makinaların ana gürültü kaynakları hücre içine alınır. Kısmi odacık uygulamasında makinaya ulaşabilmek için sürekli açık olan bir giriş kapısı bulunur. Kısmi hücreler daha az etkilidirler ve zorunlu değilse kullanılmazlar. Kısmi hücre uygulamasında; gürültünün azalması, ses dalgalarının yollarının uzaması ve hücre iç yüzeylerinde yansıma anında sönümlenmeleriye olmaktadır.

Odacık uygulamasının performansı gürültü kaybı ile değerlendirilebilir. Gürültü kaybı (IL),

$$IL = L_{P0} - L_{P1} \quad (5.1)$$

eşitliğiyle tanımlanabilir. L_{P0} ve L_{P1} aynı noktadaki, odacık uygulamasından önceki ve sonraki ses basıncı düzeyini göstermektedir. Bu eşitliğe göre gürültü kaybı, hücre uygulaması ile sonuçlanan aynı noktada elde edilen ses basıncı düzeyi azalmasıdır. Gürültü kaybı ile hücre özellikleri arasındaki ilişki;

$$IL = 10 \log \alpha/T \quad (5.2)$$

eşitliğiyle belirlenir. Burada;

α = hücrenin iç yüzeylerinin ortalama ses yutma katsayısı,

T = hücre duvarlarının ortalama ses iletim katsayısıdır (zemin göz önüne alınmaz).

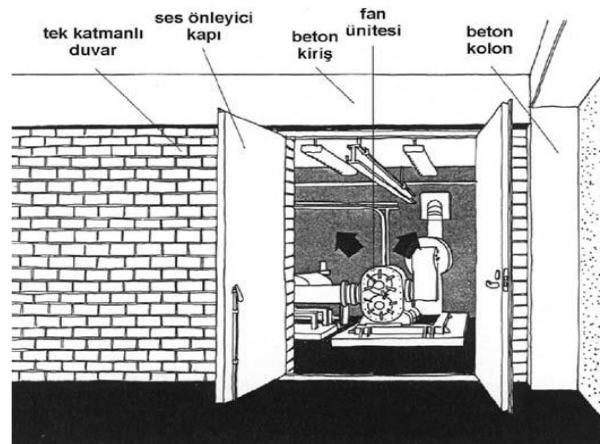
İyi bir hücre uygulamasında; odacık iç yüzeylerinin ses yutması fazla, duvarlarının ses iletiminin az olması gerekir. Eşitliğe göre α olabildiğince yüksek, T isemümkün olduğu kadar küçük olmalıdır. Uygulamada odacığın kendisi ağır malzemeden yapıp, içi ses sönümleyici malzemeye kaplanabilir.

1-Ortalama ses yutma ve ortalama ses iletim katsayılarının eşit olması durumu, ($\alpha'=T'$):

Bu durumda $IL=0$ olur. Yani, hücre hiçbir yarar sağlamaz.

2-Ortalama ses yutma katsayısının 1 olması ($\alpha = 1$): Bu durumda sesin tamamı odacık içinde yutulur ve sadece bir kısmı dışarıya iletilir. Eşitlik (5.2)'den

$IL = 10 \log 1/T = TL$ bağıntısı ile $IL = TL$ bulunur. Hücre ile elde edilebilecek en etkili gürültü kontrolü bu durumda sağlanır.

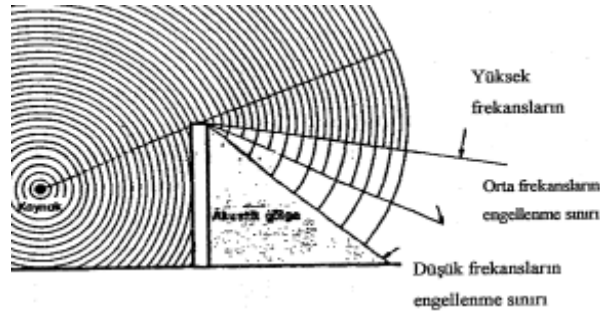


Şekil 5.4 Odacık uygulamasıyla gürültü kontrol yöntemi

Endüstriyel uygulamalarda, büyük hücrelerle 10-40 dB arasında gürültü kaybı değerlerinin elde edilebileceği görülmüştür. Hücre içine alma gürültü kontrol yöntemiyle genellikle, hidrolik preslerde 20 -30 dB, döküm ocaklarında 10-15 dB, şerit testerelerde 10-15 dB gürültü azalması sağlanmaktadır.

5.5 Bariyer Yöntemiyle Gürültü Kontrolü

Gürültü kaynağıyla alıcı arasına konulan engellere bariyer denilmektedir. Sesin serbest olarak bulunduğu alanlarda etkili olmaktadır. Dağınık ses alanlarında kullanımı faydasızdır. Bariyerler ses enerjisinin bir kısmının iletilmesini engeller ve akustik gölge adı verilen bir bölge meydana getirir. Bir bariyerin akustik gölge oluşturması şekil 5.5'de gösterilmiştir.

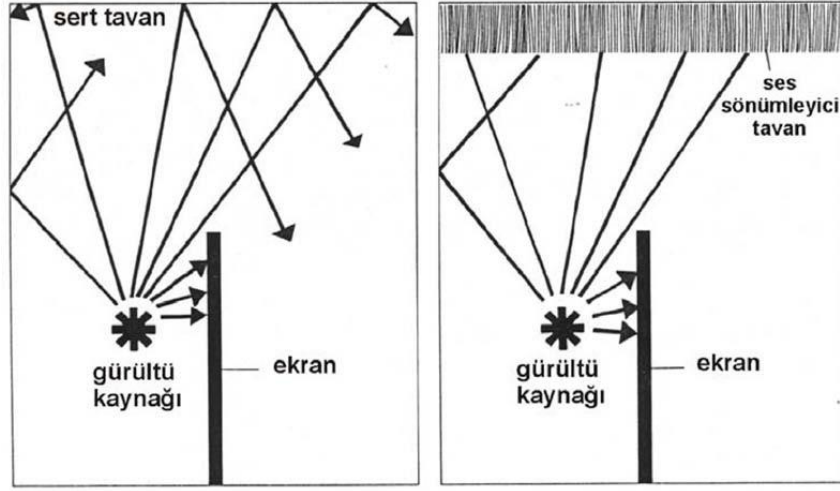


Şekil 5.5 Bariyer kullanarak akustik gölge elde edilmesi ve gürültü kontrolü

Bariyerler genellikle 10 dBA'nın üzerinde bir gürültü azalımı sağlamaz. Ulaşılabilecek en büyük gürültü kaybı değeri 15-25 dBA arasındadır. Sesin yankı alanında etkisi çok azdır. Bu nedenle üretim sahasında özellikle atölye, fabrika vb. kapalı alanlar için yeterli ve ekonomik değildir. Bariyer uygulaması genellikle yol kenarları, havaalanları gibi gürültünün yüksek olduğu açık alanlarda etkili ve uygulanabilirliği en fazla olan yöntemdir.

Bariyerlerle gürültü kontrolünde bariyer malzemesi olarak genelde standart yapı malzemeleri sac levha, tahta, kontrplak, cam levha, tuğla, beton vb kullanılmaktadır. Bariyerin ses kaynağına bakan yüzünün ses sönümleyici malzemeyle kaplanması, bariyerin duvar yakınlarında kullanılması uygundur. Bariyerlerin kapalı alanlarda kullanıldığında zemin, tavan ve yan duvarlar ses yutucu malzemeyle kaplanması etkili olacaktır. Örnek olarak otomotiv fabrikalarında gürültülü montaj hatları, daha az

gürültülü hatlardan bariyerlerle ayrılırken, bariyerin ses azaltma etkisi, ses yutucu malzeme ile kaplanmış tavanlarla arttırılması Şekil 5.6’da gösterilmiştir.



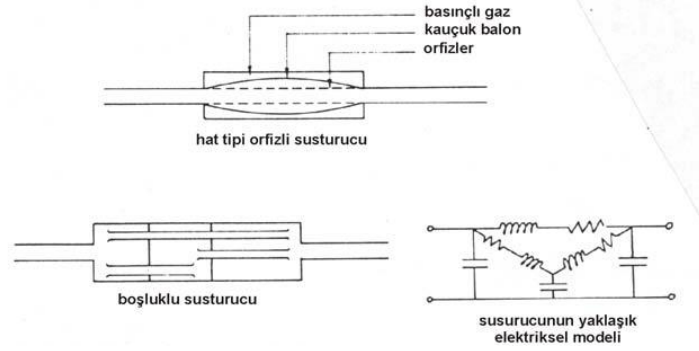
Şekil 5.6 Bariyer ve yansıtıcı ve ses yutucu tavanlı odalardaki etkisi

Engel çevresindeki yansıtıcı yüzeylerden uzak konulmalı veya kaynağa bakan tarafı ses yutucu malzemeyle kaplanmalıdır. Bariyerler, ses kaynağını ya da alıcıyı çevreleyecek şekilde yani kısmi hücre oluşturacak şekilde yerleştirilmelidir. Bariyerler, yüksek frekanslı seslerin azaltılmasında etkili olduklarından, özellikle, yüksek frekansların fazla olduğu alanlarda kullanılmalıdır.

5.6 Susturucularla Gürültü Kontrolü

Akışkan maddelerin basınç etkisiyle boru veya kanal içerisinde iletilmesi nedeniyle ses dalgaları ilerlerken gürültüye neden olmaktadır. Özellikle, boru ve kanalların giriş ve çıkışlarında gürültü seviyesi yüksek olur. Boru ve kanalların dışarıya ilettikleri sesin azaltılmasında veya boru ve kanalların dışarıya açılmasıyla neden oldukları gürültünün kontrol edilmesinde, filtre eleman olarak susturucular (Şekil5.7) kullanılmaktadır. Susturucular, akışkan iletilen boru veya kanal boyunca ya da giriş çıkış noktası arasında bir yere de konulabilmektedir. Akışkan iletiminden kaynaklanan boru ve kanallarda gürültü azaltılması, gürültü kontrolünün önemli bir konusudur. Boru ve kanallarda gürültü kontrolü yöntemi olarak veya diğer yöntemlere ek olarak susturucular (Şekil 5.8) ; fabrika dışına gaz atan boru çıkışlarında, ısıtma, havalandırma gibi mekanik tesisatlardaki hava kanallarında, motor, gaz türbini, kompresör, fren ve bazı pistonlu

makinalann hava giriş kısımlarında, pistonlu makinalann ve vakumlu pompaların gaz çıkışlarında endüstride sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 5.7 Akışkan gürültüsüne yönelik susuturucu kullanımı

Susturucu ses iletim kaybı (T_L), bir susuturucunun girişindeki ses basıncı düzeyiyle, çıkışındaki ses basıncı düzeyinin farkı olarak tanımlanmaktadır. S_2 / S_1 oranına ise düşüş adı verilir ve düşüş susuturucunun boyuna ve söz konusu sesin frekansına bağlıdır.

$$T_L = 10 \log [1 + 1/4(m-1/m^2)\sin^2 kL] \quad [\text{dB}] \quad (5.3)$$

Burada;

$$M = \text{düşüş } S_2/S_1$$

S_1 = Susturucu giriş kısmının kesit alanı, S_2 = susuturucu genişleme odacığının kesit alanı

k = dalga boyu sayısı

λ = söz konusu frekansın dalga boyu

L = susuturucunun boyutudur.



Şekil 5.8 Susuturucu çeşitleri

5.7 Kulak Koruyucularla Gürültü Kontrolü

Kulak koruyucuları kullanarak gürültü kontrolü, aslında tam bir gürültü kontrolü yöntemi olmayıp, genellikle, başka bir tedbir alınamayan durumlarda, çalışanların, işitme duyusunu gürültüden korumak için kullanılan yöntemdir. Bununla birlikte; kulak koruyucuları, yalnız, mühendislik uygulamalarıyla gürültü düzeyini sınır değerlerin altına indirmenin olanaksız olduğu durumlarda değil, mühendislik ya da idari uygulamalarla gürültü kontrolünün pratik veya ekonomik olmadığı durumlarda da kullanılmaktadırlar. Bu nedenle, tercih edilen bir yöntem olmamakla birlikte, bir gürültü kontrolü yöntemi olarak kabul edilmektedir.

Endüstride genellikle kulak tıkaçları ve kulaklıklar olarak iki tip kulak koruyucusu kullanılmaktadır.

Kulak tıkaçları plastik, kauçuk, cam pamuğu ve benzeri yumuşak malzemeden yapılırlar. Kulak tıkaçlarının bir kez kullanıldıktan sonra atılan ya da tekrar kullanılan olmak üzere iki ayrı tür vardır. Kulakta hava yolunu kapatan farklı özelliklerde olmak üzere yaklaşık 15-25 dB 'lık bir avantaj sağlayan malzemelerdir. Kullanımı kolay olan, 100-110 dB'lık bir gürültüyü, işitme kayıpları için sınır değeri olarak kabul edilen 87 dB(A) 'nın altına düşürebilme özelliğine sahiptirler. Üretimde sıklıkla kullanılmaktadırlar.

Kulaklıklar (Şekil 5.9) dışları sert ve yalıtkan malzemeden, kulağa değen iç kısımları ise yumuşak ve ses yutucu malzemeden yapılmıştır. Kulağı kapayan bu kısımlar, baş üzerinden geçen bant üzerinde ayarlanabilirler. Kulaklık kullanımındaki en önemli sorun ise kulak rahatının kolaylıkla sağlanamamasıdır. Kulaklıklar, 25-45 dB'lık gürültü azaltması yeteneğine sahip olan bu kulaklıklar, daha pahalı olmaları ve baş hareketleri kısıtladıkları için endüstride, kulak tıkaçlarına göre daha az sayıda kullanılmaktadır.

Kişisel koruyucu donanım olarak kulak koruyucusunun seçiminde istenilen ses azalmasının sağlanması ve kullanım rahatlığının sağlanması temel faktörlerdir. Tıkaçlarla kulaklıklar arasında bir seçim söz konusu olduğunda, en önemli ölçüt, kullanacak çalışanların kişisel seçimleridir.



Şekil 5.9 Kulaklıklar



Şekil 5.10 Kulak Tıkaçları

Kulak tıkaçlarının (Şekil 5.10) avantajları olarak, ufak olmaları taşıma ve saklama kolaylığı sağlaması, diğer koruyucularla birlikte kullanımlarının kolay olması, sıcak ortamlarda kullanımlarının kulaklıklara göre daha rahat olması ve daha az maliyetli olması sayılabilir. Kulaklıkların avantajları olarak kulak tıkaçlarına göre daha etkili olmaları, kulaklıkların uzaktan rahatça görülmeleri, kulak koruyucu kullanımının denetimini kolaylaştırması, kullanıcıların kulaklık takmaya alışmalarının daha kolay olması, sayılabilir. Kulak koruyucuların gürültü engelleme değerleri Çizelge 5.1 'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Kulak koruyucularının gürültü engelleme değerleri [12]

<u>CİNSİ</u>	<u>AZALTMA DERECESİ</u>
Pamuk	% 5 -16 dB
Parafinli Pamuk	% 20- 35 dB
Cam Pamuğu	% 7,5- 32 dB
Kulak Tıkacı	% 20-45 dB
Kulaklık	% 12 - 48 dB

5.8 Endüstriyel Sahada Gürültü Kontrolü ve Örnek Uygulamalar

Endüstriyel tesislerde kurulu bulunan ekipmanların ve makinelerin oluşturduğu gürültü, o işyerinde çalışanlar için ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Gürültülü üretim yerlerindeki gürültünün azaltılması, kontrol edilebilmesi ve çalışanlar için sorun olmaktan çıkartılması için kullanılan çeşitli kontrol yöntemleri bulunmaktadır.

Düzgün hareketle darbelerden veya ani hareketlerden kaçınılarak, etki yüzeylerinde sönümleyici malzemeler kullanarak, akışı sınırlayan boru tesisatları yerine daha büyük kesitli borular kullanılarak veya değişken kesit yerine değişmeyen kesit kullanılarak gürültü üretim ve iletimi kısıtlanmalıdır.

Tahliye çıkışında tek geniş manifold yerine çok tüplü manifold kullanarak, çoklu basınç düşürücü valfler kullanarak, pistonlu pompalar yerine içe monte edilmiş dişli pompalar kullanarak, mekanik yükleme şartlarına göre plastik dişli kullanılarak ve düşük gürültülü yataklar seçilerek gürültü üretimi sınırlandırılabilir.

Yüksek iç sönümleyici malzemeler dökme demir, sandviç plakalar, plastikler (Şekil 5.15) kullanılarak, yayıcı yüzeylerine yapıyla taşınan sesin iletimi sınırlandırılarak, havayla taşınan sesi, yüksek kütleli plaka kullanımı veya çift duvar kullanımı (Şekil 5.13) ve oyuk yerlerin emici malzeme ile doldurulması ve gereksiz bütün boşluklar kapatılarak gürültü yayılması azaltılmalıdır.

Yüksek gürültü seviyelerine maruz kalmış çalışanlar ses yalıtımlı kabinlerde (Şekil 5.11, Şekil 5.14) korunabilir. Ses basınç düzeyinde 15 dB ila 30 dB arasında bir azalma sağlanabilir. Bu kabinlerin yeterli şekilde havalandırılması gerekmektedir.

Preslerde oluşan titreşimlerin diğer üretim alanlarına yayılmaması için zemin yalıtımı (Şekil 5.12) yapılmaktadır. Kurulan preslerin temel kısımlarına ses sönümleyici plastik alaşımlı kaplamalar yapılarak titreşim oluşumu azaltılabilir.



Şekil 5.11 Fabrika içi gürültü kabini



Şekil 5.12 Jeneratör odası içten ses yalıtım ve izolasyon uygulamaları



Şekil 5.13 Radyal fan kabini duvar ve ses yalıtım uygulaması



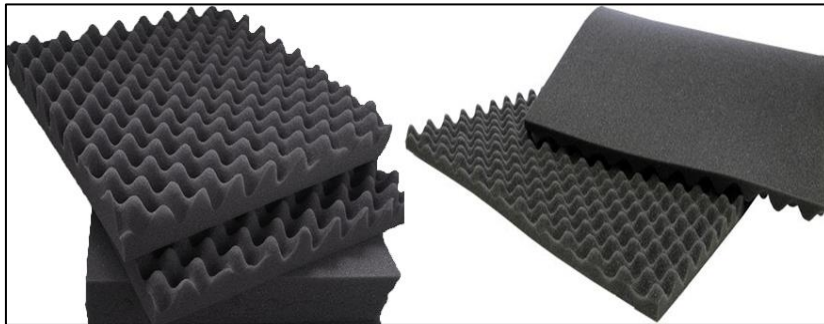
Şekil 5.14 Fabrika içi pres kabini ve pres grubu kısmi hücre uygulamaları

5.9 Ses Yalıtımı ve Ses Yalıtım Malzemeleri

Endüstride ve sosyal hayatta sesin olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla yapılan yalıtım türüne ses yalıtımı denilmektedir. Ses yalıtımında en önemli amaç sesin ortamdaki yayılmasını kontrol altına almak ve ses basınç düzeyini sınırlamaktır. Ses bir ortamda yayılırken önüne bir engel çıktığı zaman diğer fiziksel olaylar gibi davranarak bir kısmı engellere çarparak geri yansır, bir kısmı da önünde bulunan engel tarafından yutulur, bir bölümü de önünde bulunan engelin diğer tarafına geçer. Bundan dolayı her malzemenin bir ses yutma potansiyeli vardır. Uygulamada ses yutma potansiyelleri en yüksek olan malzemeler ses yalıtımında kullanılmaktadır.

Gürültünün olumsuz etkilerinden korunması gereken fabrika, hastane, okul, yurt, vb. yerlerde, jeneratör, hidrofor, kalorifer, yüksek ses düzeyine sahip makinaların çevreye yaydıkları gürültünün önlenmesi amacıyla ve kullanım koşulu sese bağlı sinema, tiyatro, konser ve konferans salonu, TV ve ses kayıt stüdyosu vb. üretim sahası dışı alanlarda ses yalıtımı uygulamaları sıklıkla kullanılmaktadır.

Ses yalıtımında özellikle akustik süngerler (Şekil 5.16), ağır bariyerli süngerler, akustik paravanlar, akustik perdeler, akustik kumaşlar, kauçuk levhalar sandviç paneller gibi çok çeşitli izolasyon malzemeleri kullanılmaktadır. Endüstri tesislerinde yardımcı bölümlerde özelliklerde soğutma gruplarında, chillerlerde, jeneratör ve kompresör odalarında, kojenerasyon ünitelerinde sıklıkla ses izolasyonu yapılmaktadır.



Şekil 5.15 Ses yalıtımı için kullanılan akustik süngerler

ENDÜSTRİYEL ALANLARDA GÜRÜLTÜ KONTROL UYGULAMALARI

Bu bölümde tez çalışmasında literatürden ve uygulamalardan elde edilen bilgi ve tecrübeler kullanılarak otomotiv lastik üretimi, PVC çatı ve dış dephe imalatı ve metal sektöründe faaliyet gösteren üç farklı endüstriyel üretim alanında gürültü kontrol çalışmaları yapılmıştır. Üretim alanlarında iş sağlığı ve güvenliği kanun, yönetmelik ve standartların uygulanması amacıyla görev yapan işyeri sağlık ve güvenlik birimi, iş güvenliği uzmanları ve işyeri hekimleri ile ortak çalışmalar yapılmıştır. İş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için amacıyla fabrikalar gürültü faktörü açısından ele alınmış ve yetkili kişilerce gürültü ortam ölçümleri ve kişisel maruziyet ölçümleri yapılmıştır. Bu sonuçlardan elde edilen veriler ışığında üretim sahasında gürültünün yüksek olduğu bölümlerde hem mühendislik yaklaşımıyla hem de organizasyonel açıdan gürültü kontrol çalışmaları yapılmıştır.

Gürültünün teknik yollarla azaltılması amaçlanmış; hava yoluyla yayılan gürültünün perdeleme, gürültü emici örtüler ve susturucu takılması gibi yöntemlerle azaltılması sağlanmış, yapı elemanları yoluyla yayılan gürültü için de yalıtım sönümleme vb. yöntemler uygulanmıştır. Gürültü kontrolü son yıllarda önem kazanmıştır ve daha önce kurulmuş üretim alanlarında gürültüyü kaynakta engelleme şansı yeni hatlar kadar kolay değildir. Makinelere kaynaklanan gürültünün alıcıya gelmesini engellemek için çeşitli uygulamalar yapılarak gürültü miktarı azaltılmaya çalışılmıştır.

6.1 Otomotiv Lastik Fabrikası Gürültü Kontrolü Çalışması

Lastik sektörüne 2004 yılında giren şirketin temelleri 1994 yılında atılmıştır. Kuruluş üretime başladığı ilk dönemlerinde, lastik kaplama sektörüne sıcak lastik kaplama sırt hamuru ve soğuk lastik kaplama sırt hamuru üretmiştir. 2004 yılında yeni adresine taşınan tesiste kauçuk ve kauçuktan mamul tarım ve iş makineleri için dış lastik, el arabası ve dolgu lastik ve kauçuk kaplı kord bezi, kauçuk hamuru, sıcak ve soğuk kaplama hamuru, sement üretimi yapılmaktadır. Tesisin yıllık üretim miktarı; Muhtelif Dış Lastik (7760 ton): 188.190 adet/yıl, Dolgu Lastik (340.200 kg): 340.200 adet/yıl, Tüp Lastik (64.800 kg/yıl): 25.920 adet/yıl, Soğuk Kaplama Hamuru: 11.340.000 kg/yıl, Kauçuk Hamuru ve Sıcak Kaplama Hamuru: 19.429.000 kg/yıl, Kolon (82 ton/yıl): 60.741 adet/yıl, İşlenmiş Kauçuk Hamuru: 3.305.000 kg/yıl, Kauçuk Kaplı Kord Bezi: 5.569.000 kg/yıl, Sement: 54.000 kg/yıl'dır [13].

Karışım Ünitesi (Banbury-Karıştırıcı Mikserler)

Üretim için ihtiyaç duyulan karışımların hazırlandığı bölümdür. Hazırlanacak karışım tanıma göre; Kauçuklar istenilen ağırlıklarda kesilir. Karbon ve ağlar otomatik olarak tartılır.

Hazırlanan hammaddeler mikserlerde tanıma uygun olarak karıştırılır, sabun tankı ve soğutma ünitesinden geçirilerek levha halinde paletlere istiflenir. Etiketlenerek kullanıma hazır halde istif sahasına çekilir.

Ekstruder

Ürün için gerekli olan bileşenlerin, istenilen profilde çekilmesini sağlayan procestir. Bu üniteye lastik için gerekli olan sırt ve yanak bileşenleri ile sıcak ve soğuk kaplama için sırt kauçuğu profilleri çekilmektedir.

Soğuk ve Sıcak Kaplama Sırt Hamuru Ünitesi

Ekstruder ünitesinden profil halinde getirilen hamur, ağırlık kontrolü yapılarak tanımına uygun pişirme kalıplarında pişirilir. Çapakları alınarak istiflenir. Pişirilen sırtların altı raspalanır.

Çekimi yapılacak ürün tanımına uygun karışım millerde homojen hale getirilir. Karışım ekstrudere gönderilir ve istenen kalınlık ve genişlikte çekim yapılır. Soğutma ünitesinden geçirilen sırt hamuru paketlenerek ambara teslim edilir.

Çapraz Kesim Ünitesi

Lastikte bileşen olarak kullanılan kaplı kord bezinin istenilen açığı ve genişliklerde kesildiği ünite dir.

Topuk Yapım Ünitesi

Lastikte bileşen olarak kullanılan topukların hazırlandığı bölümdür. Çelik teller hamurla kaplanarak tanıma uygun olarak istenilen (sarım x tel) sayısı ve çaplarına göre topuk olarak hazırlanırlar. Hazırlanan topuklara yine tanımına uygun olarak apex sarılır ve kılıflama yapılır. Etiketlenerek istif sahasına alınır.

Lastik Yapım Ünitesi

Lastik bileşenlerinin bir araya getirilerek ham lastik haline dönüştürüldüğü kısımdır.

Sement Hazırlama Ünitesi

Mikserde hazırlanan sement hamuru pişiricilere koyularak millerde karıştırılır. Hazırlanan sement hamuruna, hegzan ve reçine ilave edilerek tanıma uygun sürede karıştırılır. Sement hazırlama diyagramı aşağıda verilmiştir;

Lastik Pişirme Ünitesi (Vulkanizasyon Presleri)

Ham lastik yapım işleminden sonra lastikler pişirme preslerinde kalıplarda şekillendirilerek belirli zaman, basınç ve sıcaklıkta pişirilmektedir. Preslerden çıkan lastikler kontrolden geçirilerek ambara yollanır.

6.1.1 Otomotiv Lastik Fabrikası Gürültü Değerleri

Çalışmanın yapıldığı lastik fabrikasında gürültü açısından kritik noktaların tespiti için ilk olarak İşyeri Sağlık ve Güvenlik Birimi ile ortak yapılan ortam ölçümleri ve kişisel maruziyet gürültü ölçümleri ve bu ölçümlere göre hazırlanan gürültü haritası incelenmiştir.

Lastik fabrikasında 29-30-31.10.2015 tarihlerinde, normal işletme koşullarında, gündüz çalışma saatlerinde üretim alanlarında firma yetkilileri tarafından belirlenen 23 kişide kişisel maruziyet gürültü ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonuçları aşağıda Çizelge 6.1’de verilmiştir. Fabrika içindeki ölçüm noktaları Şekil 6.1’de gösterilmiştir. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun 30’uncu maddesine istinaden hazırlanan 28/07/2013 tarihli Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikteki (ÇGİİRKDY) sınır değerler referans alınarak Çizelge 6.1’de ölçülen sonuçların değerlendirmeleri yapılmıştır. Lastik fabrikası gürültü ölçüm noktaları Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3’de gösterilmiştir.

Ölçüm sonuçlarından yola çıkarak maruziyet değerleri, TS 2607 ISO 1999 Akustik-İş Yerinde Maruz Kalınan Gürültünün Tayini ve Bu Gürültünün Sebep Olduğu İşitme Kaybının Tahmini standardında Madde 3.6 da yer alan aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmış ve Çizelge 6.2’de bu sonuçlar verilmiştir.

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \log (Te/T_0) \quad (6.1)$$

$L_{EX,8h}$: Anma 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş, maruz kalınan gürültü seviyesi

$L_{Aeq,Te}$: Te süredeki eş değer sürekli A-ağırlıklı ses basınç seviyesi

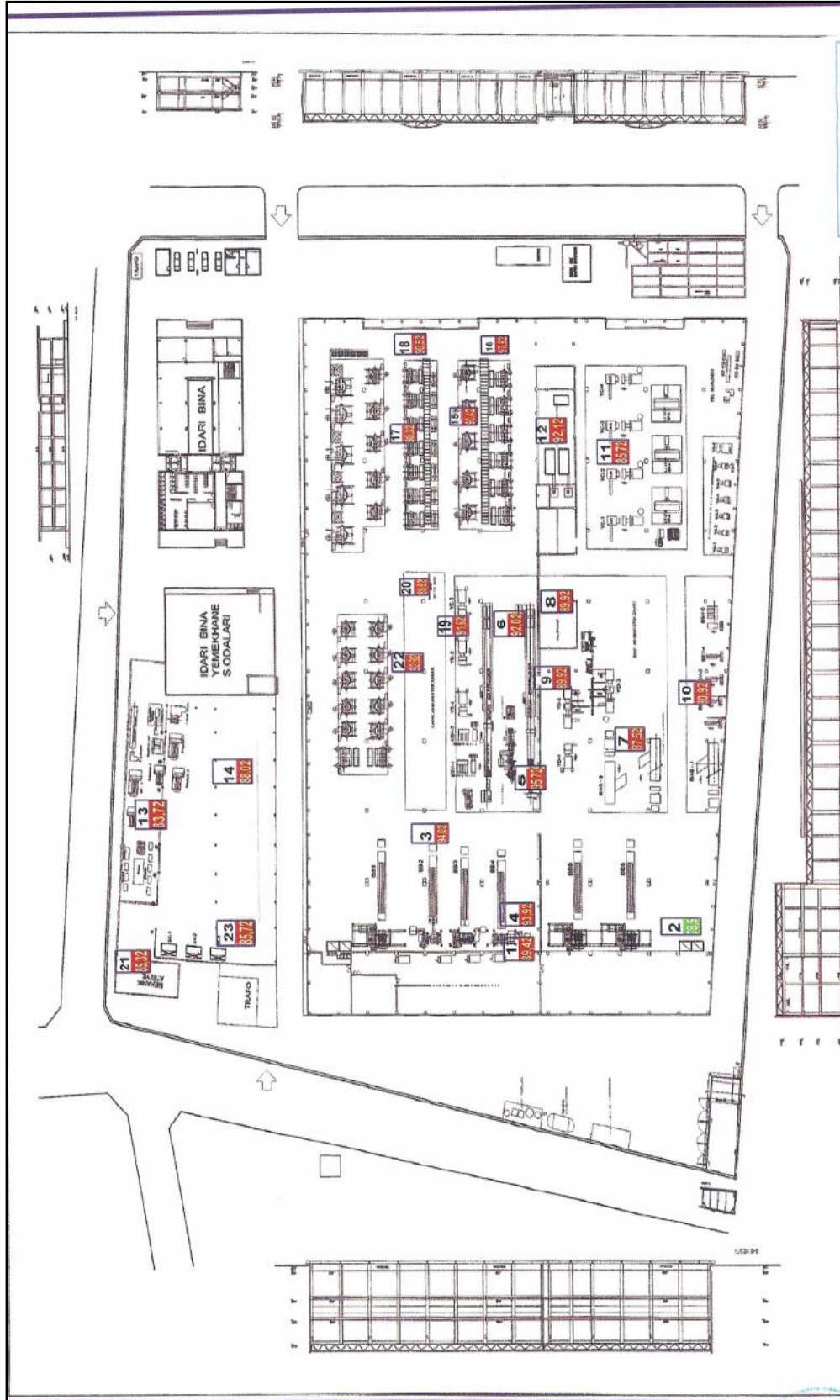
Te: Gün içinde maruz kalınan periyot, (Gün içinde etkin maruz kalınan süre 8 saati geçemez)

To: 8 saatlik çalışma periyodu

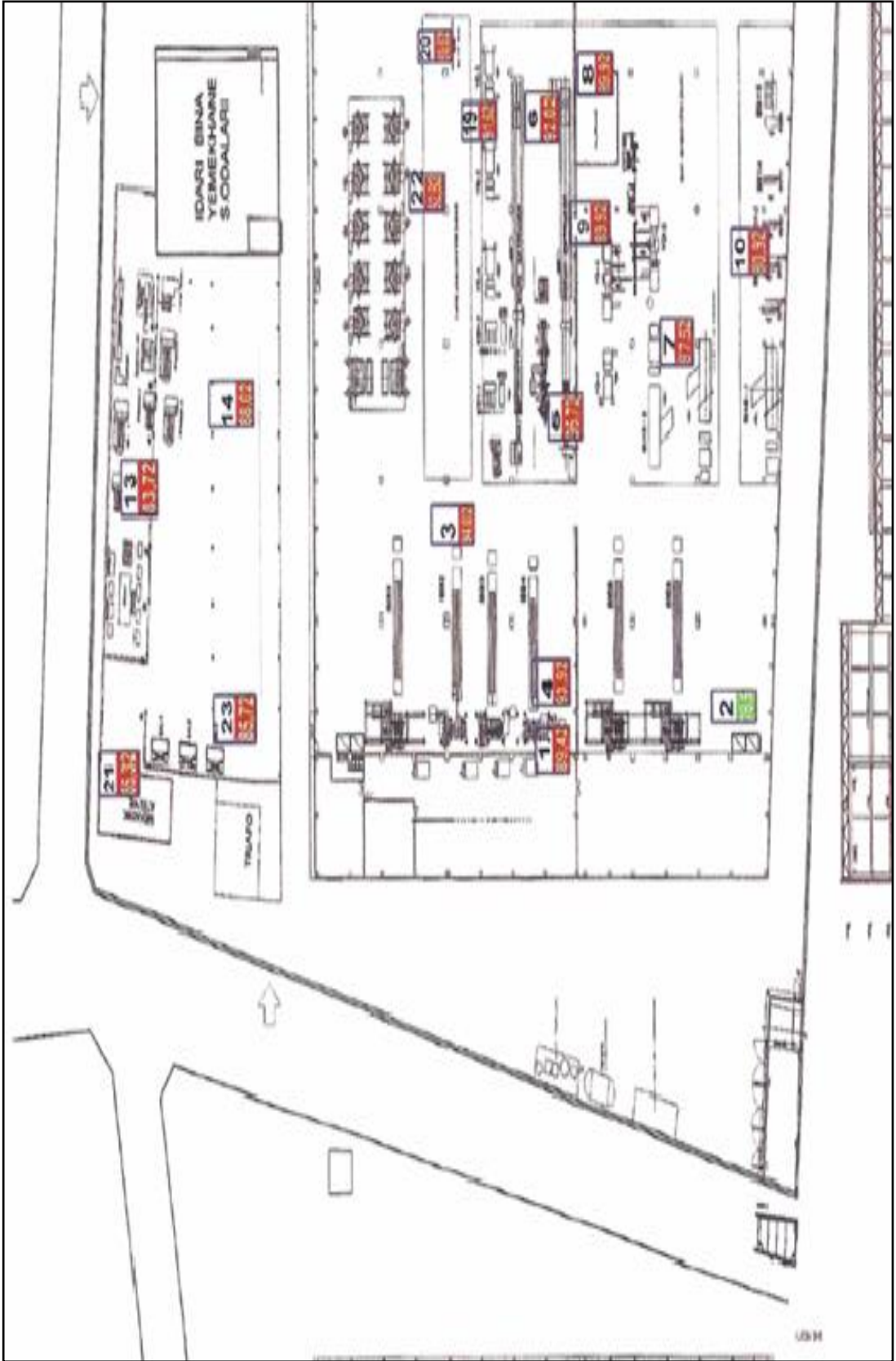
Elde edilen kişisel maruziyet ölçüm değerleri ile fabrikanın “iNoise ve Noiseatwork” programları kullanılarak (EK-B) gürültü haritası (Şekil 6.4, Şekil 6.5, Şekil 6.6) çıkartılarak gürültü kontrol çalışmalarına başlanılmıştır.

Çizelge 6.1 Otomotiv lastik fabrikası kişisel maruziyet gürültü ölçüm sonuçları [13]

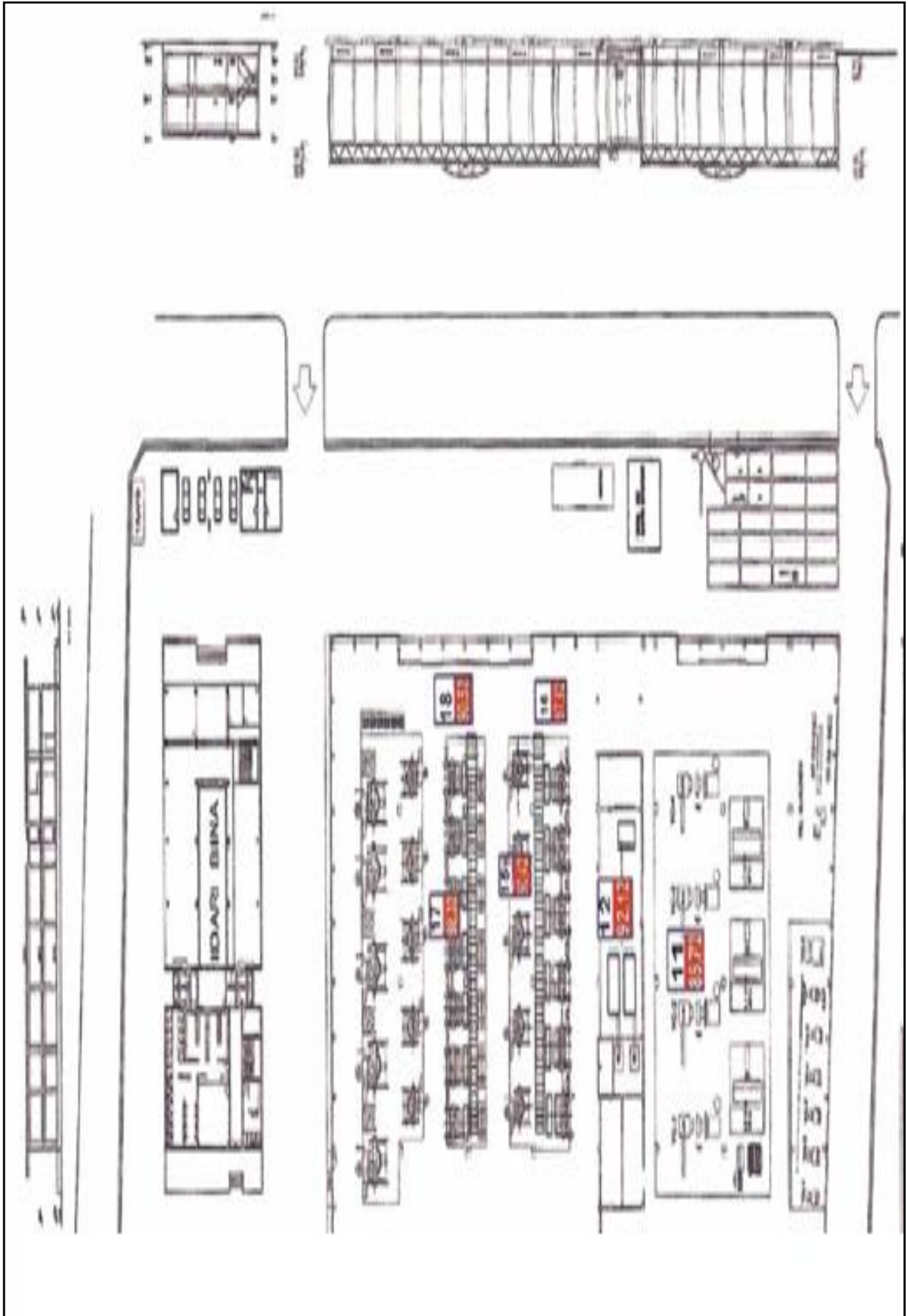
Nokta No	Ölçüm Noktası	ÇGiiRKDY(dBA)	Ölçüm Sonucu			
			LA _{max} (dBA)	LA _{min} (d)	LA _{eq} (dBA)	LC _{peak} (dBA)
1	Banbury 4 Operatör Katı	85	113.70	66.30	89,70	130,30
2	Kimyasal Tartım	85	101.80	68.10	78,50	110,30
3	Banbury 2 — Batchoff	85	106.80	71.30	94.30	143,20
4	Mil Banbury 4	85	114.50	80.70	94.20	136.00
5	Extruder Başı Mil	85	125.10	61.60	96.00	143.10
6	Extruder Sonu	85	107.20	85.50	92.30	133.70
7	Çapraz Kesim Orta Makine	85	107.30	75.40	87.80	131.10
8	Kalıphane Bölümü-Kalıpçı	85	110.20	76.90	90.20	132,30
9	Lastik Yapım D Hattı	85	110.70	70.50	90.20	130.80
10	Bant Yapım Bölümü	85	92.30	68.30	81.20	121.30
11	Lastik Yapım C-2 Makinesi	85	109.80	61.30	86,00	134.90
12	Kazan Dairesi	85	107.20	79.00	92.40	124.00
13	Dolgu Lastik Bölümü	85	104.70	53.70	84.00	120.00
14	Soğuk Kaplama Raspa Bölümü	85	109.20	75.10	88.30	127.00
15	Pişirme E-D Hattı	85	112.00	74.90	90.70	128.70
16	Bitirme ve Son Kon. Tamir Bölümü	85	128.10	76.30	97.90	146,60
17	Pişirme C Hattı	85	129,80	76.10	98.60	141.70
18	Bitirme Ve Son Kontrol Ekspeksiyon	85	118.10	68.40	90.80	137.10
19	Lastik Yapım E Hattı 2 Nolu Makine	85	110.70	83.40	91.90	129.00
20	Lastik Boyama	85	104.20	79.80	86.90	121.30
21	Bakım Atölyesi	85	103.70	58.60	85.60	127.90
22	Pişirme B Hattı	85	119.20	78.50	92.10	133.10
23	Soğuk Kaplama Pres	85	114.30	40.60	86.00	132.70



Şekil 6.1 Otomotiv lastik fabrikası gürültü ölçüm noktaları [13]



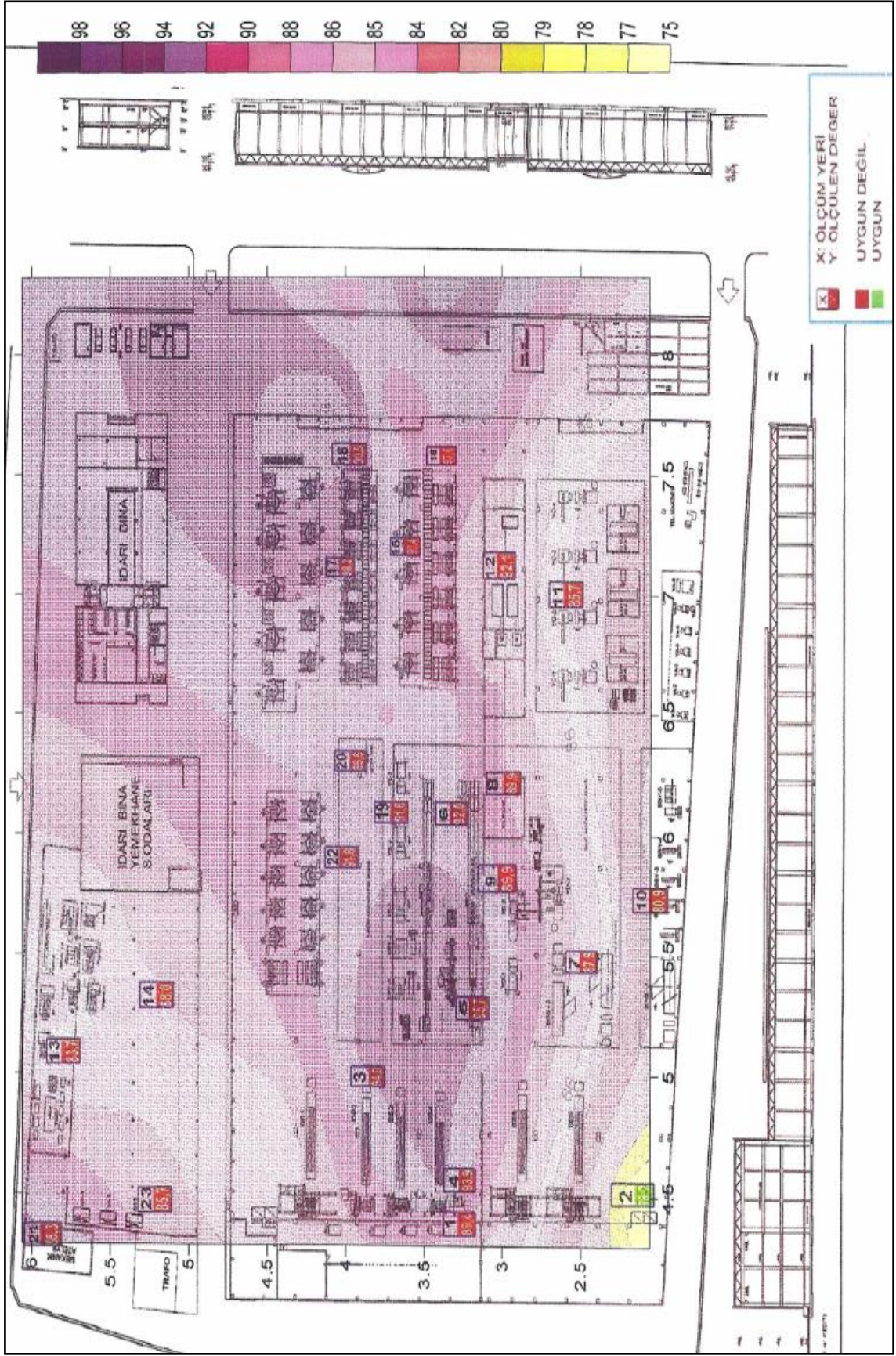
Şekil 6.2 Otomotiv lastik fabrikası gürültü ölçüm noktaları (a) [13]



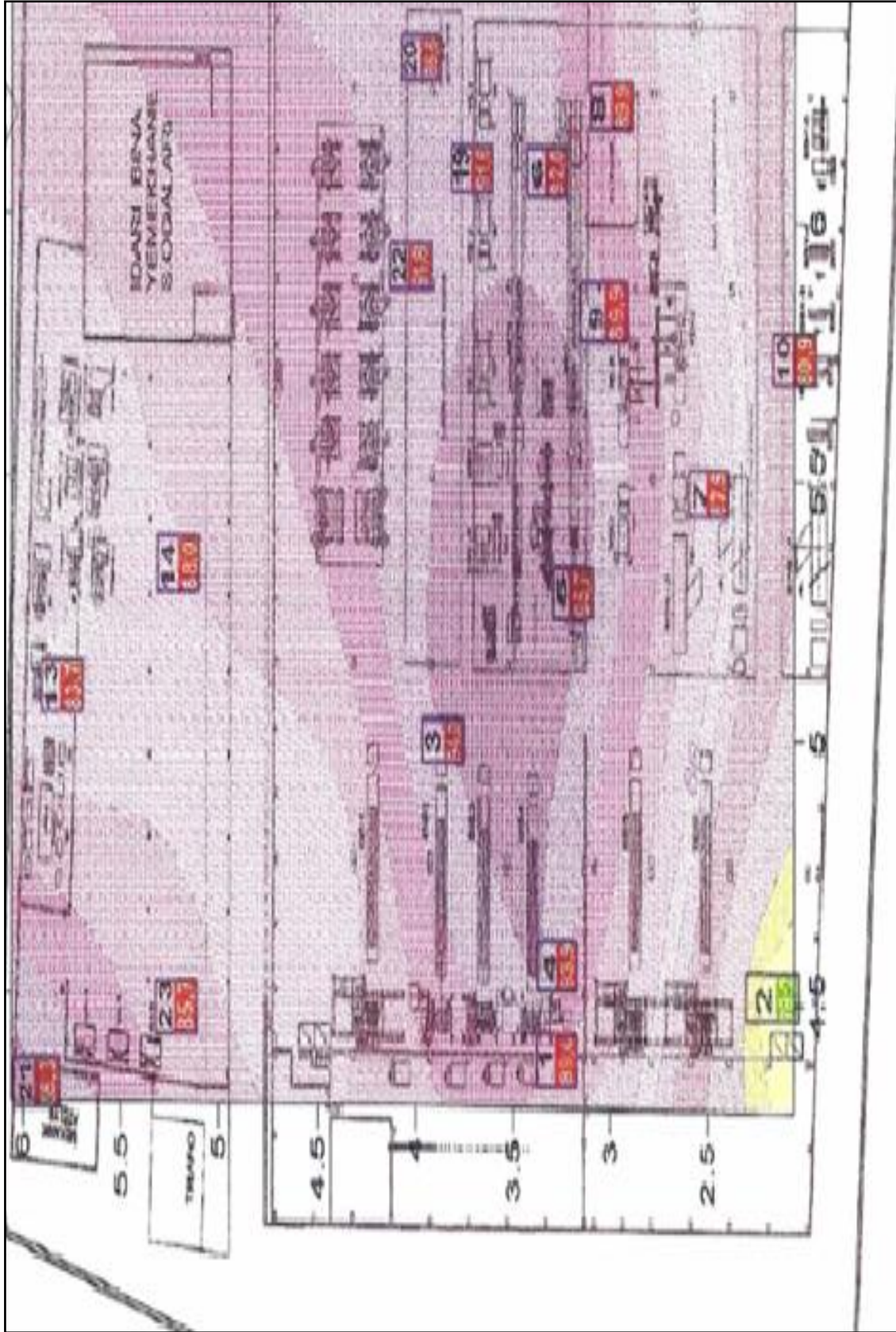
Şekil 6.3 Otomotiv lastik fabrikası gürültü ölçüm noktaları (b) [13]

Çizelge 6.2 Otomotiv lastik fabrikası hesaplanan ölçüm sonuçları [13]

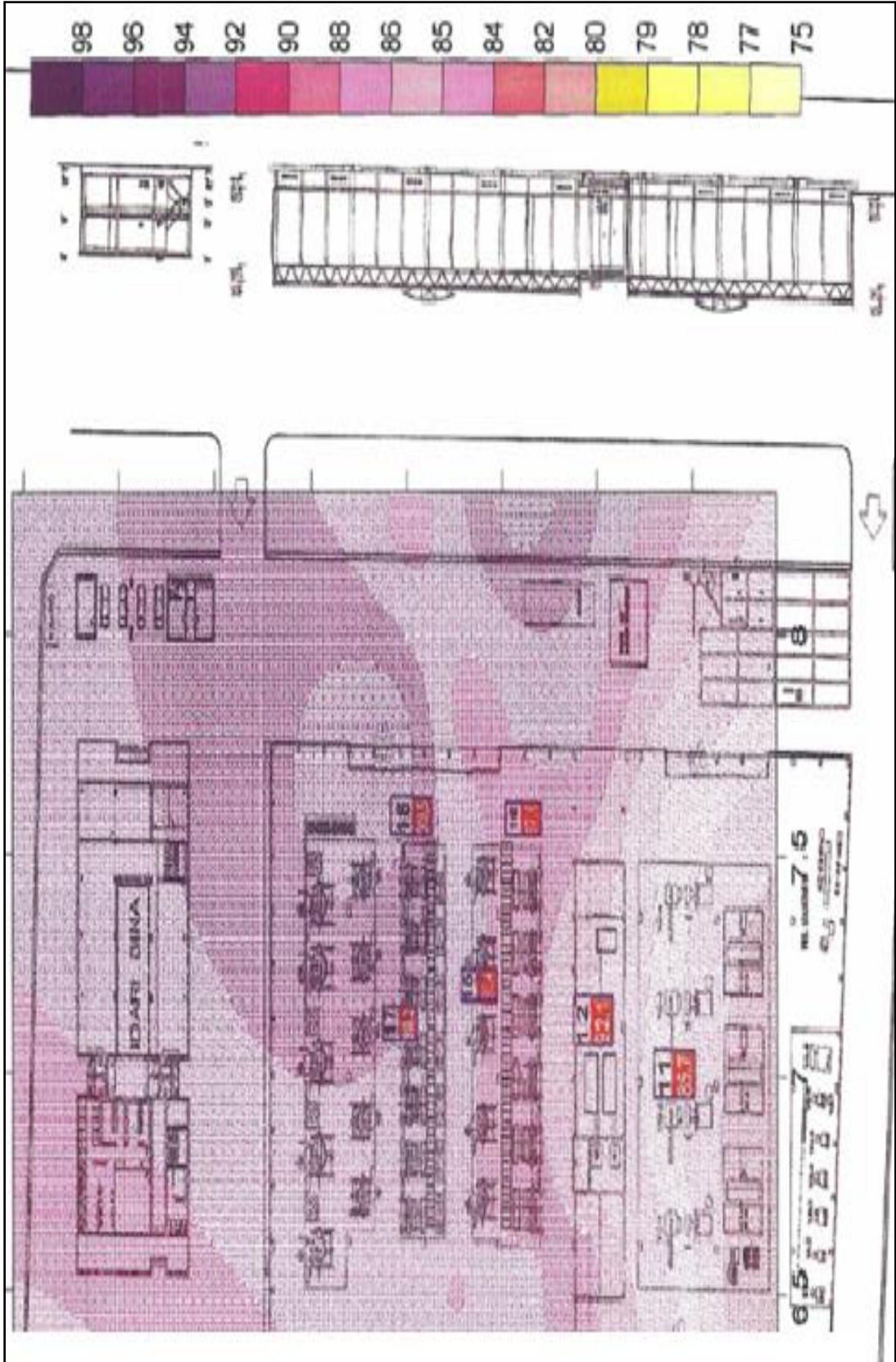
NO	Ölçüm Noktası	Maruz Kalma Süre	Çalışma Süresi(s)	LEX,8h (dBA)	ÇGiiRKDY (dBA)
1	Banbury 4 Operatör Katı	7:30	8:00	89,42	85
2	Kimyasal Tartım	7:30	8:00	78,22	85
3	Banbury 2 - Batchoff	7:30	8:00	94,02	85
4	Mil Banbury 4	7:30	8:00	93,92	85
5	Exruder Başı Mil	7:30	8:00	95,72	85
6	Exruder Sonu	7:30	8:00	92,02	85
7	Çapraz Kesim Orta Makine	7:30	8:00	87,52	85
8	Kaliphane Bölümü-Kalıpçı	7:30	8:00	89,92	85
9	Lastik Yapım D Hattı	7:30	8:00	89,92	85
10	Bant Yapım Bölümü	7:30	8:00	80,92	85
11	Lastik Yapım C-2 Makinesi	7:30	8:00	85,72	85
12	Kazan Dairesi	7:30	8:00	92,12	85
13	Dolgu Lastik Bölümü (Flap)	7:30	8:00	83,72	85
14	Soğuk Kaplama Raspa Bölümü	7:30	8:00	88,02	85
15	Piştirme E-D Hattı	7:30	8:00	90,42	85
16	Bitirme Ve Son Kontrol Tamir Bölümü	7:30	8:00	97,62	85
17	Piştirme C Hattı	7:30	8:00	98,32	85
18	Bitirme Ve Son Kontrol Ekspeksiyon C	7:30	8:00	90,52	85
19	Lastik Yapım E Hattı 2 Nolu Makine	7:30	8:00	91,62	85
20	Lastik Boyama	7:30	8:00	86,62	85
21	Bakım Atölyesi	7:30	8:00	85,32	85
22	Piştirme B Hattı	7:30	8:00	91,82	85
23	Soğuk Kaplama	7:30	8:00	85,72	85



Şekil 6.4 Otomotiv lastik fabrikası gürültü haritası [13]



Şekil 6.5 Otomotiv lastik fabrikası gürültü haritası (a) [13]



Şekil 6.6 Otomotiv lastik fabrikası gürültü haritası (b) [13]

6.1.2 Lastik Fabrikasında Yapılan Gürültü Ölçümleri

Fabrikada 03.12.2015 tarihinde iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı kapsamında fabrikanın iş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi ile birlikte daha önce yapılan ölçümler göz önüne alınarak çalışanlar için gürültü açısından kritik bölgeler belirlenmiştir. İlk olarak kişisel maruziyet ölçüm sonuçları yüksek çıkan banbury bölümü, ekstruder bölümü, raspa bölümü ve kazan dairesinde bulunan makineler ve çalışanlar değerlendirilerek tekrar ölçümler yapılmış ve bu ölçümlerin sonucuna göre gürültü kontrol çalışmalarına başlanılmıştır.

Fabrikada iş sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirilmek amacıyla gürültü ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler Svantek marka SVAN958 TİP 1 gürültü ve vibrasyon ölçüm cihazı (Şekil 6.7) ile yapılmıştır.



Şekil 6.7 Ölçümde kullanılan cihaz

Gürültü ölçümleri sırasında, cihazın ölçümleri etkileyebilecek ölçüde herhangi bir gürültü çıkarılmamasına özen gösterilmiştir. Ölçümler, kulak seviyesi hizasında ve operatörden ortalama 50-100 cm uzaklıkta, cihaz yere paralel tutularak yapılmıştır. Makinelerin yanında yapılan ölçümlerde en az 1 m mesafeden gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Her ölçümden önce cihaz kalibrasyonu yapılmıştır.

03.12.2015 tarihinde Banbury, Ekstrüder ve Raspa bölümlerinde yapılan kişisel maruziyet gürültü ölçümleri sonucunda elde edilen değerler ve bu değerlere göre hesaplanan kişisel maruziyetler Çizelge 6.3 ve 6.4'de verilmiştir.

Çizelge 6.3 03/12/2015 tarihli lastik fabrikası kişisel maruziyet ölçüm sonuçları [13]

Nokta No	Ölçüm Noktası	Çgiirkdy (dBA)	Ölçüm Sonucu			
			L _{Amax} (dBA)	L _{Amin} (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	L _{Cpeak} (dBA)
1	Extruder (Golfix) Giriş	80	98.15	81.20	83.85	114.52
2	Banbury 4	80	104.87	73.13	84.34	121.41
3	Extruder (Golfix) Çıkış	80	96.66	79.48	83.50	107.00
4	Raspa Bölümü	80	97.81	71.35	87.48	107.87
5	Kazan Dairesi	80	107.20	79.00	92.40	124.00

Çizelge 6.4 03/12/2015 tarihli lastik fabrikası ölçüm sonucu hesaplanan değerler

No	Çalışan Personel/Ölçüm Noktası	Maruz Kalınan Süre(s)	Çalışma Periyodu(s)	L _{EX,8h} (dBA)	ÇGİİRKDY (dBA)
1	Extruder (Golfix) Giriş	7:30	8:00	83,57	80
2	Banbury 4	7:30	8:00	84,06	80
3	Extruder (Golfix) Çıkış	7:30	8:00	83,22	80
4	Raspa Bölümü	7:30	8:00	83,20	80
5	Kazan Dairesi	7:30	8:00	84,12	80

Ölçüm yapılan 10 kişide 7.30 saat maruz kalınan gürültü seviyeleri (L_{EX,8h}), Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikte (Çgiirkdy) Madde 5'te yer alan Maruziyet Eylem Değeri olan 80 dB(A) sınır değerini aşmıştır.

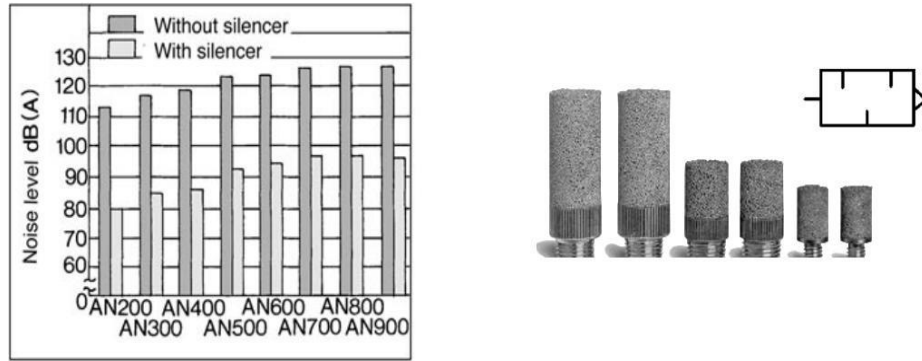
Bu sonuçlar fabrikada kritik bölgelerde mühendislik yaklaşımıyla gürültü kontrol yöntemlerinin uygulanmasını zorunlu kılmıştır.

6.1.3 Lastik Fabrikasında Yapılan Gürültü Kontrol Çalışmaları

Banbury bölgesinde bulunan pistonlara sinterlenmiş pirinc tipi susturucu takılmıştır (Şekil 6.8). Susturucu SMC marka AN Serisi BC Sintered Body tipte olup teknik özellikleri Şekil 6.9 'da gösterilmiştir. Aynı zamanda önceki ölçümde 94 dBA çıkan gürültü değeri susturucu takıldıktan sonra o bölgede 82 dBA olarak ölçülmüştür. Susturucu ideal hava çıkışı için valf veya hava yönlendirici olarak çalışmaktadır.



Şekil 6.8 Banbury için susturucu takılması



Şekil 6.9 AN 200-900 serisi susturucu teknik özellikleri

Raspa makinesi fanı ilk olarak tek fan yüksek debili kayış kasnaklı tipte tercih edilmiştir. Bu sistem üçe bölünerek (Şekil 6.10) lokal hava emişiyle debi miktarı azaltıldı, ayrıca kullanılan yeni fan ve siklon grubu direk akuple yaptırılarak oluşan gürültüde azalma sağlanmıştır. Ses yutucu malzeme ile aksutik yalıtım yapılması fan kanatlarının oluşturduğu basınç dalgalanmalarını azaltmıştır. İlk ölçülen değer 97 dBA iken şu anda 83 dBA gürültü değeri ölçülmüştür.



Şekil 6.10 Raspa makinesi fanının değiştirilmesi

Extruder hattı blower fanına ses izolasyon kabini (Şekil 6.11) yaptırılarak o bölgedeki ses 95 dBA'dan 83 dBA seviyesine düşürülmüştür.



Şekil 6.11 Ekstrüder hattı blower fanına izolasyon kabini yapılması

Kazan dairesinde gürültülü ortama karşı çalışanlar için kabin (Şekil 6.12) konularak çalışanlar için ergonomik ortam oluşturulmuştur. Yeni yapılan ölçüm sonucunda kazan dairesinde bulunan ve sürekli gürültüye maruz kalan çalışanın maruziyeti 92.40 dBA'dan 83 dBA seviyesine düşürülmüştür.



Şekil 6.12 Kazan dairesinde çalışanlar için kabin

Dolgu tüp lastik ünitesi kalıp sökme makinesinde gürültüye karşı önlem alınarak, kalıp sökme makinesi tablası ve çalışma masası kauçuk (Şekil 6.13) ile kaplanmıştır. Bu sayede çalışanların darbeli gürültüye maruziyeti azaltılmıştır.



Şekil 6.13 Kalıp sökme çalışma masasının kauçuk ile kaplanması

Gürültünün kaynağında engellenememesi veya oluşan gürültünün alıcıya ulaşmasının engellenemediği durumlarda veya bunlar için büyük yatırımlara ihtiyaç duyulduğu bölümlerde çalışanlara kişisel koruyucu donanım kulaklık ve kulak tıkacı (Şekil 6.14) temin edilmiştir. Bu konuda çalışanlara gerekli eğitimler verilerek çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmaları amaçlanmıştır.



Şekil 6.14 Kulak tıkacı kullanılması

Çalışanların gürültüden etkilenmelerinin idari olarak kontrol edilebileceği birçok işlem vardır. Bu kapsamda fabrikada yapılan risk değerlendirmesinde etki sürelerinin azaltılması için üretim programları değiştirilmiş ve gürültülü ortamda yapılacak işlerin rotasyona tabi tutulmasına karar verilmiştir. Çalışanların günlük gürültüden etkilenme durumunun uygun hale getirilmesi için fabrikanın genelinde, çalışanların gürültü düzeyi yüksek alanlarla gürültü seviyesi düşük alanlarda dönüşümlü çalıştırılması için idari tedbirler alınmaya başlamıştır. Gürültünün idari organizasyon ile azaltılması amaçlanmış; maruziyet süresi ve düzeyinin sınırlandırılması ve yeterli dinlenme aralarıyla çalışma sürelerinin düzenlenmesi sağlanmıştır.

6.2 PVC Çatı ve Dış Cephe Fabrikası Gürültü Kontrol Çalışması

İkinci çalışmada PVC çatı ve dış cephe paneli imalatı yapılan fabrikada çalışmalar yapılmıştır. Söz konusu faaliyet kapsamında çalışanların bulunduğu bölümlerde ortam ve kişisel maruziyet gürültü ölçümleri yapılmıştır.

6.2.1 PVC Çatı ve Dış Cephe Fabrikası Gürültü Değerleri

Fabrikada yapılan iç ortam gürültü ölçümleri ve değerlendirmeler standart ve yönetmeliklere göre yapılmıştır. İş sağlığı ve güvenliği çalışmaları kapsamında iç ortam gürültü ölçümleri Svantek marka SVAN 958 TİP 1 gürültü ve vibrasyon ölçüm cihazı ile yapılmıştır. İş sağlığı ve güvenliği çalışmaları kapsamında kişisel maruziyet gürültü ölçümleri Svantek marka SV 147 gürültü ölçüm cihazı (Şekil 6.15) ile yapılmıştır [14].



Şekil 6.15 Ölçümde kullanılan ses seviyesi ölçer

07.04.2016 tarihinde plastik çatı ve dış cephe üreten fabrikanın üretim sahasında toplam 20 noktada ortam ölçümleri (Çizelge 6.5) ve iki farklı bölümde çalışan üzerinde de kişisel maruziyet ölçümleri yapılarak fabrikanın gürültü değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 6.6 ve Çizelge 6.7). İşyerinde görev yapan iş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi ile gürültü sonuçları değerlendirilerek işyerinde çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmaları için gürültüden korunma programı oluşturulmasına karar verilmiştir.

Çizelge 6.5 07/04/2016 tarihli PVC fabrikası iç ortam ölçüm sonuçları [14]

Nokta No	Ölçüm Noktası	L _{Amax} (dBA)	L _{Amin} (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	L _{cpeak} (dBA)
1	Laboratuvar	70.83	55.06	57,61	87,37
2	Üretim Girişi	69.04	57.62	60,59	89,50
3	Hammadde Böl. Silo Altı	89.21	79.57	84,64	103,63
4	Hammadde Böl. Değirmen-2 Karşısı	90.02	79.97	83,07	117,71
5	Hammadde Böl. Değirmen-3 Kırıcı	92.73	76.65	81,33	105,02
6	Hammadde Bölümü Kırım Kabin İçi	109.35	76.55	96,74	121,70
7	Kesim Kabini	105.82	87.77	99,04	118,36
8	Yemekhane	65.42	51.27	55,30	82,73
9	Bakım Atölyesi	92.81	78.06	82,34	102,60
10	Mahya Bölümü Orta Nokta	96.58	65.00	82,87	106,35
11	Mahya Bölümü Testere Yanı	106.07	83.43	91,55	117,40
12	Mahya Bölümü Fırın Önü	90.33	66.07	81,56	116,53
13	Mahya Bölümü Depo Alanı	93.24	73.54	81,28	105,09
14	Polikarbonat Mikser Önü	86.76	67.55	75,38	99,67
15	Extruder 3-4 Arası	96.46	71.28	77,37	110,24
16	Extruder 1-2 Arası	83.20	68.62	72,10	99.23
17	Çekici Yanı	104.01	67.22	87,91	117,97
18	Extruder Makinası 4 Sonu	86.31	67.92	72,84	101.58
19	Extruder Makinası 4 Yanı Besleme	87.60	73.36	75,81	98.60
20	Extruder Mak. 4 Yanı Elekli Besleme	84.67	64.67	74,20	101.85

Çizelge 6.6 PVC Fabrika Kişisel Maruziyet Ölçüm Sonuçları [14]

Nokta No	Çalışan Personel/Ölçüm Noktası	Ölçüm Süresi dk	L _{Amax} (dBA)	L _{Amin} (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	L _{cpeak} (dBA)
1	Kırma Bölümü (1.Ölçüm)	10	111.10	89.80	104,40	127,80
	Kırma Bölümü (2.Ölçüm)	10	113.30	97.70	106,70	133,20
	Kırma Bölümü (3.Ölçüm)	10	112.40	96.90	106,70	131,10
2	Testere Bölümü (1.Ölçüm)	10	111.70	83.50	102,10	128,80
	Testere Bölümü (2.Ölçüm)	10	112.70	83.90	102,20	130,10
	Testere Bölümü (3.Ölçüm)	10	111.70	61.90	101,20	126,00

Ölçüm sonuçları yukarıdaki Çizelge 6.6'da verilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak maruziyet değerleri, TS 2607 ISO 1999 standardının Madde-3.6 da yer alan aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmış ve Çizelge 6.7 'de sonuçlar verilmiştir.

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \log (Te/T0) \quad (6.2)$$

Çizelge 6.7 PVC fabrika hesaplanan kişisel maruziyet sonuçları [14]

Ölçüm Noktası	Maruz Kalınan Süre	Çalışma Periyodu	Lex,8h dBA	ÇGİRKDY (dBA)
Kırma Bölümü	7:00	8:00	105,48	>EYMED (85)
Testere Bölümü	7:00	8:00	101,28	>EYMED (85)

EYMED: En yüksek maruziyet eylem değeri

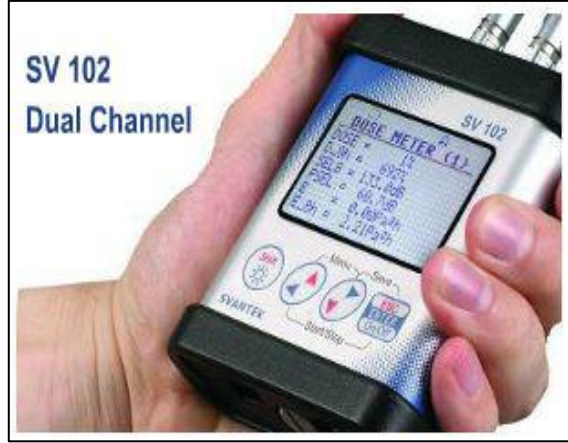
6.2.2 PVC Çatı ve Dış Cephe Fabrikası Gürültü Kontrol Uygulamaları

Üretim sahasında yapılan ortam ve kişisel maruziyet ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde plastik kırıcı ve testere makinalarının bulunduğu alanlarda maruziyet eylem değerlerinin sınır değerleri aştığı görülmüştür. Bu bölümlerde mühendislik uygulamalarıyla gürültü kontrol yöntemleri uygulanmıştır. Plastik geri dönüşüm bölümünde bulunan plastik kırma makinesi üretim sırasında meydana gelen hatalı ürünleri geri kazanmak amacıyla kullanılmaktadır. Kırma makinesinde bulunan bıçaklarla hatalı plastik malzeme kırılırken oluşan gürültü sınır değerlerin üstündedir. Kırma makinesinde oluşan gürültü problemine çözüm olarak mevcut makinenin yeni tip ses izolasyonlu kırma makinesi (Şekil 6.16) ile değiştirilmesi sağlanmıştır.



Şekil 6.16 Mevcut plastik kırma makinesi ve yeni tesis edilen kırma makinesi

Yeni tip ses izolasyonlu plastik kırma makinesinin gövdesi iki katlı olup, iç kısım ses yalıtımı sağlayacak malzemeye kaplanmıştır. Plastik kırma makinesinde kırıcı bıçaklar birbirlerine ters açıda konumlandırılarak döner ve sabit bıçaklar arasında tam bir makas hareketi sağlanmış ve ana motor izolasyonu yapılarak kırma esnasında oluşabilecek titreşim engellenmiştir. Plastik kırma makinesi titreşim ve şok emici ayaklar üzerine monte edilerek paslanmaz çelik gövde üzerine oturtulmuştur. Böylece plastik kırma bölümü gürültü ve titreşim faktörü açısından çalışana uygun hale getirilmiştir.



Şekil 6.17 Testere bölümü kişisel maruziyet ölçüm cihazı

Plastik kırma ve testere bölümleri (Şekil 6.17) ana üretim bölümleri olmayıp üretime yardımcı bölümlerdir. Bu bölümlerde sürekli bir çalışma yapılmamaktadır. PVC fabrikası ortam ölçüm sonuçları ve kişisel maruziyet ölçüm sonuçları incelendiğinde bu fabrikada ana üretim gürültüsünün genel olarak sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür. Maruziyet eylem değeri yüksek olan testere bölümünde plastikler üretimin ihtiyacına göre belirli zamanlarda kesilmektedir. Testere bölümünde bulunan çalışanlar yüksek düzeyli gürültüye sürekli olarak maruz kalmamaktadırlar.

6.3 Metal Fabrikası Gürültü Kontrol Çalışması

Üçüncü çalışmada metal üretimi yapılan çelik sac üretimi ve boyutlandırması yapılan fabrikada çalışmalar yapılmıştır. Çelik servis merkezinde özellikle otomotiv ve beyaz eşya sektörüne imalat yapılmaktadır. Soğuk ve galvanizli sacın kesim, dilme ve paketleme işlemleri, ayrıca çeşitli formlama işlemleri (trapez, oluk, mahya vb.) sipariş şartlarında belirlenen özelliklere uygun olarak gerçekleştirilmektedir.

Asitleme Hattı

Düşük karbonlu sıcak çekilmiş bobinlerin üzerindeki tufalin hidroklorik asit banyolarında temizlendiği üretim hattıdır. Üretim hattında 3 adet asit banyosu, 4 adet durulama banyosu, 1 adet kurutucu, 1 adet kenar kesme ve 1 adet elektrostatik yağlama ünitesi bulunmaktadır.

Soğuk Haddelme ve Mekanik İşlem Tesisi

Yüzeyi asitle temizlenmiş olan sıcak sac mevcut haddelme prosesinde istenilen kalınlığa ulaşıncaya kadar ezilerek inceltir. Ezme işlemi sırasında fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişiklikler sacın sertleşmesine neden olur.

Tavlama Hattı

Soğuk haddelme prosesinden inceltiyerek çıkan fiziksel ve kimyasal özellikleri değişikliğe uğramış sacın tekrar eski özelliklerine kavuşabilmesi için yapılan ısıtma ve soğutma işlemlerinin yapıldığı ünedir.

Sürekli Galvanizleme Hattı

Hatta girişte alkali elektrolitik temizleme, HNX tipi dikey fırın, pota, sulu tip temper, kromatlama ve elektrostatik yağlama makineleriyle sürekli şekilde sac galvanizlemesi yapılmaktadır.

6.3.1 Metal Fabrikası İç Ortam ve Kişisel Maruziyet Gürültü Değerleri

Çizelge 6.8 Metal fabrikası iç ortam gürültü değerleri

Ölçüm No	Ölçüm Yeri	Leq (dBA)	EYMED	Maruziyet Ölçümü
1	3. Hol Temper Giriş Alanı	94,4	85	Gereklidir
2	3. Hol Temper Operatör Alanı	92,6	85	Gereklidir
3	3. Hol Temper Makine Çevresi	95,4	85	Gereklidir
4	3. Hol Temper ve Bobin Hazırlama Arası	81,9	85	Gerekli değildir
5	3. Hol Bobin Hazırlama Operatör Alanı	89,9	85	Gereklidir
6	2. Hol Giriş Alanı	79,4	85	Gerekli değildir
7	2. Hol Asitleme Giriş Operatör Alanı	82,0	85	Gerekli değildir
8	2. Hol Asitleme Platform 1. Kısım	81,7	85	Gerekli değildir
9	2. Hol Asitleme Platform 2. Kısım	82,3	85	Gerekli değildir
10	2. Hol Asitleme Çıkış Operatör Alanı	81,0	85	Gerekli değildir
11	2. Hol Asitleme 12. Kolon Önü	83,3	85	Gerekli değildir
12	2. Hol Asitleme 16. Kolon Önü	82,6	85	Gerekli değildir
13	2. Hol Asitleme 21. Kolon Önü	84,9	85	Gerekli değildir
14	2. Hol Alkali Tank Sahası Giriş	84,3	85	Gerekli değildir
15	2. Hol Alkali Tank Sahası Orta	88,7	85	Gerekli değildir
16	2. Hol Alkali Tank Sahası Çıkış	82,9	85	Gerekli değildir
17	5. Hol Sevkiyat Alanı 1. Kısım	76,9	85	Gerekli değildir
18	5. Hol Sevkiyat Alanı 2. Kısım	73,1	85	Gerekli değildir
19	6. Hol Cincinnati Taşlama Tezgahı	74,1	85	Gerekli değildir
20	6. Hol SMTW CNC Taşlama Tezgahı	76,0	85	Gerekli değildir
21	5. Hol Torna Atölyesi	81,7	85	Gerekli değildir
22	1. Hadde - Bobin Stok Sahası	78,6	85	Gerekli değildir

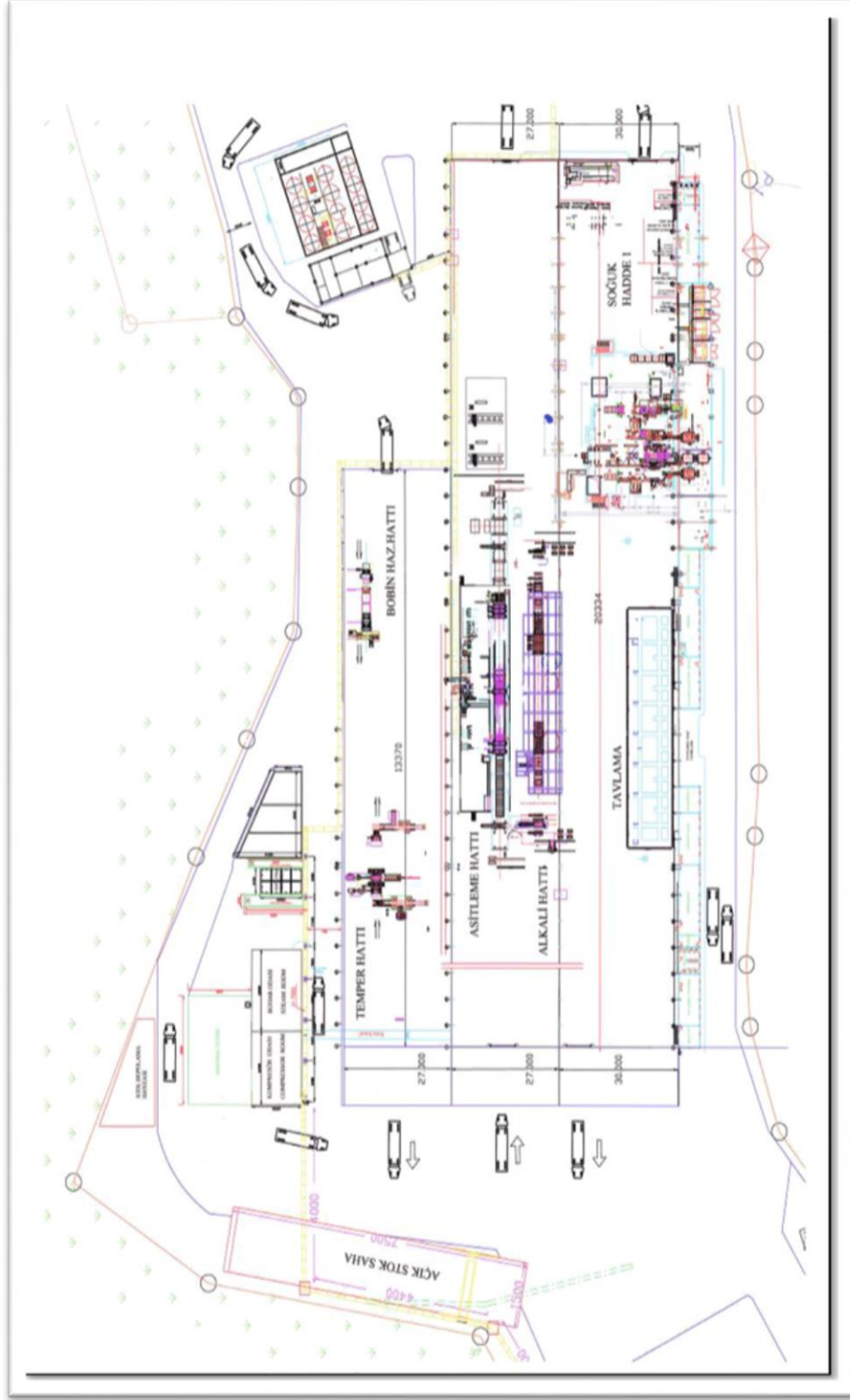
Çizelge 6.8 Metal fabrikası iç ortam gürültü değerleri (devamı)

Ölçüm No	Ölçüm Yeri	Leq (dBA)	EYMED	Maruziyet Ölçümü
23	1. Hadde Transfer Arabası	82,4	85	Gerekli değildir
24	Kumanda Alanı	94,6	85	Gereklidir
25	Basınçlı Hava Tankı Önü	93,7	85	Gereklidir
26	Galvanizleme Hattı Bobin Çıkış	89,7	85	Gereklidir
27	Galvanizleme Hattı Çıkış Operatör Alanı	90,8	85	Gereklidir
28	Galvanizleme Hattı Orta Alan Operatör Alanı	98,9	85	Gereklidir
29	Galvanizleme Hattı Operatör Alanı	73,4	85	Gerekli değildir
30	Galvanizleme Hattı Pota Alanı	108,4	85	Gereklidir
31	Galvanizleme Hattı Temizleme Hattı	90,9	85	Gereklidir
32	Galvanizleme Hattı Kaynak Alanı	88,5	85	Gereklidir
33	Galvanizleme Hattı Giriş Alanı	85,6	85	Gereklidir
34	Stok Holü 1. Kısım	90,4	85	Gereklidir
35	Stok Holü 2. Kısım	89,2	85	Gereklidir
36	Stok Holü 3. Kısım	89,4	85	Gereklidir
37	Stok Holü 4. Kısım	90,1	85	Gereklidir
38	Hadde Giriş Alanı	91,2	85	Gereklidir
39	Hadde Çıkış Alanı	92,0	85	Gereklidir
40	Kumanda Odası	73,9	85	Gerekli değildir
41	Yağ Odası	81,9	85	Gerekli değildir
42	Elektrik Güç Merkezi	87,6	85	Gereklidir
43	Blower odası	105,0	85	Gereklidir
44	Kumanda Odası Katı	78,9	85	Gerekli değildir

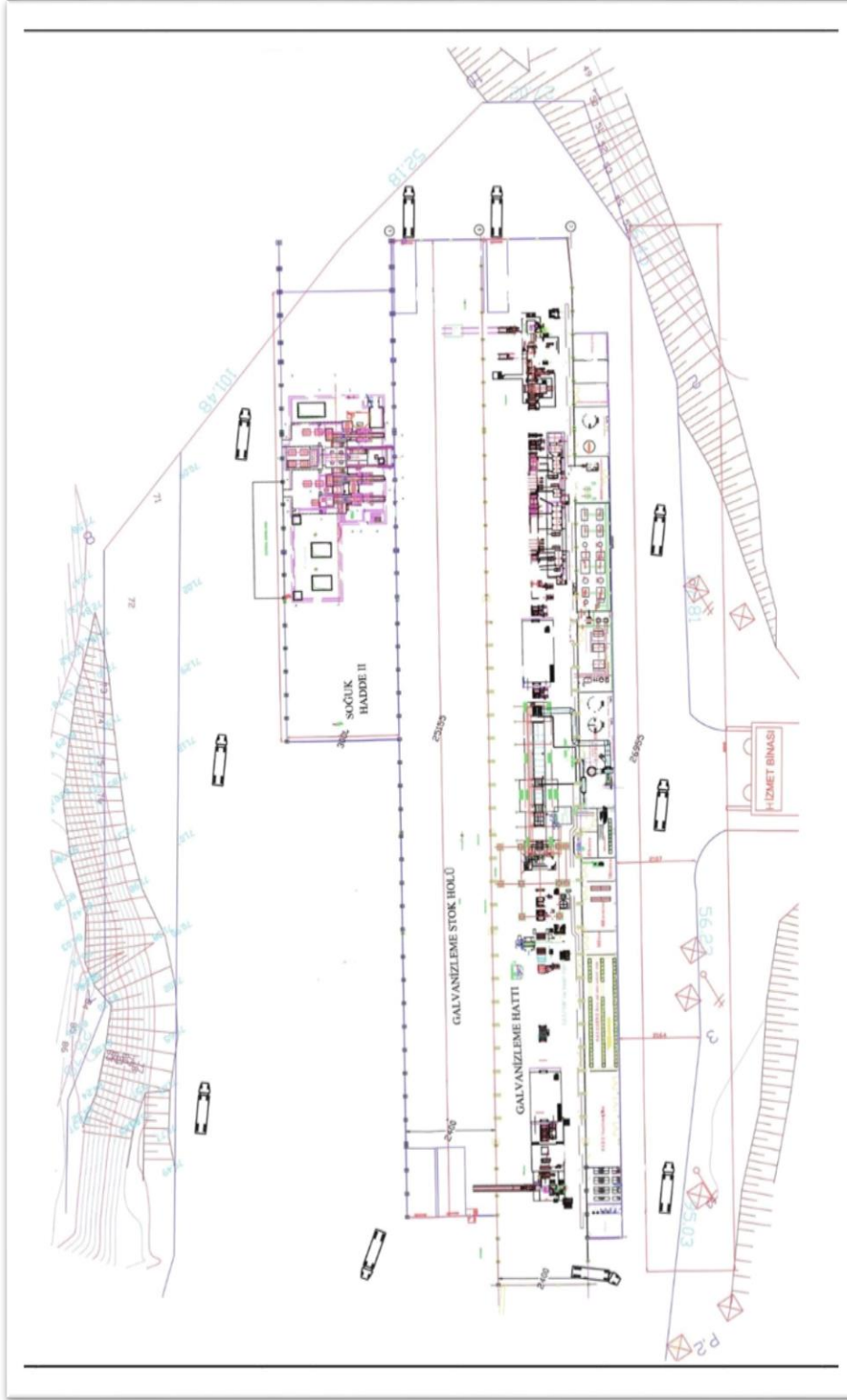
14-15.10.2014 ve 18.10.2014 tarihlerinde işyerinde TS EN ISO 11202 - Makine ve donanım tarafından yayılan gürültü - Bir iş istasyonunda ve belirtilen diğer konumlarda emisyon ses basınç seviyelerinin ölçülmesi standardına uygun olarak 44 noktada ortam ölçümü (Şekil 6.18, Şekil 6.19 ve Şekil 6.20) yapılmıştır. İşyerinde 44 noktada yapılan ölçümler (Çizelge 6.8 ve Çizelge 6.9) sonucunda tesiste iç ortam gürültü seviyesi 68,6 - 108,4 dBA aralığında bulunmuştur [15]. En yüksek maruziyet eylem değerini geçen ölçüm noktalarında kişisel maruziyet ölçümlerinin yapılmasına karar verilmiştir. Kişisel maruziyet ölçümleri, TS 2607 ISO 1999 - İş yerinde maruz kalınan gürültünün tayini ve bu gürültünün sebep olduğu işitme kaybının tahmini standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Kişisel maruziyet ölçüm sonuçları Çizelge 6.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.9 Metal fabrikası kişisel maruziyet ölçüm sonuçları [15]

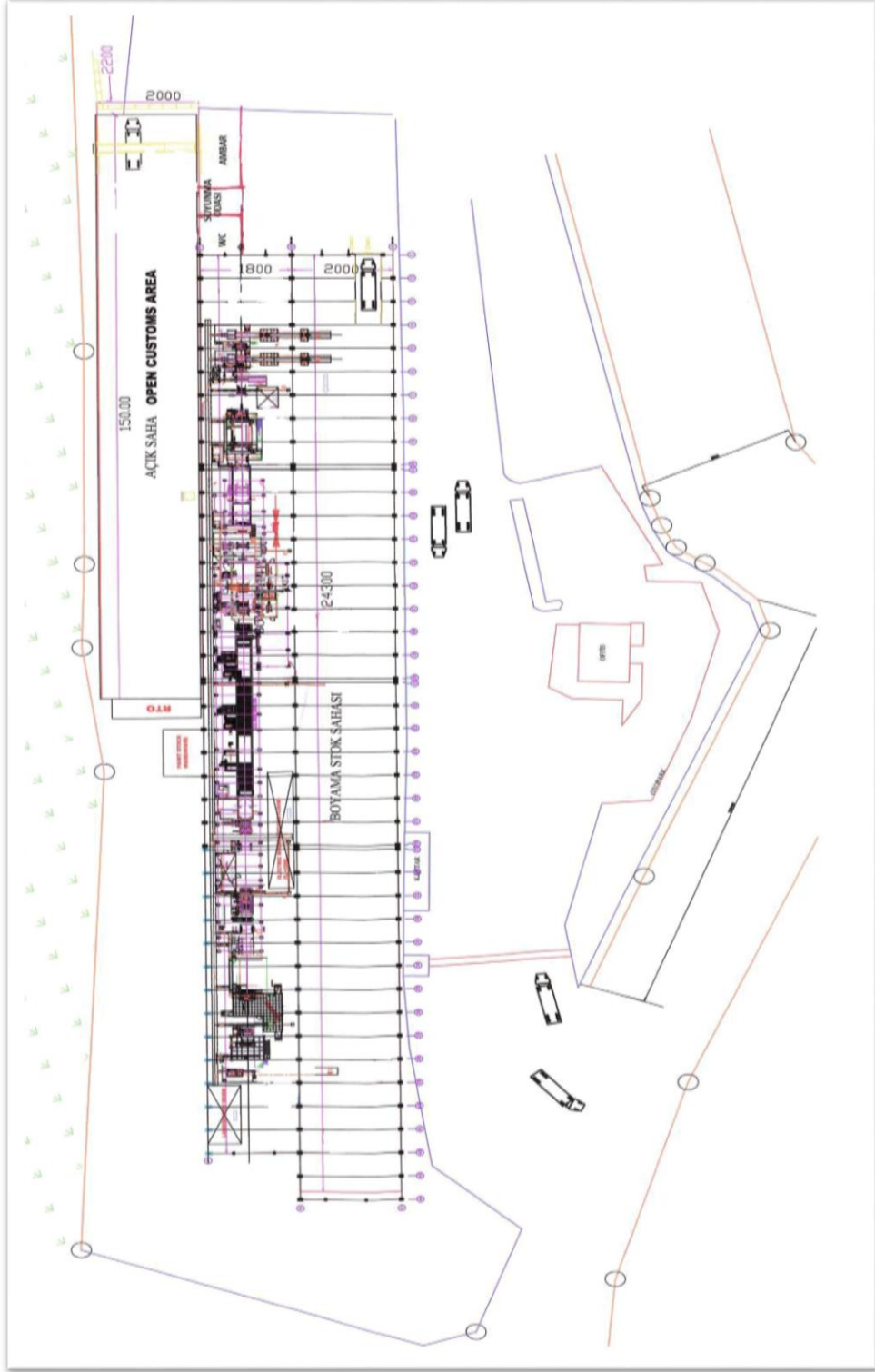
No:	Ölçüm Noktası	Leq (dBA)	ÇGİİRKDYA (dBA)	Maruziyet
1	Çelik Servis Merkezi	94,0 (dBA)	>MSD (87) >EYMED (85) >EDMED (80)	Uygun değildir
2	Galvanizleme - Kaynak Alanı	93,7 (dBA)	>MSD (87) >EYMED (85) >EDMED (80)	Uygun değildir
3	Asitleme Çıkış Operatörü	84,6 (dBA)	<MSD (87) <EYMED (85) >EDMED (80)	Uygundur
4	Asitleme Giriş Operatörü	86,2 (dBA)	<MSD (87) >EYMED (85) >EDMED (80)	Uygundur
5	Mekanik İşlem Bölümü	87,9 (dBA)	>MSD (87) >EYMED (85) >EDMED (80)	Uygun değildir
6	Hadde 1	87,8 (dBA)	<MSD (87) >EYMED (85) >EDMED (80)	Uygun değildir
7	Boyahane	82,6 (dBA)	<MSD (87) <EYMED (85)	Uygundur
8	Asitleme Çıkış Operatörü	87,9 (dBA)	>EYMED (85) >EDMED (80)	Uygun değildir
9	Asitleme Giriş Operatörü	87,8 (dBA)	<MSD (87) >EYMED (85) >EDMED (80)	Uygun değildir



Şekil 6.18 Metal fabrikası iç ortam gürültü noktaları (a) [15]



Şekil 6.19 Metal fabrikası iç ortam gürültü noktaları (b) [15]



Şekil 6.20 Metal fabrikası iç ortam gürültü noktaları (c) [15]

6.3.2 Metal Fabrikası Gürültü Kontrol Uygulamaları

Metal fabrikası kişisel maruziyet ölçüm sonuçları incelendiğinde galvaniz hattında, dilme hattında ve mekanik işlem bölümü alanlarında kişisel maruziyet eylem değerlerinin maruziyet sınır değerleri üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Bu noktalarda mühendislik çözümüyle gürültü kontrol çalışmaları yapılmıştır. İlk olarak çelik servis merkezinde bulunan dilme hatları için hava yoluyla yayılan gürültüyü perdeleme yöntemi uygulanarak dilme hatları fabrika içi gürültü kabinlerine (Şekil 6.21) alınmıştır. Fabrika içi sessiz ortam ve gürültü kabinleri kullanılarak dilme hatlarında 10 dBA gürültü azalımı sağlanmıştır.



Şekil 6.21 Çelik servis merkezi fabrika içi gürültü kabinleri

Mekanik işlemlerin yapıldığı bölüme akustik baffle (perde) tavan sistemi kullanılarak akustik ses düzenlemesini sağlayan ses yalıtım panelleri (Şekil 6.22) yerleştirilmiştir. Akustik perdeler, özel cam yünü yapısı sayesinde, işletme içerisinde çalışan tezgâhların çıkarmış olduğu yüksek gürültüyü emerek, işletmenin daha sağlıklı bir çalışma ortamına kavuşmasını sağlamıştır. Ses kesici panellerin yüzeyine çarpan ses dalgasındaki enerji, panelin gözeneklerin de sürtünme sebebi ile ısı enerjisine dönüşerek yüzeyden geriye yansıyan ses enerjisini azaltmıştır. Akustik perdeler kullanılarak mekanik işlem atölyesinde gürültü değerinde 12 dbA azalım sağlanmıştır. Üretim sahasında bulunan hidrolik iletim hatlarındaki gürültü ve titreşimi azaltmak amacı ile metal bağlantı elemanları yerine, sağlam plastik alaşımli bağlantı elemanları kullanılmıştır



Şekil 6.22 Mekanik işlem bölümü akustik baffle uygulaması

6.3.3 Metal Fabrikası Gürültü Kontrol Programı

Ülkemizde yürürlükte bulunan İş Sağlığı ve Güvenliği Kanun ve yönetmeliklerinin amacı; işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesidir. Bu amaçla işyerlerine iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinin yürütülmesi için iş sağlığı ve güvenliği profesyonelleri olarak iş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi görevlendirme zorunluluğu getirilmiştir. Çalışan sayısının fazla olduğu işyerlerinde işyeri sağlık ve güvenlik birimi kurulması da gerekmektedir.

Metal fabrikasının gürültü ölçüm ortam sonuçlarının sınır değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden çalışanların gürültüye maruziyetinin sürekli kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bu amaçla işyerinde gürültüden kaynaklanabilecek risklerle ilgili İşyeri Sağlık ve Güvenlik Biriminde görevli iş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi ile görüşülerek çalışanları gürültüden koruma programı hazırlanmıştır. Bu programda sağlık gözetimi, yetkili personel, gerekli test ortamı, kalibrasyon, ekipman ve gerekli kayıtlar dikkate alınacak şekilde uygulamalar yapılması kararlaştırılmıştır.

İSGB tarafından işyerinde hazırlanan risk değerlendirmesinde gürültüden kaynaklanabilecek riskler değerlendirilmiş; anlık darbeli gürültüye maruziyet dahil maruziyetin türü, düzeyi ve süresi, maruziyet sınır değerleri ile maruziyet eylem değerleri, teknik olarak elde edilebildiği durumlarda, işle ilgili ototoksik maddeler ile gürültü arasındaki ve titreşim ile gürültü arasındaki etkileşimlerin, çalışanların sağlık ve güvenliğine olan etkisi, iş ekipmanlarının gürültü emisyonu hakkında, ilgili mevzuat uyarınca imalatçılardan sağlanan bilgileri, gürültü emisyonunu azaltan alternatif bir iş ekipmanının bulunup bulunmadığı, gürültüye maruziyetin, işverenin sorumluluğundaki normal çalışma saatleri dışında da devam edip etmediği, sağlık gözetiminde elde edinilen güncel bilgiler, yeterli korumayı sağlayabilecek kulak koruyucularının bulunup bulunmadığı hususları dikkate alınmıştır. Çalışanları gürültüden koruma programı işyerindeki gürültü etkisinden kaynaklanan işitme bozulmasını uzun vadede önlemek amaçlıdır. Gürültüden etkilenmeleri ortam ölçümü olarak 80 dBA ve kişisel maruziyet olarak 8 saatlik 80 dBA'nın üzerindeki tüm çalışanlar beş kısımdan oluşan bir işitme koruma programına alınmıştır. Gürültü etkisinin izlenmesi, odyometri testleri, kişisel koruyucu donanımlar, çalışanların eğitimi ve kayıt tutma.

İşyeri Sağlık ve Güvenlik Birimi tarafından ortam ölçümü olarak 80 dBA ve kişisel maruziyet olarak 8 saatlik 85 dBA'nın veya daha fazla gürültüye maruz çalışanları doğru olarak tespit etmek amacıyla gürültü seviyeleri izlenmiş; hangi bölümlerde kişisel maruziyet ölçümleri yapılacağına karar verilmiştir. Çalışanların zamana göre işitme hassasiyetini izlemek, işverenlere işitme ve işitme durumlarını koruma ihtiyacı konusunda çalışanları eğitime fırsatı sağlamak amacıyla odyometri testleri yapılmıştır. Odyometri testi tüm çalışanlara uygulanarak periyodik sağlık muayenelerinde değerlendirilmiştir. İSGB'de görevli işyeri hekimi ile işitme kaybı ilerlemeden koruyucu izleme tedbirlerinin başlatılması için işitme hassasiyetindeki değişiklikleri tespit etmek amacıyla işitme durumunun yıllık olarak test edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Kişisel koruyucu donanımlar 80 dBA ya da daha yüksek ortalama seviyelere maruz kalan tüm çalışanların kullanımına sunulmuş ve çalışanlara kişisel koruyucu donanım zimmet formu ile teslim edilmiştir. 80 dBA ve daha fazla gürültüye maruz kalan çalışanlara; gürültüden kaynaklanabilecek riskler, gürültüden kaynaklanabilecek riskleri önlemek veya en aza indirmek amacıyla alınan tedbirler ve bu tedbirlerin uygulanacağı şartlar, maruziyet sınır değerleri ve maruziyet eylem değerleri, gürültüden kaynaklanabilecek risklerin değerlendirilmesi ve gürültü ölçümünün sonuçları ile bunların önemi, kulak koruyucularının doğru kullanılması, çalışanların hangi şartlarda sağlık gözetimine tabi tutulacağı ve sağlık gözetiminin amacı, gürültü maruziyetini en aza indirecek güvenli çalışma uygulamaları hususlarında bilgilendirilmeleri sağlanmış ve eğitimler verilmiştir. Gürültüye maruz kalma ölçüm kayıtları ve odyometrik test sonuçlarının meslek hastalığı takibi açısından çalışanın istihdam süresi boyunca işyeri sağlık ve güvenlik biriminde ve çalışanın dosyasında muhafaza edilmesi kararlaştırılmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu yüksek lisans çalışmasında, ses ve gürültü ile ilgili temel bilgiler verilmiş, üretim sahasında gürültü kontrolü uygulamalarından bahsedilmiş ve örnek olarak otomotiv lastik, plastik ve metal fabrikaları olmak üzere üç farklı üretim sahasında ortam ölçüm ve kişisel maruziyet ölçüm sonuçlarına bağlı olarak gürültü kontrol çalışmaları yapılmıştır. Fabrikalardaki gürültü kaynakları incelendiğinde; gürültünün en yüksek olduğu bölgelerde gürültü nedeninin endüstriyel üretim ve makine kaynaklı gürültü olduğu tespit edilmiştir.

Otomotiv lastik fabrikasında banbury (karışım) bölgesinde bulunan pistonlara sinterlenmiş pirinc tipi susturucu takılmıştır. İlk ölçümde 94 dBA çıkan gürültü değeri susturucu takıldıktan sonra o bölgede 82 dBA olarak ölçülmüştür. Raspa makinesi fanı değiştirilerek tek fan yüksek debili kayış kasnak tip yerine sistem üçe bölünerek lokal hava emişiyle debi miktarı azaltılmış kullanılan yeni fan ve siklon grubu direk akuple yapılarak 14 dBA gürültü azalımı sağlanmıştır. Extruder hattı blower fanına ses izolasyon kabini yaptırılarak o bölgedeki ses 95 dBA'dan 83 dBA seviyesine düşürülmüştür. Kazan dairesinde sürekli gürültüye maruz kalan çalışanlar için kabin konularak ergonomik ortam oluşturulmuştur.

PVC çatı ve dış cephe fabrikasında kırma makinesinde oluşan gürültü problemine çözüm olarak mevcut makinenin yeni tip ses izolasyonlu kırma makinesi ile değiştirilmesi sağlanmıştır.

Metal fabrikası dilme hattına fabrika içi sessiz ortam ve gürültü kabinleri yapılarak dilme hatlarında 10 dBA gürültü azalımı sağlanmıştır. Mekanik işlemlerin yapıldığı bölüme akustik baffle (perde) tavan sistemi kullanılarak akustik ses düzenlemesini sağlayan ses yalıtım panelleri yerleştirilmiştir. Hidrolik iletim hatlarında kullanılan hortum bağlantılarında plastik bağlantı elemanları kullanılarak titreşim ve gürültü azalımı sağlanmıştır.

Gürültü kontrolü ile ilgili olarak, öncelikle gürültünün kaynağında önlenmesi yoluna başvurulmuş yeterli olmadığı durumlarda kaynak ile alıcı arasında gürültüyü engelleyecek çalışmalar yapılmıştır. Fabrikalarda bulunan İşyeri Sağlık ve Güvenlik Biriminde görevli iş güvenliği uzmanları ve işyeri hekimleri ile birlikte çalışanları gürültüden koruma programları uygulanmıştır. Bu programların sonucunda üretim sahalarına özgü işyeri gürültü standardı ve gürültüden korunma sistemleri oluşturulmuştur. Kişisel koruyucu donanımların kullanılması en son çare olarak düşünülmüştür. Bu çalışmalar sonucu gürültü ile kaynağında ve yayılım yolunda engellenmiş böylece çalışanların üzerindeki etkileri azaltılmıştır.

Üretim kaynaklı gürültü problemi ile karşı karşıya bulunan otomotiv lastik, plastik ve metal üretimi gibi üretim sahalarında öncelikle ilk kurulum ve projelendirme aşamasında önlemler alınması, doğru ekipman seçilmesi, titreşime önlem alınması, özellikle işyerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmelerinde gürültüden kaynaklanabilecek risklerin değerlendirilmesi uygun olacaktır [16]. İş sağlığı ve güvenliği kanunu ve yönetmeliklerine göre belirlenen yaklaşımda; risklerin kaynağında kontrol edilebilirliği ve teknik gelişmeler dikkate alınarak gürültüye maruziyetten kaynaklanan risklerin kaynağında yok edilmesi ve en aza indirilmesi sağlanmalıdır.

Üretim sahasında çalışanların gürültüye olan maruziyetinin önlenmesi ve azaltılmasında risklerden korunma ilkelerine uyulması, gürültüye maruziyetin daha az olduğu başka çalışma yöntemlerinin seçilmesi, yapılan işe ve prosese göre mümkün olan en düşük düzeyde gürültü yayan uygun makine ve ekipmanın seçilmesi ve gürültünün teknik yollarla azaltılmasına öncelik verilmelidir.

Bu öncelikler işyerinin ve çalışılan yerlerin uygun şekilde tasarlanması ve düzenlenmesi, iş ekipmanlarını doğru ve güvenli bir şekilde kullanmaları için çalışanlara gerekli bilgi ve eğitimlerin verilmesi, işyeri sistemleri ve iş ekipmanları için uygun bakım programlarının uygulanması ve gürültünün iş organizasyonu ile azaltılması gibi hususlarla desteklenerek gürültü kontrolü verimli bir şekilde sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Ataş, A., Şahin, E., Belgin E. ve Aktürk, N. (1995), “Endüstriyel Gürültünün İşitme Eşikleri Üzerindeki Etkileri”, 5. Ergonomi Kongresi, İstanbul, 261-269.
- [2] Beranek, L.L. (1983), Noise and Vib. Control, Mc Graw Hill Books, New York
- [3] Güçlü, R. (2009), İleri Endüstriyel Akustik ve Gürültü Ders Notları.
- [4] Engür, A.İ. (2004), Endüstriyel Gürültü ve Gürültü Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli
- [5] Esen, M. (2010) Üretim Sahasında Gürültü ve Gürültü Kontrol Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniveristesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [6] TS EN ISO 9612:2009 Akustik Çalışma Ortamında Maruz Kalınan Gürültünün Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi İçin Prensipler
- [7] ÇASGEM, (2013). Meslek Hastalıkları, Ankara.
- [8] Berk M., Önal B. ve Güven R., (2011). Meslek Hastalıkları Rehberi, Matsa Basımevi, Ankara.
- [9] T.C. Resmi Gazete,6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu 20.06.2012/, 3-4
- [10] T.C. Resmi Gazete, Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. 28.07.2013/, 1-2.
- [11] TS 2607 ISO 1999 (2005) Akustik- İş Yerinde Maruz Kalınan Gürültünün Tayini Ve Bu Gürültünün Sebep Olduğu İşitme Kaybının Tahmini
- [12] Işikel, K. (2006) “Endüstri Tesislerinde Gürültü Kontrolü ve Uygulamaları” Tesisat Mühendisliği Dergisi, 91:69-73
- [13] Özka Lastik ve Kauçuk San. ve Tic. A.Ş. 2015/0207 tarih/sayılı “Sgs Çevre Ölçüm ve Analiz Laboratuvarları Hizmetleri San.ve Tic. Ltd. Şti.” Gürültü Ölçüm

Raporları

- [14] UV Plaspanel Sanayi Ve Ticaret A.Ş. 05.04.2016/ SGS-16-04-0056 tarih/Sayılı İSG Ölçüm Raporu
- [15] Tatmetal Çelik San. Ve Tic. Ltd. Şti. 22.12.2014 tarih ESC-14-07-2195-1128 sayılı “Eşçem Enerji Sistemleri Ve Çevre Etüt Merkezi San. Tic. Ltd. Şti.” İş Sağlığı ve Güvenliği Ölçüm Raporu
- [16] Özgüven, N. (2007), “Gürültü Kontrolü Endüstriyel ve Çevresel Gürültü ”, Türk Akustik Derneği, İstanbul

**ÇALIŞANLARIN GÜRÜLTÜ İLE İLGİLİ RİSKLERDEN KORUNMALARINA DAİR
YÖNETMELİK**

Yayımlandığı Resmi Gazete Tarihi/Sayısı:28.07.2013/28721

BİRİNCİ BÖLÜM

Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar

Amaç

MADDE 1 – (1) Bu Yönetmeliğin amacı, çalışanların gürültüye maruz kalmaları sonucu oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden, özellikle işitme ile ilgili risklerden korunmaları için asgari gereklilikleri belirlemektir.

Kapsam

MADDE 2 – (1) Bu Yönetmelik, 20/6/2012 tarihli ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamındaki işyerlerinde uygulanır.

Dayanak

MADDE 3 – (1) Bu Yönetmelik, 6331 sayılı Kanunun 30 uncu maddesine ve 9/1/1985 tarihli ve 3146 sayılı Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanuna dayanılarak ve 6/2/2003 tarihli ve 2003/10/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifine paralel olarak hazırlanmıştır.

Tanımlar

MADDE 4 – (1) Bu Yönetmelikte geçen;

a) En yüksek ses basıncı (P_{tepe}): C-frekans ağırlıklı anlık gürültü basıncının tepe değerini,

b) Günlük gürültü maruziyet düzeyi ($L_{EX, 8\text{saat}}$) [dB(A) re. 20 μ Pa]: TS 2607 ISO 1999 standardında tanımlandığı gibi en yüksek ses basıncının ve anlık darbeli gürültünün de dahil olduğu A-ağırlıklı bütün gürültü maruziyet düzeylerinin, sekiz saatlik bir iş günü için zaman ağırlıklı ortalamasını,

c) Haftalık gürültü maruziyet düzeyi ($L_{EX, 8\text{saat}}$): TS 2607 ISO 1999 standardında tanımlandığı gibi A-ağırlıklı günlük gürültü maruziyet düzeylerinin, sekiz saatlik beş iş gününden oluşan bir hafta için zaman ağırlıklı ortalamasını,

d) Kanun: 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununu,

ifade eder.

İKİNCİ BÖLÜM

Maruziyet Değerleri ve İşverenlerin Yükümlülükleri

Maruziyet eylem değerleri ve maruziyet sınır değerleri

MADDE 5 – (1) Bu Yönetmeliğin uygulanması bakımından, maruziyet eylem değerleri ve maruziyet sınır değerleri aşağıda verilmiştir:

a) En düşük maruziyet eylem değerleri: ($L_{EX, 8\text{saat}}$) = 80 dB(A) veya (P_{tepe}) = 112 Pa [135 dB(C) re. 20 μ Pa] (20 μ Pa referans alındığında 135 dB (C) olarak hesaplanan değer).

b) En yüksek maruziyet eylem değerleri: ($L_{EX, 8\text{saat}}$) = 85 dB(A) veya (P_{tepe}) = 140 Pa [137 dB(C) re. 20 μ Pa].

c) Maruziyet sınır değerleri: ($L_{EX, 8\text{saat}}$) = 87 dB(A) veya (P_{tepe}) = 200 Pa [140 dB(C) re. 20 μ Pa].

(2) Maruziyet sınır değerleri uygulanırken, çalışanların maruziyetinin tespitinde, çalışanın kullandığı kişisel kulak koruyucu donanımların koruyucu etkisi de dikkate alınır.

(3) Maruziyet eylem değerlerinde kulak koruyucularının etkisi dikkate alınmaz.

(4) Günlük gürültü maruziyetinin günden güne belirgin şekilde farklılık gösterdiğinin kesin olarak tespit edildiği işlerde, maruziyet sınır değerleri ile maruziyet eylem değerlerinin uygulanmasında günlük gürültü maruziyet düzeyi yerine, haftalık gürültü maruziyet düzeyi kullanılabilir. Bu işlerde;

a) Yeterli ölçümle tespit edilen haftalık gürültü maruziyet düzeyi, 87 dB(A) maruziyet sınır değerini aşamaz.

b) Bu işlerle ilgili risklerin en aza indirilmesi için uygun tedbirler alınır.

Maruziyetin belirlenmesi

MADDE 6 – (1) İşveren, çalışanların maruz kaldığı gürültü düzeyini, işyerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmesinde ele alır ve risk değerlendirmesi sonuçlarına göre gereken durumlarda gürültü ölçümleri yaptırarak maruziyeti belirler.

(2) Gürültü ölçümünde kullanılacak yöntem ve cihazlar;

a) Özellikle ölçülecek olan gürültünün niteliği, maruziyet süresi, çevresel faktörler ve ölçüm cihazının nitelikleri dikkate alınarak mevcut şartlara uygun olur.

b) Gürültü maruziyet düzeyi ve ses basıncı gibi parametrelerin tespit edilebilmesi ile 5 inci maddede belirtilen maruziyet sınır değerleri ve maruziyet eylem değerlerinin aşılmış aşılmadığına karar verilebilmesine imkan sağlar.

c) Çalışanın kişisel maruziyetini gösterir.

(3) Değerlendirme ve ölçüm sonuçları, gerektiğinde kullanılmak ve iş müfettişlerinin denetimlerinde istenildiğinde gösterilmek üzere uygun bir şekilde saklanır.

Risklerin değerlendirilmesi

MADDE 7 – (1) İşveren; 29/12/2012 tarihli ve 28512 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği uyarınca işyerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmesinde, gürültüden kaynaklanabilecek riskleri değerlendirirken;

a) Anlık darbeli gürültüye maruziyet dahil maruziyetin türü, düzeyi ve süresine,

b) Maruziyet sınır değerleri ile maruziyet eylem değerlerine,

c) Başta özel politika gerektiren gruplar ile kadın çalışanlar olmak üzere tüm çalışanların sağlık ve güvenliklerine olan etkilerine,

ç) Teknik olarak elde edilebildiği durumlarda, işle ilgili ototoksik maddeler ile gürültü arasındaki ve titreşim ile gürültü arasındaki etkileşimlerin, çalışanların sağlık ve güvenliğine olan etkisine,

d) Kaza riskini azaltmak için kullanılan ve çalışanlar tarafından algılanması gereken uyarı sinyalleri ve diğer seslerin gürültü ile etkileşiminin, çalışanların sağlık ve güvenliğine olan dolaylı etkisine,

e) İş ekipmanlarının gürültü emisyonu hakkında, ilgili mevzuat uyarınca imalatçılardan sağlanan bilgilere,

f) Gürültü emisyonunu azaltan alternatif bir iş ekipmanının bulunup bulunmadığına,

g) Gürültüye maruziyetin, işverenin sorumluluğundaki normal çalışma saatleri dışında da devam edip etmediğine,

ğ) Sağlık gözetiminde elde edinilen güncel bilgilere,

h) Yeterli korumayı sağlayabilecek kulak koruyucularının bulunup bulunmadığına, özel önem verir.

Maruziyetin önlenmesi ve azaltılması

MADDE 8 – (1) İşveren, risklerin kaynağında kontrol edilebilirliğini ve teknik gelişmeleri dikkate alarak, gürültüye maruziyetten kaynaklanan risklerin kaynağında yok

edilmesini veya en aza indirilmesini sağlar ve 8, 9, 10 ve 11 inci maddelere göre hangi tedbirlerin alınacağını belirler.

(2) İşveren, maruziyetin önlenmesi veya azaltılmasında, Kanunun 5 inci maddesinde yer alan risklerden korunma ilkelerine uyar ve özellikle;

- a) Gürültüye maruziyetin daha az olduğu başka çalışma yöntemlerinin seçilmesi,
- b) Yapılan işe göre mümkün olan en düşük düzeyde gürültü yayan uygun iş ekipmanının seçilmesi,
- c) İşyerinin ve çalışılan yerlerin uygun şekilde tasarlanması ve düzenlenmesi,
- ç) İş ekipmanını doğru ve güvenli bir şekilde kullanmaları için çalışanlara gerekli bilgi ve eğitimin verilmesi,
- d) Gürültünün teknik yollarla azaltılması ve bu amaçla;

1) Hava yoluyla yayılan gürültünün; perdeleme, kapatma, gürültü emici örtüler ve benzeri yöntemlerle azaltılması,

2) Yapı elemanları yoluyla iletilen gürültünün; yalıtım, sönümlenme ve benzeri yöntemlerle azaltılması,

e) İşyeri, işyeri sistemleri ve iş ekipmanları için uygun bakım programlarının uygulanması,

f) Gürültünün, iş organizasyonu ile azaltılması ve bu amaçla;

1) Maruziyet süresi ve düzeyinin sınırlandırılması,

2) Yeterli dinlenme aralarıyla çalışma sürelerinin düzenlenmesi,

hususlarını göz önünde bulundurur.

(3) İşyerinde en yüksek maruziyet eylem değerlerinin aşıldığının tespiti halinde, işveren;

a) Bu maddede belirtilen önlemleri de dikkate alarak, gürültüye maruziyeti azaltmak için teknik veya iş organizasyonuna yönelik önlemleri içeren bir eylem planı oluşturur ve uygulamaya koyar.

b) Gürültüye maruz kalınan çalışma yerlerini uygun şekilde işaretler. İşaretlenen alanların sınırlarını belirleyerek teknik olarak mümkün ise bu alanlara girişlerin kontrollü yapılmasını sağlar.

(4) İşveren, çalışanların dinlenmesi için ayrılan yerlerdeki gürültü düzeyinin, bu yerlerin kullanım şartları ve amacına uygun olmasını sağlar.

(5) İşveren, bu Yönetmeliğe göre alınacak tedbirlerin, Kanunun 10 uncu maddesi uyarınca özel politika gerektiren gruplar ile kadın çalışanların durumlarına uygun olmasını sağlar.

Kişisel korunma

MADDE 9 – (1) Gürültüye maruziyetten kaynaklanabilecek riskler, 8 inci maddede belirtilen tedbirler ile önlenemiyor ise işveren;

a) Çalışanın gürültüye maruziyeti 5 inci maddede belirtilen en düşük maruziyet eylem değerlerini aştığında, kulak koruyucu donanımları çalışanların kullanımına hazır halde bulundurur.

b) Çalışanın gürültüye maruziyeti 5 inci maddede belirtilen en yüksek maruziyet eylem değerlerine ulaştığında ya da bu değerleri aştığında, kulak koruyucu donanımların çalışanlar tarafından kullanılmasını sağlar ve denetler.

c) Kulak koruyucu donanımların kullanılmasını sağlamak için her türlü çabayı gösterir ve bu madde gereğince alınan kişisel korunma tedbirlerinin etkinliğini kontrol eder.

(2) İşveren tarafından sağlanan kulak koruyucu donanımlar;

a) 2/7/2013 tarihli ve 28695 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik ve 29/11/2006 tarihli ve 26361 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği hükümlerine uygun olur.

b) İşitme ile ilgili riski ortadan kaldıracak veya en aza indirecek şekilde seçilir.

c) Çalışanlar tarafından doğru kullanılır ve korunur.

ç) Çalışana tam olarak uyar.

d) Hijyenik şartların gerektirdiği durumlarda çalışana özel olarak sağlanır.

Maruziyetin sınırlandırılması

MADDE 10 – (1) Çalışanın maruziyeti, hiçbir durumda maruziyet sınır değerlerini aşamaz. Bu Yönetmelikte belirtilen bütün kontrol tedbirlerinin alınmasına rağmen, 5 inci maddede belirtilen maruziyet sınır değerlerinin aşıldığının tespit edildiği durumlarda, işveren;

a) Maruziyeti, sınır değerlerin altına indirmek amacıyla gerekli tedbirleri derhal alır.b) Maruziyet sınır değerlerinin aşılmasının nedenlerini belirler ve bunun tekrarını önlemek amacıyla, koruma ve önlemeye yönelik tedbirleri gözden geçirerek yeniden düzenler.

Çalışanların bilgilendirilmesi ve eğitimi

MADDE 11 – (1) İşveren, işyerinde 5 inci maddede belirtilen en düşük maruziyet eylem değerlerine eşit veya bu değerlerin üzerindeki gürültüye maruz kalan çalışanların veya temsilcilerinin gürültü maruziyeti ile ilgili olarak ve özellikle;

a) Gürültüden kaynaklanabilecek riskler,

b) Gürültüden kaynaklanabilecek riskleri önlemek veya en aza indirmek amacıyla alınan tedbirler ve bu tedbirlerin uygulanacağı şartlar,

c) 5 inci maddede belirtilen maruziyet sınır değerleri ve maruziyet eylem değerleri,

- d) Gürültüden kaynaklanabilecek risklerin değerlendirilmesi ve gürültü ölçümünün sonuçları ile bunların önemi,
- e) Kulak koruyucularının doğru kullanılması,
- f) İşyerinde gürültüye bağlı işitme kaybı belirtisinin tespit ve bildirimının nasıl ve neden yapılacağı,
- g) Bakanlıkça sağlık gözetimine ilişkin çıkarılacak ilgili mevzuat hükümlerine ve 13 üncü maddeye göre, çalışanların hangi şartlarda sağlık gözetimine tabi tutulacağı ve sağlık gözetiminin amacı,
- h) Gürültü maruziyetini en aza indirecek güvenli çalışma uygulamaları,

hususlarında bilgilendirilmelerini ve eğitilmelerini sağlar.

Çalışanların görüşlerinin alınması ve katılımlarının sağlanması

MADDE 12 – (1) İşveren, bu Yönetmeliğin kapsadığı konularda ve özellikle;

a) 7 nci maddeye göre gerçekleştirilecek olan risk değerlendirmesi,

b) 8 inci maddeye göre risklerin ortadan kaldırılması veya azaltılması için alınacak önlemlerin belirlenmesi ve uygulanacak tedbirler,

c) 9 uncu maddede belirtilen kulak koruyucularının seçilmesi,

hususlarında çalışanların veya temsilcilerinin görüşlerini alır ve katılımlarını sağlar.

Sağlık gözetimi

MADDE 13 – (1) Gürültüye bağlı olan herhangi bir işitme kaybında erken tanı konulması ve çalışanların işitme kabiliyetinin korunması amacıyla;

a) İşveren;

1) Kanununun 15 inci maddesine göre gereken durumlarda,

2) İşyerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmesi sonuçlarına göre gerekli görüldüğü hallerde,

3) İşyeri hekimiince belirlenecek düzenli aralıklarla, çalışanların sağlık gözetimine tabi tutulmalarını sağlar. b) 5 inci maddede belirtilen en yüksek maruziyet eylem değerlerini aşan gürültüye maruz kalan çalışanlar için, işitme testleri işverence yaptırılır. c) Risk değerlendirmesi ve ölçüm sonuçlarının bir sağlık riski olduğunu gösterdiği yerlerde, 5 inci maddede belirtilen en düşük maruziyet eylem değerlerini aşan gürültüye maruz kalan çalışanlar için de işitme testleri yaptırılabilir.

(2) İşitme ile ilgili sağlık gözetimi sonucunda, çalışanda tespit edilen işitme kaybının işe bağlı gürültü nedeniyle oluştuğunun tespiti halinde;

a) Çalışan, işyeri hekimi tarafından, kendisi ile ilgili sonuçlar hakkında bilgilendirilir. b) İşveren; 1) İşyerinde yapılan risk değerlendirmesini gözden geçirir.

Riskleri önlemek veya azaltmak için alınan önlemleri gözden geçirir.

3) Riskleri önlemek veya azaltmak için çalışanın gürültüye maruz kalmayacağı başka bir işte görevlendirilmesi gibi gerekli görülen tedbirleri uygular.

4) Benzer biçimde gürültüye maruz kalan diğer çalışanların, sağlık durumunun gözden geçirilmesini ve düzenli bir sağlık gözetimine tabi tutulmalarını sağlar.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Çeşitli ve Son Hükümler

Yürürlükten kaldırılan yönetmelik

MADDE 14 – (1) 23/12/2003 tarihli ve 25325 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Gürültü Yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır.

Yürürlük

MADDE 15 – (1) Bu Yönetmelik yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

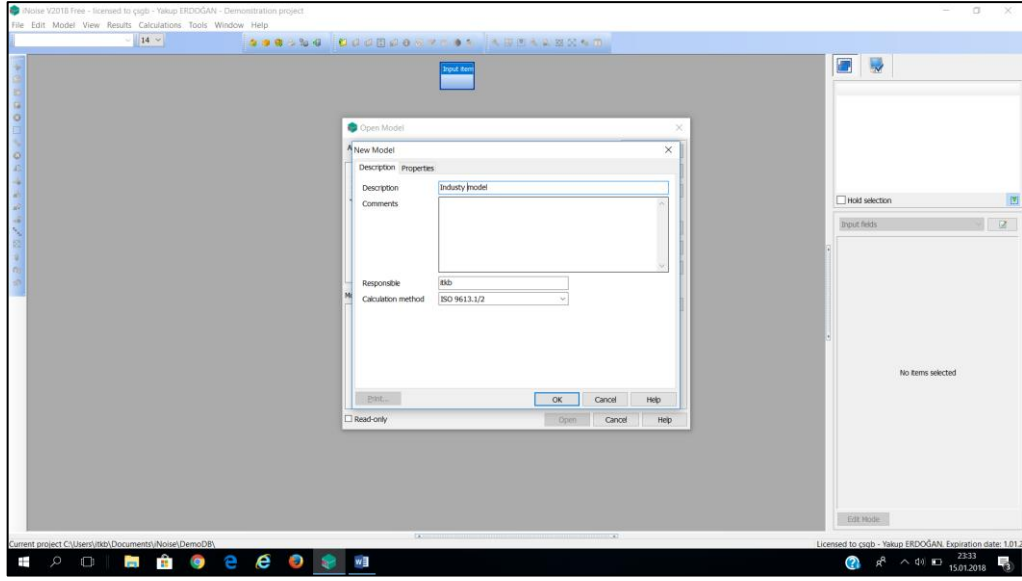
Yürütme

MADDE 16 – (1) Bu Yönetmelik hükümlerini Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanı yürütür.

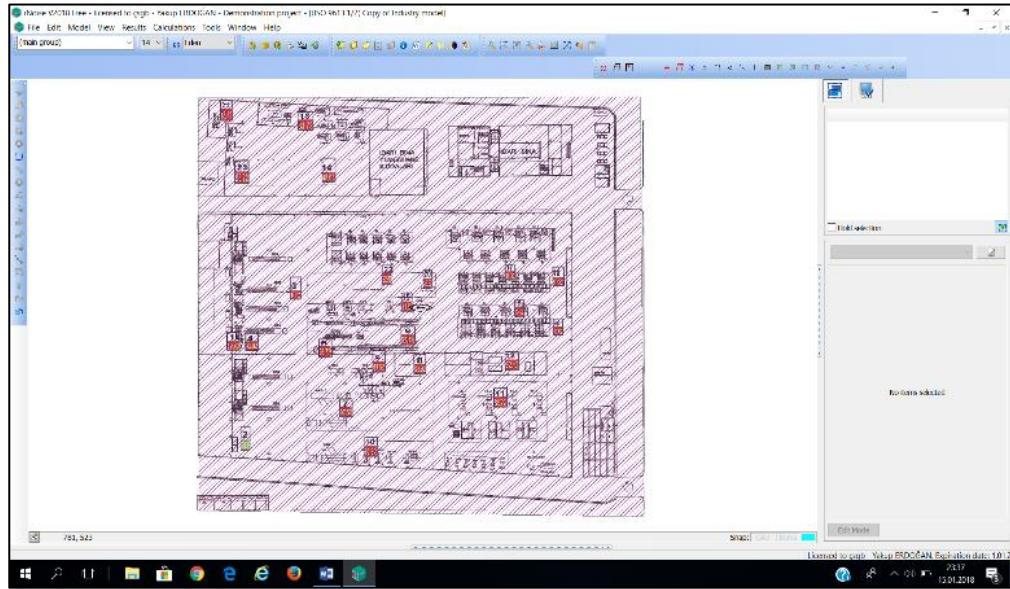
GÜRÜLTÜ HARİTASI OLUŞTURMA

B-1 INoise V2018 Programın Tanıtılması

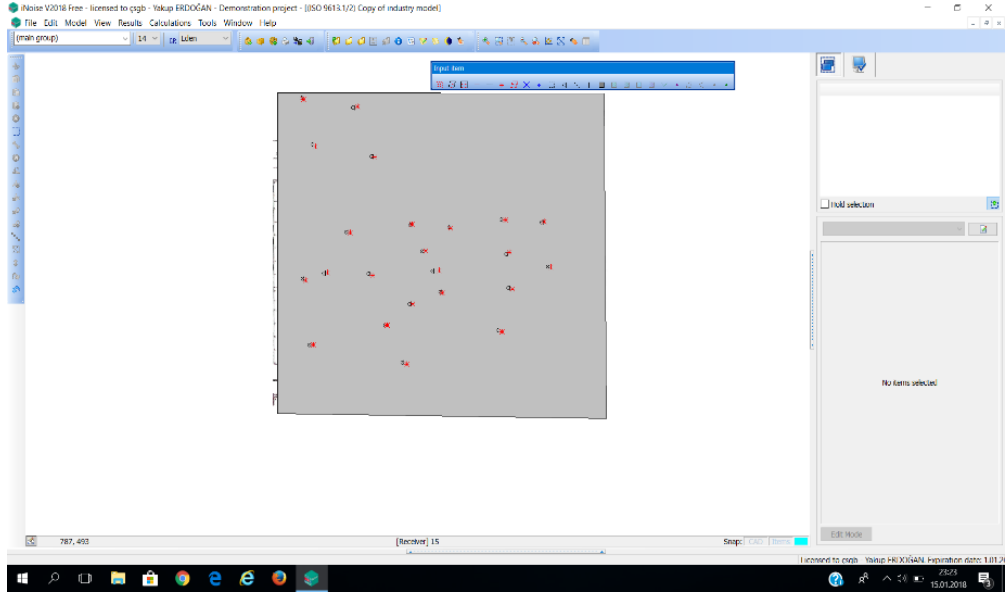
Fabrikanın 23 noktasında yapılan kişisel maruziyet ölçüm sonuçlarına göre “iNoise V2018” programı kullanılarak fabrikanın gürültü haritası çıkarılması için ilk olarak programda ISO 9613.1/2 hesaplama modeli seçilerek yeni bir endüstriyel model (Şekil B.1) oluşturuldu. Yeni oluşturulan bu modele “wiev-background maps” menüsünde fabrikanın genel planı ve makinaların yerleşimi (Şekil B.2) eklendi. “Input item menü çubuğunda bulunan receiver-alıcılar ve point source-nokta kaynakları fabrika planında ölçüm yapılan noktalara yerleştirildi (Şekil B.3). Fabrika haritasında ölçüm yapılan noktalarda eklenen alıcıların maruz kaldığı değerler girildi.”Calculations” menüsüne tıklanarak (Şekil B.4) hesaplamalar başlatıldı. Sonuçlar menüsünde “contours” seçilerek fabrikanın gürültü haritası (Şekil B.5 ve Şekil B.6) çıkarılmış oldu. Fabrika gürültü haritası incelendiğinde fabrika genelinde üretim gürültüsünün yoğun olduğu özellikle bazı bölgelerde sınır değerlerin çok üstünde olduğu görülmüştür



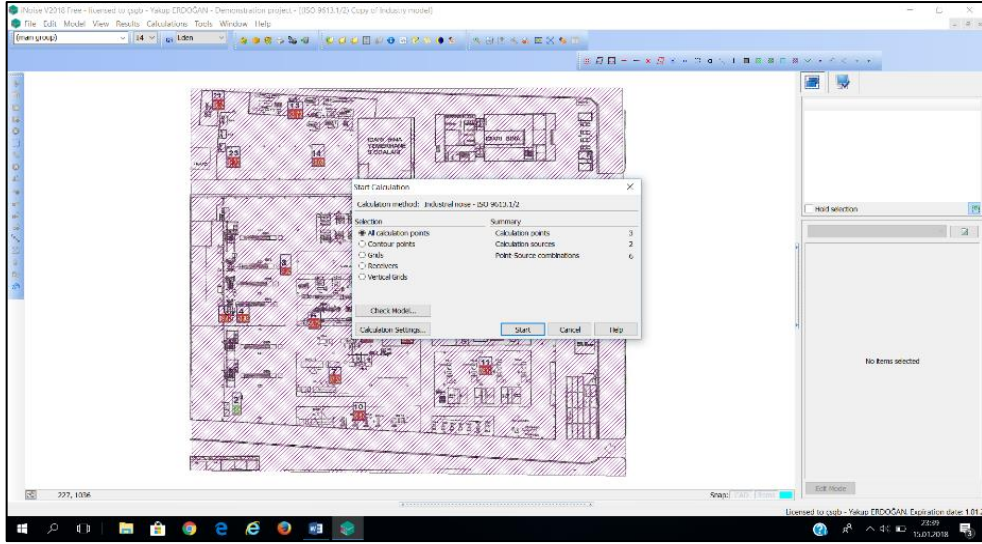
Şekil B.1 ISO 9613.1/2 yeni model oluşturulması



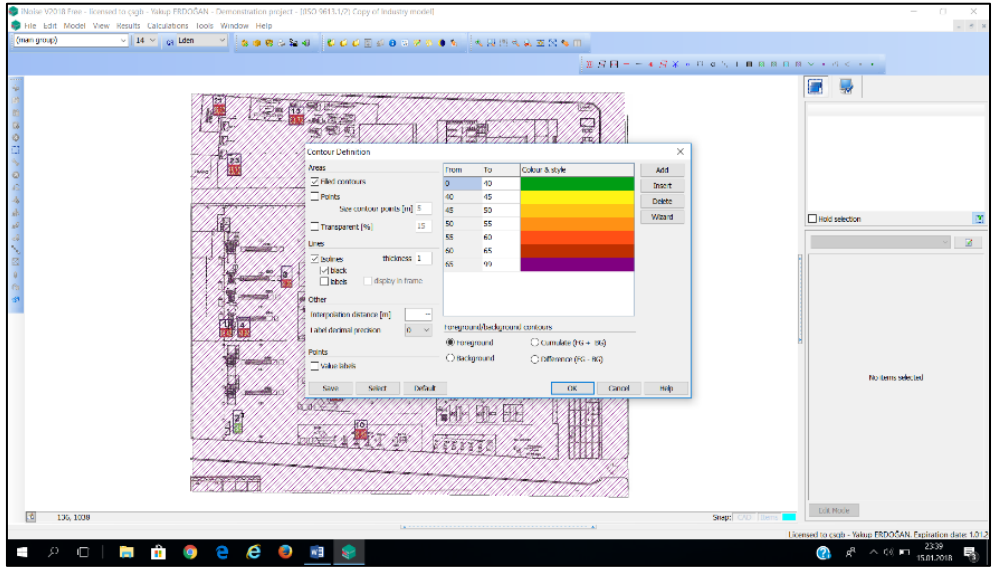
Şekil B.2 Fabrika haritasının arka plana eklenmesi



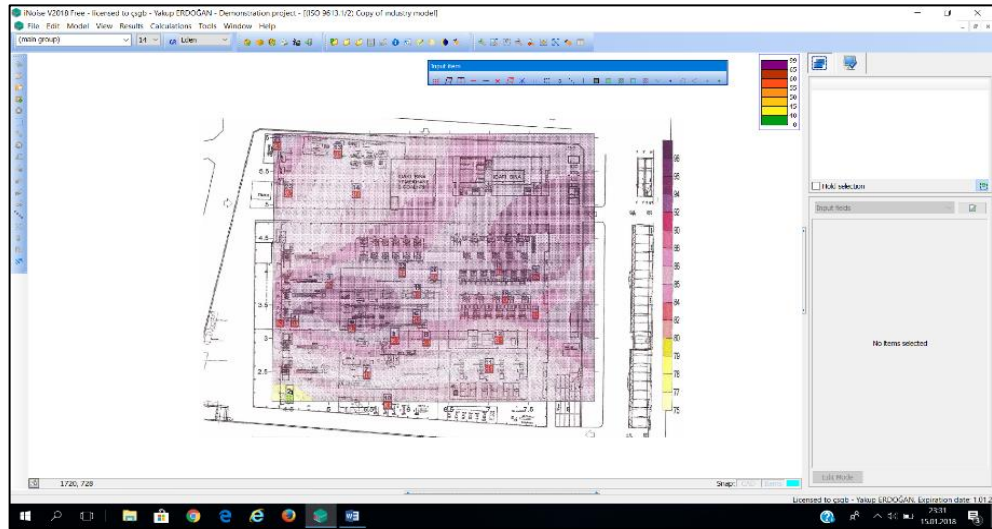
Şekil B.3 Ölçüm yapılan noktalarda alıcıların ve nokta kaynaklarının yerleştirilmesi



Şekil B.4 Ölçüm sonuçlarının hesaplanması



Şekil B.5 Sonuçlar



Şekil B.6 Fabrika gürültü haritası

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Yakup ERDOĞAN
Doğum Tarihi ve Yeri :13.12.1987/ANKARA
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :yakup.erdgn@gmail.com
yakup.erdogan@csgb.gov.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Makine Mühendisliği	Karadeniz Teknik Üniversitesini	2010
Lise	Fen Bilimleri	Ankara Kanuni Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012-Devam	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı	İş Müfettiş Yardımcısı