

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU OCAKLARINDA GÜRÜLTÜ
KOŞULLARININ İNCELENMESİ, ETKİLENME DÜZEYLERİNİN
İSTATİSTİKSEL ANALİZİ VE RİSK DEĞERLENDİRME**

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Abdullah FİŞNE

Anabilim Dalı : MADEN MÜHENDİSLİĞİ

Programı : MADEN MÜHENDİSLİĞİ

EYLÜL 2008

**TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU OCAKLARINDA GÜRÜLTÜ
KOŞULLARININ İNCELENMESİ, ETKİLENME DÜZEYLERİNİN
İSTATİSTİKSEL ANALİZİ VE RİSK DEĞERLENDİRME**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Abdullah FİŞNE
(505022003)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Haziran 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 17 Eylül 2008**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Gündüz ÖKTEN (İ.T.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Nuh BİLGİN (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Erkin NASUF (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Vedat DİDARİ (Z.K.Ü.)
Doç.Dr. Ataç BAŞÇETİN (İ.Ü.)**

EYLÜL 2008

ÖNSÖZ

İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü bünyesinde gerçekleştirmiş olduğum doktora çalışmalarım sırasında, tezimin danışmanlığını yürüten Sn. Prof. Dr. Gündüz ÖKTEN'e, tezimin sonuçlanmasında yardımları olan hocalarım; Sn. Prof. Dr. Erkin NASUF ve Sn. Prof. Dr. Vedat DİDARİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Türkiye Taşkömürü Kurumu Ocaklarında tez çalışmam ile ilgili veri toplama, ölçme ve incelemelerim sırasında Kurum olanaklarından yararlanmama izin veren ve destek olan TTK Genel Müdürü Sn. Rıfat DAĞDELEN'e, İş Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanı Sn. Mesut ÖZTÜRK'e, Ar.-Ge. Şube Müdürü Sn. Ramazan KARAASLAN'a; gürültü ölçümlerinde büyük yardımlarını gördüğüm Maden Teknikerleri Sn. Şeref ALTAN ve Sn. Turan Cavit TUTUĞ'a şükranlarımı sunarım. Çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen Armutçuk, Kozlu, Üzülmez, Karadon ve Amasra Müesseseleri'ndeki meslektaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Düşüncelerinden her zaman yararlandığım değerli arkadaşlarım Sn. Dr. C. Atilla ÖZTÜRK ve Arş. Gör. Türker HÜDAVERDİ'ye teşekkür ederim.

Ayrıca, beni seven ve destekleyen aileme ve sevgili eşim Sn. Selmin FİŞNE'ye minnet duygularımı sunarım.

Haziran 2008

Abdullah FİŞNE
Y. Maden Mühendisi

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	xi
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xix
1. AKUSTİKLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER	1
1.1. Sesin Fiziksel Özellikleri	1
1.1.1. Genlik	2
1.1.2. Frekans, dalga boyu ve periyot	3
1.1.3. Ses hızı	4
1.1.4. Ses basıncı	5
1.1.5. Ses şiddeti	6
1.1.6. Ses gücü	7
1.2. Desibel Skalası ve Ses Düzey Parametreleri	7
1.2.1. Desibel skalası	7
1.2.2. Ses basınç düzeyi	8
1.2.3. Ses şiddeti düzeyi	9
1.2.4. Ses gücü düzeyi	9
1.2.5. Ses basıncı, ses şiddeti ve ses gücü arasındaki ilişki	10
1.2.6. Ses düzeylerinin toplanması	10
1.2.7. Ses düzeylerinin çıkarılması	12
1.3. Sesin Yayılması	13
1.3.1. Ses kaynakları	13
1.3.2. Ses alanları	14
1.3.3. Serbest alanda sesin yayılması	15
1.3.4. Yönelme indeksi	16
1.3.5. Yakınlanım alanında sesin yayılması	18
1.3.6. Sesin yayılmasında meteorolojik ve çevresel faktörlerin etkisi	19
1.3.6.1. Meteorolojik faktörler	19
1.3.6.2. Çevresel faktörler	20
1.4. Sesin Fizyolojik Özellikleri	22
1.4.1. Duyma eşiği	22
1.4.2. Sesin gürlüğü	23

1.4.3. Sesin perde özelliği	24
1.4.4. Sesin maskelenmesi	25
2. GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ ve GÜRÜLTÜ DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	26
2.1. Gürültünün Sınıflandırılması	26
2.1.1. Frekans dağılımına göre sınıflandırma	26
2.1.1.1. Geniş bant gürültü	26
2.1.1.2. Dar bant gürültü	26
2.1.2. Ses düzeyinin zamanla değişimine göre sınıflandırma	27
2.1.2.1. Kararlı gürültü	27
2.1.2.2. Kararsız gürültü	27
2.2. Gürültü Ölçümleri	27
2.2.1. Frekans analizi	28
2.2.1.1. Oktav bantları	29
2.2.1.2. Frekans analizörü	32
2.2.2. Frekans ağırlık şebekeleri	32
2.2.3. Ses düzeyi ölçer	33
2.2.4. Gürültü doz ölçer	34
2.2.5. Ekipman seçimi	35
2.3. Gürültü Değerlendirme Kriterleri	36
2.3.1. Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi	37
2.3.2. Ses etkilenim düzeyi	38
2.3.3. Gürültü düzeyi dağılımı	40
2.3.4. Günlük kişisel etkilenim düzeyi	41
2.3.5. Gündüz – akşam - gece ortalama ses düzeyi	42
2.3.6. Gürültü kirliliği düzeyi	43
3. GÜRÜLTÜNÜN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ ve GÜRÜLTÜ ETKİLENİM DÜZEYLERİ	44
3.1. Gürültünün Sağlık Üzerine Etkileri	44
3.1.1. Fiziksel etkiler	46
3.1.2. Fizyolojik etkiler	47
3.1.3. Psikolojik etkiler	48
3.1.4. Performans etkileri	49
3.2. Gürültü Etkilenim Düzeyleri	50
3.2.1. Gürültü etkilenim limit değerlerinin belirlenmesi	50
3.2.2. Gürültü düzeyi ile etkilenim zamanı arasındaki ilişki	54
3.2.3. Amerika Birleşik Devletlerinde gürültü standardı	55
3.2.4. Avrupa Birliği gürültü direktifi	57
3.2.5. Türkiye’de gürültü ile ilgili yasal düzenlemeler	59

4. GÜRÜLTÜ ARAŞTIRMA STRATEJİLERİ	61
4.1. Etkilenim Değerlendirme Stratejisi	61
4.2. Gürültü Etkilenim Değerlendirme Stratejisi	64
4.2.1. Ön araştırma çalışmaları	65
4.2.2. Homojen etkilenim gruplarının belirlenmesi	66
4.2.3. Gürültü ölçme stratejisi ve gürültü ölçümleri	68
4.3. İstatistiksel Analiz ve Değerlendirme	70
4.3.1. Homojenlik testi	71
4.3.2. Gürültü düzeylerinin istatistiksel dağılımı	73
4.3.3. Gürültü etkilenim düzeyinin belirlenmesi	77
4.3.4. Gürültü etkilenim düzeyinin değerlendirilmesi	78
5. ZONGULDAK TAŞKÖMÜRÜ HAVZASININ TANITILMASI	82
5.1. Genel Bilgiler ve Coğrafi Konum	82
5.2. Jeolojik Yapı	82
5.3. Kömür Damarları ve Rezervler	84
5.4. Türkiye Taşkömürü Kurumu Müessese ve İşletmeleri	85
5.4.1. Armutçuk Taşkömürü İşletme Müessesesi	85
5.4.2. Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi	85
5.4.3. Üzülmaz Taşkömürü İşletme Müessesesi	85
5.4.4. Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi	86
5.4.5. Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi	86
5.4.6. Maden Makineleri Fabrika İşletme Müdürlüğü	88
6. TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU YERALTI OCAKLARINDA GÜRÜLTÜ ARAŞTIRMASI	89
6.1. Araştırmanın Amaçları	89
6.2. Materyal ve Yöntem	89
6.3. Gürültü Ölçme Çalışmaları ve Elde Edilen Sonuçlar	91
6.3.1. TTK Armutçuk Müessesesi gürültü ölçüm sonuçları	92
6.3.2. TTK Kozlu Müessesesi gürültü ölçüm sonuçları	94
6.3.3. TTK Üzülmaz Müessesesi gürültü ölçüm sonuçları	96
6.3.4. TTK Karadon Müessesesi gürültü ölçüm sonuçları	98
6.3.5. TTK Amasra Müessesesi gürültü ölçüm sonuçları	102
6.3.6. TTK Maden Makineleri Fabrika İşletme Müdürlüğü gürültü ölçüm sonuçları	104
6.4. TTK Çalışanlarının Gürültü Etkilenim Düzeylerinin Değerlendirilmesi	107
6.4.1. Homojen etkilenim gruplarının belirlenmesi	108
6.4.2. Gürültü düzeylerinin istatistiksel dağılımının analizi	122

6.4.2.1 Yeraltı çalışanları gürültü düzeylerinin dağılımının incelenmesi	122
6.4.2.2 Yerüstü çalışanları gürültü düzeylerinin dağılımının incelenmesi	127
6.4.2.3. Maden Makineleri Fabrikası çalışanları gürültü düzeylerinin dağılımının incelenmesi	131
6.4.3. Günlük gürültü etkilenim düzeylerinin belirlenmesi	134
7. İŞİTME KAYBI RİSK DEĞERLENDİRMESİ	140
7.1. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı	142
7.2. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybını Etkileyen Faktörler	144
7.2.1. Gürültü'nün şiddeti	144
7.2.2. Gürültü'nün frekansı	145
7.2.3. Etkilenme süresi	145
7.2.4. Bireysel duyarlılık	146
7.2.5. Yaş	146
7.3. İşitme Kaybının Ölçülmesi ve Sınıflandırılması	147
7.4. Türkiye Taşkömürü Kurumu Çalışanlarının İşitme Kaybının Değerlendirilmesi	150
7.4.1. Türkiye Taşkömürü Kurumu çalışanlarında gürültüye bağlı işitme kaybının sınıflandırılması	157
7.4.2. Gürültüye bağlı işitme kaybını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi	162
8. SONUÇLAR ve TARTIŞMA	170
KAYNAKLAR	178
ÖZGEÇMİŞ	193

KISALTMALAR

AIHA	: American Industrial Hygiene Association
ANOVA	: Varyans Analizi
ANSI	: Amerikan Ulusal Standardı
CCOHS	: Canadian Center for Occupational Health and Safety
CL	: Confidence Level
dB	: Desibel
df	: Serbestlik dercesini
EU	: European Union
HEG	: Homojen Etkilenim Grubu
Hz	: Hertz
I-INCE	: International Institute of Noise Control Engineering
IPCS	: International Programme on Chemical Safety
IPPC	: Integrated Pollution Prevention and Control
ISLM	: Integrated Sound Level Meter
ISO	: International Standard Organisation
İSGÜM	: İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
kHz	: kilo hertz
LCL	: Lower Confidence Level
MS	: Hataların karelerinin ortalaması
MSB	: Örnekler arası hataların karelerinin ortalamasını
MSHA	: Mine Safety and Health Administration
MSW	: Örnek içi hataların karelerinin ortalaması
NIHL	: Noise Induced Hearing Loss
NIOSH	: National Institute for Occupational Safety and Health
NIPTS	: Noise-Induced Permanent Threshold Shift
OSHA	: Occupational Safety and Health Administration
OSHS	: Occupational Safety and Health Service
Pa	: Paskal
PTS	: Permanent Threshold Shift
SEL	: Ses Etkilenim Düzeyi
SLM	: Sound Level Meter
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
SS	: Hataların karelerinin toplamı
SSK	: Sosyal Sigortalar Kurumu
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TTK	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
TTS	: Temporary Threshold Shift
UCL	: Upper Confidence Level
WHO	: World Health Organization

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1 Yansıtıcı yüzeylerin yakınındaki bir kaynak için “Yönelme Faktörü” ve “Yönelme İndeksi”.....	18
Tablo 1.2 Sesin algılanması.....	23
Tablo 2.1 Gürültünün Zamanla Değişimine Göre Yapılması Gereken Ölçümler.....	28
Tablo 2.2 1/1 ve 1/3 Oktav bantları alt, üst ve merkez frekansları.....	31
Tablo 2.3 Ekipman Secim Rehberi.....	36
Tablo 3.1 Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	45
Tablo 3.2 Gürültü seviyeleri ve meydana getirdiği rahatsızlıklar.....	45
Tablo 3.3 Çeşitli ülkelere ait gürültü etkilenim limit değerleri.....	53
Tablo 3.4 NIOSH 1970 Standardı.....	55
Tablo 3.5 NIOSH-1998 Standardına göre gürültü etkilenim düzeyleri ve süreleri.....	56
Tablo 3.6 Avrupa Birliğinin 2003 yılı standardındaki etkilenim sınır değerleri.....	58
Tablo 4.1 HEG kişi sayısının fonksiyonu olarak alınacak numune sayısı....	69
Tablo 4.2 Gürültü etkilenim düzeylerinin etkilenim sınır değerine göre sınıflandırılması.....	81
Tablo 5.1 Zonguldak Taşkömürü Havzası kömür rezervlerinin bölgelere göre dağılımı.....	86
Tablo 6.1 RION NL – 21 Kümülatif Gürültü Ölçerin Teknik Özellikleri....	90
Tablo 6.2 RION NC – 74 Kalibrasyon Cihazının Teknik Özellikleri.....	90
Tablo 6.3 TTK Armutçuk Müessesesi Yeraltı İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	92
Tablo 6.4 TTK Armutçuk Müessesesi Yerüstü İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	93
Tablo 6.5 TTK Armutçuk Müessesesi Armutçuk Lavarı Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	94
Tablo 6.6 TTK Kozlu Messesesi Yeraltı İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	95
Tablo 6.7 TTK Kozlu Messesesi Yerüstü İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	96
Tablo 6.8 TTK Üzülmaz Messesesi Yeraltı İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	97
Tablo 6.9 TTK Üzülmaz Müessesesi Yerüstü İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	98
Tablo 6.10 TTK Karadon Müessesesi Yeraltı İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	99
Tablo 6.11 TTK Karadon Müessesesi Yerüstü İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	100

Tablo 6.12	TTK Karadon Müessesesi Çatalağzı Lavuarı Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	101
Tablo 6.13	TTK Amasra Müessesesi Yeraltı İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	102
Tablo 6.14	TTK Amasra Müessesesi Yerüstü İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	103
Tablo 6.15	TTK Amasra Müessesesi Amasra Lavuarı Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	104
Tablo 6.16	TTK Maden Makineleri Fabrikası Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	105
Tablo 6.17	Yeraltı iş türleri ve kısa görev tanımları.....	109
Tablo 6.18	Yerüstü iş türleri ve kısa görev tanımları.....	111
Tablo 6.19	Maden Makineleri Fabrikası iş türleri ve kısa görev tanımları....	113
Tablo 6.20	Yeraltı HEG'lerinde çalışan işçi sayısının müesseselere göre dağılımı.....	114
Tablo 6.21	Yerüstü HEG'lerinde çalışan işçi sayısının müesseselere göre dağılımı.....	115
Tablo 6.22	Maden Makineleri Fabrikası HEG'lerinde çalışan işçi sayısı.....	115
Tablo 6.23	Yeraltı HEG'leri gürültü ölçüm sonuçları.....	117
Tablo 6.24	Yerüstü HEG'leri gürültü ölçüm sonuçları.....	117
Tablo 6.25	Maden Makineleri Fabrikası HEG'leri gürültü ölçüm sonuçları.	118
Tablo 6.26	Yeraltı HEG'leri için varyans analizi sonuçları.....	119
Tablo 6.27	Yerüstü HEG'leri için varyans analizi sonuçları.....	120
Tablo 6.28	Maden Makineleri Fabrikası HEG'leri için varyans analizi sonuçları.....	121
Tablo 6.29	Yeraltı HEG'leri için Bernard ve Castel (1987) modeli sonuçları.....	123
Tablo 6.30	Yeraltı HEG'leri gürültü düzeylerinin çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	123
Tablo 6.31	Yeraltı HEG Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi Sonuçları.....	127
Tablo 6.32	Yerüstü HEG'leri için Bernard ve Castel (1987) modeli sonuçları.....	127
Tablo 6.33	Yerüstü HEG gürültü düzeyi verilerinin çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	128
Tablo 6.34	Yerüstü HEG Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi Sonuçları.....	131
Tablo 6.35	Maden Makineleri Fabrikası HEG'leri için Bernard ve Castel (1987) modeli sonuçları.....	131
Tablo 6.36	Maden Makineleri Fabrikası HEG gürültü düzeyi verilerinin çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	132
Tablo 6.37	Maden Makineleri Fabrikası HEG Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi Sonuçları.....	134
Tablo 6.38	Yeraltı HEG Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyleri.....	136
Tablo 6.39	Yerüstü HEG Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyleri.....	138
Tablo 6.40	Maden Makineleri Fabrikası HEG Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyleri.....	139
Tablo 7.1	ANSI S3-1 Standardı İşitme Kaybı Sınıflandırması.....	149
Tablo 7.2	WHO İşitme Kaybı Sınıflandırması.....	150
Tablo 7.3	Sol kulağa ait ortalama işitme eşiği ve standart sapma değerleri.	151

Tablo 7.4	Sağ kulağa ait ortalama işitme eşiği ve standart sapma değerleri	152
Tablo 7.5	En zayıf kulağa ait ortalama işitme eşiği ve standart sapma değerleri.....	153
Tablo 7.6	En iyi kulağa göre işitme kaybı sıklığı.....	158
Tablo 7.7	En zayıf kulağa göre işitme kaybı sıklığı.....	159
Tablo 7.8	En iyi kulağa göre işitme kaybının yaşa bağlı dağılımı.....	160
Tablo 7.9	En kötü kulağa göre işitme kaybının yaşa bağlı dağılımı.....	161
Tablo 7.10	Ortalama işitme eşiği ve yaş ile ilgili regresyon analizi sonuçları.....	166
Tablo 7.11	Ortalama işitme eşiği ve günlük gürültü etkilenme düzeyi ile ilgili regresyon analizi sonuçları.....	169

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1 : Bir ses dalgasının oluşumu.....	1
Şekil 1.2 : Bir ses dalgasının elastik ortamdaki tam turu.....	2
Şekil 1.3 : Çeşitli ses kaynaklarının frekans aralığı.....	3
Şekil 1.4 : İşitilebilir frekans aralığı.....	4
Şekil 1.5 : İşitilebilir ses basınç aralığı.....	5
Şekil 1.6 : Serbest alanda bir noktadaki ses şiddeti.....	6
Şekil 1.7 : Ses basıncının ses basınç düzeyine dönüştürülmesi.....	9
Şekil 1.8 : Ses düzeylerinin toplanması.....	11
Şekil 1.9 : Ses düzeylerinin toplanması.....	12
Şekil 1.10 : Ses düzeylerinin çıkarılması.....	13
Şekil 1.11 : Nokta, çizgisel ve düzlemsel ses kaynakları.....	14
Şekil 1.12 : Ses alanları.....	15
Şekil 1.13 : Ses dalgalarının serbest alanda yayılması.....	15
Şekil 1.14 : Uzaklık faktörünün sesin yayılmasına etkisi.....	21
Şekil 1.15 : İşitme sınırı, frekans ve ses basınç düzeyi arasındaki ilişki.....	23
Şekil 1.16 : Arı sesler için eş yükseklik eğrileri.....	24
Şekil 2.1 : Frekans dağılımına göre geniş ve dar bant gürültüsü.....	27
Şekil 2.2 : Standart, 1/1 ve 1/3 Oktav bant genişlikleri.....	30
Şekil 2.3 : Frekans ağırlık şebekeleri.....	33
Şekil 2.4 : Tipik bir ses düzeyi ölçerin blok diagramı.....	34
Şekil 2.5 : Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi.....	37
Şekil 2.6 : Eşdeğer ses basınç düzeyi ve ses etkilenim düzeyi arasındaki ilişki.....	39
Şekil 2.7 : Gürültünün istatistiksel analizi.....	40
Şekil 2.8 : Yüzdelik gürültü düzey dağılımları.....	41
Şekil 2.9 : Günlük kişisel gürültü etkilenim düzeyi.....	42
Şekil 3.1 : İşitme organının anatomik yapısı.....	46
Şekil 3.2 : Gürültü düzeyi ve yaşın fonksiyonu olarak işitme kaybı riski.....	52
Şekil 4.1 : Mesleki etkilenim değerlendirme çalışması genel akım şeması.....	62
Şekil 4.2 : Gürültü etkilenim değerlendirme çalışması akım şeması.....	66
Şekil 4.3 : Gürültü ölçüm zaman aralığı.....	70
Şekil 4.4 : Tek taraflı (LCL ve UCL) güven aralığı limitleri.....	79
Şekil 4.5 : Etkilenim düzeylerinin sınıflandırılması.....	80
Şekil 5.1 : Türkiye Taşkömürü Kurumu İmtiyaz Alanları.....	82
Şekil 6.1 : Pano – Ayak üretim işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı..	124
Şekil 6.2 : Hazırlık işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	124
Şekil 6.3 : Patlatma (Barutçu) işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı....	124
Şekil 6.4 : Tarama söküm işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	124
Şekil 6.5 : Nakliyat işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	125
Şekil 6.6 : Kuyu vinç işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	125

Şekil 6.7	: Sinyal işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	125
Şekil 6.8	: Mekanizasyon ve pres işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	125
Şekil 6.9	: Motor-Lokomotif tamircisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	126
Şekil 6.10	: Sondaj işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	126
Şekil 6.11	: Tulumba işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	126
Şekil 6.12	: Ağaç işleri işçisinin gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	128
Şekil 6.13	: Nakliyat işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	129
Şekil 6.14	: Kuyu vinç işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	129
Şekil 6.15	: Sinyal işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	129
Şekil 6.16	: Mekanizasyon ve pres işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	129
Şekil 6.17	: Kompresör işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	130
Şekil 6.18	: Ana pervane işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	130
Şekil 6.19	: Lavar yıkama işçisinin gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	130
Şekil 6.20	: Lavar işçisi gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	130
Şekil 6.21	: Talaşlı imalat işçisinin gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	132
Şekil 6.22	: Mekanizasyon ve pres işçisinin gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	133
Şekil 6.23	: Kaynak işçisinin gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	133
Şekil 6.24	: Döküm işçisinin gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	133
Şekil 6.25	: Elektrik işçisinin gürültü düzeylerinin frekans dağılımı.....	133
Şekil 6.26	: Yeraltı HEG gürültü düzeylerinin değişim aralığı.....	135
Şekil 6.27	: Yerüstü HEG gürültü düzeylerinin değişim aralığı.....	137
Şekil 6.28	: Maden Makineleri Fabrikası HEG gürültü düzeylerinin değişim aralığı.....	138
Şekil 7.1	: Nakliyat işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi	153
Şekil 7.2	: Kuyu Vinç işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi.....	154
Şekil 7.3	: Sinyal işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi....	154
Şekil 7.4	: Mekanizasyon ve Pres işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi.....	154
Şekil 7.5	: Sondaj işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi...	155
Şekil 7.6	: Tulumba işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi	155
Şekil 7.7	: Kompresör işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi.....	156
Şekil 7.8	: Ana Pervane işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi.....	156
Şekil 7.9	: Ağaç İşleri işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi.....	156
Şekil 7.10	: Maden Makineleri Fabrikası işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi.....	157
Şekil 7.11	: Ortalama işitme eşiği ve yaş arasındaki ilişki.....	165
Şekil 7.12	: Ortalama işitme eşiği ve günlük gürültü etkilenme düzeyi arasındaki ilişki.....	168

SEMBOL LİSTESİ

σ	: Ani iniş çıkış yapan gürültü düzeylerinin standart sapma değeri
λ	: Dalga boyu
ϕ	: Havadaki bağıl nem miktarı
α	: Ortalama absorpsiyon katsayısı
ρ	: Ortamın yoğunluğu
γ	: Spesifik ısı oranı
σ_B	: Örnekler arası değişkenliğin standart sapması
σ_w	: Örnekler içi değişkenliğin standart sapması
A, B, C, D	: Ses filtreleri
A_{atm}	: Havanın yutma etkisi ile ses basınç düzeyindeki azalma
B	: Oktav bant genişliği
b_i	: Örnekler arası değişkenlik
c	: Ses hızı
C_i	: Belli bir gürültü seviyesinde etki altında kalınan süre
D	: Günlük maruz kalınan gürültü dozu
DI	: Yönelme indeksi
e	: Günlük gürültü etkilenim düzeyinin standart hata miktarı
f	: Frekans
f_0	: Oktav bant merkez frekansı
f_1	: Oktav bant alt sınır frekansı
f_2	: Oktav bant üst sınır frekansı
g	: Çarpıklık katsayısı
I	: Ses şiddeti
I_θ	: Açısal ses şiddeti
I_{av}	: Küresel bir yüzey üzerindeki ortalama ses şiddeti
I_{ref}	: Referans ses şiddeti
k	: Basıklık katsayısı
L_{10}	: Zamanın % 10'unda aşılacak ses düzeyi
L_{50}	: Zamanın % 50'sinde aşılacak ses düzeyi
L_{90}	: Zamanın % 90'ında aşılacak ses düzeyi
$L_{Aeq, T}$	: T_e süresi boyunca eşdeğer sürekli gürültü düzeyi
L_{AI}	: A-ağırlıklı darbeli ses seviyesi
L_{Aeq}	: A-ağırlıklı eşdeğer darbeli sürekli ses basınç seviyesi
L_{Cpeak}	: C-ağırlıklı pik ses basınç seviyesi
L_D	: Gündüz ortalama ses düzeyi
L_{DEN}	: Gündüz – akşam - gece ortalama ses düzeyi
L_E	: Akşam ortalama ses düzeyi
L_E	: Anlık ses basınç seviyesi
L_{eq}	: Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi
$L_{EX, 8h}$	: Günlük gürültü etkilenim düzeyi
L_I	: Ses şiddeti düzeyi

L_{ij}	: “i” işçisinin “j” günündeki gürültü etkilenim düzeyi
$L_{\max}-L_{\min}$	: Maksimum-minimum ses basınç seviyesi
L_N	: Gece ortalama ses düzeyi
L_{NP}	: Gürültü kirliliği düzeyi
L_{ort}	: Gürültü düzeylerinin aritmetik ortalaması
L_P	: Ses basınç düzeyi
L_{peak}	: Linear pik ses basınç seviyesi
L_{Ppeak}	: En yüksek ses basınç düzeyi
L_{PT}	: Toplam ses basınç düzeyi
L_{std}	: Gürültü düzeylerinin standart sapması
L_w	: Ses gücü düzeyi
M	: Moleküler ağırlık
P	: Ses basıncı
$P_A^{(t)}$	: A-filtreli anlık ses basıncı
P_{ref}	: Referans ses basıncı
Q	: Yönelme faktörü
r	: Kaynaktan uzaklık
R	: Korelasyon katsayısı
R^2	: Belirtme katsayısı
R_d^2	: Düzeltilmiş belirtme katsayısı
S	: Yüzeylerin toplam alanı
S_y	: Tahminlerin standart hatası
T	: Sıcaklık
T_0	: 8 saatlik çalışma süresi
T_e	: Gün boyunca gürültü etkilenim süresi
T_i	: İzin verilen etki altında kalma süresi
T_{ref}	: Referans süre (1 saniye)
W	: Kaynağın ses gücü
w_{ij}	: Örnekler içi değişkenlik
W_{ref}	: Referans ses gücü

TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU OCAKLARINDA GÜRÜLTÜ KOŞULLARININ İNCELENMESİ, ETKİLENİM DÜZEYLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ VE RİSK DEĞERLENDİRME

ÖZET

Günümüzde endüstriyel kalkınmanın ve modern teknolojinin ulaştığı düzey, bünyesinde bir çok olumlu gelişme barındırmakla birlikte yaşamı kolaylaştırmaya yönelik bu girişimlerin insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen yanları da vardır. Bu tür olumsuzlukların biri de gürültüdür. Gelişen teknoloji ile birlikte gürültü, bütün işyerlerinde olduğu gibi maden işletmeleri için de önemli bir sorundur.

Yeraltı maden ocaklarındaki üretim aktiviteleri, yüksek hareketlilik gerektiren işlerdir. Günümüz madenciliğinde yüksek verim ve düşük maliyet elde etmek amacıyla mekanizasyona önem verilmekte, sonuç olarak gürültülü bir çalışma ortamı meydana gelmektedir. Madenciliğin ülke ekonomisindeki yeri ne kadar önemli ise, maden işçilerinin çalışma şartlarının iş sağlığı ve güvenliği açısından iyileştirilmesi de o derece öneme sahip bir konudur. Bu durum gürültü açısından ele alındığında, gürültü kontrolüne yönelik devamlı ve etkin mücadele stratejilerinin daha sağlıklı, verimli bir çalışma ortamının oluşturulmasına katkı sağlayacağı açıktır.

Yeraltı maden ocaklarında çalışanların etkisi altında kaldıkları gürültü düzeyini, bunun yaşam kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini ve gürültü etkilenim düzeyinin standartlara göre uygunluğunu değerlendiren araştırmalar ülkemiz için yok denecek kadar azdır. Madencilik sektöründeki gürültüden kaynaklanan sorunlar üzerine kapsamlı ve yeterli sayıda çalışma bulunmaması bir eksiklik olarak görülmüştür. Bu eksikliği vurgulayarak konunun açılımına katkıda bulunmak, ülkemiz madencilik sektöründe önemli yeri olan Zonguldak Taşkömürü Havzası'ndaki ocaklarda çalışanların maruz kaldıkları gürültü seviyelerini tespit ederek, ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırmak ve çalışanların işitme kaybı riskini değerlendirmek bu çalışmanın başlıca amaçları arasındadır.

Çalışma kapsamında ilk olarak TTK'na bağlı Yeraltı Maden İşletmelerinde işçilerin yoğun olarak çalıştıkları işyerlerinin ortalama gürültü düzeyleri belirlenmiştir. Bunun için, gürültü ölçümleri yeraltında üretim panolarında, hazırlık galerilerinde, motor garajlarında, tulumba dairelerinde, tali vantilatörlerin bulunduğu galerilerde, tumba istasyonlarında ve kuyu dibi tesislerinde; yerüstünde aspiratör ve kompresör dairelerinde, mekanizasyon ve hızar atölyelerinde ve kuyu başı tesislerinde, kömür yıkama tesislerindeki değişik ünitelerin bulunduğu yerlerde ve Maden Makineleri İşletme Müdürlüğü atölyelerinde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu işyerlerinde 2004 – 2007 yılları arasında değişik zamanlarda yaklaşık 2800 adet gürültü ölçümü yapılmıştır. Bu işyerlerinde en yüksek gürültü düzeyi tali vantilatörlerin bulunduğu yerler ile hazırlık galerilerinde sondaj makinesi ile delik delme ve posta makinesiyle yükleme işleri yapılırken ölçülmüştür. En düşük gürültü düzeyi ise akülü lokomotif garajlarında ve üretim panolarında tahkimat işleri yapılırken tespit edilmiştir.

TTK’nda çalışan işçilerin gürültü etkilenim düzeylerinin belirlenmesi için çalışanlar homojen etkilenim gruplarına ayrılmış ve gürültü ölçümleri herbir grubun gürültü etkilenim düzeyinin belirlenmesine yönelik olarak yapılmıştır. İşçiler ilk olarak yeraltı ve yerüstü olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. Yeraltında çalışan işçiler de kendi aralarında 11 farklı grupta sınıflandırılmıştır. Yerüstünde çalışan işçiler ise ilk olarak, 5 Müesseseye bağlı yerüstü işyerlerinde çalışanlar ve Maden Makineleri Fabrikası’nda çalışanlar olarak iki gruba ayrıldıktan sonra kendi aralarında sınıflandırmaya tabi tutulmuşlardır. Yerüstünde çalışanlar 9, Maden Makineleri Fabrikası’nda çalışanlar ise 5 farklı meslek grubuna ayrılmışlardır.

Homojen etkilenim grupları için yapılan gürültü ölçümlerinden hareketle “Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyleri ($L_{EX,8h}$)” nin belirlenebilmesi için oluşturulan grupların gerçekten homojen olup olmadıklarının ve elde edilen gürültü düzeyi (L_{Aeq}) değerlerinin normal dağılıma uygunluğunun test edilmesi gerekmektedir. Homojenlik testi için tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Normal dağılım varsayımının sağlanıp sağlanmadığının araştırılmasında Bernard ve Castel tarafından önerilen model ile birlikte verilerin frekans dağılımlarını gösteren histogramları çizilmiştir. Ayrıca parametrik testlerden Çarpıklık ve Basıklık Katsayıları ile non-parametrik testlerden Tek Örneklem Kolmogorov – Simirnov Testi ile verilerin normallik varsayımını sağlayıp sağlamadıkları kontrol edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi ve normallik testlerinin sonuçlarına göre oluşturulan grupların homojen olduğu ve elde edilen verilerin de normal dağılıma uygun olduğu görülmüştür.

Yeraltı homojen etkilenim grupları arasında en küçük ve en büyük günlük gürültü etkilenim düzeyleri 73,9 dBA ve 103,3 dBA olarak sırasıyla Barutçu ve Sondaj işçisi için elde edilmiştir. Pano Ayak Üretim, Hazırlık ve Nakliyat en çok işçinin istihdam edildiği gruplardır. Toplam yeraltı iş gücünün yaklaşık % 78’ i bu iş kollarında çalışmaktadır. Söz konusu homojen etkilenim grupları için elde edilen günlük gürültü etkilenim düzeyleri sırasıyla 89,7 dBA, 101,3 dBA ve 93,3 dBA olarak belirlenmiştir.

Yerüstü homojen etkilenim grupları arasında en düşük ve en büyük günlük gürültü etkilenim düzeyleri 80,8 dBA ve 100,1 dBA olarak sırasıyla Kuyu Vinç ve Ağaç İşleri işçisi için elde edilmiştir. Nakliyat, Kuyu Vinç, Mekanizasyon ve Pres ve Lavuar grupları için elde edilen günlük gürültü etkilenim düzeyleri sırasıyla 97,2 dBA, 80,8 dBA, 95,2 ve 87,3 dBA’ dır.

Maden Makinaları Fabrikası homojen etkilenim grupları arasında en düşük ve en büyük günlük gürültü etkilenim düzeyleri 86,5 dBA ve 97,7 dBA olarak sırasıyla Kaynakçılık ve Mekanizasyon ve Pres işçisi için elde edilmiştir. Talaşlı İmalat, Dökümcülük ve Elektrikçi grupları için elde edilen günlük gürültü etkilenim düzeyleri sırasıyla 91,6 dBA, 97,6 dBA ve 88,7 dBA’ dır.

Türkiye Taşkömürü Kurumu’na bağlı yeraltı ve yerüstü işyerlerinde çalışan işçiler arasında gürültüye bağlı işitme kaybı görülme sıklığını tahmin etmek için farklı meslek gruplarına ait 411 işçinin odiyometrik test sonuçları analiz edilmiştir. İşçiler yaptıkları görevler ve yaşları dikkate alınarak uğradıkları işitme kaybının derecesine göre sınıflandırılmıştır. Etkisi altında kaldıkları gürültü düzeyi ve yaş ile işitme kayıpları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Hava yolu saf ses odiyometrik testleri TTK bünyesinde bulunan uzman hekimler tarafından 2006 – 2007 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 125, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 ve 8000 Hz frekanslarda her iki kulakta yapılmıştır. İşitme kayıplarının tespit edilmesi için test sonuçlarının değerlendirilmesinde ISO-1999 ve TS-2607:ISO 1999 standartlarında

önerilen 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz frekans bileşimi ve 25 dB ortalama işitme eşik değeri dikkate alınmıştır. Tespit edilen işitme kayıplarının değerlendirilmesinde WHO'nun önerdiği sınıflandırma kullanılmıştır. 411 maden işçisine ait işitme testi ölçümleri Nakliyat, Kuyu Vinç, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj Operatörü, Tulumbacı, Kompresör ve Anapervane Operatörü, Ağaç İşleri İşçiliği ve Maden Makineleri Fabrikası İşçiliği olmak üzere 10 farklı gruba ayrılmıştır.

Nakliyat, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj Operatörü, Anapervane Operatörü, ve Maden Makineleri Fabrikası işçiliğinde sol kulak için elde edilen ortalama işitme eşiği değerleri sağ kulaktan, Kuyu Vinç, Tulumbacı, Kompresör ve Ağaç İşleri İşçiliğinde sağ kulak için elde edilen ortalama işitme eşiği değerleri ise sol kulaktan bütün test frekanslarında istatistiksel ($P < 0,01$ t-test) olarak anlamlı ölçüde büyük bulunmuştur.

Gürültüye bağlı işitme kaybında ilk olarak 4000 Hz daha sonra 6000 Hz ve sonrasında da 3000 Hz frekansları etkilenmektedir. Sol kulak 4000 Hz'de ortalama işitme eşiği değerleri 33,6 – 50,1 dB arasında değişmektedir. Yine aynı şekilde 6000 Hz ve 3000 Hz'deki ortalama işitme eşiği değerleri ise sırasıyla 34,7 – 46,8 dB ve 26,3 – 39,4 dB arasındadır. Sağ kulak 4000 Hz'de ortalama işitme eşiği değerleri 33,9 – 48,7 dB arasında değişim göstermiştir. 6000 Hz ve 3000 Hz'deki ortalama işitme eşiği değerleri ise sırasıyla 34,7 – 48,8 dB ve 25,7 – 42,5 dB arasında değişmektedir.

En zayıf kulağa göre 4000 Hz'de ortalama işitme eşiği değerleri 37,7 – 53,5 dB arasında değişmektedir. 6000 Hz ve 3000 Hz'deki ortalama işitme eşiği değerleri ise sırasıyla 36,2 – 50,3 dB ve 29,6 – 43,8 dB arasındadır. Bütün meslek grupları için 3000 – 8000 Hz arası yüksek frekanslarda elde edilen ortalama işitme eşiği değerleri 500 – 2000 Hz arası düşük frekanslarda elde edilen ortalama işitme eşiği değerlerinden daha büyüktür. Sol ve sağ kulak ortalama işitme eşiği değerleri arasındaki fark 2000 Hz'den küçük frekanslarda 2 dB'den daha küçüktür. 4000 Hz frekansta ise en fazla 3,5 dB'dir. Bu fark 6000 ve 8000 Hz frekanslarda ise 4,7 dB'e kadar çıkabilmektedir.

10 farklı meslek grubu için elde edilen ortalama işitme eşik değerleri bir kaç frekans hariç hemen hepsinde 25 dB ortalama işitme eşik değerinden daha büyüktür. Ortalama işitme eşik değerleri genellikle 25 – 40 dB (Hafif İşitme Kaybı Sınıfı) arasında değişmektedir. Bazı meslek gruplarında ise yüksek frekanslarda 40 – 60 dB (Orta Sınıf İşitme Kaybı) arası işitme eşik değerleri tespit edilmiştir.

TTK'da çalışan 411 maden işçisinin gürültüye bağlı işitme kaybı yaş gruplarına göre de değerlendirilmiştir. İşçiler yaşlarına göre 30 yaşından küçük, 30 – 39, 40 – 49, 50 – 59 ve 60 yaşından büyük olmak üzere 5 farklı yaş grubuna ayrılmıştır. 411 işçinin % 11'i 30 yaşından küçüktür. En çok işçi 30 – 39 ve 40 – 49 yaş gruplarındadır. Bu gruplardaki işçilerin oranı sırasıyla % 31 ve % 42'dir. İşçilerin % 12'si 50 – 59 yaş grubuna ait iken sadece % 3'ünün yaşı 60'dan büyüktür. İşçilerin yaşları arttıkça ortalama işitme eşiği değerlerinin de buna paralel olarak arttığı belirlenmiştir.

Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda çalışan işçilerin işitme kayıpları ile yaş ve gürültü düzeyi arasındaki ilişki istatistiksel yöntemlerden regresyon analizi ile araştırılmıştır. İşçilerin 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz frekans bileşimindeki ortalama işitme eşiği değerleri ile yaşları (etkilenme süresi) arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Yaş - ortalama işitme eşiği bir başka ifade ile işitme kaybı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için yapılan regresyon analizinin sonuçlarına göre, söz

konusu büyüklükler arasındaki ilişkinin belirtme kaysayı $R^2 = 0,802$ olarak bulunmuştur.

Gürültü düzeyi ile işitme kaybı arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla bağımsız değişken olarak Nakliyat, Kuyu Vinç, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj Operatörü, Tulumbacı, Kompresör, Anapervane Operatörü, Ağaç İşleri İşçiliği ve Maden Makineleri Fabrikası İşçiliği olmak üzere 10 farklı homojen etkilenim grubu için tespit edilen ortalama günlük gürültü etkilenim düzeyi değerleri kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak 40 yaşından büyük, Nakliyat, Kuyu Vinç, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj Operatörü, Tulumbacı, Kompresör, Anapervane Operatörü, Ağaç İşleri İşçiliği ve Maden Makineleri Fabrikası İşçilerinin 4.000 Hz frekansındaki ortalama işitme eşiği değerleri esas alınmıştır. Ortalama günlük gürültü etkilenim düzeyi ile 4000 Hz ortalama işitme eşiği bir başka ifade ile işitme kaybı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için yapılan regresyon analizinin sonuçlarına göre günlük gürültü etkilenim düzeyi ile 4000 Hz ortalama işitme eşiği arasındaki ilişkide belirtme kaysayı $R^2 = 0,884$ olarak bulunmuştur.

INVESTIGATION OF NOISE CONDITIONS, STATISTICAL ANALYSIS OF NOISE EXPOSURE LEVELS AND RISK ASSESSMENT IN TURKISH HARD COAL ENTERPRISE

SUMMARY

Mining is an ancient occupation, long recognized as being arduous and liable to injury and disease, both underground and on the surface. It remains an important industrial sector in many parts of the world. On the health front, miners have long been aware of the hazards posed by the gases, dusts, chemicals, and mine fires in the work environment and in working under conditions of extreme temperatures (hot or cold) and high altitudes. Although progress has been made, occurrences of silicosis, pneumoconiosis (black lung disease) and other health problems have long been associated with and continue to occur in mining operations. Development of modern mechanized operations in mining industry has been considerably decreasing the physical burden of work. But the most undesired and unavoidable by-product of these operations is the generation of high levels of noise. Occupational noise exposure of mine workers is a potentially serious health problem. High-level of noise not only hinders communication between workers, but, depending upon the level, quality, and exposure duration of the noise, it may also result in different type of physical, physiological and psychological effects on the workers, especially noise induced hearing loss (NIHL).

The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) of USA has identified occupational noise-induced hearing loss as one of the ten leading work-related diseases and injuries. Prolonged exposure to noise causes short and long term effects on workers. Short term effects of noise exposure are temporary hearing loss, stress, annoyance, difficulty in verbal communication and safety hazards. The major long term health effect of noise exposure is permanent hearing loss and noise induced hearing loss cannot be cured by medical treatment. Noise sources have increased owing to the increase in mechanisation. The equipment such as cutting machines, locomotives, haulage trucks, loaders, long-wall shearers, chain conveyors, continuous miners, loader-dumper, fans and pneumatic percussion tools are the main cause of noise in underground mining. NIOSH estimates that 80 % of US miners are exposed to noise level that exceeds 85 dBA and 25 % of these are exposed to noise level that exceeds 90 dBA.

Occupational exposure limits specify the maximum sound pressure levels and exposure times to which nearly all workers may be repeatedly exposed without adverse effect on their ability to hear and understand normal speech. An occupational exposure limit of 85 dB for 8 hours should protect most people against a permanent hearing impairment induced by noise after 40 years of occupational exposure. Many countries have introduced regulations in order to limit high level of occupational

noise exposure based on the method defined in International Standard ISO 1999:1990 “Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment”. Most countries have an exposure limit of 85 dBA allowed with halving rates of 3 dB and working schedules of 8 h/day and five days a week, i.e. 40 h/week. The European Union has reached agreement on new directives dealing with noise in the working environment - Noise at Work Directive 2003/10/EC. The Member States and candidate countries like Turkey are to comply with this Directive before 15 February 2006. The limit and action values are given in this directive. According to this directive, noise exposure exceeds the lower exposure action values, the employer shall make individual hearing protectors available to workers and if noise exposure matches or exceeds the upper exposure action values, individual hearing protectors shall be used. If exposures above the exposure limit values are detected, the employer shall take immediate action to reduce the exposure to below the exposure limit values, identify the reasons why overexposure has occurred and amend the protection.

The specific objectives of this study were to describe workplace average noise levels in Zonguldak Bituminous Coal Mines, to estimate occupational noise exposure levels of mine workers, to determine the extent and pattern of hearing loss among the miners, to assess the risk factors that influence hearing loss at each of the conventional frequencies tested, and finally to evaluate the knowledge and practice of workers to noise hazards.

Two different measuring techniques have been used to measure the noise level, the ambulatory and the zonal methods. The zonal method was proposed as the most cost-effective method. It consists of locating an integrating sound level meter at a point near the worker. This method provides more accurate noise measurements. In this study, the zonal method was selected as measuring technique due to the most cost-effective method. Noise measurements were carried out using a Type 1 integrated sound level meter (model NL-31) manufactured by RION Co. Ltd., Japan. It is compliant not only current measurement law, JIS and IEC regulations but also with the new international standard for the sound level meters IEC 61672-1: 2002. The equipment was operated on the A-weighted network, slow response and was acoustically calibrated before, during, and after each shift. Calibration was done using the RION NC-74 sound level calibrator which emits a 94 dB, 1 kHz tone.

It is necessary to define an average noise level characterizing the mean exposure of the person to check compliance of noise exposure with regulations or to estimate the individual risk of hearing loss of an exposed person. Two parameters are defined by the ISO 1999 (1990) standard. These are daily and weekly noise exposure levels. The daily noise exposure level ($L_{EX,8h} = L_{Aeq,8h} = L_{EP,d}$) is time weighted average of the noise exposure levels, in dBA, for a nominal eight-hour working day. It covers all noises present at work, including impulsive noise. This concept is used when the worker is exposed daily, for 5 days per week, to the same level. If this is not the case - for instance a work cycle of more than one day or less than 5 days per week - the concept of the weekly noise exposure level ($L_{EX,w}$) is used. This is time-weighted average of the daily noise exposure levels, in dBA, for a nominal week of five eight-hour working days.

The mine workers employed in the Turkish Hard Coal Enterprise were mainly divided into three categories as underground, surface and mining machine plant. The underground, surface and mining machine plant workers were then listed into 11, 9

and 5 occupational groups respectively. The noise survey consisted of measuring and noting two variables: (1) the noise levels to which the worker was exposed and (2) his exposure time to those levels per work shift. After completion the survey, the daily noise exposure level of workers were calculated.

The daily noise exposure levels for underground workers varied from 73.9 to 103.3 dBA. The noisiest location in an underground coal mine is at the working face. The primary activity at the face is extraction of coal. The daily noise exposure level of face worker is 89.7 dBA. Development and transportation workers are very important for underground mining operations. The daily noise exposure levels of these workers were determined as 101.3 dBA and 93.3 dBA respectively. The daily noise exposure levels of workers employed in underground such as face, development, transportation, cager, mechanization and press, drilling and pumping are out of compliance with the EU Noise Directive of 2003/10/EC. The employer shall take immediate action to reduce the exposure to below the exposure limit values. The daily noise exposure levels of locomotive repairman, engineman, ripping and withdrawal and blasting workers are compliance with standard.

The calculated daily noise exposure levels for surface workers varied from 80.8 to 100.1 dBA. These noise levels were obtained for engineman and carpenter workers respectively. The daily noise exposure level of engineman is only compliance with the EU Noise Directive of 2003/10/EC. The calculated daily noise exposure levels of other worker groups are out of compliance with the EU Noise Directive of 2003/10/EC. The employer shall take immediate action to reduce the exposure to below the exposure limit values.

The daily noise exposure levels for mining machine plant workers varied from 86.5 to 97.7 dBA. These noise levels were obtained for welding and mechanization and press workers respectively. The daily noise exposure level of machinist, casting worker and electrician were determined as 91.6 dBA, 97.6 dBA and 88.7 dBA respectively. The daily noise exposure levels calculated for all occupational groups are out of compliance with the EU Noise Directive of 2003/10/EC. The employer shall take immediate action to reduce the exposure to below the exposure limit values.

The present study was conducted to determine the prevalence of hearing loss associated with occupational noise exposure among the workers employed in Turkish Hard Coal Enterprise.

A total of 411 workers audiometric examination results were analyzed in this study. The audiometric examination was conducted for both ears at frequencies 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, and 8 kHz, using a manual pure-tone audiometer. The audiometer was calibrated according to the American National Standards Institute (ANSI) S3.6-1969 standard. The audiometric examination was conducted in the audiometric room. The background noise level of audiometric examination room was lower than 45 dBA and fulfilled the criteria proposed by British National Laboratory.

For the estimation of the prevalence of hearing loss, the following were applied. First, prevalence of hearing loss was estimated without any age adjustment to measure the real hearing status of mine workers, as recommended by the Criteria ISO-1999 and TS-2607:ISO 1999. Second, HTL (Hearing Threshold Level) of 25 dB was used as the low fence. Third, HTL measurements in the worst ear were used to measure the true extent of hearing loss if there is unequal hearing loss in the two ears. Fourth, prevalence of hearing loss was determined at each of the test

frequencies (0.5–8 kHz) and pure-tone threshold average (PTA) at 0.5, 1, 2, and 4 kHz. The prevalence of hearing loss at PTA (0.5, 1, 2, and 4) was determined using the American ISO-1999 Method, the most popular method for calculating material impairment of hearing to assess the risk of NIHL. The study was interested in prevalence of hearing loss at PTA (0.5, 1, 2, and 4) because understanding speech is the most critical function of human hearing.

Lastly, the extent of hearing loss was then assessed using the grading system proposed by the World Health Organization (WHO): less than 25 dB (normal), 25–40 dB (slight), 41–60 dB (moderate), 61–80 dB (severe), and above 80 dB (extreme).

Data were analyzed using SPSS (version 13.0). Descriptive statistics, means and standard deviations were calculated to describe central tendencies in each of the groups. T-test for independent samples was used to evaluate the differences between mean of the groups, and between right and left ears in each group. Regression analysis was performed to study the effect of noise and age on hearing loss and the interaction between them.

Audiometric examination belong to 411 mine workers were divided into 10 different occupational groups as transportation crew, drilling operator, shaft crane and signal crew, mechanization and press, pumper, compresor and fan operator, carpenter and mining machine plant workers.

There was a statistically significant difference in the mean HTLs between the left and the right ears at all test frequencies. The left ear showed significantly poorer hearing at frequencies of 2–8 kHz and had slightly better hearing at 1 kHz than the right ear ($p < 0.05$). The differences of the mean HTLs between the two ears are clearly bigger in higher frequencies (3–8 kHz), most notably at 3, 4, and 6 kHz, than in lower frequencies (0.5–2 kHz). Mean differences between the left and the right ears for frequencies lower than 2 kHz were smaller than 2 dB and up to about 3.5 dB, the largest HTLs differences at 4 kHz. In both ears, 6 - 8 kHz had the greatest mean HTL, compared with the other tested frequencies.

Prevalence of hearing loss dramatically increases at the higher frequencies (from 3 kHz). Mean HTLs steadily increase as frequency increases in both ears and the worst ear, dramatically increased at 3 kHz and flattened at 4, 6, and 8 kHz. The mean HTLs in the higher frequency range from 4 to 8 kHz increased up to 36.2 – 53.5 dB. The means of HTLs for the left and the right ears at 4 kHz varied from 33.6 – 50.1 dB and 33.9 – 48.7 dB respectively. The means of HTLs for all occupational groups at all test frequencies were grater than HTL of 25 dB. Mean HTLs generally were changed between 25 – 40 dB (slight). In some occupational groups mean HTLs were changed between 40 – 60 dB (moderate). The results of this study shows that increasing the workers age, the mean HTLs increased.

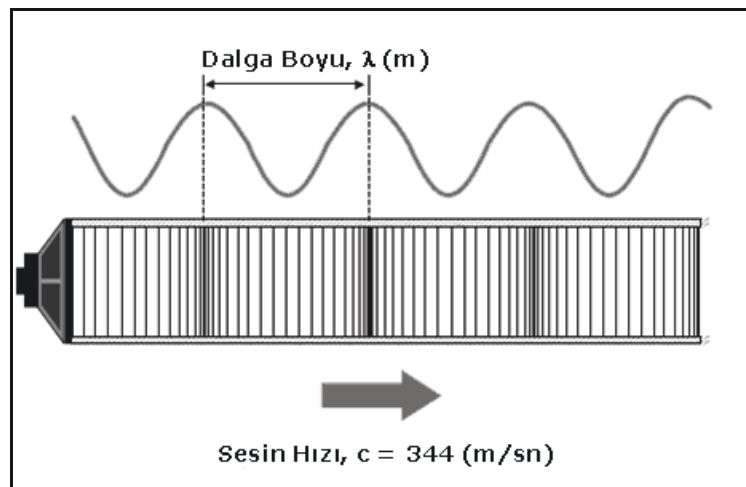
The results of regression analysis showed that there were a relation between the hearing threshold level at 0.5, 1, 2, and 4 kHz and the workers age ($p < 0.001$). This indicates that as workers age increased, the mean of the measured hearing threshold values increased too. The effect of noise on hearing was also statistically significant ($p < 0.001$). This means that at every frequency tested the exposed subjects had worse measured hearing threshold values than the non-exposed subjects regardless of age.

1. AKUSTİKLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER

1.1. Sesin Fiziksel Özellikleri

Ses nesnel (fiziksel) ve öznel (fizyolojik) olmak üzere iki açıdan tanımlanabilir. Fiziksel olarak ses, elastik ortam (katı, sıvı, gaz) içinde bir titreşim kaynağı tarafından meydana getirilen basınç salınımları veya değişimleri sonucu ortam partiküllerinin yer değiştirmesidir. Fizyolojik bakımdan ise ses, bir titreşim kaynağı tarafından elastik ortam içinde meydana getirilen basınç değişimlerinin duyu organı tarafından algılanmasıdır (Hansen, 2001, Barron, 2003, Baranek, 1992, Barber, 1992, Norton, 1989, Özgüven, 1986, Pelton, 1993).

Ses, elastik ortam içinde bir dizi basınç sıkışması ve genişmesini içeren boyuna dalgalar şeklinde yayılmaktadır. Ses dalgası, bir ortamda yayılırken; ortamın parçacıkları, dalganın hareket doğrultusu boyunca yoğunluk ve hacim değişiklikleri üreterek titreşir. Ses dalgaları şeklinde ortaya çıkan yer değiştirmeler, denge konumundan itibaren her bir molekülün boyuna yer değiştirmesini gerektirir (Hansen, 2001, Barron, 2003, Baranek, 1992, Barber, 1992, Norton, 1989, Özgüven, 1986, Pelton, 1993). Bu sıkışma ve genişleme yüksek ve alçak basınç bölgelerinin oluşumuna yol açar. Şekil 1.1’de bir ses dalgasının elastik bir ortam içinde ilerlemesi şematik olarak gösterilmiştir.

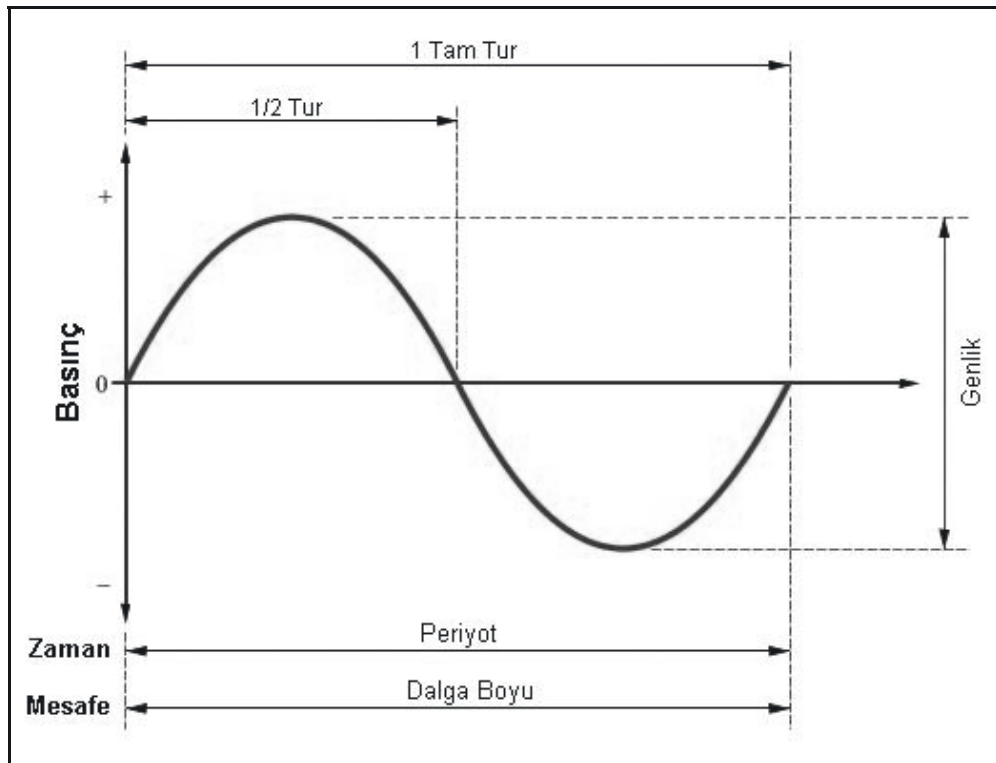


Şekil 1.1: Bir ses dalgasının oluşumu.

Ses dalgaları veya daha genel olarak bir dalga hareketi genlik, frekans, dalga boyu ve hız parametreleri ile karakterize edilmektedir.

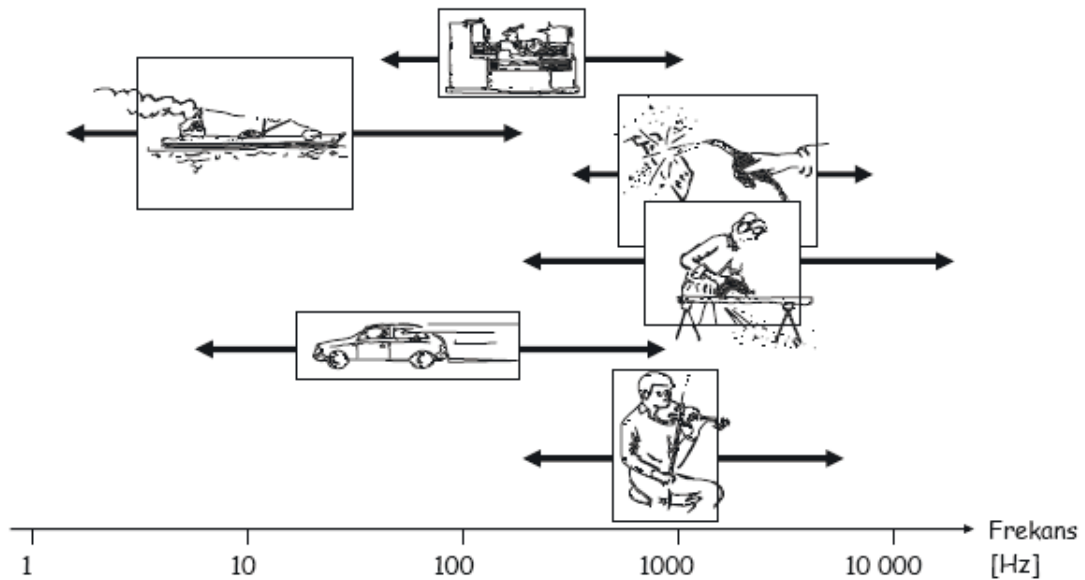
1.1.1. Genlik

Genlik, ses dalgalarının dikey büyüklüğünün bir ölçüsüdür. Ses dalgalarını oluşturan sıkışma ve genleşmeler arasındaki fark (Şekil 1.2), dalgaların genliğini belirler. Ses dalgaları havada veya başka bir elastik ortamda titreşen partiküller tarafından üretilir. Bir dalga hareketinde ilerleyen elastik ortamın partikülleri değil, dalganın enerjisidir (IPPC, 2002, Jacobsen et.al., 2006, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Cheremisinoff, 1996, Cunniff, 1977, Leech and Squires, 1999, Liu and Roberts, 1999, Pathak, 1996, Sataloff and Sataloff, 2006). Örneğin titreştirilen bir gitar teli, yaptığı periyodik salınım hareketi ile, hava moleküllerinin belli bir frekansta sıkışmasını ve genleşmesini sağlar. Bu şekilde teldeki enerji havaya iletilmiş olur. Enerjinin miktarı, teldeki titreşimin genliğine bağlıdır. Eğer tele fazla enerji yüklenirse, tel daha büyük bir genlikle titreşir. Teldeki titreşim genliği ne kadar fazla ise ortam tanecikleri tarafından taşınan enerji de o kadar fazladır. Enerji ne kadar fazla ise sesin şiddeti de o kadar büyük olacaktır. Bu ifadeler, titreşen tüm cisimler için geçerlidir.



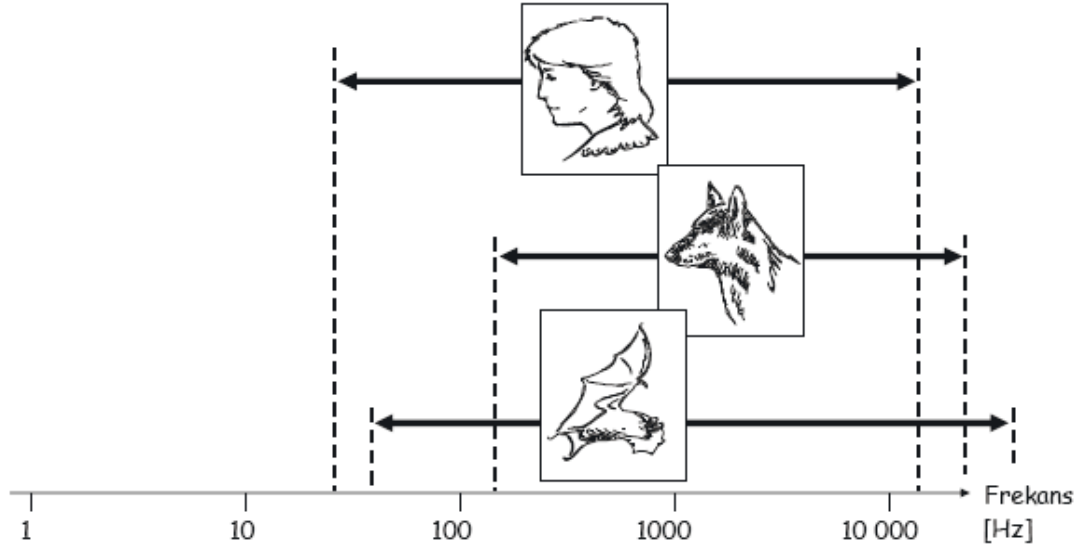
Şekil 1.2: Bir ses dalgasının elastik ortamdaki tam turu.

Frekans, periyodik bir olayın tekrar etme hızıdır (Barber, 1992). Ses frekansı birim zamanda bir titreşim kaynağı tarafından havada meydana getirilen titreşimlerin sayısı olarak tanımlanmaktadır (Baranek, 1992). Titreşim sayısı artıkça frekans da artar. Frekans birimi Hertz olup (Hz) simgesi ile gösterilir. Yüksek frekans değerleri için Hertz'in bin katı olan 'kilohertz' (kHz) birimi kullanılır (IPPC, 2002, Jacobsen et.al., 2006, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Cheremisinoff, 1996, Cunniff, 1977, Leech and Squires, 1999, Liu and Roberts, 1999, Pathak, 1996). Şekil 1.3'de çeşitli ses kaynaklarının frekans aralığı verilmiştir .



Şekil 1.3: Çeşitli ses kaynaklarının frekans aralığı (Brüel and Kjaer, 1998b).

Duyuma yeteneği kişiden kişiye göre büyük değişimler göstermekle birlikte, sağlıklı ve genç bir insan kulağı 20 Hz ile 20 kHz arasındaki frekanslara sahip sesleri duyabilmektedir. Bu bölgeye "İşitilebilir Frekans Aralığı" denir. 1 ile 20 Hz frekans aralığı "İnfrasonik Frekanslar" olarak adlandırılır. Duyulamazlar fakat titreşimler şeklinde hissedilebilirler. 20.000 – 40.000 Hz frekans aralığı "Ultrasonik Frekanslar" olarak adlandırılır (Barron, 2003). şekil 1.4'de farklı canlılar için işitilebilir frekans aralığı verilmiştir. Yaş arttıķa insan duyma yeteneği yüksek frekanslarda göreceli olarak azalmaktadır. Yüksek seviyede seslere maruz kalındığı zaman duyma yeteneği bundan olumsuz etkilenmekte ve düşük ses seviyelerini algılama duyarlılığı azalmaktadır (Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001).



Şekil 1.4: İşitilebilir frekans aralığı (Brüel and Kjaer, 1998b).

İki sıkışma veya iki gevşeme bölgesi arasındaki uzaklığa dalga boyu denir, λ ile gösterilir ve birimi metredir. Frekans ile dalga boyu ters orantılıdır. Sesin dalga boyu 20 - 10.000 Hz frekans aralığında 17 m - 25 mm arasında değişmektedir. İki sıkışma (maks. basınç) veya iki gevşeme (min. basınç) bölgesi arasındaki zaman süresine ya da bir titreşim için geçen süreye ise periyot denir, birimi saniyedir (IPPC, 2002, Jacobsen et.al., 2006, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Cheremisinoff, 1996, Cunniff, 1977, Leech and Squires, 1999, Liu and Roberts, 1999, Pathak, 1996).

1.1.3. Ses Hızı

Ses dalgasının hızı, bir titreşim kaynağı tarafından oluşturulan alçak ve yüksek basınç bölgelerinin kaynaktan uzaklaşması olarak tanımlanabilir (Barron, 2003, Hansen, 2001). Ses hızı ile frekans ve dalga boyu arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikteki gibidir.

$$c = f \cdot \lambda \quad (1.1)$$

Burada;

c : Ses hızı (m/s)

f : Frekans (Hz)

λ : Dalga boyu (m)

Sesin havadaki hızı sıcaklık, basınç ve nem içeriğine bağlı olarak az da olsa değişebilir. 20 °C sıcaklık ve 1 atmosfer basınç altındaki ses hızı yaklaşık 344 m/s'

dir (Barron, 2003, Hansen, 2001). Diğer sıcaklıklar için ses hızı Eşitlik (1.2) kullanılarak hesaplanabilir.

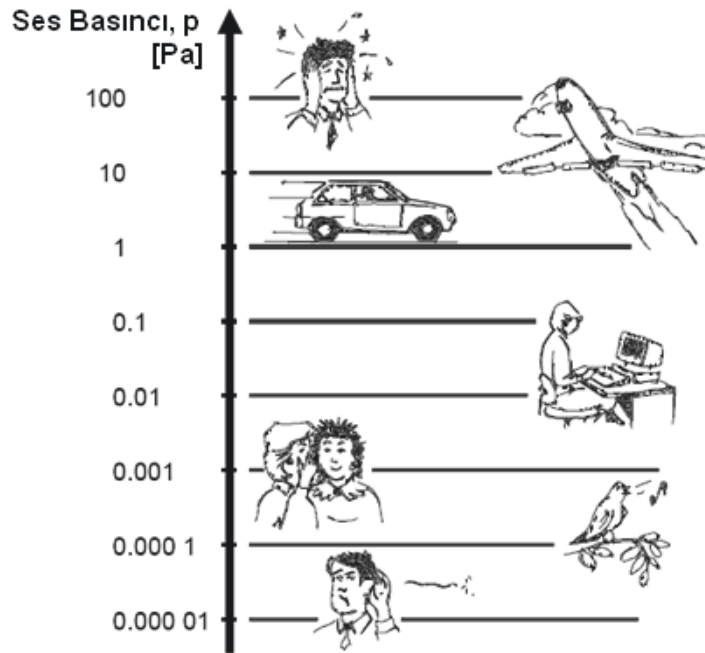
$$c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}} \quad (\text{m/s}) \quad (1.2)$$

Burada;

- γ : Spesifik ısı oranı (hava için bu oran 1,402'dir.)
- R : Spesifik gaz sabiti (gazlar için 287 J/kg.K)
- T : Sıcaklık ($^{\circ}\text{K}$)
- M : Moleküler ağırlık (hava için 0.029 kg/mol).

1.1.4. Ses Basıncı

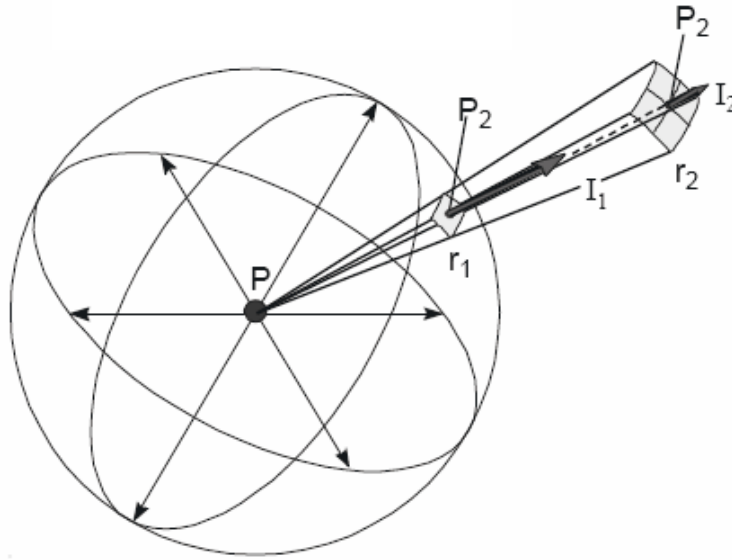
Ses titreşimlerinin atmosfer basıncında meydana getirdiği değişimlere akustik basınç ya da ses basıncı denir. Simgesi “ P ” birimi ise Paskal “Pa”dır. Statik atmosfer basıncı ile karşılaştırıldığında işitilebilir ses basıncı çok küçüktür ve 20 μPa (10^{-6} Pa) ile 100 Pa arasındadır. Genç ve sağlıklı bir insan kulağı 20 μPa civarındaki ses basıncını algılayabilir ve bu değere duyma eşiği denir (Şekil. 1.5). 100 Pascal’lık ses basıncı ise acı duyma eşiğidir (Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Özgüven, 1986, IPPC, 2002, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Cheremisinoff, 1996, Pathak, 1996).



Şekil 1.5: İşitilebilir ses basınç aralığı (Brüel and Kjaer, 1998a).

1.1.5. Ses Şiddeti

Bir noktasal kaynaktan yayılan ses dalgası, serbest alanda küresel olarak yayılır. Ses alanı içinde bir noktada, belirli bir doğrultudaki birim alandan geçen ortalama ses enerjisi miktarına "Ses Şiddeti" denir (Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Özgüven, 1986, IPPC, 2002, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Cheremisinoff, 1996, Pathak, 1996). Birimi watt/m²'dir. Ses şiddeti bir ses kaynağı tarafından havaya yayılan toplam ses enerjisini göstermesi ve bir noktadaki ses basıncı ile ilişkili olması bakımından önemlidir. Ses şiddeti vektörel bir büyüklüktür ve uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır (Şekil 1.6).



Şekil 1.6: Serbest alanda bir noktadaki ses şiddeti.

Serbest alanda bir noktadaki ses şiddeti, kaynağın ses gücü ile noktanın kaynağa uzaklığına bağlı olup aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$I = \frac{W}{4\pi.r^2} = \frac{P^2}{\rho.c} \quad (1.3)$$

Burada;

- I : Ses şiddeti (watt/m²)
- W : Kaynağın ses gücü (watt)
- P : Ses basıncı (Pa)
- ρ : Ortamın yoğunluğu (kg/m³)
- c : Sesin yayılma hızı (m/s)
- r : Kaynaktan uzaklık (m)

1.1.6. Ses Gücü

Bir ses kaynağının birim zamanda oluşturduğu ses enerjisi miktarına kaynağın “Ses Gücü” denir. Bir başka ifadeyle ses gücü, akustik enerjinin yayılma hızı olarak da tanımlanabilir. Ses gücü birimi Watt’dır. Ses gücü, bir ses kaynağının ne kadar akustik enerji üreteceğinin temel ölçüsüdür ve kaynağın bulunduğu çevreden bağımsızdır (Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Özgüven, 1986, IPPC, 2002, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Cheremisinoff, 1996, Pathak, 1996). Ses basıncı ise ses gücünün bir etkisidir. Ses basıncı ile ses gücü arasındaki ilişki ısı ile ısı derecesi arasındaki ilişki gibidir (Brüel and Kjaer, 1998a). Bir noktadaki ses basıncı sadece kaynağın ses gücüne bağlı değil, aynı zamanda kaynak ile ölçüm noktası arasındaki uzaklığa, ölçüm yapılan yerde ses yutucu veya yansıtıcı malzemelerin varlığı gibi çevresel faktörlere de bağlıdır. Ses şiddeti ve ses basıncı uygun ölçüm cihazları ile doğrudan ölçülebilmekte, ses gücü ise bu ölçülen değerlerden hareketle hesaplanmaktadır. Küresel bir ses kaynağının ses gücü Eşitlik (1.4) ile bulunabilir.

$$W = 4\pi.r^2.I \quad (1.4)$$

Burada;

W : Kaynağın ses gücü (watt)

I : Kaynağın ses şiddeti (watt/m²)

r : Küresel kaynağın merkezinden yüzeye olan uzaklık (m)

Ses gücü parametresinin belirlenmesi gürültü seviyelerinin tahmini ve gürültü kontrol ölçümlerinin değerlendirilmesi bakımından çok önemlidir. Ses gücü miktarları; kısık sesle konuşma sırasında 0,0000001 W, bir kamyon kornasında 0,1 W ve bir turbo jet motorunda ise 100 W’dır.

1.2. Desibel Skalası ve Ses Düzey Parametreleri

1.2.1. Desibel Skalası

İlk kez elektrik mühendisliği alanında kullanılan desibel, bir oranı veya göreceli bir değeri gösterir. Alexander Graham Bell’in anısına bel adı verilen bu birim, iki büyüklüğün oranının logaritması olarak tanımlanmaktadır (Özgüven, 1986, Norton, 1989). 1 bel oranları 10 olan iki büyüklüğü göstermektedir. Bu oranın çok büyük

olmasından dolayı bel' in onda biri olan desibel daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayılardan biri bilinen bir sayı olarak alındığından, desibel söz konusu bir büyüklüğün referans büyüklüğüne oranının logaritmasının 10 katı olarak da tanımlanabilir. Bu nedenle desibel (dB) ile ölçülen büyüklüklere düzey denmektedir.

İnsan duyu organı çok hassas bir sistemdir ve 20 μ Pa – 20 Pa arasındaki ses basınçlarını algılayabilmektedir. Böyle geniş bir aralıkta çalışmak çeşitli zorlukları da beraberinde getirmektedir. Doğrusal bir ölçek yerine logaritmik bir ölçek kullanılmasından dolayı alt ve üst sınır değerleri arasında büyük farklar olan ses ölçümleri için desibel biriminin kullanılması çok uygundur. Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü ve Uluslararası Standartlar Organizasyonu ses basıncı, ses gücü ve ses şiddeti parametrelerinin desibel olarak ölçümlerinin yapılabilmesi için referans değerleri aşağıdaki gibi belirlemiştir (Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Özgüven, 1986, IPPC, 2002, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Cheremisinoff, 1996, Pathak, 1996).

- P_{ref} : 2×10^{-5} Pa
- W_{ref} : 10^{-12} Watt
- I_{ref} : 10^{-12} Watt / m²

1.2.2. Ses Basıncı Düzeyi

Ses basıncının Paskal biriminden desibel birimine dönüştürülmesiyle elde edilen büyüklüğe ses basınç seviyesi denir. Ses basınç seviyesi Eşitlik (1.5) yardımıyla hesaplanabilir (Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Özgüven, 1986, IPPC, 2002, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Cheremisinoff, 1996, Pathak, 1996).

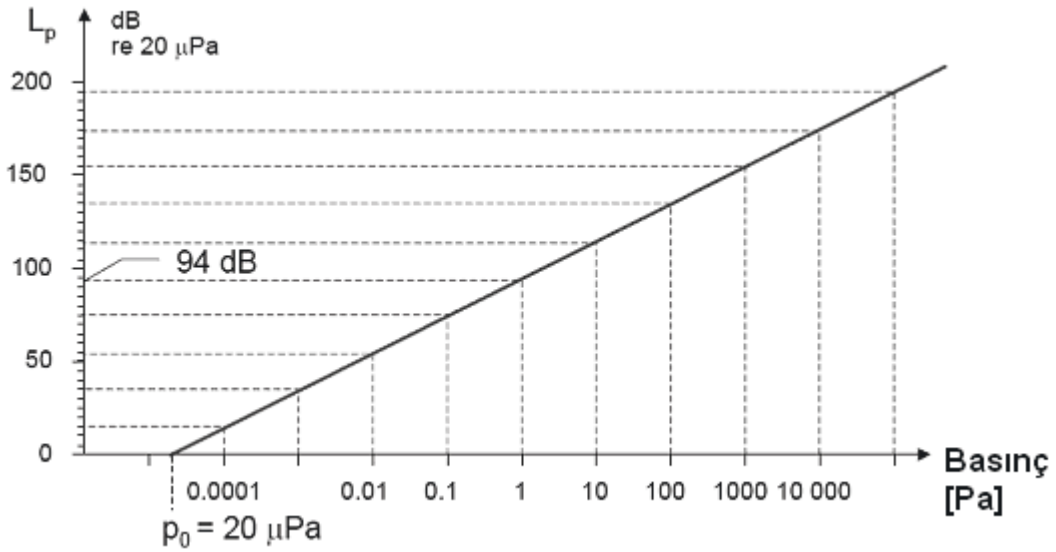
$$L_p = 10 \log \left[\frac{P_1}{P_0} \right]^2 = 20 \log \left[\frac{P_1}{P_0} \right] \quad (1.5)$$

Burada;

- L_p : Ses basınç düzeyi (dB),
- P_1 : Ses basıncı (Pa),
- P_0 : Referans ses basıncı (2×10^{-5} Pa)'dır.

Düzeyleri belirlemede kullanılan desibel ölçeği ise duyma eşiği (20 μ Pa) ile ağrı eşiği (100 Pa) arasındaki büyük değer farkını, kullanım açısından basit, yararlı ve uygulama kolaylığı getiren 0 dB ile 140 dB aralığına dönüştürmektedir (Şekil 1.7). Ses basınç düzeyi, ortam koşullarına, ölçüm konumuna ve ses kaynağından uzaklığa

bağılı olarak değişebilmektedir. Ses basıncının iki kat artması, ses basıncı düzeyinde 6 dB artışa neden olacaktır.



Şekil 1.7: Ses basıncının ses basınç düzeyine dönüştürülmesi.

1.2.3. Ses Şiddeti Düzeyi

Ses şiddeti düzeyi “ L_I ” Eşitlik (1.6) ile dB cinsinden hesaplanmaktadır.

$$L_I = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (1.6)$$

Uluslararası kabul edilmiş referans ses şiddeti değeri 10^{-12} watt / m², dir (Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, IPPC, 2002, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Cheremisinoff, 1996, Pathak, 1996). Bu değer Eşitlik (1.6)’da yerine koyulduğunda;

$$L_I = 10 \cdot \log(I) + 120 \text{ (dB)} \quad (1.7)$$

eşitliği elde edilir.

1.2.4. Ses Gücü Düzeyi

Ses gücü düzeyi “ L_w ” Eşitlik (1.7) ile dB cinsinden hesaplanmaktadır.

$$L_w = 10 \cdot \log \left(\frac{W}{W_0} \right) \quad (1.8)$$

Uluslararası kabul edilmiş referans ses gücü değeri 10^{-12} watt'dır. Bu değeri Eşitlik (1.8)'de yerine koyulursa;

$$L_w = 10 \cdot \log(W) + 120 \text{ (dB)} \quad (1.9)$$

eşitliği elde edilir.

1.2.5. Ses Basıncı, Ses Şiddeti ve Ses Gücü Arasındaki İlişki

Bir kaynağının ses gücü sabit ve o kaynağa özgü bir parametredir. Makine üreticileri genelde ürettikleri makinelerin ses gücünü belirtmektedirler. Bu tür veriler makine seçiminde ve makine operatörlerinin etkilendikleri gürültü seviyesini belirlemede yararlı olmaktadır.

Eğer bir gürültü kaynağından r mesafe uzaktaki bir noktada ses basınç seviyesi dB cinsinden L_p ise, aynı noktadaki ses şiddeti (I) Eşitlik (1.10) yardımıyla bulunabilir (Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Özgüven, 1986, IPPC, 2002, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Cheremisinoff, 1996, Pathak, 1996).

$$I = 10^{-12} \cdot 10^{L_p / 10} \quad (1.10)$$

r mesafe uzakta bu ses şiddetini sağlayacak makinenin ses gücü ise;

$$W = 4\pi \cdot r^2 \cdot I \quad (1.11)$$

eşitliği ile hesaplanabilir. Aynı noktadaki ses basınç seviyesi ise;

$$L_p = 10 \log \left(\frac{W / 4\pi \cdot r^2}{10^{-12}} \right) = L_w - 20 \log r - 11 \quad (1.12)$$

eşitliği ile bulunabilir.

1.2.6. Ses Düzeylerinin Toplanması

Ses basıncı, ses şiddeti ve ses gücü düzeyleri logaritmik bir ölçek olan desibel ile ifade edildiğinden bunların kendi aralarındaki toplama ve çıkarma türünden işlemlerin de logaritmik olarak yapılması gerekmektedir. Eğer ses basınç düzeyleri aynı olan iki kaynak varsa, kaynaklardan eşit uzaklıktaki bir noktada ses basınç düzeyi, tek bir kaynağın ses basınç düzeyinden 3 dB daha fazla olur (Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001). Şekil 1.8' de gösterilen örneği ele alınırsa;

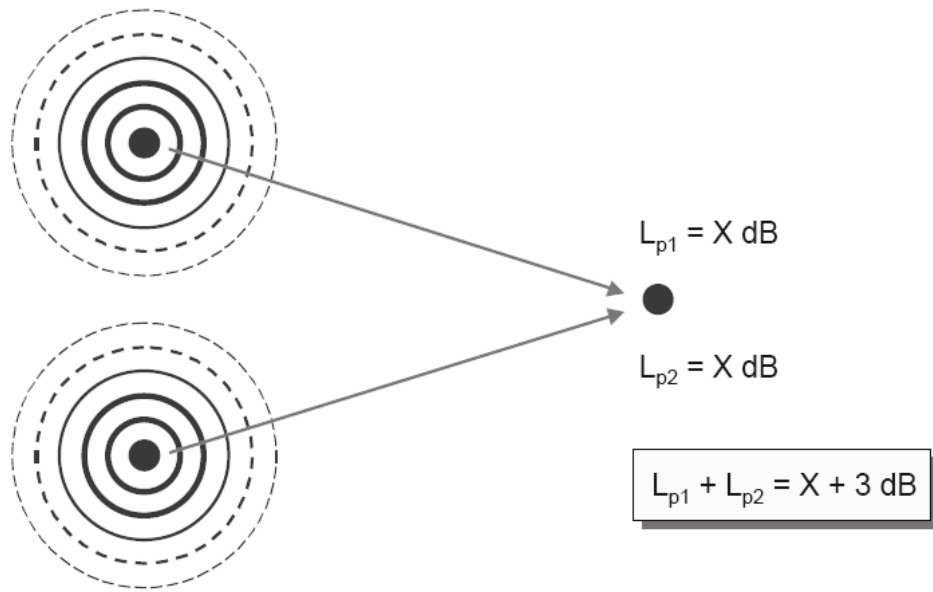
$$L_{P_1} = 80dB = 10 \cdot \log \left[\frac{P_1}{2 \cdot 10^{-5}} \right]^2 \Rightarrow P_1^2 = 0.04 Pa$$

$$L_{P_2} = 80dB = 10 \cdot \log \left[\frac{P_2}{2 \cdot 10^{-5}} \right]^2 \Rightarrow P_2^2 = 0.04 Pa$$

$$P_T^2 = P_1^2 + P_2^2 = 0.04 + 0.04 = 0.08$$

$$L_{P_T} = 10 \cdot \log \frac{0.08}{(2 \cdot 10^{-5})^2} = 83 dB$$

olarak bulunur.



Şekil 1.8: Ses düzeylerinin toplanması (Brüel and Kjaer, 1998a).

Kaynakların ses basınç düzeyleri farklı ise toplam ses basınç düzeyi yine yukarıda anlatılan örnekteki gibi bulunabilir. Bu konuda daha basit olan bir yöntem de Şekil 1.9’ da verilen eğrinin kullanılmasıdır. Bu eğrinin kullanılması için önce iki kaynağın ses basınç düzeyleri arasındaki fark bulunur. Bu farka karşılık gelen ilave değer eğriden okunduktan sonra, en büyük ses basınç düzeyine eklenerek toplam ses basınç seviyesi belirlenir. Eğer iki ses kaynağının ses basınç düzeyleri arasındaki fark 10 dB’den büyükse, ses basınç düzeyi küçük olan kaynağın etkisi ihmal edilebilir (Brüel and Kjaer, 1998a).

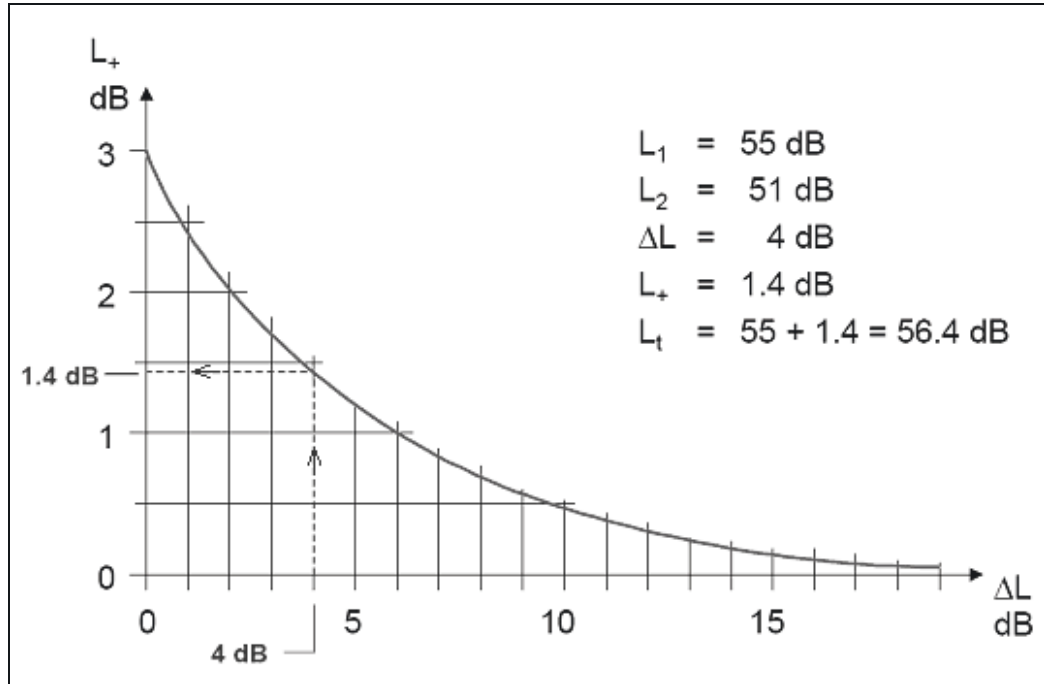
İkiden fazla (n tane) farklı ses basınç düzeylerine sahip kaynağın olması durumunda, toplam ses basınç düzeyi Eşitlik (1.13) ile kolayca hesaplanabilir.

$$L_{PT} = 10 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{L_{Pi}/10} \right) \quad (1.13)$$

Burada;

L_{PT} : Toplam ses basınç düzeyi (dB)

L_{Pi} : i. Kaynağın ses basınç düzeyi (dB)



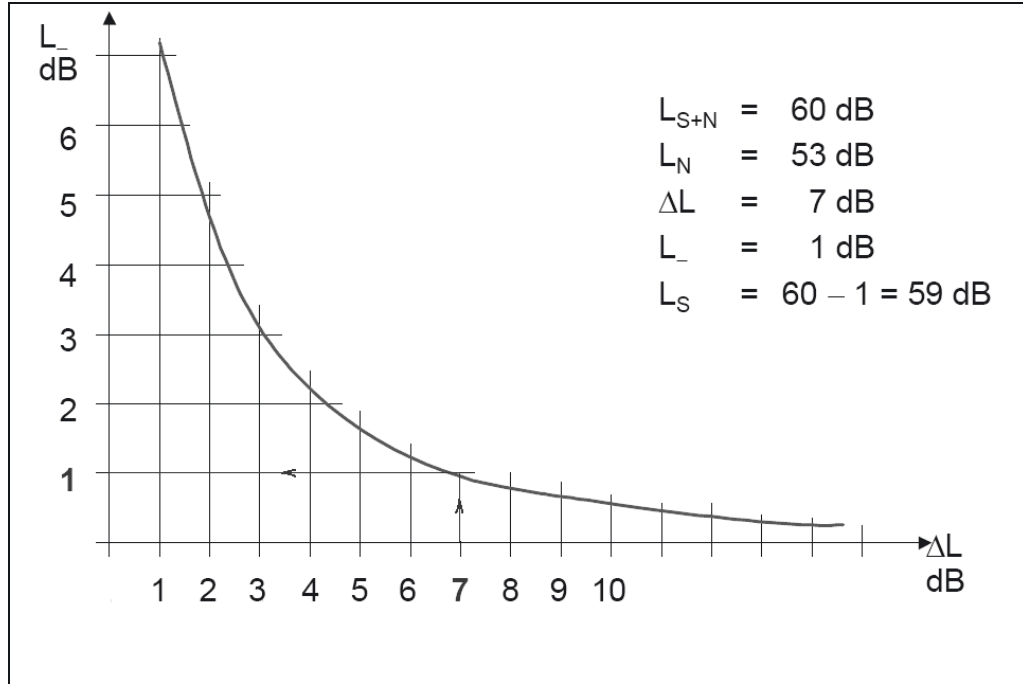
Şekil 1.9: Ses düzeylerinin toplanması (Brüel and Kjaer, 1998a).

1.2.6. Ses Düzeylerinin Çıkarılması

Bazı durumlarda ses düzeylerinin çıkarılması gerekebilir. Örneğin bir makinenin ses düzeyinin belirlenmesi durumunda makine yakınında yapılacak ses ölçümünde elde edilecek değer sadece makinenin ses düzeyi olmayacaktır. Bu değer arka plan ses düzeyi ile makinenin ses düzeyinin toplamıdır. Böylesi durumlarda makinenin ses düzeyini tespit edebilmek için, toplam değerden arka plan ses düzeyinin çıkarılması gerekir. Arka plan ses düzeyi ise makine kapatılarak yapılacak ölçüm ile belirlenir. Daha sonra Şekil 1.10' da verilen eğri kullanılarak makinenin ses düzeyi belirlenmiş olur.

Eğer iki ses düzeyi arasındaki fark 3 dB' den az ise arka plan ses düzeyi çok yüksek demektir ve bu ses düzeyi azaltılana kadar doğru ölçüm yapmak çok zordur. Eğer fark 10 dB'den büyükse arka plan ses düzeyi ihmal edilebilir ve toplam ses düzeyi makinenin ses düzeyi olarak kabul edilir. Eğer fark 3 ile 10 dB arasında ise aradaki

farka karşı gelen değer grafikten elde edilerek toplam ses düzeyinden çıkarılır ve makinenin ses düzeyi bulunur (Brüel and Kjaer, 1998a).



Şekil 1.10: Ses düzeylerinin çıkarılması (Brüel and Kjaer, 1998a).

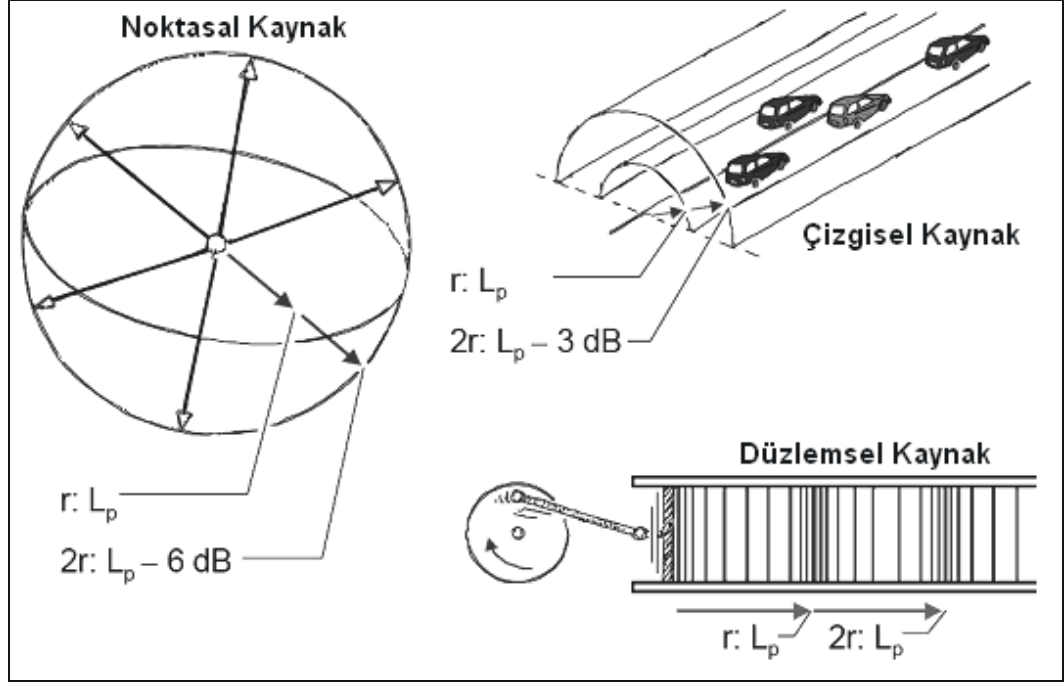
1.3. Sesin Yayılması

1.3.1. Ses Kaynakları

Ses kaynakları noktasal, çizgisel ve düzlemsel olmak üzere üçe ayrılır (Şekil 1.11). Kaynaktan uzaklık iki katına çıktığında ses basıncı yarıya düşüyor veya ses basınç düzeyi 6 dB azalıyorsa, ses kaynağı noktasaldır (Brüel and Kjaer, 1998a). Endüstride kullanılan makinelerin hemen hepsi noktasal ses kaynaklarıdır.

Bir diğer ses kaynağı türü ise çizgisel kaynaktır. Akışkan madde taşıyan bir boru hattı veya trafik yoğunluğu yüksek olan bir yol çizgisel kaynağa örnek olarak verilebilir. Bu tür ses kaynaklarında ses basınç düzeyi, uzaklık iki katına çıktığında 3 dB azalır (Brüel and Kjaer, 1998a).

Üçüncü tip ses kaynakları çok nadiren rastlanan düzlemsel kaynaklardır. Pistonlu bir silindirin çalışması bu türe örnek olarak verilebilir. Düzlemsel kaynaklarda ses basınç düzeyi uzaklıkla değişmez, sabittir. Çünkü pistonun hareketi ile oluşan ses enerjisinin silindir içinde herhangi bir kayba uğramadan ilerlediği kabul edilir. Bir başka ifade ile silindir içindeki her noktada ses şiddeti aynıdır (Brüel and Kjaer, 1998a)

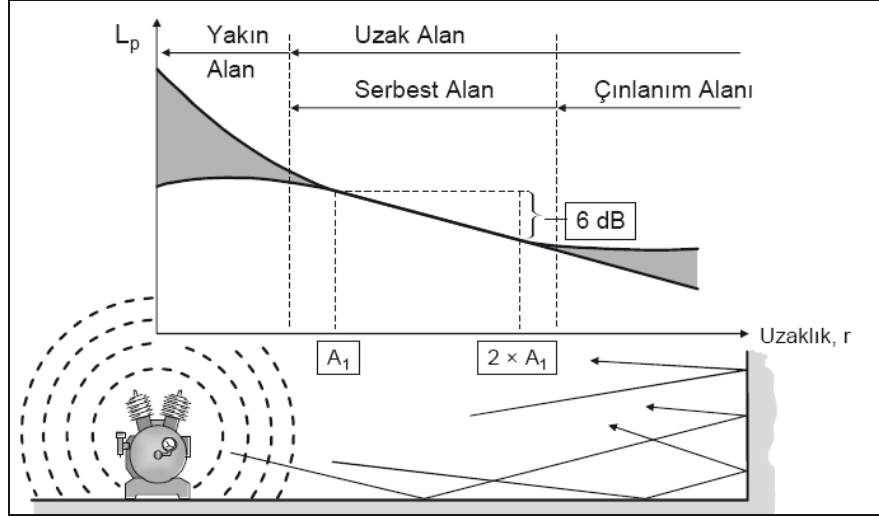


Şekil 1.11: Nokta, çizgisel ve düzlemsel ses kaynakları (Brüel and Kjaer, 1998a).

1.3.2. Ses Alanları

Pratikte herhangi bir ses kaynağının etrafında Şekil 1.12’de verildiği gibi yakın alan, uzak alan, serbest alan ve yankılanım alanı olmak üzere 4 çeşit ses alanı olduğu kabul edilir (Brüel and Kjaer, 1998a).

Yakın alan, kaynağın çok yakınında bulunan, uzaklığın çok az değişmesi durumunda bile ses basınç düzeyinde büyük farklılıkların meydana geldiği alandır. Bu alan kaynaktan yayılan en düşük frekanslı sesin dalga boyu kadar veya kaynağın en uzun boyutunun iki katı kadar bir alanı kapsamaktadır. Bu bölgede ses ölçümleri yapmaktan kaçınılmalıdır.

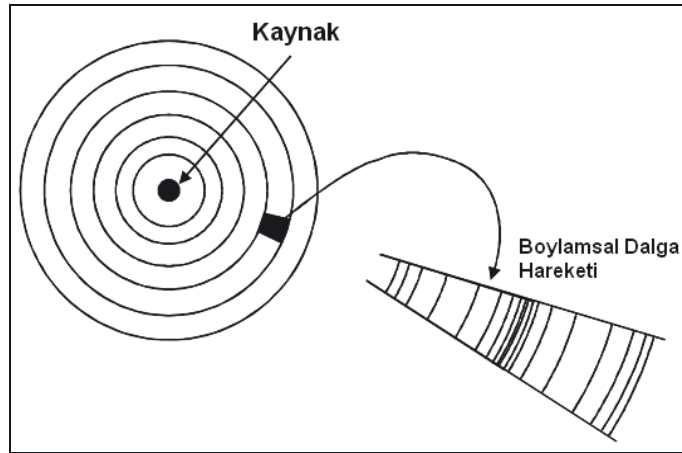


Şekil 1.12: Ses alanları (Brüel and Kjaer, 1998a).

Uzak alan ise serbest ve yankılanım alanları olmak üzere iki bölgede incelenebilir. Serbest alanda ses dalgaları, yayılmasını etkileyecek herhangi bir yansıtıcı veya yutucu yüzeylerle karşılaşmadan ilerler. Bu bölgede ses düzeyi, kaynağa olan mesafe iki katına çıktığında 6 dB azalma göstermektedir. Yankılanım alanında duvarlar veya çevredeki objelerden gelen yansımalar kaynaktan gelen ses düzeyi kadar kuvvetli olabilmektedir (Brüel and Kjaer, 1998a).

1.3.3. Serbest Alanda Sesin Yayılması

Serbest alan, herhangi bir yansıtıcı veya yutucu yüzeyin bulunmadığı homojen bir ortamdır. Ses dalgaları serbest alan içinde bütün yönlerde eşit olarak ve 344 m/s hızla yayılır (Şekil 1.13). Bu tip yayılma ses dalgalarının küresel yayılması olarak da adlandırılır (Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Brüel and Kjaer, 1993, Cheremisinoff, 1996)



Şekil 1.13: Ses dalgalarının serbest alanda yayılması (Hansen, 2001)

Serbest alan içinde bulunan bir kaynaktan “r” mesafe uzaktaki bir noktada ses basıncı, ses şiddeti ve ses gücü arasındaki ilişki Eşitlik (1.14)’de verilmiştir.

$$P^2 = \rho \cdot c \cdot I = \frac{\rho \cdot c \cdot W}{4 \pi \cdot r^2} \quad (1.14)$$

Burada;

- P : Ses basıncı (Pa)
- I : Ses şiddeti (watt / m²)
- W : Ses gücü (watt)
- r : Ses kaynağından uzaklık (m)’dir.

Kaynağın ses gücü düzeyi bilindiği takdirde, kaynaktan “r” mesafe uzaktaki bir noktada ses basınç düzeyi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$L_P = L_W - 10 \log(4 \pi \cdot r^2) \quad (1.15)$$

Kaynağın ses gücü düzeyinin ölçülmesi pratikte pek kolay değildir. Ancak, kaynaktan bir referans mesafe “r_m” kadar uzakta ses basınç düzeyi “L_m” ölçülürse, kaynaktan “r” mesafe uzaklıklarda ses basınç düzeyi Eşitlik (1.16)’dan yararlanarak tahmin edilebilir. Referans mesafe “r_m” yakın alanın etkilerinden kaçınmak için 1 m’den büyük olmalıdır.

$$L_P = L_W - 20 \cdot \log\left(\frac{r}{r_m}\right) \quad (1.16)$$

Eşitlik (1.16)’dan da görüleceği gibi, kaynaktan olan uzaklık iki katına çıktığı zaman ses basınç düzeyinde 6 dB’lik azalma meydana gelmektedir. Ancak, gerçekte tam serbest alan koşulları ile karşılaşmak pek mümkün değildir. Bu nedenle Eşitlik (1.16) yansıtıcı veya yutucu yüzeylerin özelliklerini de dikkate alarak yeniden düzenlenmelidir. Bu ise kaynağın yönler göre ses yayma özelliklerini karakterize eden yönelme faktörü ile yapılmaktadır (Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Brüel and Kjaer, 1993, Cheremisinoff, 1996).

1.3.4. Yönelme İndeksi

Serbest alan içindeki noktasal bir kaynaktan ses bütün yönlerde üniform bir şekilde yayılmaktadır. Fakat serbest alan koşullarının tam olarak sağlanması çok zordur ve

yansımalar nedeniyle bazı yönlerdeki ses yayılımı diğer yönlerden daha büyük olabilmektedir.

Bir ses kaynağının yönelim özellikleri, ses şiddetinin açısal bağımlılığı olarak tanımlanan yönelme faktörü ile belirlenmektedir (Crocker et.al., 1982, Hassall et.al., 1979, Irwin et.al., 1979, Rainsford, 1982, Green, 1986, Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Brüel and Kjaer, 1984, Cheremisinoff, 1996). Küresel bir yüzey üzerindeki ortalama ses şiddeti (I_{av}) Eşitlik (1.17) ile hesaplanır.

$$I_{av} = \frac{W}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \quad (1.17)$$

Yönelme faktörü (Q) ise açısal ses şiddeti (I_θ) ve ortalama ses şiddetine (I_{av}) bağlı olarak aşağıdaki eşitlikle belirlenmektedir.

$$Q = \frac{I_\theta}{I_{av}} \quad (1.18)$$

Yönelme faktörüne bağlı olarak “Yönelme İndeksi (DI)” ise Eşitlik (1.19)’daki gibidir.

$$DI = 10 \cdot \log(Q) \quad (1.19)$$

Bir ses kaynağının yakınında yansıtıcı bir yüzeyin bulunması sesin yayılmasını ve kaynağın yönelim özelliklerini etkilemektedir. Benzer şekilde alıcının yakınında yansıtıcı bir yüzeyin bulunması da sesin alıcı tarafından algılanmasını etkiler. Genel olarak yansıtıcı yüzey sadece kaynağın yönelim özelliklerini etkilemekle kalmaz aynı zamanda kaynak tarafından yayılan toplam enerjiyi de etkilemektedir. Bu tür karmaşık durumda problemleri çözebilmek için yansıtıcı yüzeylerin ses kaynağının gücüne etkisinin olmadığı kabul edilmektedir. Yakınında yansıtıcı yüzey bulunan bir ses kaynağının ses gücü, yönelme faktörü de dikkate alınarak Eşitlik (1.20) ile hesaplanmaktadır (Crocker et.al., 1982, Hassall et.al., 1979, Irwin et.al., 1979, Rainsford, 1982, Green, 1986, Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Brüel and Kjaer, 1984, Cheremisinoff, 1996).

$$W = I \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{Q} = P^2 \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{\rho \cdot c \cdot Q} \quad (1.20)$$

Eşitlik ses düzeyleri cinsinden yazılırsa Eşitlik (1.21) elde edilir.

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2}\right) = L_w + 10 \cdot \log\left(\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot r^2}\right) + DI \quad (1.21)$$

Eğer ses kaynağı bir yüzeye yakınsa, ses yüzeyden yansıyacağı için yayılma bir yarım küre şeklinde olacaktır. Kaynağın yakınında iki yüzey olması durumunda yayılma yarıkürenin ½'si, üç yüzey olması halinde ise ¼'ü şeklinde olacaktır. Ses basıncı yansımaların sayısına ve büyüklüğüne bağlıdır. Ses Tablo 1'de görüldüğü üzere bir yönelme faktörüne (Q) ve buna bağlı olarak yönelme indeksine (dB) sahiptir (Crocker et.al., 1982, Hassall et.al., 1979, Irwin et.al., 1979, Rainsford, 1982, Green, 1986, Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Brüel and Kjaer, 1984, Cheremisinoff, 1996).

Tablo 1.1: Yansıtıcı yüzeylerin yakınındaki bir kaynak için “Yönelme Faktörü” ve “Yönelme İndeksi”.

Ses Kaynağının Konumu	Yönelme Faktörü (Q)	Yönelme İndeksi, DI (dB)
Açık Alanda	1	0
Düz bir yüzeyde	2	3
İki düzlemin kesişiminde	4	6
Üç düzlemin kesişiminde	8	9

1.3.5. Yankılanma Alanında Sesin Yayılması

Rüzgar, sıcaklık ve diğer fiziksel etkilerin dışında ses hava içinde, kaynağa bağlı küresel yüzeyler halinde yayılır. Yayılan enerjinin bir bölümü, karşısına çıkan engelin yüzeyine çarpar ve yüzeyin normali ile eşit açı yaparak yansır. Bir bölümü ise engelin yapısına bağlı olarak, çeşitli şekillerde engeli geçerek iletilir. Diğer bir bölümü de engeller tarafından yutulur (Crocker et.al., 1982, Hassall et.al., 1979, Irwin et.al., 1979, Rainsford, 1982, Green, 1986, Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Brüel and Kjaer, 1984, Cheremisinoff, 1996).

Yansıyan, iletilen ve yutulan ses enerjisinin miktarı büyük oranda engelin yapısına bağlıdır ve farklı yüzeyler farklı yansıma, iletme ve yutma özelliklerine sahiptir. Sert, yoğun ve düzgün bir yüzey, gözenekli ve yumuşak bir yüzeye göre daha fazla yansıtma ve daha az yutma özelliğine sahiptir.

Yansıtıcı malzeme ile kaplı bir ortamda yansıyan ses miktarı ne kadar çoksa, bunun toplam ses miktarına katkısı o derece yüksek olacaktır. Yansıtıcı bir ortamda ses kaynağı kapatılsa bile ses bir süre daha duyulmaya devam eder. Bu olaya

yankılanma, olayın meydana geldiği yere ise sesin yankılanma alanı denir. Yankılanma alanındaki ses düzeyi sadece kaynağın ses gücüne bağlı olmayıp, aynı zamanda ortamın boyutlarına ve yüzeylerin absorpsiyon özelliklerine de bağlıdır. Genellikle yüzey malzemelerinin büyük bir bölümünde az da olsa ses absorpsiyon özelliği vardır. Bu nedenle bir çok kapalı alan yarı yankılanmalı olarak düşünülebilir (Crocker et.al., 1982, Hassall et.al., 1979, Irwin et.al., 1979, Rainsford, 1982, Green, 1986, Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Brüel and Kjaer, 1984, Cheremisinoff, 1996).

Ses kaynağının çok yakınında yakınlanma olayının etkisi azdır. Kaynaktan uzaklaştıkça etkisi artar. Kapalı bir alan içindeki ses basınç düzeyi yayılan ve yansıyan sesin bileşimidir. Böyle bir ortamda, ses gücü düzeyi “ L_w ” olan kaynaktan “ r ” mesafe uzaktaki ses basınç düzeyi Eşitlik (1.22) ile bulunabilir.

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \left[\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4 \cdot (1 - \alpha)}{S \cdot \alpha} \right] \quad (1.22)$$

Burada;

α : Tüm yüzeylerin ortalama absorpsiyon katsayısı

S : Yüzeylerin toplam alanı (m^2)

1.3.6. Sesin Yayılmasında Meteorolojik ve Çevresel Faktörlerin Etkisi

Serbest alanda sesin yayılmasında etkili olan faktörler meteorolojik ve çevresel olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir. Meteorolojik faktörler rüzgar, sıcaklık ve havanın yutuculuk etkisidir. Çevresel faktörler ise uzaklık, zemin ve engel faktörlerdir.

1.3.6.1. Meteorolojik Faktörler

Rüzgar hızı ve sıcaklık, zeminin seviyesinden yüksekliğe bağlı olarak değişir, sesin hızının da yükseklikle değişmesine yol açarlar. Rüzgar değişimi ses dalgalarını yukarıya doğru kıvrır, rüzgar üstünde gölge bölgesi meydana gelir. Rüzgar altında ise dalgalar aşağıya doğru kıvrılır, gölge bölgesi oluşmaz. Rüzgarda asimetric bir durum göze çarpar. Rüzgar üstü bölgesindeki 4,5 m/s’lik rüzgar hızında, kaynaktan 150 m mesafede ses düzeyinde 10 dB’lik azalma meydana gelirken, rüzgar altı bölgesinde 10 dB’lik artış oluşmaktadır (Crocker et.al., 1982, Hassall et.al., 1979,

Irwin et.al., 1979, Rainsford, 1982, Green, 1986, Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Brüel and Kjaer, 1984, Cheremisinoff, 1996).

Açık, ılık bir günde, sıcaklık etkisi (sıcak havanın toprağa yakın olmasına bağlı olarak), ses dalgalarının zeminden yukarı doğru kırılmasına neden olur. Açık, ılık bir gecede ise, hava sıcaklığı tersine döner ve ses dalgaları aşağıya doğru kırılarak yayılır. Gece ve gündüz ses düzeyi farklılıkları nedeniyle, kaynaktan 300 metre ve daha fazla uzaklıklarda ses düzeyindeki azalma yaklaşık olarak 10 dB'dir.

Sesin kaynaktan uzak alanlara yayılmasında havanın yutuculuk etkisi önemlidir. Deneysel çalışmalar, havanın yutuculuk etkisinin kent alanlarının arka plan gürültüsü üzerinde 200 Hz ile 2000 Hz frekans aralığında egemen olduğunu göstermişlerdir. Havanın yutuculuğu üzerinde ise sıcaklık, nem miktarı, ses dalgalarının frekansı ve uzaklık etkili olmaktadır. Ses dalgaları havada ilerlerken hava moleküllerinin 20 °C' de ses enerjisini yutma miktarı aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanabilir.

$$A_{atm} = \frac{7,4 \cdot f^2 \cdot r}{\phi} \quad (1.23)$$

Burada;

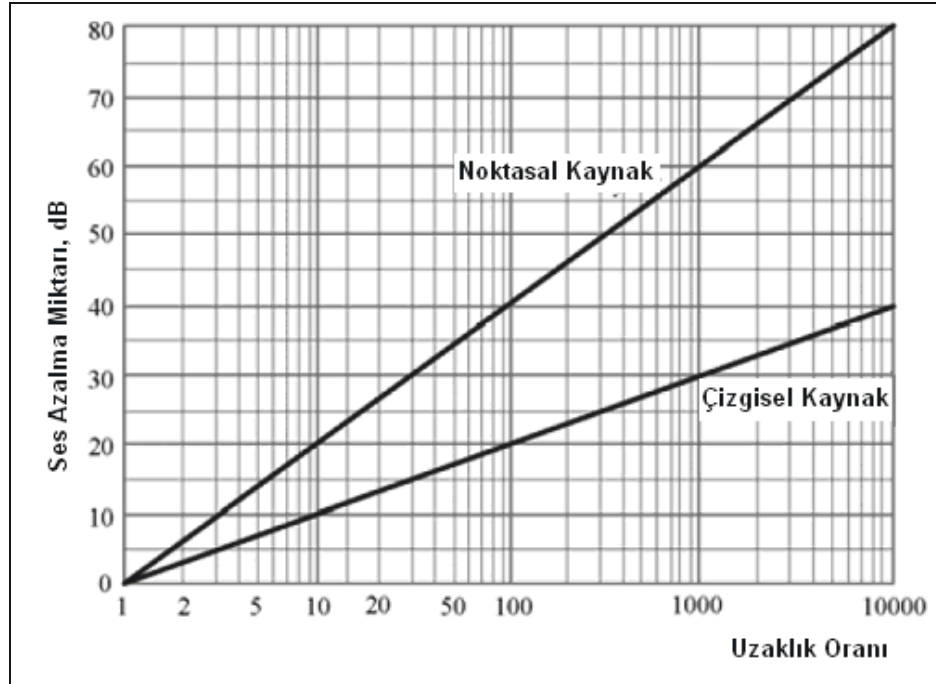
- A_{atm} : Havanın yutma etkisi ile ses basınç düzeyindeki azalma (dB)
- f : İletilen sesin frekansı (Hz)
- r : Kaynaktan olan uzaklık (m)
- ϕ : Havadaki bağıl nem miktarı (%)

Eşitlik (1.23)' den de görüldüğü gibi, yüksek frekanslarda havanın yutma etkisi daha fazla olmaktadır. Bu nedenle düşük frekanslı sesler uzak mesafelere kadar taşınırken, yüksek frekanslı sesler kaynaktan uzaklaştıkça duyulmazlar.

1.3.6.2. Çevresel Faktörler

Ses kaynağından uzakta bulunan bir alıcı noktasına gelen sesin düzeyi, dalga sapması nedeniyle uzaklığın fonksiyonu olarak azalır. Ses kaynağının türüne göre değişim gösteren, frekansa bağlı olmayan, uzaklıktan dolayı meydana gelen ses azalma değeri, çizgisel kaynak için uzaklığın her iki katında 3 dB, noktasal kaynak için ise 6 dB, uçan cisimlerde ise 7 dB olarak saptanmıştır (Crocker et.al., 1982, Hassall et.al., 1979, Irwin et.al., 1979, Rainsford, 1982, Green, 1986, Hansen , 2001, Barron, 2003,

Norton, 1989, Brüel and Kjaer, 1984, Cheremisinoff, 1996). Şekil 1.14’ de kaynak türlerine göre uzaklığa bağlı olarak ses düzeyindeki azalma miktarları verilmiştir.



Şekil 1.14: Uzaklık faktörünün sesin yayılmasına etkisi.

Zemin faktörünün ses yayılımındaki etkisi zeminin türüne, ses kaynağı ve alıcının yerden yüksekliğine ve sesin frekans bileşimine bağlıdır. Eğer bir ses kaynağı zemine çok yakınsa ve kaynak ile alıcı arasında yeterli mesafe varsa ses basınç düzeyinde yaklaşık olarak 12 dB’lik bir azalma meydana gelebilir. Bu nedenle zemin faktörünün ses yayılımına etkisinin kaynak ile alıcı arasındaki uzaklıkla birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Gözeneksiz zeminlerde (örn.. beton veya asfalt) ses basınç düzeyi yansımalarından dolayı artmaktadır. Gözenekli zeminlerde ise düşük frekanslarda bir artış söz konusu iken yüksek frekanslarda azalma meydana gelmektedir. Çünkü düşük frekanslı seslerin dalga boyu büyük olduğu için ses gözeneklere daha az nüfuz etmektedir .

Ses kaynağı ile alıcı arasına bir engel yerleştirilmesi durumunda, engele çarpan ses dalgalarının bir bölümü yansır, bir bölümü de engel tarafından yutulur ve alıcı tarafındaki ses basınç düzeyi azalır. Engelin kenarlarına çarpan ses dalgalarında ise kırılma oluşur.. Bu kırılmalar engelin arka tarafında akustik gölge bölgesinin oluşmasına neden olur. Bir engelin ses azaltma performansını değerlendirmede ses kaynağı ve alıcının engele göre konumları, sahanın geometrisi, sesin frekans bileşimi ve zeminin akustik özellikleri çok önemlidir (Crocker et.al., 1982, Hassall et.al.,

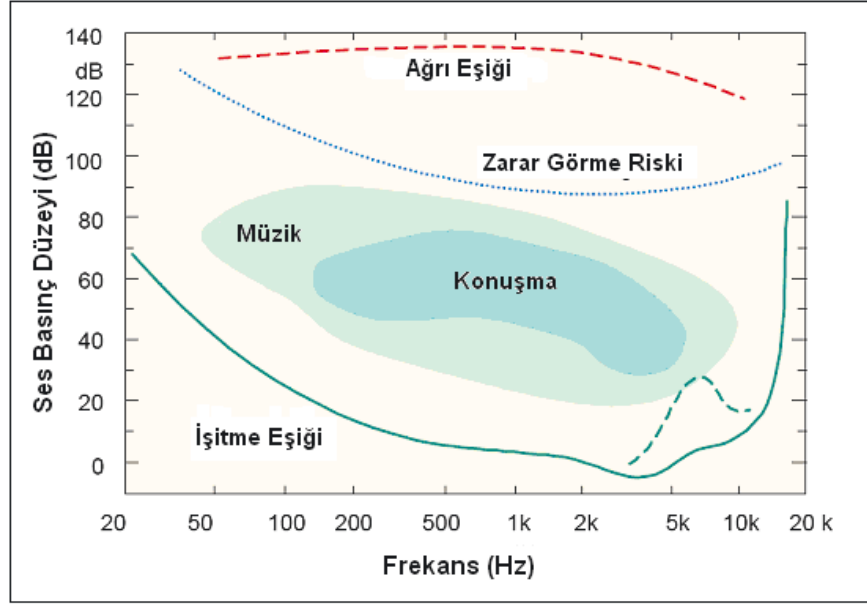
1979, Irwin et.al., 1979, Rainsford, 1982, Green, 1986, Hansen , 2001, Barron, 2003, Norton, 1989, Brüel and Kjaer, 1984, Cheremisinoff, 1996).

1.4. Sesin Fizyolojik Özellikleri

İnsan işitme sisteminin ses ile ilgili yaptığı değerlendirmeler sesin fizyolojik özellikleri olarak tanımlanmaktadır. İşitme sisteminin sese karşı verdiği tepki, sesin frekansına ve ses basınç düzeyine bağlı olarak değişmektedir (Hansen , 2001, Barron, 2003, IPPC, 2002, Jacobsen et.al., 2006, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Leech and Squires, 1999). Genç ve sağlıklı insan kulağı 20 Hz ile 20 kHz frekans aralığındaki sesleri algılayabilir. Frekansı 1 Hz ile 20 Hz arasında olan sesler infrasonik sesler olarak isimlendirilir ve 120 dB'in altındaki düzeylerde zararlı olmadıkları kabul edilir. Frekansı 20 kHz'den büyük olan ultrasonik seslerin 105 dB'in altındaki düzeylerde işitme sistemi üzerinde zararlı etkileri yoktur. İşitme sistemi açısından en tehlikeli sesler 500 Hz ile 2000 Hz frekans aralığında olanlardır.

1.4.1. Duyma Eşiği

Duyma eşiği, sessiz bir ortamda normal bir kulağın işitebileceği saf tondaki sesin en düşük seviyesi olarak tanımlanmaktadır. İnsan kulağının 1000 Hz frekansta algılayabileceği en düşük ses basıncı $2 \cdot 10^{-5}$ Pa' dır ve insanlar için Duyma Eşiği olarak kabul edilmektedir. Bu değer 0 dB'lik ses basınç düzeyine karşılık gelmektedir. Duyma eşiği ses basınç değeri standart atmosfer basıncından 10^9 kat daha küçüktür. Bu ise insan kulağının ne kadar hassas bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Duyma eşiği frekansa bağlı olarak değişmektedir. Ortalama gerçek duyma eşiği ise 1000 Hz frekansta, $2,5 \cdot 10^{-12}$ watt / m² ses şiddetinde yaklaşık olarak 4 dB' dir. Kulağın duyabileceği en yüksek ses basıncı ise 200 Pa (130 dB)'dir. Bu basınçtaki ses kulakta ağrı yapar ve Ağrı Duyma Eşiği olarak kabul edilir (Hansen , 2001, Barron, 2003, IPPC, 2002, Jacobsen et.al., 2006, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Leech and Squires, 1999). Şekil 1.15 insan kulağının duyabileceği seslere ait işitme sınırı ile birlikte frekans ve ses basınç düzeyi arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 1.15: İşitme sınırı, frekans ve ses basınç düzeyi arasındaki ilişki.

1.4.2. Sesin Gürlüğü

İşitme sistemi, sesleri, kulak zarına yakın bölgede oluşturdukları genliklerine ya da ilgili ses basınç düzeylerine, frekans içeriklerine ve biçimlerine (harmonik, darbe, kesikli vb) göre değişik yükseklikte algılar. Ses Gürlüğü ya da Yüksekliği, ses basınç düzeyi, frekansı ve dalga biçiminin farklı bileşenlerinin insanda oluşturduğu öznel ya da sübjektif duyguyu belirginleştirmek ve tanımlamak için geliştirilmiş bir kavramdır (Hansen , 2001, Barron, 2003, IPPC, 2002, Jacobsen et.al., 2006, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Leech and Squires, 1999). Bir diğer öznel kavram ise ses enerjisinin frekansa göre dağılımı ile ilgili olan Ses Kalitesi'dir. Tablo 1.2' de işitme sisteminin ses basıncı düzeyindeki değişimlere karşı verdiği öznel davranışı verilmiştir.

Tablo 1.2: Sesin algılanması

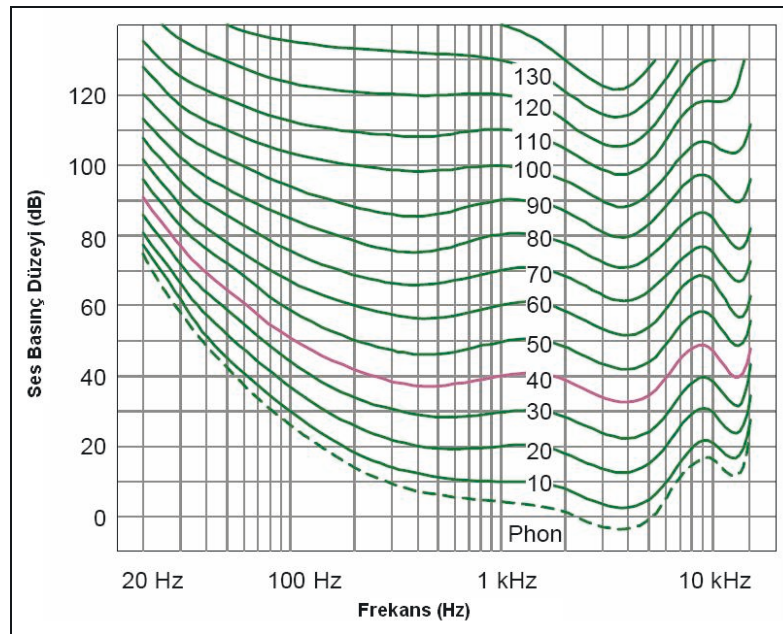
Ses Düzeyindeki Değişim (dB)	Algılanan Sesin Gürlüğündeki Değişim
3	Ancak hissedilebilir
5	Belirgin derecede farklı
10	İki kat farklı
15	Çok farklı
20	Dört kat farklı

İşitme sisteminin gürlük olarak nitelendirilen bu öznel davranışını incelemek için 18 ile 25 yaş arasında gürültüden etkilenmemiş genç deneklerde yapılan bir dizi deney

sonucunda eşit gürlük oluşturan bileşimler kaydedilerek Şekil 1.16’da verilen eş gürlük ya da eş yükseklik eğrileri elde edilmiştir (Hansen , 2001, Barron, 2003, IPPC, 2002, Jacobsen et.al., 2006, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Leech and Squires, 1999). Eş gürlük eğrileri değişik frekanslardaki arı seslerin aynı ses gürlüğü hissini oluşturmaları için gerekli ses basıncı düzeylerindeki farklılığa işaret eder. Düşük ve çok yüksek frekanslardaki seslerin aynı gürlüğü verebilmesi için orta frekanslara oranla daha yüksek ses basıncı düzeylerine sahip olması gerekir. Her bir eş gürlük eğrisi phon cinsinden gürlük düzeyini ifade eder.

Gürlük kavramının tanımlanmasında kullanılan “Son” (Sone) 1000 Hz ve 40 dB ses basıncı düzeyine sahip bir arı sesin oluşturduğu gürlüğü ifade eder. Gürlük birimi olan “Son (S)” ile gürlük düzeyi birimi olan “Fon” (Phon) (P) arasındaki ilişki Eşitlik (1.24)’ de verildiği gibidir.

$$S = 2^{\frac{(P-40)}{10}} \quad (1.24)$$



Şekil 1.16: Arı sesler için eş yükseklik eğrileri

1.4.3. Sesin Perde Özelliği

Perde, düşük frekanstan yüksek frekansa uzanan bir ölçek üzerinde seslerin sıralanmasına yardım eden işitsel duyu olarak tanımlanmaktadır (Hansen , 2001, Barron, 2003, IPPC, 2002, Jacobsen et.al., 2006, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Leech and Squires, 1999). Frekansla beraber artar veya azalır. Perde, frekansın fiziksel özelliğine psikolojik bir tepkidir. Kavram olarak benzeseler de perdenin

subjektif duyumu sadece frekansa bağılı değildir. Eğer notanın frekansı ikiye katlanırsa, perde tam olarak bir oktav atar. Ancak, perde aynı zamanda notanın şiddetine bağılıdır.

Perdesi olan bir ses duyusu "Ton" adını alır ve tek bir frekanstan oluşuyorsa buna "Saf Ton" veya "Basit Ton" denilir. Bu tip ses dalgasının, zamana karşı basınç değişimi çizildiğinde, bir sinüs eğrisi şeklindedir. Çoğu müzik sesleri sadece saf tonlar değil, bir çok frekansı içeren sesleri de üretir ve bunlar "Kompleks Ton" adını alırlar. Bir kişinin duyduğu bir tonun basit ya da kompleks olduğunu anlaması o kişinin deneyimi ve dinleme alışkanlığına bağılıdır.

Duyduğumuz sesler genellikle birbiri üzerine binmiş bir çok frekanstan oluşur. Bunların içindeki en düşük frekansa "Temel Frekans" (fundamental ton) denir. Müzikal bir notanın temel bir frekansı ve daha yüksek frekansların bileşenleri olan Üst-Ton'ları vardır. Bu harmonik seslerin her biri, temel frekansın katları ise harmonikler olarak adlandırılır. Bu harmonikler müzikal bir sese seçkinlik ya da renk (timbre) verir. Çoğu müzikal sesler için tüm kompleks tonun perdesi temel frekansınki ile aynı gibi görülür. Ancak Üst-Ton 'lar belirginleştirici özellikler katar.

1.4.4. Sesi Maskelenmesi

Maskeleme, bir ses ya da gürültünün bir başka ses ya da gürültüyü bastırması, duyulmasını güçleştirilmesi hatta imkansız hale getirmesi olarak tanımlanmaktadır (Hansen , 2001, Barron, 2003, IPPC, 2002, Jacobsen et.al., 2006, Brüel and Kjaer, 1998a, 1998b, 2001, Leech and Squires, 1999). Maskeleyen ses ile maskelenen sesin spektrum özellikleri bu olayda büyük rol oynar.

Düşük frekanslı sesler, genel olarak yüksek frekanslı sesler üzerinde maskeleme etkisi yapar. Bu nedenle, sadece dışarıdan gelebilecek gürültüler değil aşırı miktarlardaki düşük frekanslı sesler, tüm işitme frekansları dizisindeki istenen sesleri maskeleyeceğinden, konuşma ya da müzik içinde ciddi karışıklıklara yol açabilir. Bunun önlenmesinde atılacak en gerçekçi adım, salonun akustik açıdan tasarımına önem verilmesidir. Ancak belli bir sürekliliği olup, fazla yüksek olmayan gürültüler bir süre sonra kabul edilebilir bir arka plan gürültüsü olarak algılanır, hatta olası rahatsız edici başka gürültülerin psikolojik olarak daha az duyulmasını sağlayabilir.

2. GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ ve GÜRÜLTÜ DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

2.1. Gürültünün Sınıflandırılması

Gürültü frekans dağılımına ve ses düzeylerinin zamanla değişimine göre iki ana başlık altında sınıflandırılabilir.

2.1.1. Frekans Dağılımına Göre Sınıflandırma

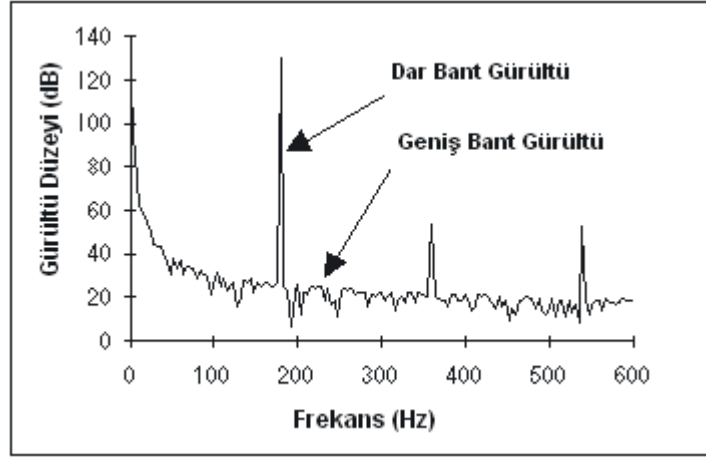
Frekans dağılıma göre yapılan sınıflamada Geniş ve Dar Bant Gürültü olmak üzere iki tip gürültüden söz edilebilir.

2.1.1.1. Geniş Bant Gürültü

Gürültüyü oluşturan saf seslerin frekansları geniş bir aralığı kapsar. Gürültüyü meydana getiren seslerin frekansı, tüm frekans aralığı boyunca yayılmış olan gürültüye “Geniş Bant Gürültüsü” denir. Her frekanstaki katkının aynı olduğu gürültüye ise “Beyaz Gürültü” denir. Doğada bulunan tüm renklerin karışımı nasıl beyaz ışığı meydana getiriyorsa, bütün frekans aralıklarına sahip sürekli spektrumlu sesler de “Beyaz Gürültü”yü meydana getirir. Beyaz gürültüye en iyi örnek makine gürültüsüdür (Fahy and Walker, 1998, Jensen et.al., 1978, CCOHS, 1999, South, 2004).

2.1.1.2. Dar Bant Gürültü

Geniş bant gürültünün tersine, bu tür gürültünün frekans dağılımı, belli bir frekans bandında toplanmış bir grafik gösterir. Diğer bir deyişle, gürültüyü oluşturan saf seslerden frekansı belli bir aralıkta toplanmış olanlar baskındır (Fahy and Walker, 1998, Jensen et.al., 1978, CCOHS, 1999, South, 2004). Şekil 2.1’de geniş ve dar bant gürültü türlerine tipik bir örnek verilmiştir.



Şekil 2.1: Frekans dağılımına göre geniş ve dar bant gürültüsü

2.1.2. Ses Düzeyinin Zamanla Değişimine Göre Sınıflandırma

Ses düzeyinin zamanla değişimine göre ise gürültüyü kararlı ve kararsız olmak üzere iki ana grupta sınıflandırmak mümkündür .

2.1.2.1. Kararlı Gürültü

Düzeyinde zamanla önemli bir değişme gözlenmeyen gürültülerdir (Fahy and Walker, 1998, Jensen et.al., 1978, CCOHS, 1999, South, 2004). Sabit bir hız ve güçte çalışan herhangi bir motorun meydana getireceği gürültü bu tür gürültüye en iyi örnektir.

2.1.2.2. Kararsız Gürültü

Düzeyinde zamanla önemli değişikliklerin gözlemlendiği gürültü türüdür. Zamanla değişme, dalgalanma veya durup yeniden başlama (kesikli olma) şeklinde gözlenebilir. Bu tür gürültülere, sırasıyla “Dalgalı Gürültü” ve “Kesikli Gürültü” adı verilir (Fahy and Walker, 1998, Jensen et.al., 1978, CCOHS, 1999, South, 2004). Kararsız gürültünün diğer bir şekli de “Darbe Gürültüsü”dür. Darbe gürültüsünün kesikli gürültüden farkı; her gürültü anının, darbe gürültüsünde çok daha kısa olmasıdır.

2.2. Gürültü Ölçümleri

Gürültü ile ilgili çalışmalarda gürültü ölçümleri önemli bir yer tutmaktadır. Gürültü ölçümlerinde amaç, gürültü kaynağını bulmak veya belli bir noktadaki gürültü düzeyini saptamaktan, gürültünün frekans dağılımını bulmaya ya da darbe

gürültüsünü tesbit etmeye kadar çok çeşitli olabilir. En çok kullanılan ölçüm istenilen bir yerdeki gürültü düzeyinin saptanmasıdır. Bu tür ölçümler genellikle çevre gürültüsünün standartlara uygunluğunu ya da bir işyerindeki gürültü düzeyinin istenen sınır değerler içinde olup olmadığını kontrol etmek için yapılır (Özgüven, 1986, Baranek, 1992, Barron, 2003, Hassall, 1979, Brüel and Kjaer, 1984, MSHA, 2000, Ziel, 1976, Michael and Michael, 2006a, Malchaire, 2001).

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 ya da kaynağın ses gücü düzeyinin bulunmasıdır. Endüstriyel gürültü kontrolü için daha çok kaynağın bulunduğu ortamda ölçüm yapmak gerekmektedir (Pelton, 1993, Brüel and Kjaer, 1984, MSHA, 2000, Ziel, 1976, Michael and Michael, 2006a, Malchaire, 2001). Tablo 2.1.' de gürültü türüne göre hangi ölçümlerin yapılması gerektiği gösterilmiştir.

Tablo 2.1: Gürültünün Zamanla Değişimine Göre Yapılması Gereken Ölçümler

Gürültü Türü	Ölçüm Tipi	Örnek
Kararlı	Gürültü Düzeyi	Havalandırma Sistemi
Sabit fakat kesikli	Gürültü düzeyi ve süresi yada L_{eq}	Hava Kompresörü
Dalgalı (periyodik)	Gürültü düzeyi veya L_{eq} yada gürültü dozu	Yüzey taşıma
Dalgalı (periyodik değil)	L_{eq} yada gürültü dozu	Tipik fabrika içi gürültü
Tekrarlanan Darbe	L_{eq} yada gürültü dozu	Otomatik pres, delme vs.
Tek Darbe	L_{eq} ve en yüksek gürültü düzeyi	Pres, delme vb. operasyonun tek olarak yapılması
Geçiş	Gürültü dozu	Uçak havalanması

2.2.1. Frekans Analizi

Doğada rastladığımız sesler genellikle karmaşık seslerden oluşmaktadır. Bu nedenle frekans analizi gürültü ölçüm ve analizinde önemli bir yer tutmaktadır. Karmaşık bir sesin frekans dağılımı incelenirse, o sesin daha çok hangi frekanslardaki seslerden oluştuğu anlaşılabilir. Gürültü kontrolü açısından, bir çok durumda gürültünün frekans dağılımını bilmek gerekmektedir (Özgüven, 1986, CCOHS, 1999,

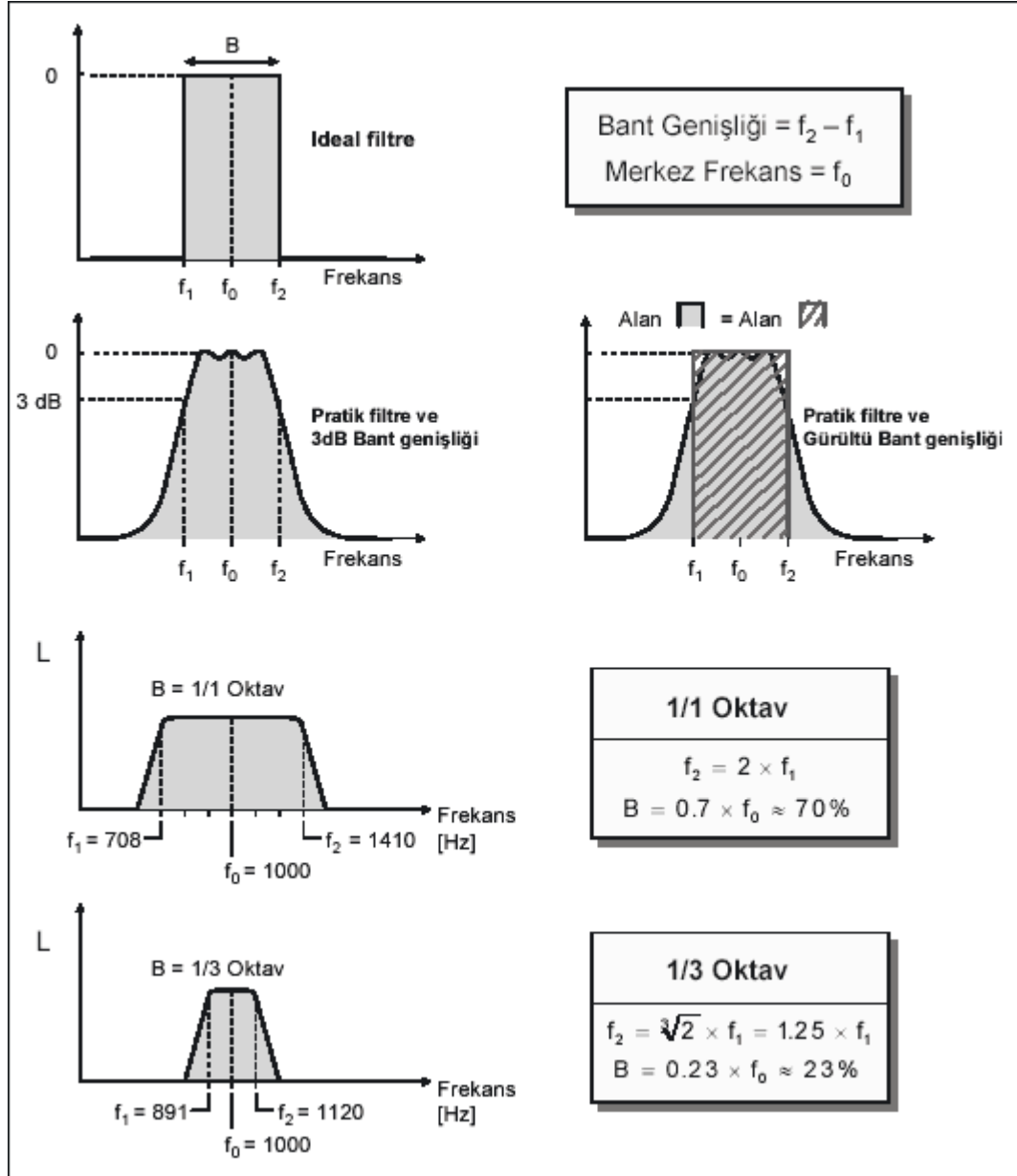
Cheremisinoff, 1996, Brüel and Kjaer, 1984, Brüel and Kjaer, 1998b, MSHA, 2000, Ziel, 1976, Michael and Michael, 2006a, Malchaire, 2001). Çünkü gürültü kontrolünü sağlamak için alınacak önlemler, yayılması ya da oluşması önlenecek sesin frekansına bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca insan duyu organının her frekansa gösterdiği duyarlılık da farklıdır.

Periyodik veya karmaşık seslerin kendilerini oluşturan arı seslere ayrılması işlemi “Frekans Analizi” olarak isimlendirilir. Her harmonik ses basıncı değişiminin grafikte gösterilmesine ise “Frekans Dağılımı” denir. Bu grafik ses ya da gürültü enerjisinin frekanslara göre dağılımını gösterir. Genel olarak frekans analizi, ses basıncı değişimlerini elektronik olarak belli bir frekans aralığında filtre ederek bu aradaki titreşimlerin büyüklüğünü yani enerjisini ölçmektir. Bu şekilde geçmesine izin verilen frekans aralığını değiştirerek, her frekans bandındaki bileşenlerin katkısını bulmak mümkündür. Burada önemli olan gelen sinyalin hangi genişlikteki frekans bantlarında süzüleceğidir. Çok geniş bant aralığı kullanıldığında frekans analizi fazla bir anlam taşımaz. Buna karşılık çok dar bant aralığı kullanılması gereksiz zaman kaybına neden olabilir. Bant genişliğini genellikle yapılacak analizin niteliği ve duyarlılığı belirlemektedir. Bu sorunu çözmek için ses ve gürültü analizinde oktav ve 1/n oktav bantları ($n = 2, 3, \dots, 10$ vb.) kullanılarak standartlaşmaya gidilmiştir. Genellikle oktav analizi kullanılmakla birlikte, duyarlılık gerektiren durumlarda yaygın olarak 1/3 oktav ya da 1/10 oktav analizi kullanılmaktadır (Brüel and Kjaer, 1998b).

2.2.1.1. Oktav Bantları

Frekans içerikleri insan kulağının işitme aralığı içinde bulunan sesleri her bir frekanstaki bileşenlerine ayırtmak uygulamada sorunlar yaratacağı için, bu işlem işitme aralığı frekans bantlarına bölünerek ve her bir bant içinde kalan frekanslar tek bir düzey değeriyle ifade edilerek gerçekleştirilmektedir. Frekans bantlarının belirlenmesinde işitme sistemi temel alınmış olup, bu bantlar yine uluslararası standartlarla belirlenmiştir. Ayırıştırma işlemi sonucunda her frekans bandı için bulunan düzeyler, bant düzeyi adını almakta ve bant içinde kalan frekanslardaki ses enerjisinin bir göstergesi olarak görünmektedir (Brüel and Kjaer, 1998b, MSHA, 2000, Ziel, 1976, Michael and Michael, 2006a, Malchaire, 2001). Merkez frekans (f_0) ilgili frekans bandına adını vermekte olup, gürültü etkilenim çalışmalarında en

yaygın olarak kullanılan oktav bantların işitme aralığındaki merkez frekansları ile alt (f_1) ve üst (f_2) sınır frekansları Şekil 2.2’de gösterilmektedir (Brüel and Kjaer, 1998b). Bir oktav bandında, bandın üst sınır değeri, alt sınır değerinin iki katıdır ve her bandın üst sınır değeri bir sonraki bandın alt sınır değeridir. Her bandın merkez frekansı ise alt ve üst sınır değerlerinin geometrik ortalamasıdır.



Şekil 2.2: Standart, 1/1 ve 1/3 Oktav bant genişlikleri (Brüel and Kjaer, 1998b).

İşitme sisteminin frekans ayrıştırma işlemini oktav bantlarda yaptığı bulgusundan yola çıkarak standartlaştırılan bu bantlar, gerektiğinde daha dar frekans aralıklarını kapsayacak şekilde de tanımlanabilmektedir (Brüel and Kjaer, 1998b, MSHA, 2000, Ziel, 1976, Michael and Michael, 2006a, Malchaire, 2001). Örneğin merkez frekansı

8000 Hz olan bandın frekans aralığı (5680 – 11360) incelenirse, bant genişliğinin 5680 Hz olduğu görülür. Bu aralık için yapılacak ölçümlerden tek bir değer elde edileceği için, bu aralık için frekans dağılımını bilinemez. Bu oktav bandındaki katkı önemli ise ve bu bant içindeki frekans dağılımının bilinmesi isteniyorsa daha dar aralıklı frekans bantları kullanmak gerekir. Tablo 2.2’ de verilen tam oktav bantları 3’e bölünerek 1/3 oktav bantlarını, 10’a bölünerek 1/10 oktav bantlarını elde etmek olasıdır. Bunun sonucunda sayıları artan ve daha dar frekans aralığındaki bilgiyi (ses enerjisini) gösteren 1/3, 1/10 vb. oktav bant çözümlemeleri daha hassas frekans ayırıştırma yetkinlikleri ile ses bilgisinin daha iyi tanımlanmasına yardımcı olurlar.

Tablo 2.2: 1/1 ve 1/3 Oktav bantları alt, üst ve merkez frekansları

Bant Numarası	Oktav Bant Merkez Frekansı	1/3 Oktav Bant Merkez Frekansı	Bant Sınırları	
			Alt	Üst
14	32	25	22	28
15		31,5	28	35
16		40	35	44
17	63	50	44	57
18		63	57	71
19		80	71	88
20	125	100	88	113
21		125	113	141
22		160	141	176
23	250	200	176	225
24		250	225	283
25		315	283	353
26	500	400	353	440
27		500	440	565
28		630	565	707
29	1000	800	707	880
30		1000	880	1130
31		1250	1130	1414
32	2000	1600	1414	1760
33		2000	1760	2250
34		2500	2250	2825
35	4000	3150	2825	3530
36		4000	3530	4400
37		5000	4400	5650
38	8000	6300	5650	7070
39		8000	7070	8800
40		10000	8800	11300
41	16000	12500	11300	14140
42		16000	14140	17600
43		20000	17600	22500

2.2.1.2. Frekans Analizörü

Daha öncede anlatıldığı gibi, frekans analizinin amacı, gelen bir ses sinyalinin frekans dağılımını belirlemektir. İşitilebilir frekans aralığı çok geniş olduğu için işlemlerin daha kolay ve hızlı yapılabilmesi açısından frekans bantları kullanılmaktadır. Frekans analizi yapan cihazlara “Frekans Analizörü” denir (Özgüven, 1986, IPPC, 2002, CCOHS, 1999, Cheremisinoff, 1996, Brüel and Kjaer, 1984, Brüel and Kjaer, 1998b, MSHA, 2000, Ziel, 1976, Michael and Michael, 2006a, Malchaire, 2001). Piyasada frekans analizi yapan çok sayıda cihaz bulunmaktadır. Bunları taşınabilir ve laboratuvar ölçekli analizörler olmak üzere iki grupta toplamak mümkündür. Taşınabilir olanlar, bir ses ölçerin iki sinyal yükselticisi arasına yerleştirilmiş olan 1/1 ve 1/3 oktav bantlarında frekans analizi yapan basit cihazlardır. Laboratuvar ölçekli frekans analizörleri daha spesifik yapıda olup bunlarla aynı anda bütün frekans bantlarında analiz yapmak mümkündür.

2.2.2. Frekans Ağırlık Şebekeleri

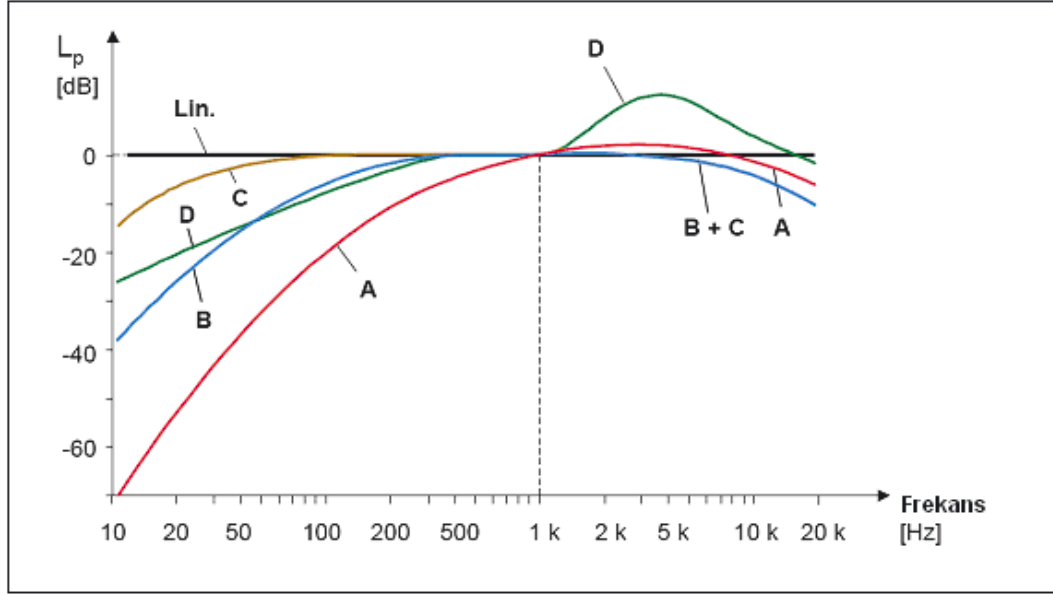
İnsan kulağı bütün frekanslara eşit derecede hassas değildir. Ses ölçerler teorik olarak bütün frekanslar için aynı tepkiyi vermelerine karşın, insan duyma organı farklı frekanslara farklı tepkiler vermektedir.

Gürültü ölçerlerin ölçmelerde insan duyma organı gibi yanıt vermesi için ses filtreleri kullanmak gerekmektedir. Çeşitli amaçlar için geliştirilmiş ve kullanılan dört farklı filtre vardır. Bunlar; Şekil 2.3’ den de görüleceği gibi A, B, C ve D filtreleridir (Brüel and Kjaer, 1984, Brüel and Kjaer, 1998b).

Ağırlık şebekeleri uluslararası standartlarla tanımlı olup, ses ölçümü yapmakta kullanılan cihazlarda elektronik devreler aracılığıyla ses basıncı düzeylerine uygulanırlar ve ölçüm sonuçları dB(A), dB(B), dB(C) vb. olarak verilir.

Bütün filtreler 1000 Hz’de düz bir tepkiye sahiptir. İnsan duyu organı çok düşük ve çok yüksek frekanslara karşı yeterince duyarlı değildir. Gürültü denetimi çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan A ağırlıklı ses filtreleri, işitme sistemlerinin orta ve düşük şiddetteki seslere karşı davranışını temel almaktadır. Çünkü A filtresi insanın işitme sisteminin frekans tepkisini yansıtmaktadır. Bu nedenle gürültü etkisinde kalma durumlarının tespitinde sıkça kullanılmaktadır. A ağırlıklı ölçme sonuçlarının öznel değerlendirmelerde B ve C’den daha iyi uyum sağladığı gözlemlendiğinden A ağırlıklı filtreler ses düzeyinden bağımsız olarak hemen

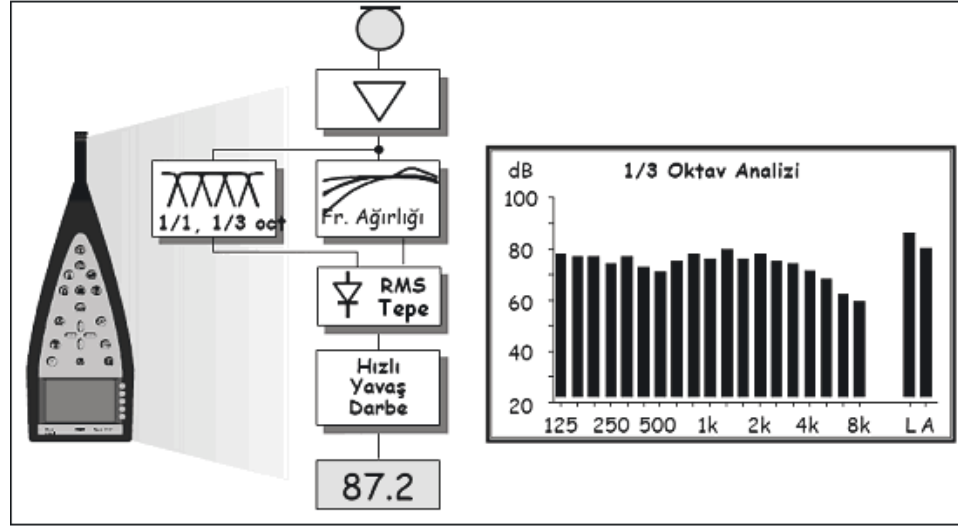
her tür ses için kullanılmaktadır. C filtresi ise yaklaşık olarak düz bir frekans tepkisine sahiptir. Genellikle karayolu gürültüsünün içeriğindeki düşük frekans yoğunluğunu da dikkate almak için tercih edilmektedir. D filtresi ise genellikle havaalanı ve civarında uçaklardan kaynaklanan gürültünün ölçülmesinde kullanılmaktadır (Cheremisinoff, 1996, Brüel and Kjaer, 1998b, Ziel, 1976, Michael and Michael, 2006a, Malchaire, 2001).



Şekil 2.3: Frekans ağırlık şebekeleri (Brüel and Kjaer, 1998b).

2.2.3. Ses Düzeyi Ölçer

Gürültü ölçüm çalışmalarında en çok kullanılan ve en önemli aletlerden biri ses düzeyi ölçer (Sound Level Meter: SLM) veya kısaca gürültü ölçerlerdir. Şekil 2.4'de tipik bir gürültü ölçerin blok diagramı görülmektedir. Gürültü ölçerlerin en temel parçaları, mikrofon, yükseltici, ağırlık şebekeleri ve gösterge'dir. Mikrofon gelen akustik sinyalleri elektrik sinyallerine dönüştürmektedir. Mikrofondan gelen elektrik sinyalleri ön yükseltici tarafından uygun bir seviyeye yükseltilir. Yükseltilmiş bu sinyaller daha sonra ağırlık şebekeleri tarafından modifiye edilerek A, B ve C ağırlıklı ses düzeyleri göstergeden dB biriminde elde edilir. Bir ses düzeyi ölçerde gösterge ayarları gürültü türüne ve istenen ölçme zamanına bağlı olarak hızlı tepkili (FAST), yavaş tepkili (SLOW) ve ani tepkili (IMPACT) şeklinde olabilir. İş yeri gürültü seviyesi ölçümleri için genellikle yavaş tepkili ölçüm daha uygundur (CCOHS, 1999, Michael and Michael, 2006a, Ziel, A., 1976, MSHA, 1995, Brüel and Kjaer, 1984, 1994, 1998b, Malchaire, 2001, Cheremisinoff, 1996, Hassall, 1979).



Şekil 2.4: Tipik bir ses düzeyi ölçerin blok diagramı (Brüel and Kjaer, 1998b).

Gürültü ölçerler kendi aralarında dört katagoriye ayrılmaktadırlar. Bunlar, laboratuvar standardı (Tip 0), hassas (Tip 1), genel amaçlı (Tip 2) ve kontrol amaçlı (Tip 3) ses seviyesi ölçerler olarak adlandırılmaktadır. Bunlar içinde Tip 1 ve Tip 2 ses düzeyi ölçerler ISO tarafından gürültü ölçümlerinde kullanılması uygun görülen aletlerdir ve sırasıyla $\pm 0,5$ dB ve ± 2 dB duyarlılıkta ölçümler yapılabilir (CCOHS, 1999, Michael and Michael, 2006a, Ziel, A., 1976, MSHA, 1995, Brüel and Kjaer, 1984, 1994, 1998b, Malchaire, 2001, Cheremisinoff, 1996, Hassall, 1979).

Ses düzeyi ölçerle birlikte kalibratör ve rüzgar başlığı gibi yardımcı ekipmanlar da kullanılmaktadır. Kalibratör ses düzeyi ölçeri kalibre etmekte kullanılan, pille çalışan, 1 kHz frekansta 94 dB saf ton ses üreten bir ekipmandır. Mikrofonu takılan kalibratörün ürettiği ses basınç düzeyi ile göstergedenden okunan ses basınç düzeyi arasında bir fark varsa gerekli düzeltmeler yapılarak ses düzeyi ölçer kalibre edilmiş olur. Rüzgar başlığı ise genellikle açık alanda gürültü ölçümleri yapılırken hava türbülanslarının etkisini minimize etmek için kullanılan bir ekipmandır.

2.2.4. Gürültü Doz Ölçer

Gürültülü bir ortamda çalışan bir kişi, kararsız gürültü etkisi altındaysa veya değişik sürelerle değişik gürültü düzeylerindeki ortamlarda bulunuyorsa, kişinin gürültüden etkilenme durumunu belirlemek için etkisinde kaldığı gürültü dozunu saptamak gerekir. Gürültü dozu, bir insanın gün boyunca maruz kaldığı toplam akustik enerjinin, standartlar ile belirlenen değere oranıdır. Örneğin gürültü dozu % 120

çıkan bir kişinin o ortamda % 20 oranında fazla kalmış olduğu (olması gerekenden %20 fazla akustik enerjiye maruz kaldığı) söylenebilir.

Belli süreler sabit gürültü düzeylerinin etkisi altında kalan kişi için gürültü dozu çeşitli yöntemlerle hesaplanabilir. Ancak kararsız gürültünün etkisindeki bir kişi için gürültü dozu aynı şekilde bulunamaz. Böylesi durumlarda kullanılmak üzere gürültü doz ölçerler geliştirilmiştir. Kulağa en yakın noktaya yerleştirilen doz ölçer kişi tarafından gün boyunca taşınır ve etkilenilen gürültü dozu saptanır. Tipik bir gürültü doz ölçer, toplam gürültü etkilenimini dBA birimde verdiği gibi yüzde olarak gürültü dozunu ve söz konusu zaman aralığında kişinin etkisi altında kaldığı maksimum gürültü düzeyini de saptar (CCOHS, 1999, Michael and Michael, 2006a, Ziel, A., 1976, MSHA, 1995, Brüel and Kjaer, 1984, 1994, 1998b, Malchaire, 2001, Cheremisinoff, 1996, Hassall, 1979).

2.2.5. Ekipman Seçimi

Ses düzeyi ölçer seçiminde önemli olan amaca uygunluktur. Çok değişik çeşitleri olan bu cihazların hangi türlerinin, ne amaçla ve nasıl kullanılacağı deneyim ve uzmanlık gerektiren bir konudur. Tablo 2.3’de ses düzeyi ölçer seçiminde kullanılmak üzere bir rehber verilmiştir (CCOHS, 1999). Genelde sorun yalnız uygun cihazın seçimi değildir. Uygun mikrofon seçimi, mikrofonun türüne göre gürültü kaynağına yöneltilme şekli ve benzeri noktalar iyi bilinmelidir. Ancak basit ses düzeyi ölçerlerle gürültü düzeyi ölçümlerinde, cihazı gürültü kaynağına doğrultmak, kaynaktan yeterince uzakta tutmak, cihazın mikrofonu yakınında normalde orada olmayan ses yansıtıcı veya yutucu yüzeylerin bulunmamasına özen göstermek gibi birkaç kuralı uygulamak yeterli olabilir.

Basit ses düzeyi ölçerlerle yapılacak ölçümlerle yalnız gürültü düzeyi ve bunun değişik şekilleri belirlenebilir. Ölçülen gürültüyü oluşturan seslerin frekans dağılımları hakkında hiçbir bilgi elde edilemez. Amaç gürültü düzeyinin saptanması, bunun standartlarla karşılaştırılması veya sağlığa zararlı olup olmadığının araştırılmasıysa, sadece gürültü düzeyinin ölçülmesi yeterlidir. Ölçüm sonucunda gürültünün fazla olduğuna ve azaltılması gerektiğine karar verilirse, o zaman gürültü düzeyini bilmek yeterli olmaz. Aynı gürültü düzeyindeki iki ayrı ses çok farklı frekans dağılımı gösterebilir. Gürültü kontrolünde kullanılan yöntemler çoğu kez frekansa bağlı olduğundan, uygulanacak gürültü kontrolü yöntemine karar vermeden

önce gürültünün frekans dağılımının bilinmesi gerekmektedir. Bu da frekans analizi ile sağlanabilir (Özgüven, 1986, CCOHS, 1999, Michael and Michael, 2006a, Ziel, 1976, MSHA, 1995, Brüel and Kjaer, 1984, 1994, 1998b, Malchaire, 2001, Cheremisinoff, 1996, Hassall, 1979).

Tablo 2.3: Ekipman Secim Rehberi (CCOHS, 1999).

Ölçüm Türü	Uygun Ekipman	Ölçülen Parametre	Açıklama
Kişisel Gürültü Etkilenimi	Doz Ölçer	Gürültü Dozu veya Eşdeğer Ses Düzeyi	Birçok kişisel gürültü etkilenmesinin belirlenmesi
	ISLM	Eşdeğer Ses Düzeyi	Eğer çalışan kişi mobil ise kişisel maruziyetin belirlenmesi zordur. Ancak yapılan iş belli gruplara ayrılabilirse mümkündür.
	SLM	Ses Basınç Düzeyi (dBA)	Eğer gürültü seviyesi zamanla çok değişken bir yapıya sahipse, ortalama maruziyetin belirlenmesi çok zordur. Sadece yapılan iş belli gruplara ayrılabilirse ve gürültü seviyesi sabit olan durumlarda kullanılabilir.
Bir Kaynaktan Yayılan Gürültü Seviyesi	SLM	Ses Basınç Düzeyi (dBA)	Ölçüm kaynaktan 1-3 m mesafede alınmalıdır.
	ISLM	Eşdeğer Ses Düzeyi (dBA)	Özellikle gürültünün çok değişken olduğu durumlarda kullanılır. Kısa zaman aralığında (1 dk) ortamın eşdeğer ses düzeyini ölçebilir.
Gürültü Araştırması	SLM	Ses Basınç Düzeyi (dBA)	Belli bir alanın gürültü haritasını çıkarmak için ölçümler bir grid sistemi içinde alınmalıdır.
	ISLM	Eşdeğer Ses Düzeyi (dBA)	Son derece yüksek değişkenliğe sahip gürültülerin ölçümünde kullanılır.
Darbe Gürültüsü	Impulse SLM	Pik Ses Basıncı (dBA)	Herbir darbe gürültüsünün pik değerinin ölçümünde kullanılır

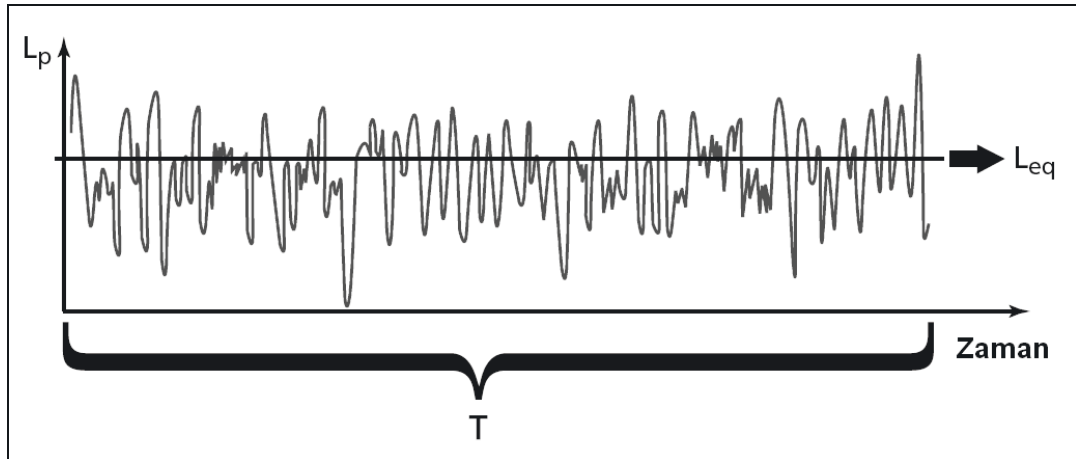
2.3. Gürültü Değerlendirme Kriterleri

Gürültü etkileniminin düzgün bir şekilde değerlendirilebilmesi için gürültünün türü ve düzeyi belirlenmelidir. Gürültünün türü, onun zamana bağlı değişimi ve frekans spektrumu ile karakterize edilmektedir. Düzeyi ise çalışmanın amacına bağlı olarak yapılacak ölçümler sonucu elde edilir. Çalışanların mesleki gürültü etkilenimi ile

çevresel gürültünün değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan kriterlerin en önemlileri aşağıda genel hatları ile açıklanmıştır.

2.3.1. Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Düzeyi

Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi, ölçüm süresince değişmekte olan ses ile aynı enerjiye sahip sabit gürültü düzeyi olarak tanımlanabilir (Şekil 2.5). Eşit enerji prensibine göre gürültüyü meydana getiren seslerin birleşik etkisi bunların birleşik ses enerjisine bağlıdır. Eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi (Equivalent Continuous Sound Pressure Level: “ $L_{eq, T}$ ”) A-filtreli ölçümlerden elde edilen ve gürültünün zamanla değişimini gösteren bir enerji ortalamasıdır. Belirli bir T zamanındaki ortalama ses basınç seviyesini belirlemek için kullanılır. Ortalama zaman “T” saniye, dakika veya saat olabilmektedir. L_{eq} aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir (Brüel and Kjaer, 2001, Pathak, 1996, South, 2004, Barron, 2003, Green, 1986, Rainsford, 1982).



Şekil 2.5: Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi (Brüel and Kjaer, 2001).

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P_A^{(t)}}{P_{ref}} \right)^2 dt \right] \quad (2.1)$$

T : Toplam ölçüm süresi

$P_A^{(t)}$: A-filtreli anlık ses basıncı (Pa)

P_{ref} : Referans ses basıncı (2×10^{-5} Pa)

Eğer ses basınç seviyesi (L_p) dBA cinsinden ölçülmüş ise L_{eq} Eşitlik (2.2) ile hesaplanır.

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\left(\frac{L_p}{10}\right)} dt \right] \quad (2.2)$$

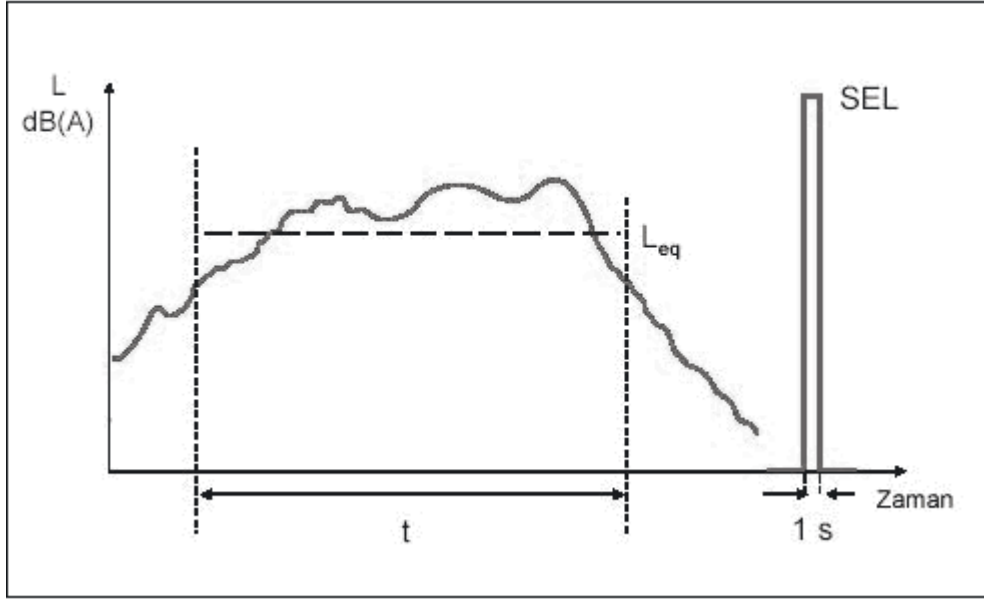
Eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi (L_{eq}) uzun süreli gürültüye maruz kalma problemlerinin belirlenmesinde uluslararası kabul görmüş bir değerlendirme kriteridir. ISO (International Standards Organization) L_{eq} 'i çevresel ve mesleki gürültü problemlerinin ve işitme kaybı riskinin değerlendirilmesi için kullanılması gereken bir indeks olarak kabul etmiştir (ISO-1999, 1990, TS-2607, 2005, Brüel and Kjaer, 2001).

L_{eq} zaman integrasyonlu gürültü ölçerler ile hızlı (FAST), yavaş (SLOW) ve ani (IMPULSE) tepki zamanlı olarak ölçülebilmektedir.

2.3.2. Ses Etkilenim Düzeyi

Geçiş gürültüsü olarak tanımlanan, çok kısa süren ve aniden yükseldikten sonra düşen gürültünün ölçümü ve değerlendirmesinde kullanılır. Eşdeğer ses basınç düzeyinde olduğu gibi A-ağırlıklı ses düzeyi olarak dB(A) cinsinden ifade edilir. Ses etkilenim düzeyi, geçiş gürültüsünün 1 saniye süren ve aynı ses enerjisine sahip olan sabit eşdeğer düzeyi olarak tanımlanmaktadır (Brüel and Kjaer, 2001, Pathak, 1996, South, 2004, Barron, 2003, Green, 1986, Rainsford, 1982). Uygulamada değişik geçiş gürültülerinin karşılaştırılmasında ve değişik türden kararsız gürültülerin belli bir konumda oluşturacağı eşdeğer ses düzeylerinin hesaplanmasında kullanılır. Eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ile ses etkilenim düzeyi (SEL) arasındaki ilişki Şekil 2.6'da gösterildiği gibidir.

Ses etkilenim düzeyinin iki önemli kullanım alanı vardır. Birincisi, çeşitli kısa süreli gürültülerin karşılaştırılmasıdır. Örneğin, yakından geçen bir otobüs ile daha yüksek ses çıkaran fakat daha kısa zamanda aynı uzaklıktan geçen bir arabanın gürültü düzeylerini kıyaslamada, taşıtların oluşturduğu gürültü düzeylerinin en yüksek dağarlerini almak yanıltıcı olabilir. Çünkü gürültü düzeyi yüksek olan ses daha kısa sürmüştür. Kişiyeye zararı bakımından, seslerin etkili oldukları sürelerdeki toplam enerjileri önemlidir. Bunun da ölçüsü SEL' dir. İkinci uygulama alanı ise kısa süren bir çok kesikli gürültünün SEL değerlerinden yararlanarak, belirlenen etki altında kalma süresindeki L_{eq} değerinin hesaplanmasıdır.



Şekil 2.6: Eşdeğer ses basınç düzeyi ve ses etkilenim düzeyi arasındaki ilişki.

Tek bir gürültü olayının SEL değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$SEL = 10 \cdot \log \left[\int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{P_A(t)}{P_{ref}} \right)^2 dt / T_{ref} \right] \quad (2.3)$$

Burada T_{ref} referans süre (1 saniye)'dir. Eğer ses basınç düzeyi dB(A) cinsinden ölçülmüş ise eşitlik aşağıdaki gibi olur.

$$SEL = 10 \log \left[\int_{-\infty}^{\infty} \left(10^{L_A(t)/10} \right) dt / T_{ref} \right] \quad (2.4)$$

Değişik SEL değerlerindeki n adet farklı olayın, toplam T saniyedeki eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{T_{ref}}{T} \sum_{i=1}^n 10^{SEL_i/10} \right] \quad (2.5)$$

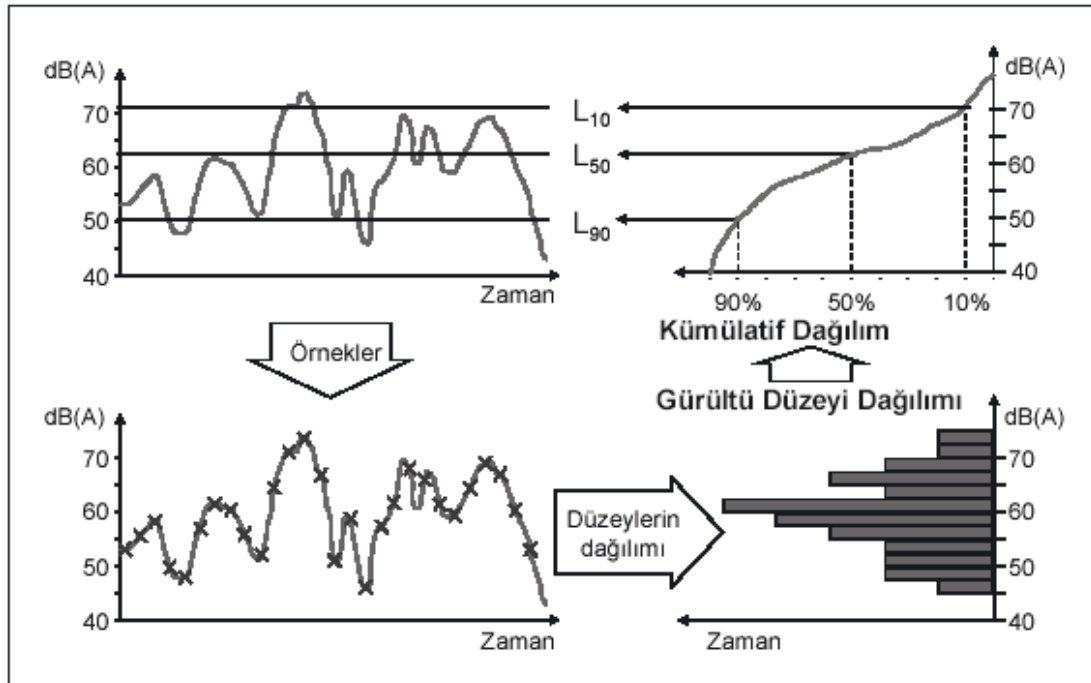
Eğer n adet gürültü olayının SEL değerleri aynı ise eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi

$$L_{eq} = SEL + 10 \log n - 10 \log T \quad (2.6)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

2.3.3. Gürültü Düzeyi Dağılımı

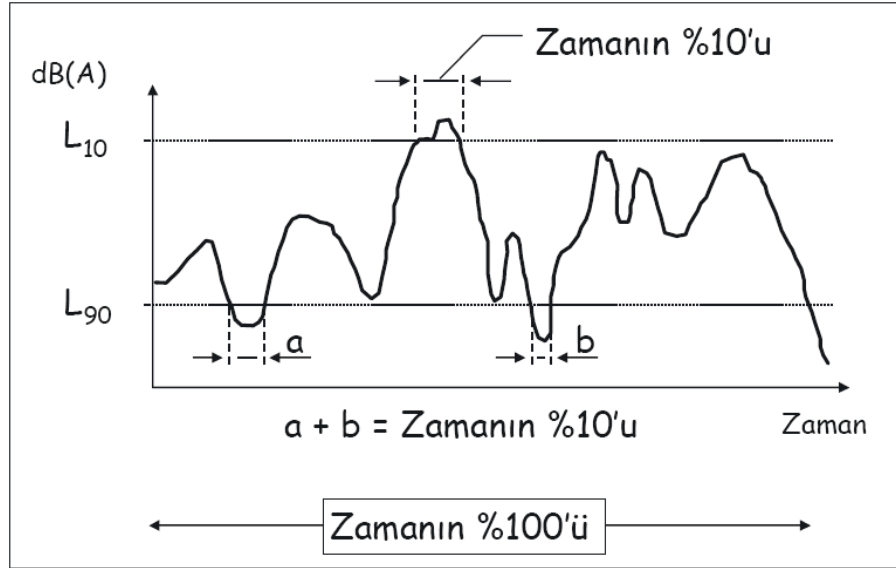
Gürültü değerlendirme kriteri olarak kullanılan bir başka yöntem de, gürültü düzey dağılımı ya da istatistiksel düzey dağılım analizidir. İstatistiksel düzey dağılımları, ölçüm süresince değişkenlik gösteren gürültünün hangi dB değeri aralığında ne kadar süre kaldığını ortaya koymaktadır (Brüel and Kjaer, 2001). Şekil 2.7’de görüldüğü üzere ölçüm aralığı “sınıf “ olarak nitelendirilen küçük aralıklara ayrılır. Ses ölçüm cihazı tarafından her yeni örnek alındığında bu örneğin hangi sınıfa ait olduğunu belirlenerek, o sınıfa ait örnek sayısı bir artırılır. Son olarak her bir sınıfa ait örnek sayısı toplam örnek sayısına bölünerek gürültünün % cinsinden düzey dağılımı elde edilir.



Şekil 2.7: Gürültünün istatistiksel analizi (Brüel and Kjaer, 2001).

Yüzdelik değerler gürültü düzeyinin ölçüm süresi içerisinde nasıl değiştiğini anlatan parametrelerdir. Bu parametre trafik veya arka plan gürültüsü gibi çeşitli uygulamalarda dikkate alınmaktadır. Bunlar arasında en çok kullanılanları L_{10} , L_{50} ve L_{90} ’dır (Brüel and Kjaer, 2001). Bir sinyali analiz etmek için Şekil 2.7’de görüldüğü gibi; sinyalin örneklenmesi, örneklerin seviyelerine göre sınıflara ayrılması, kümülatif değere geçmek için düzey dağılımlarının toplanması ve şekildeki grafiğin kullanılarak yüzdelik değerlerin hesaplanması gerekir.

L_{10} değeri toplam zamanın %10'unda aşılan gürültü düzeyini göstermektedir. Yüksek düzey ve kısa süreli gürültülerin ortalama değerini verir. Buna ilişkin açıklamalı örnek Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8: Yüzdelik gürültü düzey dağılımları (Brüel and Kjaer, 2001).

L_{50} , orta ses düzeyidir ve zamanın % 50' sinde aşılan düzeyi gösterir. L_{90} ise, arkaplan gürültüsü olarak kabul edilir ve zamanın % 90'ında aşılan ses düzeyinin göstergesidir.

2.3.4. Günlük Kişisel Etkilenim Düzeyi

Günlük Kişisel Gürültü Etkilenim Düzeyi " $L_{EX, 8h}$ ", bir insanın gün boyunca maruz kaldığı toplam akustik enerjinin normalize edilmiş bir ölçüsüdür ve özellikle 8 saatten daha az çalışma yapılan ortamlardaki hesaplamalarda kullanılmaktadır (ISO-1999, 1990, TS-2607, 2005, Brüel and Kjaer, 2001).

Günlük kişisel etkilendirme düzeyinin hesaplanması çalışan kişinin aşırı gürültüye maruz kalıp kalmadığını belirlemenin bir başka yoludur. Bu parametreyi hesaplamak için önce mekanda bir ses ölçümü yapılarak A-ağırlıklı L_{eq} değeri belirlenir. Daha sonra kişinin o mekanda ne kadar zaman geçirdiği tespit edilir ve Eşitlik (2.7) kullanılarak o kişinin günlük kişisel gürültü etkilendirme düzeyi hesaplanır.

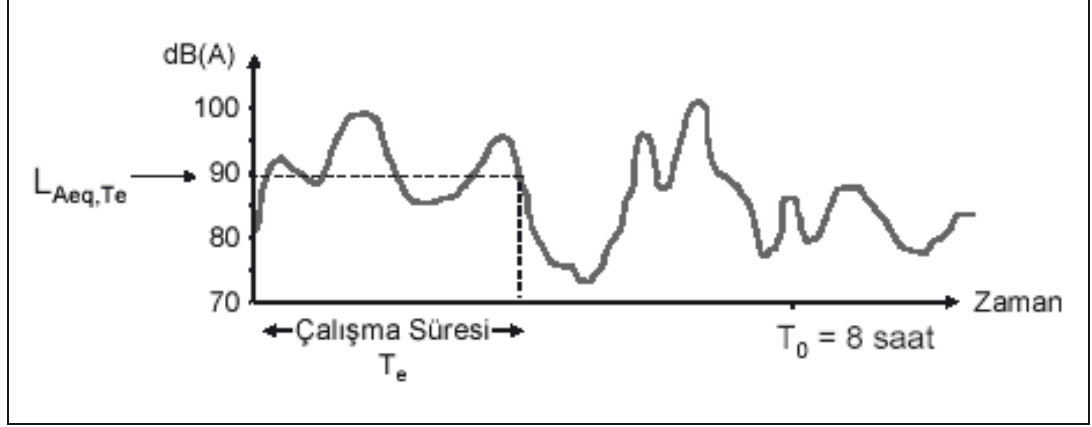
$$L_{EX, 8h} = L_{Aeq, T_e} + 10 \log \left[\frac{T_e}{T_0} \right] \quad (2.7)$$

Burada;

L_{Aeq,T_e} : T_e süresi boyunca eşdeğer sürekli gürültü düzeyi (dBA)

T_e : Gün boyunca gürültü etkilenim süresi (saat)

T_0 : 8 saatlik çalışma süresi



Şekil 2.9: Günlük kişisel gürültü etkilenim düzeyi (Brüel and Kjaer, 2001).

2.3.5. Gündüz – Akşam - Gece Ortalama Ses Düzeyi

Gündüz – akşam - gece ortalama ses düzeyi (The Day - Evening - Night Sound Level: L_{DEN}) 24 saat boyunca çevresel gürültüden etkilenimi değerlendirmek için kullanılan bir indeks olup nasıl belirleneceği Eşitlik (2.8)' de gösterilmiştir (Pathak, 1996, South, 2004, Barron, 2003, ISO-1999, 1990, TS-2607, 2005, Brüel and Kjaer, 2001).

$$L_{DEN} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{L_D}{10}} \right) + \left(4 \times 10^{\frac{(L_E + 5)}{10}} \right) + \left(8 \times 10^{\frac{(L_N + 10)}{10}} \right) \right] \quad (2.8)$$

L_D (Gündüz gürültü göstergesi), A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın gündüz sürelerinin (TS 9798 ve ISO 1996-2' de tanımlandığı gibi 07.00'den 19.00'a kadar olmak üzere 12 saat) tamamına göre belirlenir ve gündüz süresince rahatsızlık düzeyini gösterir.

L_E (Akşam gürültü göstergesi), A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın akşam sürelerinin (TS 9798 ve ISO 1996-2' de tanımlandığı gibi 19.00'dan 23.00'e kadar olmak üzere 4 saat) tamamına göre belirlenir ve akşam süresince rahatsızlık düzeyini gösterir.

L_N (Gece gürültü göstergesi), A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın gece sürelerinin (TS 9798 ve ISO 1996-2' de tanımlandığı gibi 23.00'den

07.00'ye kadar olmak üzere 8 saat) tamamına göre belirlenir ve gece süresince rahatsızlık düzeyini gösterir.

2.3.6. Gürültü Kirliliği Düzeyi

Gürültü Kirliliği Düzeyi (Noise Pollution Level: L_{NP}), gürültü yoğunluğunu değerlendiren, tek sayı gösterimli bir gürültü derecelendirme kriteridir. Eşdeğer sürekli ses düzeyi ile, düzeydeki iniş çıkışlar sonucu toplumda oluşan rahatsızlık derecesinin birleşiminden oluşur ve Eşitlik (2.9) ile ifade edilir (Pathak, 1996, South, 2004, Barron, 2003, ISO-1999, 1990, TS-2607, 2005, Brüel and Kjaer, 2001).

$$L_{NP} = L_{eq} + \sigma.k \quad (2.9)$$

L_{eq} : A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi (dB)

σ : Aynı zaman aralığında oluşan ani iniş çıkış yapan düzeyin standart sapma değeri

k : Gürültüye karşı oluşan tepkilerin araştırılması sonucu elde edilmiş katsayı (2,56).

3. GÜRÜLTÜNÜN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ ve GÜRÜLTÜ ETKİLENİM DÜZEYLERİ

3.1. Gürültünün Sağlık Üzerine Etkileri

Gürültü akustikte, istenmeyen herhangi bir ses veya insan ve toplum üzerinde olumsuz etki yapan sesler olarak tanımlanmaktadır. Belirgin bir yapısı olmayan, içerdiği öğelerle kişiyi bedensel veya psikolojik olarak etkileyebilen ses düzeni olarak da tanımlanmaktadır. Gürültü, insanların işitme fonksiyonlarını olumsuz etkilemenin yanında diğer vücut işlevlerinin de olumsuz olarak etkilenmesine neden olmaktadır. Sözel iletişimi ve tehlike alarmlarının algılanmasını engellemektedir. Bu açıdan gürültünün sağlığı olumsuz etkileyen ses düzeyi olarak tanımlanması da mümkündür (Croker, 2007).

Mesleksel olarak yüksek düzeydeki gürültü etkisinde kalma tüm dünyada problem olmaya devam etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 30 milyon işçinin tehlikeli düzeyde gürültüye maruz kaldığı tahmin edilmektedir (NIOSH, 1998). Almanya'da 4 - 5 milyon insanın (toplam iş gücünün % 12 - 15'i) Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği sınır değerinin üzerinde gürültü düzeyinde çalıştığı belirtilmektedir (WHO, 2001, Barrientos et.al., 2004). Gürültü hemen hemen bütün meslekleri ilgilendiren bir sorun olmakla birlikte nakliyat, madencilik, inşaat, tarım ve askeri faaliyetler gürültüye bağlı işitme kaybı açısından en yüksek riske sahip işlerdir (Barrientos et.al., 2004).

Gürültü, insan sağlığını fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans yönünden olumsuz olarak tehdit etmektedir. Bu tehditler kısaca Tablo 3.1' deki gibi dört başlık altında toplanabilir.

Görüldüğü gibi gürültü kirliliği insanların işitme ve algılamasını olumsuz yönde etkilemekte, fizyolojik ve psikolojik dengelerini bozarak iş verimliliğini düşürmektedir.

Tablo 3.1: Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Fiziksel Etkiler	İşitme duyusunda meydana getirdiği olumsuz etkilerdir. Bu etkiler geçici veya kalıcı işitme kayıplarıdır.
Fizyolojik Etkiler	Kan basıncının artması, kas gerilmeleri, stres, kalp atışlarının değişmesi, gözbebeği büyümesi, uykusuzluk, solunumda hızlanma, vücut aktivitesinde değişiklikler, dolaşım bozuklukları, ani refleksler.
Psikolojik Etkiler	Davranış bozuklukları, sinir sisteminde bozukluklar, korku, rahatsızlık, yorgunluk, zihinsel işlevlerde yavaşlama.
Performans Etkileri	İş verimini azaltması ve seslerin anlaşılabilirliğini bozması gibi etkileridir. Gürültünün iş verimliliğini ve üretkenliği olumsuz yönde etkilediği araştırmalarla saptanmıştır. İşyerlerindeki gürültü düzeyi ile verimlilik arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Meydana getirdiği olumsuz etkilere bağlı olarak, gürültü seviyeleri bazı araştırmacılar tarafından Tablo 3.2'deki gibi derecelendirilmektedir (King and Davis, 2003, John, 2000, Daniell et.al., 2002, OSHS, 1994, McBride, 2004, Donoghue, 2004, Barrientos et.al., 2004). Bunlara ek olarak, gürültü kişilerde bitkinliğin kronikleşmesine neden olmakta ve vücudun direncini azaltarak hastalıklara yakalanma eğilimini arttırmaktadır.

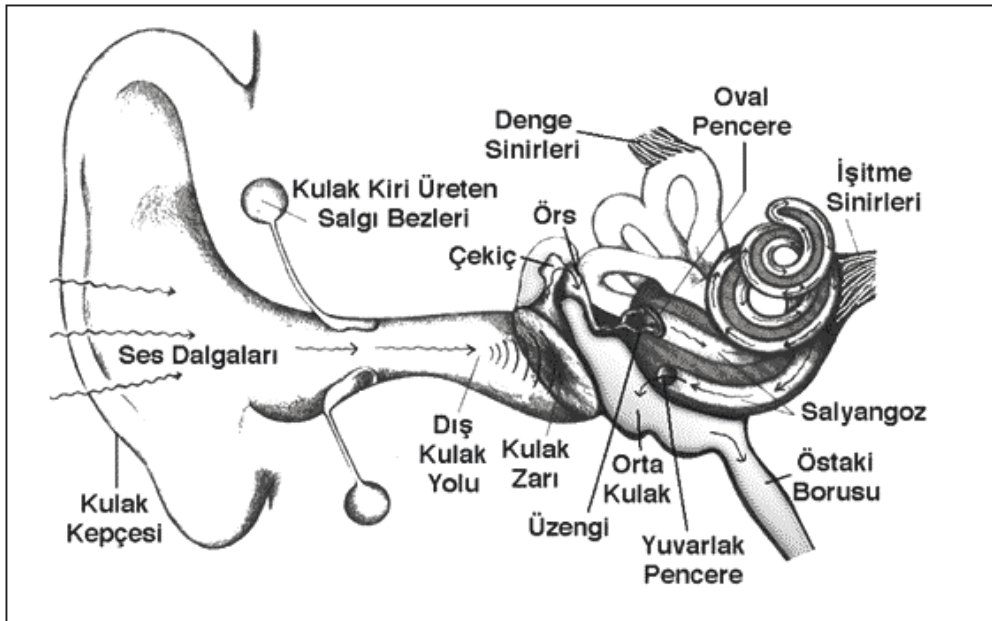
Tablo 3.2: Gürültü seviyeleri ve meydana getirdiği rahatsızlıklar

Derece	Gürültü Seviyesi dB(A)	Meydana Getirdiği Rahatsızlık
1	30 - 65	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğu
2	65 - 90	Fizyolojik reaksiyonlar, kan basıncı artışı, kalp atışlarında ve solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler
3	90 - 120	Fizyolojik reaksiyonların artması, baş ağrıları
4	120	İç kulakta devamlı hasar, dengenin bozulması
5	140	Ciddi beyin tahribatı

3.1.1. Fiziksel Etkiler

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki en önemli fiziksel etkisi işitme duyusunda meydana getirdiği olumsuzluklardır. İşitme bozukluğu, duyma eşiğindeki yükselme olarak tanımlanmaktadır (Yost, 2007). İnsanlardaki işitme bozukluğu, iş performansını ve günlük hayatını olumsuz yönde etkilemektedir. Gürültüden kaynaklanan işitme kaybı, dünya genelinde geri dönüşü olmayan meslek hastalıklarından biri olarak kabul edilmektedir (Özgüven, 1986, King and Davis, 2003, John, 2000, Daniell et.al., 2002, OSHS, 1994, McBride, 2004, Donoghue, 2004, Barrientos et.al., 2004, John, 2000).

İşitme duyusunun gürültüden nasıl etkilendiğini daha iyi açıklayabilmek için insan kulağının yapısı kısaca incelenecektir. Sesleri algılayan duyu organı dış, orta ve iç kulak olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır (Alberti, 2001, Kalveram 2007, Wada, 2007) (şekil 3.1). Dış kulak, kulak kepçesi ve kulak kanalı olmak üzere iki kısımdan meydana gelir. Görevi sesi toplamak ve kulak zarına iletmektir. Bu yapı ayrıca, sesin gelme yönünün ayırdedilmesini de sağlar. Kulak kepçesinden giren dalgalar yaklaşık 2 cm uzunluğunda olan kulak kanalından geçerek kulak zarına gelir. Bu aktarım esnasında, kulak kanalı ve kulak kepçesinin yapısından dolayı, özellikle 3000 Hz frekansındaki sesler, şiddetleri artırılarak orta kulağa gönderilir (Özgüven, 1986, Soydal, 2006, Devren, 1999, Çırpar, 2003, Katırcıoğlu, 1998, Ergür, 2004, Öztürk, 2004, Alberti, 2001, Kalveram 2007, Wada, 2007).



şekil 3.1: İşitme organının anatomik yapısı

Orta kulak, kulak zarı ve birbirine eklemlenmiş üç tane kemikçikten oluşan hava dolu bir boşluktur. Bu üç kemik dıştan içe doğru sırasıyla çekiç (malleus), örs (incus) ve üzengi (stapes)'dir. Birbirine bağlı olan bu kemikler, kulak zarının titreşimlerini iç kulakta bulunan koklea'nın oval pencere kısmına iletirler (Alberti, 2001, Kalveram 2007, Wada, 2007).

İç kulak, kafatasının oyuklarına yerleşmiş, içi sıvı dolu spiral şeklindeki koklea ve buba bağlı üç yarım daire kanalından oluşur. Yarım daire kanalları, dengeyi sağlayan, işitme ile ilgili olmayan kısımlardır. Koklea, salyangoz görünümünde olan spiral bir kanaldır. Bu kanal iki bölümden oluşur ve mekanik titreşimleri elektrik sinyaline çeviren korti organını içerir. Korti organının içinde yaklaşık 35.000 duyarlı tüy hücresi vardır. Tüy hücreleri birleşerek yaklaşık 18.000 sinir lifini ve bunlar da birleşerek işitme sinirlerini oluştururlar. İşitme sinirleri korti organının ürettiği sinyalleri beyine ulaştırırlar. Yüksek sesten etkilenen ve işitme kaybına yol açan korti organıdır (Özgüven, 1986, Soydal, 2006, Devren, 1999, Çırpar, 2003, Katırcıoğlu, 1998, Ergür, 2004, Öztürk, 2004).

Gürültünün işitme duyusunda oluşturduğu olumsuz etkiler, ya ani ya da zamanla görülen etkiler şeklindedir. Ani ve yüksek bir sesin kulak zarını parçalaması veya hassas korti organının fizyolojik yapısını düzelmeyecek şekilde bozması ani oluşan etkilerdir. İşitme duyusu zedelenen bir kişide, işitme kaybı ya da işitme eşiğinin kayması adı verilen duyu kayıpları görülür. İşitme eşiğinin kayması geçici olabileceği gibi sürekli de olabilir. Eğer gürültü yeterli şiddet ve sürede etkilememişse işitme eşiğindeki değişim zamanla normale dönmektedir. Bu geçici eşik kayması (temporary threshold shift, TTS) olarak tanımlanmaktadır. Eğer gürültü etkilenmesi yeterli şiddet ve sürede meydana gelmiş ise bu kez kalıcı eşik kayması (permanent threshold shift, PTS) söz konusu olmaktadır (Özgüven, 1986, Soydal, 2006, Devren, 1999, Çırpar, 2003, Katırcıoğlu, 1998, Ergür, 2004, Öztürk, 2004).

Eşik kaymasının sürekli ya da geçici olması ve derecesi, etkisi altında kalınan gürültünün düzeyine, frekans dağılımına, etkilenme süresine ve kişisel duyarlılığa bağlıdır (Daniell, 2002, Alberti, 2001, Kalveram 2007, Wada, 2007).

3.1.2. Fizyolojik Etkiler

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 etkilerindendir. Ayrıca, migren, ülser, gastrit gibi hastalıkların ortaya çıkmasında gürültünün de önemli etkisinin olabileceği ileri sürülmektedir (King and Davis, 2003, John, 2000, Daniell et.al., 2002, OSHS, 1994, McBride, 2004, Donoghue, 2004, Barrientos et.al., 2004). Ancak, gürültünün bu hastalıkların baş göstermesinde etkili olduğu henüz kanıtlanmamıştır. Bu sonuçların çoğu gürültülü ortamlarda çalışan kişiler üzerinde yapılan gözlemlere dayanmaktadır. Bununla birlikte, aynı ortamda rahatsız edici başka çevresel etkilerin de bulunabileceği göz önünde bulundurulursa, gürültünün neden olduğu ileri sürülen bazı hastalıkların, gürültü dışındaki başka çevre etkilerinden de kaynaklanabileceği vurgulanmaktadır.

Gürültünün fizyolojik etkileri üzerine yapılan çalışmalarda genellikle dolaşım sistemi üzerinde oluşan olumsuz etkinin belirlenmesi hedeflenmektedir (Davies, 2002, Helzner, 2004). Daha sınırlı çevresel gürültü çalışmaları sonucunda ise, havaalanı yakınlarında ve gürültülü sokaklarda yaşayan toplumlarda, yüksek tansiyon riskinin arttığı saptanmıştır. Son yıllardaki araştırmalar ise, uzun süreli çevre gürültüsü ile yüksek tansiyon arasında zayıf bir ilişki olduğu ortaya konmuştur.

Gürültünün insan fizyolojisi üzerindeki olumsuz etkilerini saptamak güçtür. Ancak yapılan araştırmalar incelendiğinde varılan sonuç gürültünün insan fizyolojisine olumsuz etkilerinin olduğu şeklindedir (Davies, 2002, Helzner, 2004). İnsan yapısının karmaşıklığı nedeniyle, bu etkileri tam anlamıyla somutlaştırmak ve formüle etmek imkansızdır. Kesin kanıt olmadığından hareket ederek alınacak önlemler konusunda kayıtsız kalmak da yanlıştır. Herşeyden önce yaşam ve çalışma alanlarında etkin gürültü kontrolünün sağlanması gerekir.

3.1.3. Psikolojik Etkiler

Gürültünün psikolojik etkilerinin başında; korku, tedirginlik, yorgunluk, zihinsel etkinliklerde yavaşlama ve iş veriminin azalması gelir. Çevresel gürültülerin insanın ruh sağlığını doğrudan etkilemediği, ancak mevcut ruhsal hastalıkları hızlandığı ve artmasına neden olduğu söylenmektedir. Ancak endüstriyel gürültünün ruh sağlığına olan etkileri için elde edilen sonuçlar, çevre gürültüsü için elde edilememiştir.

3.1.4. Performans Etkileri

Gürültü insanın iş performansı ve davranışları üzerinde de olumsuz etkilere sahiptir. Ancak bu etkileri değerlendirmek kolay değildir. (King and Davis, 2003, John, 2000, Daniell et.al., 2002, OSHS, 1994, McBride, 2004, Donoghue, 2004, Barrientos et.al., 2004). Çünkü araştırma sonuçları her zaman tahmin edildiği gibi çıkmamaktadır. Bazen gürültü performansı artırmakta, bazen ise gürültülü ve sessiz ortamlarda ölçülen performans değerleri arasında fark olmamaktadır. İnsan yapısının karmaşıklığından dolayı, araya giren değişkenler artmakta ve bu da kesin sonuçlar elde edilmesini zorlaştırmaktadır (Özgüven, 1986, Soydal, 2006, Devren, 1999, Çırpar, 2003, Katırcıoğlu, 1998, Ergür, 2004, Öztürk, 2004).

Bu konuda yapılan birkaç alan araştırması, gürültünün iş hatalarına ve kazalarına yol açtığını göstermiştir. Gürültünün, tepki zamanı üzerinde, hata sayısında ve üretim miktarı başına düşen hata sayısında artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Gürültü düzeyleri yüksek noktada iken, tepki zamanının azaldığı ve hata sayısının artma eğiliminde olduğu görülmüştür. Gürültü nedeniyle, azalan tepki zamanı ve artan hata sayısı çalışanların kazaya maruz kalma oranlarında bir artışa neden olmaktadır. Laboratuvar ve iş yerindeki çalışmalar, gürültünün dikkat dağıtan uyarıcı bir unsur olduğunu ortaya koymuştur. Kısa sürede, gürültüden kaynaklanan uyarıcılık basit işlerdeki performansı artırır. Ancak karmaşık işlerdeki kavrama performansı oldukça kötüleşmektedir. Genel olarak gürültü yapılan işin miktarını etkilemez, ancak işin doğruluğunu etkiler.

Ses düzeyi performans etkilerini saptamakta kullanılan parametrelerin en önemlilerindendir. Gürültü düzeyinin etkileri yapılan işin tipine göre değişir. Basit işler 115 dB gibi yüksek gürültü düzeylerinde bile etkilenmeden yapılabilir. Karmaşık işler ise çok daha düşük gürültü düzeylerinde bile kesintiye uğrar.

Gürültünün frekansı da performans üzerinde önemli rol oynar. Yüksek frekanslı sesler, düşük frekanslı seslerden daha fazla işi aksatır. Aralıklı gürültüler de, aynı düzeye sahip sürekli gürültülerden daha fazla olumsuz etkilenmeye neden olur. Aralıklı gürültüler de kendi içinde farklıdır. Periyodik olmayan aralıklı gürültüler, periyodik olanlardan daha rahatsız edicidir (Özgüven, 1986, Soydal, 2006, Devren, 1999, Çırpar, 2003, Katırcıoğlu, 1998, Ergür, 2004, Öztürk, 2004).

3.2. Gürültü Etkilenim Düzeyleri

Mesleki gürültü etkilenimi ile ilgili yasal düzenlemeler ülkeden ülkeye farklılıklar göstermektedir. Bu konudaki yasal düzenlemelerin isimlerinde bir birliktelik yoktur. Yasa, yönetmelik, standart, direktif, talimatname, tavsiye ve rehber gibi terimler kullanılmaktadır. Bazı ülkelerde ulusal standartlar yasa olarak adlandırılmakta, bazılarında ise standart ve yönetmelik kavramları birlikte kullanılmaktadır (Suter, 2007, Barron, 2003). Amerika Birleşik Devletleri'nde yönetmelik terimi kullanılırken, Avrupa Birliği konu ile ilgili yasal düzenlemeler direktif adı altında toplanmaktadır. Bir çok ülke ise yasa veya yönetmelik kadar yaptırım gücüne sahip olmayan talimatnameyi kullanmaktadır.

Yasal düzenlemeler farklı isimler altında yapılsa da bunların ortak amacı gürültü etkilenimini sınırlandırarak, insanları ve çevreyi gürültünün olumsuz etkilerinden korumaktır. Kabul edilebilir gürültü etkilenim limitlerinin belirlenmesi bu standartların temelini oluşturmaktadır.

3.2.1. Gürültü Etkilenim Limit Değerlerinin Belirlenmesi

Gürültü etkilenim limitleri gürültüye bağlı kalıcı eşik kayması (Noise-Induced Permanent Threshold Shift, NIPTS, dB) ve yüzde cinsinden işitme kaybı riski kriterlerine göre belirlenmektedir. İşitme kaybı gürültüye maruz kalma sonucu işitme eşiğinin değişmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu değişme geçici veya kalıcı olabilmektedir. Kısa süreli gürültü etkilenimlerinden sonra değişen işitme eşiğinin normale dönmesi “Geçici Eşik Kayması” olarak adlandırılır. Etkilenimin uzun sürmesi durumunda ise işitme eşiğindeki değişim normale dönmez ve “Kalıcı Eşik Kayması” meydana gelir (Alberti, 2001, Kalveram 2007, Wada, 2007).

Aşırı gürültünün en önemli olumsuz etkisi kalıcı işitme kaybına neden olmasıdır. Kalıcı işitme kaybının oluşmasında gürültü düzeyi, frekans bileşimi, etkilenim süresi, kişisel duyarlılık ve yaş en önemli faktörlerdir. Gürültüye bağlı kalıcı işitme kaybının tamamen önlenmesi mümkün değildir. Ancak, alınacak önlemlerle kişinin günlük yaşamını etkilemeyecek bir seviyede sınırlandırabilir. Bu nedenle kabul edilebilir gürültüye bağlı kalıcı eşik kaymasının tanımlanması gerekmektedir. Amerikan Oftalmoloji ve Oto-Laringoloji Akademisi kabul edilebilir gürültüye bağlı kalıcı eşik kaymasını, kişinin sessiz bir ortamda 1,5 metreden günlük konuşmaları anlamakta güçlük çekmeye başladığı nokta olarak tanımlamıştır (Barron, 2003). Bu nokta ise

genellikle 500-1000 ve 2000 Hz frekanslarda ortalama 25 dB değerine karşılık gelmektedir. Çalışma yaşamı boyunca 25 dB işitme kaybına neden olacak gürültü düzeyi ise maksimum müsaade edilebilir gürültü düzeyi olarak tanımlanmaktadır. İşitme riski yüzdesi ise gürültüye maruz kalanlar arasında 25 dB işitme kaybına uğrayacakların oranı olarak tanımlanmaktadır. Amerikan Hava Kuvvetleri Medikal Araştırmalar Laboratuvar'ında 1973 yılında yapılan araştırmada, günlük 90 dBA gürültü düzeyi etkisinde kalanların en fazla % 10'luk bir kesiminde 25 dB'den büyük işitme kaybı meydana geleceği belirlenmiştir (Barron, 2003). Çalışmada ayrıca yaşa ve gürültü düzeyine bağlı olarak 25 dB ve daha büyük işitme kaybı oluşma riski araştırılmış ve sonuçları Şekil 3.2 'de verilmiştir.

Bu bilimsel verilerin ışığı altında dünyada bir çok ülke kendi sosyal, ekonomik ve siyasal faktörlerini de dikkate alarak gürültü etkilenimini sınırlandırmak için yasal düzenlemeler yapmışlardır. Çeşitli ülkelere ait limit değerler Tablo 3.3'de verilmiştir. Limit değerler ülkeden ülkeye göre 80, 85 veya 90 dBA olabilmektedir.

Tablo 3.3'deki etkilenim eşik değeri bu düzeydeki gürültünün etkisi altında kalınması durumunda meydana gelecek işitme kaybının ihmal edilebilecek olduğu gürültü düzeyidir. Bunun aşılması durumunda işveren çalışanlarına kişisel kulak koruyucuları vermekle, en yüksek etkilenim değerinin aşılması halinde bunların kullanılmasını sağlamakla yükümlüdür. Etkilenim sınır değerinin aşılması durumunda gürültü düzeyini sınır değerin altına indirmek için gerekli işlemleri yapmak zorundadır.

Tablo 3.3: Çeşitli ülkelere ait gürültü etkilenim limit değerleri (I-INCE-97-1, 1997)

Ülke	Etkilenim Eşik Değeri (dBA)	En Yüksek Etkilenim Değeri (dBA)	Etkilenim Sınır Değeri (dBA)	En Yüksek Ses Basınç Düzeyi (L_{Ppeak})	Değişim Oranı (dB)
Avustralya	85	85	85	140 dBC	3
Brezilya	-	85	85	115 dBA	5
Arjantin	-	-	90	110 dBA	3
Kanada	84	87	87	140 dBC	3
Şili			85	115 dBA	5
Çin Halk Cumhuriyeti	-	-	70 - 90	115 dBA	3
Hindistan	-	-	90	140 dBA	-
Japonya	80	85	90	-	3
Yeni Zellanda	85	85	85	115 dBA	3
Norveç	80	85	85	110 dBA	3
İsviçre	85	85	87	140 dBC	3
Singapur	85	90	90	140 dBA	3
İsrail	-	-	85	140 dBC	5
Malezya	80	85	90	115 dBA	5
Güney Afrika Cumhuriyeti	-	-	85	135 dBA	-
Uruguay	-	-	90	110 dBA	3

İnsan kulağı gürültü düzeylerine bir noktadan sonra etkilenim zamanından bağımsız olarak tepki vermektedir. Bu düzey kritik gürültü düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda kritik gürültü düzeyinin 115 dBA ile 120 dBA arasında değiştiği belirlenmiştir. Kritik düzeyin altında kalıcı eşik kayması gürültü düzeyi ve etkilenim zamanı ile ilgili iken bu düzeyin üstünde kalıcı eşik kayması etkilenim zamanından bağımsızdır. Tablo 3.3' e bakıldığında en yüksek ses basınç düzeyi ya da maksimum limit için dBA, dBC gibi farklı birimlerin kullanıldığı ve 115 – 140 dBA arasında değiştiği veya 140 dBC olduğu görülmektedir. Bu düzeydeki bir gürültüye etkilenim zamanına bakılmaksızın hiçbir şekilde maruz kalınmaması gerekir (I-INCE-97-1, 1997, Johnson et.al., 2001, Shaikh, 1999).

3.2.2. Gürültü Düzeyi ile Etkilenim Zamanı Arasındaki İlişki

Gürültü standartlarında belirtilen limit değerler günde 8 saat süre ile etkisinde kalınabilecek gürültü düzeyleridir. Etkilenim süresinin 8 saatten az veya çok olması durumunda etkisinde kalınabilecek gürültü düzeyinin belirlenmesi için bir değişim oranı (Exchange Rate) geliştirilmiştir. En yaygın kullanılan değişim oranları 3 dB ve 5 dB'dir.

3 dB değişim oranı ilk olarak Eldred ve arkadaşları tarafından 1955 yılında (NIOSH, 1998) önerilen, daha sonra Burns ve Robinson (1970) tarafından da desteklenen eşit enerji prensibi veya hipotezi olarakta bilinmektedir. Eşit enerji prensine göre eşit ses enerjisine sahip gürültüler eşit miktarda işitme kaybına neden olurlar. 3 dB değişim oranına göre etkilenim zamanındaki yarıya düşüş gürültü düzeyindeki 3 dB'lik bir azalmaya eşit olmaktadır. Bu kurala göre etkilenim zamanı 8 saatten 4 saate düştüğünde gürültü düzeyinde 3 dB'lik bir artış veya gürültü etkilenimi 2 saate düştüğünde 6 dB'lik artışa müsaade edilmektedir.

5 dB değişim oranı Amerikan Mesleki Sağlık ve Güvenlik İdaresi (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) tarafından geliştirilmiş ve OSHA kuralı olarakta bilinmektedir. Eşit enerji prensibinden daha az koruyucu özelliğe sahiptir. Bu kurala göre etkilenim zamanındaki yarıya düşüş gürültü düzeyindeki 5 dB'lik bir azalmaya eşit olmaktadır.

Tablo 3.4' den de görüleceği gibi, Brezilya, Şili, İsrail ve Malezya 5 dB değişim oranını kullanırken Avustralya, Arjantin, Kanada, Çin Halk Cumhuriyeti, Japonya,

Norveç, İsviçre gibi ülkeler ise değişim oranı olarak 3 dB' i kullanmaktadır (I-INCE-97-1, 1997).

3.2.3. Amerika Birleşik Devletleri'nde Gürültü Standardı

Amerika Birleşik Devletleri'nde Ulusal Mesleki Sağlık ve Güvenlik Enstitüsü (National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH) 1972 yılında mesleki gürültü etkilenimi sonucunda oluşacak kalıcı işitme kaybı riskini azaltmak için "Mesleki Gürültü Etkilenimi" standardını yayınlamıştır. Söz konusu bu standarta tavsiye edilen gürültü düzeyleri ve etkilenim süreleri Tablo 3.4'de verilmiştir (NIOSH, 1998).

Tablo 3.4'den de görüldüğü gibi, 8 saatlik sürekli çalışma için NIOSH' un önerdiği sınır değer 90 dBA' dır. Enstitü daha sonra en son bilimsel verileri de değerlendirerek 1998 yılında kendi yayınladığı standardı revize etmiştir (NIOSH, 1998).

Tablo 3.4: NIOSH 1970 Standardı.

Gürültü Seviyesi (dBA)	Bir Günde Maruz Kalınabilecek Süre (Saat)
90	8
92	6
95	4
97	3
100	2
102	1,5
105	1
110	0,5
115	0,25

NIOSH revize ettiği standartta 8 saatlik sürekli çalışma için mesleki gürültü etkilenim limit değerini 85 dBA olarak belirlemiştir. Yeni standarda göre bir kişinin belli bir gürültü düzeyine (L) ne kadar süre (T) ile maruz kalabileceği Eşitlik 3.1 ile hesaplanabilir veya belirli gürültü düzeyleri için öngörülen etkilenim süreleri Tablo 3.5'den yararlanılarak bulunabilir.

$$T_{(Dakika)} = \frac{480}{2^{(L-85)/3}} \quad (3.1)$$

Tablo 3.5: NIOSH-1998 Standardına göre gürültü etkilenim düzeyleri ve süreleri

Gürültü Düzeyi (dBA)	Etkilenim Süresi,T			Gürültü Düzeyi (dBA)	Etkilenim Süresi,T		
	Saat	Dakika	Saniye		Saat	Dakika	Saniye
80	25	24	-	106	-	3	45
81	20	10	-	107	-	2	59
82	16	-	-	108	-	2	22
83	12	42	-	109	-	1	53
84	10	5	-	110	-	1	29
85	8	-	-	111	-	1	11
86	6	21	-	112	-	-	56
87	5	2	-	113	-	-	45
88	4	-	-	114	-	-	35
89	3	10	-	115	-	-	28
90	2	31	-	116	-	-	22
91	2	-	-	117	-	-	18
92	1	35	-	118	-	-	14
93	1	16	-	119	-	-	11
94	1	-	-	120	-	-	9
95	-	47	37	121	-	-	7
96	-	37	48	122	-	-	6
97	-	30	-	123	-	-	4
98	-	23	49	124	-	-	3
99	-	18	59	125	-	-	3
100	-	15	-	126	-	-	2
101	-	11	54	127	-	-	1
102	-	9	27	128	-	-	1
103	-	7	30	129	-	-	1
104		5	57	130-140	-	-	<1
105		4	43		-	-	-

Eğer çalışan kişi 8 saatlik çalışma zamanı içinde farklı periyotlarda farklı gürültü seviyelerine maruz kalıyorsa, onun için günlük gürültü dozunun hesaplanması gerekmektedir. Günlük gürültü dozu NIOSH standardına göre Eşitlik 3.2 ile hesaplanabilir.

$$D = \left[\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right] \times 100 \quad (3.2)$$

Burada;

D : Günlük maruz kalınan gürültü dozu (%)

C_i (i = 1,2,3,...n) : Belli bir gürültü seviyesinde etki altında kalınan süre,

T_i (i = 1,2,3,...n) : Aynı gürültü seviyesinde izin verilen etki altında kalma süresini (Tablo 3.5’den okunan değer) göstermektedir.

Günlük gürültü dozu (D) daha sonra 8 saat boyunca maruz kalınan ortalama eşdeğer gürültü seviyesine (L_{Aeq} , dBA) aşağıdaki eşitlik yardımıyla dönüştürülebilir (NIOSH, 1998).

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[\frac{D}{100} \right] + 85 \quad (3.3)$$

NIOSH 1970 yılında hazırladığı mesleki gürültü standardını 1998 yılında düzelterek, eski standarda göre 90 dBA gürültü seviyesine 40 yıl boyunca maruz kalan bir kişide meydana gelecek % 25’lik işitme kaybı riskini, yeni standarda göre % 8’ e indirmiştir. Yeni standart ABD’de hem Mesleki Sağlık ve Güvenlik Yönetimi (Occupational Safety and Health Administration: OSHA), hem de Maden Sağlık ve Güvenlik Yönetimi (Mine Safety and Health Administration: MSHA) tarafından uygulanmaktadır.

3.2.4. Avrupa Birliği Gürültü Direktifi

Avrupa’ da gürültü kontrolü konusunda birçok ülkede uzun yıllardır ileri düzeyde çalışmalar yapılmakta olup, Avrupa Birliği’nin kurulmasıyla çalışmalar daha da yoğunlaşmış ve ortak çözüm yolları üretilmeye başlanmıştır. Ancak gürültü etkilenimi, birliğin ve üye ülkelerin gürültü yasalarına ve yerel düzeydeki uygulamalara rağmen yine de yüksektir.

Avrupa Birliği mesleki gürültü etkilenimine sınırlamalar getirmek için ilk standardını 1986 yılında yürürlüğe koymuştur. Birlik bu standartta günlük gürültü etkilenim düzeyi ve haftalık gürültü etkilenim düzeyi olmak üzere iki ayrı sınırlama getirmiştir (EU-2003/10/EC).

Günlük gürültü etkilenim düzeyi 8 saatlik bir iş günü için, anlık darbeli gürültünün de dahil olduğu bütün gürültü etkilenim düzeylerinin zaman ağırlıklı ortalaması olarak tanımlanmakta (ISO-1999, 1990, TS-2607, 2005) ve Eşitlik (3.4) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$L_{EX, 8 \text{ saat}} = L_{Aeq, T_e} + 10 \log \left[\frac{T_e}{T_0} \right] \quad (3.4)$$

Burada

L_{Aeq, T_e} : T_e süresince etkisinde kalınan eşdeğer sürekli gürültü düzeyi (dBA)

T_e : Etkilenim süresi (saat)
 T_0 : Günlük çalışma süresi (8 saat).

Söz konusu standartta günlük gürültü etkilenim düzeyi için 85 ve 90 dBA olmak üzere iki sınır değeri belirlenmiştir. Günlük gürültü etkilenim düzeyi 85 dBA'yı geçerse işveren gerekli önlemleri almak zorundadır; 90 dBA'yı geçmesi durumunda ise çalışmayı durdurmak, oluşan gürültünün nedenlerini bulmak ve ortam gürültü düzeyini sınır değerin altına düşürmek için gerekli gürültü kontrol çalışmalarını yapmak durumundadır (EU-2003/10/EC, South, 2004).

Avrupa Birliği, günlük gürültü etkilenim düzeylerinin günden güne belirgin şekilde farklılık gösterdiği kesin olarak tespit edilen yerlerde günlük gürültü etkilenim değerleri yerine haftalık gürültü etkilenim değerlerinin kullanılmasını tavsiye etmektedir. Haftalık gürültü etkilenim düzeyi, 8 saatlik 5 iş gününden oluşan günlük gürültü etkilenim düzeylerinin zaman ağırlıklı ortalaması olarak tanımlanmakta (ISO-1999, 1990, TS-2607, 2005) ve Eşitlik (3.5) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{5} \sum_{k=1}^m 10^{0.1(L_{EX,8\text{ saat}})_k} \right] \quad (3.5)$$

Burada;

$(L_{EX,8\text{ saat}})_k$: k'nci günde maruz kalınan günlük eşdeğer gürültü düzeyi (dBA)'dir.

Avrupa Birliği daha sonra yürürlükteki standartta değişikliğe gitmiştir. 2003 yılında çıkardığı yeni standardın tüm üye ve aday ülkelerde uygulamaya geçirilmesi için Şubat 2006 tarihine kadar süre vermiştir (EU-2003/10/EC). Yeni standartta, Tablo 3.6'dan da görüleceği gibi sınır değerler eskisine göre daha aşağıya çekilmiştir.

Tablo 3.6: Avrupa Birliğinin 2003 yılı standardındaki etkilenim sınır değerleri

Etkilenim Değerleri	Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyi ($L_{EX,8\text{ saat}}$) (dBA)	En Yüksek Ses Basıncı (Pa)
En düşük etkilenim değeri	80	200
En yüksek etkilenim değeri	85	200
Etkilenim sınır değeri	87	112

Tablodan da görüldüğü gibi, Avrupa Birliği en düşük etkilenim sınır değerini eskisine göre 5 dB azaltarak 80 dBA olarak belirlemiştir. En yüksek etkilenim sınırı ise 87 dBA olarak verilmiştir.

3.2.5. Türkiye’de Gürültü ile İlgili Yasal Düzenlemeler

Türkiye’de gürültü kirliliği için gerçekleştirilen ilk yasal düzenleme, 11 Aralık 1986 tarihli “Gürültü Kontrol Yönetmeliği”dir. Bu yönetmelik ile, demiryolu, karayolu, havayolu taşıma araçları, sanayi ve inşaat makinelerinden kaynaklanan gürültünün yanı sıra yerleşim alanları için önleyici hükümler getirilmiş, çalışanların işitme sağlığı açısından kabul edilebilir en yüksek gürültü seviyeleri için sınırlamalar da koyulmuştur (Gürültü Kontrol Yönetmeliği, 1986).

Söz konusu yönetmelik 1 Temmuz 2005 tarihinde çıkarılan “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” ile değiştirilmiştir. Avrupa Birliği 2002/49 direktifine uygun olarak yapılan düzenleme ile kabul edilebilir ses düzeyleri sınırı yeniden belirlenmiştir. Yerel yönetimlere gürültü haritaları hazırlama zorunluluğu getiren yönetmelikte, çevresel gürültü, “ulaşım araçları, kara, demir hava ve deniz yolu trafiği, açık alanda kullanılan teçhizat, şantiye alanları, sanayi tesisleri, atölye, imalathane, işyerleri ve benzeri ile rekreasyon ve eğlence yerlerinden çevreye (dışarıya) yayılan, istenmeyen veya zararlı açık hava seslerinin bütünü ile yapı içindeki mekanik sistemler ve diğer kaynaklardan doğan ve diğer bir mekan içinde bulunan insanları olumsuz etkileyen yapı içi gürültüleri” biçiminde tanımlanmaktadır. Bunun yanında, Çevre Kanunu, ÇED Yönetmeliği, Medeni Kanun, Türk Ceza Kanunu, Umumi Hıfzısıhha Kanunu gibi düzenlemelerde de gürültü kirliliğini önleyici kurallar öngörülmektedir.

Avrupa Birliği Üyeliği sürecinde yapılan uyum çalışmalarına paralel olarak işçilerin gürültüye maruz kalmaları sonucu sağlık ve güvenlik yönünden oluşabilecek risklerden, özellikle işitme ile ilgili risklerden korunmaları için alınması gerekli önlemleri belirlemek amacıyla, 23 Aralık 2003 tarih ve 25325 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiş olan “Gürültü Yönetmeliği” çıkarılmıştır. Söz konusu bu yönetmelik Avrupa Birliği’nin yine aynı yıl çıkardığı ve yukarıdaki bölümde anlatılan standartla aynı özelliklere sahiptir ve bu gün için ülkemizde geçerli olan gürültü sınır değerleri Tablo 3.6’daki gibidir.

Yönetmeliğe göre, günlük gürültü etkilenim düzeyi 8 saatlik bir iş günü için, anlık darbeli gürültünün de dahil olduğu bütün gürültü etkilenim düzeylerinin zaman ağırlıklı ortalaması ($L_{EX, 8h}$) 85 dBA değerini aşmamalıdır. En düşük etkilenim değeri ($L_{EX, 8h} \geq 80$ dBA) aşıldığında işverenin işçiler için uygun kulak koruyucuları

sağlaması, en yüksek etkilenim değerine ($L_{EX, 8h} = 85$ dBA) ulaşıldığında ise işçilerin zorunlu olarak kulak koruyucusu kullanmalarını sağlaması gerekmektedir. $L_{EX, 8h}$ hiç bir koşulda etkilenim sınır değeri olan 87 dBA değerini aşmamalıdır. Etkilenim sınır değerlerinin aşıldığının tespit edildiği durumlarda, işveren gürültü düzeyini, etkilenim sınır değerinin altına indirmek için sınır değerinin aşılması nedenlerini belirlemek ve tekrarını önlemek amacıyla, koruma ve önlemeye yönelik tedbirleri almakla yükümlüdür (Gürültü Yönetmeliği, 2003).

Yönetmelikte ayrıca, $L_{EX, 8h}$ değerinin günden güne değiştiğinin tespit edildiği işlerde, etkilenim sınır ve etkin değerlerinin uygulanmasında, $L_{EX, 8h}$ yerine haftalık etkilenim değerlerinin kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca yeterli sayıda ölçüm sonucuna dayanan haftalık gürültü etkilenim düzeyinin 87 dBA etkilenim sınır değerini aşamayacağı vurgulanmıştır (Gürültü Yönetmeliği, 2003).

4. GÜRÜLTÜ ARAŞTIRMA STRATEJİLERİ

4.1. Etkilenim Değerlendirme Stratejisi

Etkilenim, genel olarak, kimyasal (gazlar, ağır metaller, radyasyon, toz vs.), fiziksel (gürültü, titreşim, sıcaklık, nem vs.) veya biyolojik (bakteri, virüs vs.) etmen ile bir hedef (insan, işçi veya çalışan) arasındaki temas veya kontak olarak tanımlanır (IPCS, 2005, Ramachandran, 2005, Mulhausen ve Damiano, 1998, NIOSH, 2002, Leidel ve diğ., 1977). Kısa veya uzun dönemli, mesleki veya çevresel etkilenimler şeklinde sınıflandırılır. İş yeri ortamı bu etmenlerden dolayı çalışanların sağlığı açısından önemli riskler içerebilmektedir. Dolayısıyla söz konusu sağlık risklerinin önceden belirlenmesi, tahmin edilmesi, değerlendirilmesi ve kontrol altına alınması gerekmektedir (Ramachandran, 2005).

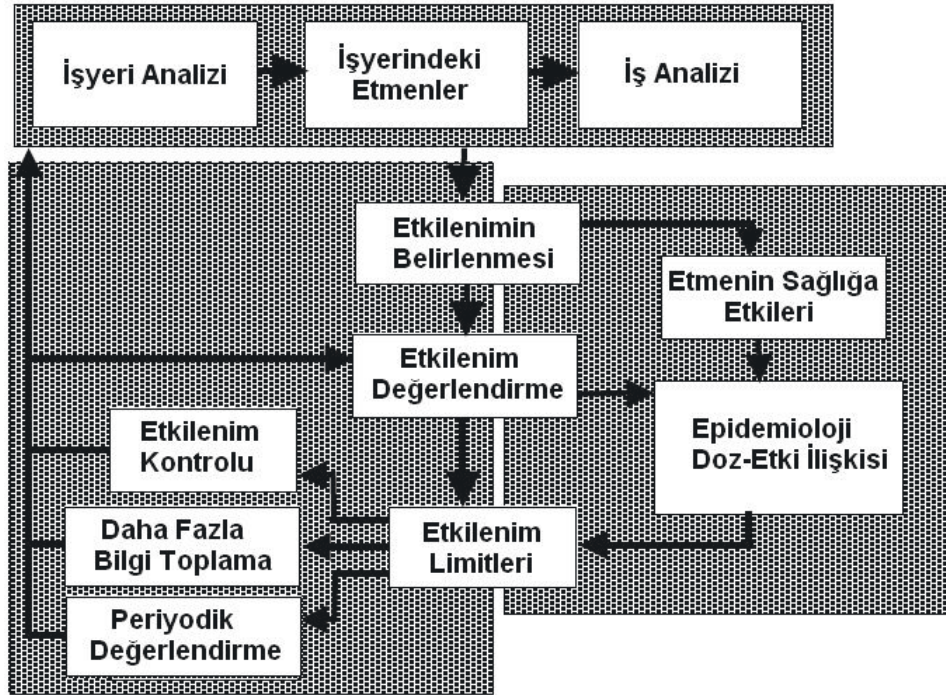
Bu etmenlerin iş yerindeki varlığı o iş yerinde yapılan işlemlerin türüne bağlıdır. Mesleki etkilenim; üretim miktarındaki artma veya azalmaya, çevresel faktörlere ve işçilerin yaptıkları görev türlerine bağlı olarak günden güne, işçiden işçiye göre önemli değişimler göstermektedir. Hatta bir vardiya boyunca dakika dakika değişebilmektedir.

Etkilenim değerlendirme, etmen - hedef arasındaki temasın şiddetini, frekansını ve etkilenim zamanını ölçmek veya tahmin etmek için yapılan işlemler olarak tanımlanmaktadır (IPCS, 2005, Ramachandran, 2005, Mulhausen ve Damiano, 1998, NIOSH, 2002, Leidel ve diğ., 1977). Yasal gereksinimlerin sağlanıp sağlanmadığını saptamak, etmenin kaynağını karakterize etmek, kontrol tekniklerinin etkinliğini değerlendirmek veya epidemiyolojik araştırmalar gibi çeşitli nedenlerle etkilenim değerlendirme çalışmaları yapılmaktadır.

Mesleki etkilenim değerlendirme çalışmaları genellikle kimyasal etmenler üzerine yoğunlaşmıştır (Leidel, 1977, Stewart ve Stenzel, 2000, Malchaire ve Piette, 1997, Ramachandran, 2005). Bu konudaki literatür oldukça geniştir. Fiziksel etmenlerden gürültü ve titreşim için bu tür çalışmaların sayısı son yıllarda giderek artmasına rağmen henüz yeterli düzeyde değildir. Kimyasal etmenler için yapılan etkilenim

değerlendirme çalışmalarını iki başlık altında toplamak mümkündür. Bunlardan birincisini, etkilenim düzeylerinin yasal gereksinimleri sağlayıp sağlamadığını belirlemek, etmenin kaynağını karakterize etmek ve kontrol tekniklerinin etkinliğini değerlendirmek için yapılan çalışmalar oluşturmaktadır. İkincisi ise etkilenme ile bunun sağlık üzerindeki etkileri arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik olarak yapılan epidemiolojik veya doz-etki ilişkisi çalışmalarıdır. Bu tür çalışmalarla, kantitatif olarak saptanan etkilenme miktarı ile olumsuz sağlık etkisi arasındaki ilişkilerin istatistiksel analizlerinden kabul edilebilir en yüksek etkilenme düzeyleri, diğer bir deyişle etkilenme ölçütleri elde edilebilmektedir. Saptanan ölçütler, daha sonra uygulanabilirlik, maliyet ve performans yönlerinden irdelenerek ulusal standart değerler (etkilenme limitleri) durumuna getirilmekte ve yasa ve yönetmeliklerde yer almaktadır.

Kimyasal etmenler için yapılan her iki tür etkilenim değerlendirme çalışmalarında kullanılan, çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmiş çok sayıda değerlendirme yöntemi vardır (Teschke ve diğ., 1994, Makinen ve diğ., 2000 Tielemans ve diğ., 2002). Söz konusu yöntemler genel olarak üç bölümden oluşmaktadır. Şekil 4.1’de mesleki etkilenim değerlendirme çalışmalarında kullanılan yöntemlerin genel akım şeması gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Mesleki etkilenim değerlendirme çalışması genel akım şeması (Ramachandran, 2005).

Genel olarak etkilenim değerlendirme çalışmalarında uygulanan strateji, işyeri proseslerinin karakterizasyonu, işçilerin görevleri, kontrol çalışmaları ve etmen özelliklerinin belirlenmesi ile başlamaktadır (Ramachandran, 2005). Bu tür çalışmalarda etkilenim düzeylerinin belirlenmesi önemli bir yer tutmaktadır. Çünkü ideal olan bütün çalışanların tek tek etkilenim düzeylerinin tespit edilmesidir. Ancak, işçi sayısının çok olduğu büyük işletmelerde böylesi bir çalışmayı gerçekleştirmek hem zaman hem de maliyet açısından çoğu zaman imkansızdır. Bu nedenle, değişik etkilenim belirleme stratejileri geliştirilmiştir.

Bunlardan ilki “En Kötü Durum” veya “En Riskli Çalışan veya Çalışanlar” olarak bilinen yöntemdir. Söz konusu yöntem çalışanlar arasından potansiyel olarak etkilenme düzeyinin en yüksek olduğu tahmin edilen işçi veya işçilerin seçilerek etkilenim düzeylerinin tespit edilmesi esasına dayanmaktadır. Daha sonra diğer işçilerin etkilenim düzeyleri tahmin edilmektedir. Bu yöntemin avantajı ölçüm sayısını önemli ölçüde azaltması, dezavantajı ise aşırı tahmin hatalarına sebep olmasıdır (Olsen ve diğ., 1991, Leidel, 1977, Makinen ve diğ., 2000).

İkincisi ise çalışanlar arasından rastgele seçilen işçilerin etkilenim durumlarının periyodik olarak izlendiği yöntemdir (Rappaport, 1991, Kromhout, et.al., 1993, Rappaport et.al., 1993, Teschke ve diğ., 1994). Bu yöntem ilkinde göre çok daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Ayrıca, işçilerin etkilenim koşullarındaki değişimlerin de dikkate alınmasına imkan tanımaktadır (Rappaport, 1991, Kromhout ve diğ., 1993, Rappaport ve diğ., 1993, Burdorf, 2003).

Daha sonra Corn ve Esmen (1979) tarafından “İşyeri Etkilenim Bölgeleri” kavramı geliştirilmiştir. Bu kavrama göre çalışanlar uzman görüşü ve işyerinde yapılan gözlemler temelinde benzer etkilenim profiline sahip gruplara ayrılmaktadır. Bu tür işçi grupları “Homojen Etkilenim Grubu (HEG)” olarak adlandırılmaktadır. Her bir HEG’nun etkilenim profili ölçümlerle tespit edilmektedir. Bir grup için belirlenen ortalama etkilenim düzeyinin belirli bir istatistiksel doğruluk payı ile bütün grup elemanları içinde geçerli olduğu kabul edilmektedir (Corn ve Esmen, 1979).

Etkilenim düzeylerinin belirlenmesi ile elde edilen sonuçlar mesleki etkilenim limit değerleri ile karşılaştırılarak etkilenim koşullarının kabul edilebilir, kabul edilemez veya belirsiz olduğuna kara verilir (Rappaport, 1991, Kromhout ve diğ., 1993, Rappaport ve diğ., 1993, Burdorf, 2003). Eğer etkilenimin kabul edilemez olduğuna

karar verilirse, etkilenimi azaltmak için kontrol çalışmaları yapılır, kabul edilebilir ise periyodik değerlendirme çalışmaları ile bu durumun sürekli olup olmadığı takip edilir. Etkilenim koşullarının belirsiz olduğuna karar verilmesi halinde değerlendirme çalışmaları tekrar edilir veya daha fazla bilgi elde edilerek karar verilmeye çalışılır (Ramachandran, 2005, Leidel, 1977).

4.2. Gürültü Etkilenim Değerlendirme Stratejisi

Gürültü araştırmalarında ölçümlerin türü ve izlenecek strateji araştırmanın amaçlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Lester ve diğ., 2001, Strasser ve Irle, 2001). Genel olarak dört farklı amaçtan söz edilebilir. Bunlar;

- Makine veya makinelerin gürültü emisyonlarının belirlenmesi,
- Gürültü kaynaklarının tespit edilmesi, karakterizasyonu ve sınıflandırılması,
- Çalışanların gürültü etkilenim düzeylerinin yasal sınırlar içinde olup olmadığının değerlendirilmesi,
- Çalışanların işitme kaybı risklerinin tahmin edilmesi,

olarak özetlenebilir.

Makine veya makinelerin gürültü emisyonlarının belirlenmesi çalışmaları ses gücü, basıncı ve şiddeti parametrelerinin ölçülmesine yönelik yapılan ve daha ziyade karmaşık, büyük tecrübe ve uzmanlık gerektiren çalışmalardır.

Gürültü kaynaklarının tespit edilmesi, karakterizasyonu ve sınıflandırılması çalışmaları, işyerinde gürültünün kontrol altına alınabilmesi için yapılmaktadır. Çünkü, gürültü kontrol çalışmalarından önce işyerindeki gürültü kaynaklarının belirlenmesi ve her bir kaynağın toplam gürültü düzeyine katkısının tespit edilmesi gerekir.

Çalışanların gürültü etkilenim düzeylerinin yasal sınırlar içinde olup olmadığının değerlendirilmesi ile çalışanların işitme kaybı risklerinin tahmin edilmesine yönelik çalışmalar onları gürültünün zararlı etkilerinden korumak için yapılmaktadır. Bu tür araştırmalar için kişinin ortalama gürültü etkilenim düzeyini karakterize eden bir parametrenin tanımlanması gerekmektedir.

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından yayınlanan ISO-1999 (1990) ve Türk Standardları Enstitüsü tarafından yayınlanan TS 2607 ISO 1999 (2005) “Akustik – İş Yerinde Maruz Kalınan Gürültünün Tayini ve Bu Gürültünün

Sebeup Olduğu İşitme Kaybının Tahmini” standartlarında bu konuda iki parametre tanımlanmıştır. Bunlar, günlük ve haftalık gürültü etkilenim düzeyleridir.

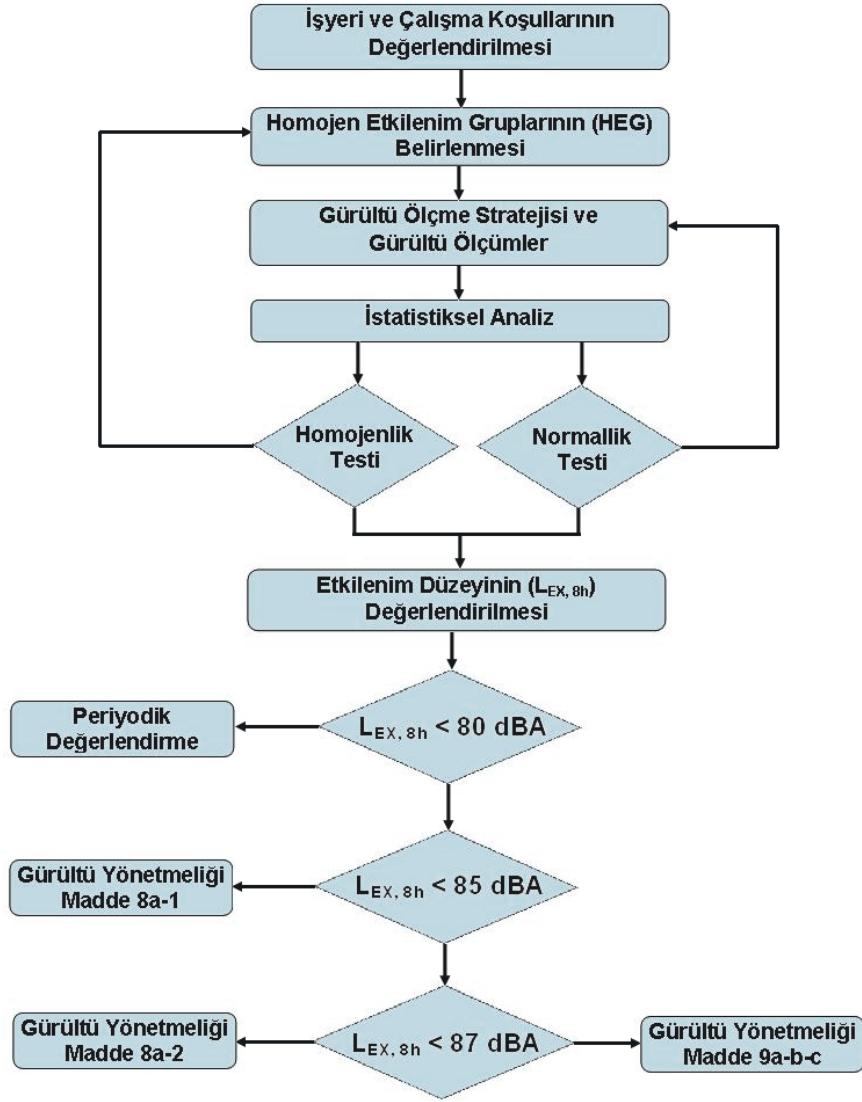
Kimyasal etmenler için yapılan etkilenim değerlendirme çalışmalarında olduğu gibi gürültü etkilenim değerlendirme çalışmalarında da ideal olan bütün çalışanların tek tek günlük gürültü etkilenim düzeylerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesidir. Ancak böylesi bir çalışmayı gerçekleştirmek, uzun zaman ve yüksek maliyet gerektirmesi nedeniyle rasyonel değildir. Bu nedenle, Corn ve Esmen (1979) tarafından geliştirilen “Homojen Etkilenim Grupları (HEG)” yöntemi gürültü etkilenim değerlendirme çalışmalarında da kullanılmaktadır. HEG genellikle kimyasal etkilenim değerlendirme çalışmalarında ölçme sayısını ve maliyeti azaltmak için kullanılan standart bir yöntemdir (Tielemans ve diğ., 1998, Benke ve diğ., 2001, Methner ve diğ., 2000, Mäkinen ve diğ., 2000, Stewart ve Stenzel, 2000). Bir çok araştırmacı tarafından da gürültü etkilenim değerlendirme çalışmalarında uygulanmış olup kullanılması önerilmektedir (Royster ve diğ., 1986, Malchaire ve Piette, 1997, Firth ve diğ., 2006, Neitzel ve diğ., 1999, Ahmed ve diğ., 2001).

Homojen Etkilenim Grupları (HEG) yöntemi ile gürültü etkilenim değerlendirme çalışmaları bir çok aşamadan oluşmaktadır (Lester ve diğ., 2001). Şekil 4.2’de böyle bir çalışmada yapılması gerekenleri gösteren akım şeması verilmiştir. İşyerindeki iş türlerinin ve gürültü kaynaklarının belirlenmesi ve sınıflandırılması, çalışan sayısının ve çalışma sürelerinin belirlenmesi ve etkisinde kalınan gürültünün çeşidi gibi işyeri ve çalışma koşullarının değerlendirildiği “Ön Araştırma” çalışmaları ilk aşamayı oluşturmaktadır. Buradan elde edilen bilgiler temelinde ölçüm stratejisi geliştirilmektedir.

4.2.1. Ön Araştırma Çalışmaları

Ön araştırma çalışmalarının iki önemli amacı vardır. Birincisi, işyerindeki gürültü etkilenim koşullarının tanımlanmasıdır. İkincisi ise gürültü etkileniminde sistematik değişimlere sebep olan faktörlerin belirlenmesidir (Lester ve diğ., 2001, Malchaire ve Piette, 1997). Bu aşamada gereken bilgiler, etkilenen işçi sayısı, yaptıkları işler ve bunların zamanla nasıl değiştiği, işyerindeki önemli gürültü kaynaklarının yerleri ve neler olduğudur. Bu araştırmanın sonuçları homojen etkilenim gruplarının belirlenmesi ve farklı etkilenim koşullarının tespit edilmesine katkıda bulunmaktadır. Eğer daha önce işyerinde gürültü ölçümleri yapılmış ise bu aşamada elde edilen verilerden

de yaralanmak gerekir. Aksi takdirde ön araştırma çalışmalarının etkinliğini artırmak için bir kaç tane gürültü ölçümü yapmak yararlı olacaktır. Bu aşamada yapılacak gürültü ölçümlerinin sadece yol gösterici nitelikte olduğu ve gerçek etkilenim değerlendirme ölçümlerinin ikinci aşamada yapılacağı unutulmamalıdır.



Şekil 4.2: Gürültü etkilenim değerlendirme çalışması akım şeması

4.2.2. HOMOJEN ETKİLENİM GRUPLARININ BELİRLENMESİ

Ön araştırma çalışmalarından elde edilen bilgilerin temelinde homojen etkilenim grupları oluşturulmaktadır. Daha sonra her bir grubun etkilenim düzeylerinin belirlenmesi için ölçümler yapılmaktadır.

Homojen etkilenim gruplarının oluşturulmasında kullanılan bir çok yöntem vardır (Leidel ve diğ., 1977, Ramachandran, 2005, Mulhausen ve Damiano, 1998,

Rappaport, 1991, Esmen ve diğ., 2007, Werner ve Attfield, 2000, Teschke ve diğ., 1994). Bu yöntemlerden ilki Corn ve Esmen (1979) tarafından önerilen “Gözlemsel Yaklaşım”dır. Bu yöntemde işçiler yaptıkları iş veya görev, maruz kaldıkları etmen (aynı kimyasal, fiziksel veya biyolojik etmen) veya çevresel benzerlikleri temelinde gruplara ayrılmaktadırlar. Yöntem, işyeri ve oradaki prosesler, işçiler, meslekler, yerine getirilen görevler, işyerinde kullanılan maddeler, makine ve ekipmanlar ile uygulanan çeşitli kontrol düzenekleri hakkında bilgiler toplanmasını gerektirmektedir. Bu bilgiler, çalışma yapılacak fabrika veya işyerinin incelenmesi, işçiler, yöneticiler ve üretim mühendisleri ile görüşülmesi, üretim kayıtlarının, işletme süreçlerinin, mühendislik kontrollerinin ve daha önce yapılmış çalışmaların kayıtları incelenerek elde edilebilir (Mulhausen ve Damiano, 1998). Gözlemsel yaklaşımın en önemli özelliği, işçileri homojen etkilenim gruplarına ayırmadan önce herhangi bir ölçüm gerektirmemesidir. Dolayısıyla öznel bir yöntemdir. Bu nedenle iki kişi aynı işyeri için farklı etkilenim grupları ortaya çıkarabilir. Bir başka ifade ile bu yöntemde hatalı sınıflandırma yapma olasılığı yüksektir.

Gözlemsel yaklaşımın özneliğini ortadan kaldırmak için Rappaport (1991) tarafından yeni bir sınıflandırma yöntemi önerilmiştir. Bu yöntem “Örnekleme Yaklaşımı” olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu yöntem işçileri homojen etkilenim gruplarına ayırmadan önce işyerinde ölçümler yapılması temeline dayanmaktadır. Etkilenim değerlendirme çalışmasını yapacak kişinin işyerinde gözlem yapmasına ve çeşitli bilgileri toplamasına gerek yoktur. Çalışmaya başlamadan önce işyerinde yapılacak yeterli sayıdaki ölçüm sonuçlarının analiz edilmesiyle işçiler homojen etkilenim gruplarına ayrılır. Örneklem yaklaşımı ölçüm sonuçlarına dayandığı için gözlemsel yaklaşım gibi öznel değil çok daha nesnel bir yöntemdir. Ancak, zaman ve maliyet yönünden düşünüldüğünde yöntemin çok sayıda ölçüm gerektirmesi en önemli dezavantajını oluşturmaktadır. Etkilenim değerlendirme çalışmalarında işçileri homojen etkilenim gruplarına ayırmanın temel nedeni yapılacak ölçüm sayısını azaltarak zaman ve maliyet açısından avantaj elde etmektir. Bu açıdan bakıldığında örneklem yaklaşımı nesnel bir yöntem olmasına rağmen her zaman uygulanabilir görünmemektedir.

Bir diğer yöntem ise Mulhausen ve Damiano (1998) tarafından önerilen gözlemsel ve örnekleme yaklaşımlarının birleşimi olan “Karma Yaklaşım”dır. Karma yaklaşım Amerikan Endüstriyel Sağlık Kurumu (American Industrial Hygiene Association,

AIHA) tarafından standart yöntem olarak kabul edilmekte ve kullanılması önerilmektedir. Karma yaklaşımda öncelik veya ağırlık daha verimli olma özelliğinden dolayı gözlemsel yaklaşımdadır. Yöntem aynen gözlemsel yaklaşımda olduğu gibi işyeri, işçiler, çalışma şartları ve çevresel koşullar hakkındaki bilgilerin elde edilmesine, ayrıca gözlemsel yaklaşımın öznelliğini gidermek, yöntemi daha nesnel hale getirmek amacıyla yeterli sayıda ölçüm yaparak işçilerin gruplandırılması esasına dayanmaktadır (Ramachandran, 2005).

4.2.3. Gürültü Ölçme Stratejisi ve Gürültü Ölçümleri

Gürültü ölçme stratejisi ve gürültü ölçümleri, etkilenim değerlendirme çalışmalarının ikinci aşamasını oluşturmaktadır (Lester ve diğ., 2001, Seixas ve diğ., 2003, Eaton, S., 2001, Malchaire ve Piette, 1997). Gürültü ölçümlerine başlamadan, bir önceki bölümde belirlenen homojen etkilenim gruplarının herbiri için, yapılması gereken ölçüm sayısı, ölçümlerin zamanı, nasıl gerçekleştirileceği, hangi ekipman ve tekniklerin kullanılacağı önceden belirlenirse çalışmanın etkinliği ve verimliliği artırılmış olacaktır.

Herbir homojen etkilenim grubunun gürültü etkilenim düzeylerini tahmin etmek için, gruplardan alınacak numune sayısı ve yapılacak ölçüm sayısının belirlenmesi öncelikli bir konudur ve bir çok faktöre bağlı olarak değişmektedir (Lester ve diğ., 2001, Leidel ve diğ., 1977, Ramachandran, 2005, Mulhausen ve Damiano, 1998). Bu faktörlerin en önemlileri arasında homojen etkilenim gruplarındaki işçi sayısı, yapılacak tahminin duyarlılığı, etkisi altında kalınan gürültü düzeyindeki değişimler sayılabilir.

Etkilenim değerlendirme çalışmalarında belirlenen grupların homojen olup olmadığının belirlenmesi çok önemlidir. Bu nedenle gruplardan alınacak numune sayısı ve herbir numune için yapılacak ölçüm sayısının yeterince büyük olması grupların homojenliği hakkında karar vermeyi kolaylaştıracaktır. Leidel ve diğ., (1977) kimyasal ve biyolojik etmenler için etkilenim değerlendirme çalışmalarında homojen etkilenim grupları içinden alınacak numune sayısını, grupları oluşturan kişi sayısının fonksiyonu olarak belirlemişlerdir. Malchaire ve Piette (1997) bu çalışmanın sonuçlarını gürültü etkilenim değerlendirme konusuna uyarlamıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir. Aynı çalışmada, araştırmacılar seçilen numuneler üzerinde yapılacak 5 adet gürültü ölçümünün günlük gürültü etkilenim

düzeyi ($L_{EX, 8h}$) üzerinde 1 dB' den daha az hata oluşturduğunu belirtmişlerdir. Pratik amaçlar için bu sayının başlangıçta 3 olarak seçilmesini daha sonra $L_{EX, 8h}$ ' nin istenen duyarlılıkta olmaması durumunda artırılmasını önermişlerdir.

Tablo 4.1: HEG'nin fonksiyonu olarak numune sayısı (Leidel ve diğ., 1977).

HEG'deki İşçi Sayısı, N	N > 7	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	N > 50
Numune Sayısı, n	n = N	6	8	8	9	10	11	12	14

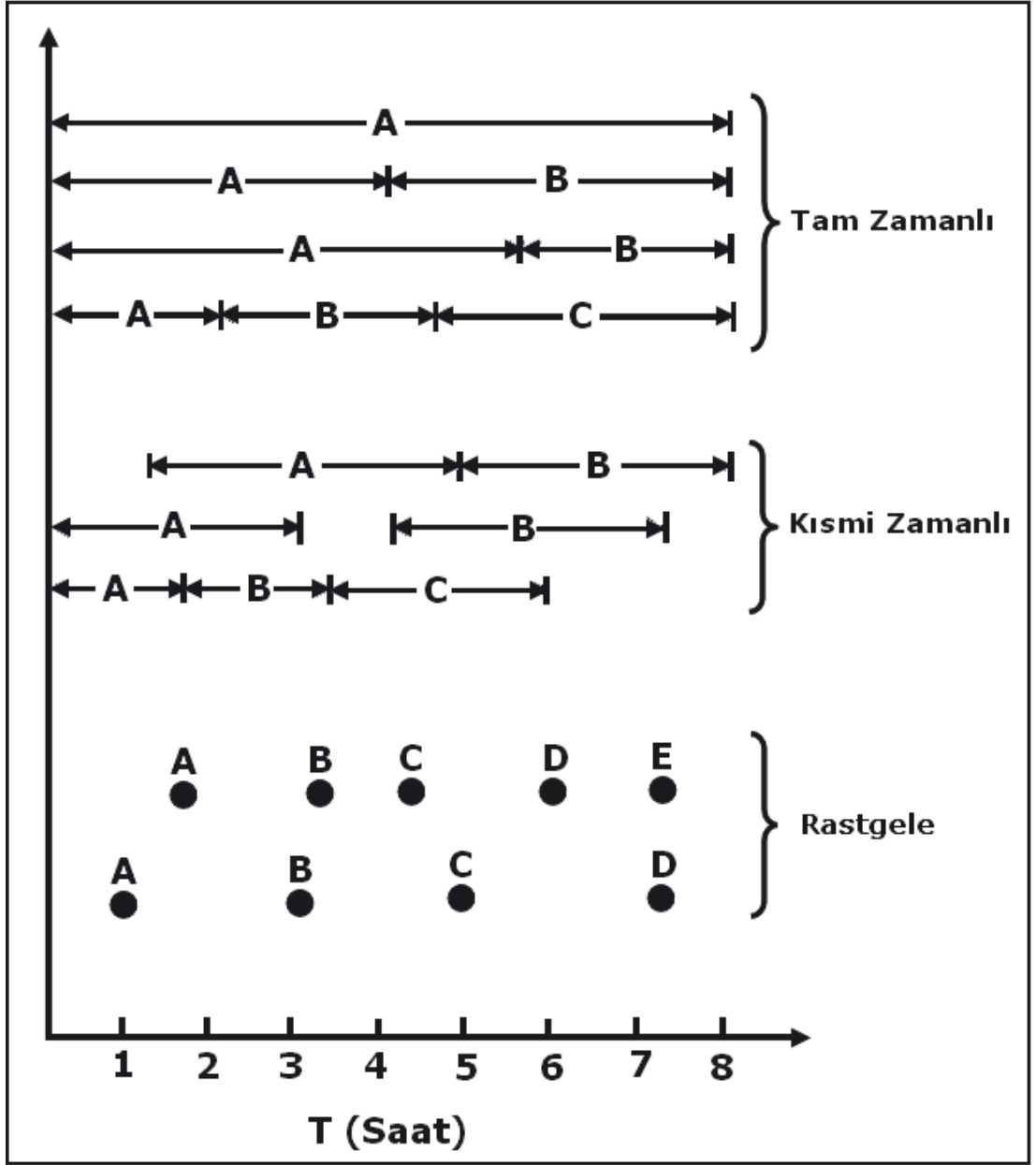
Malchaire ve Piette (1997)' ye göre, $L_{EX, 8h}$ 'nin duyarlı olarak belirlenmesinde yapılacak gürültü ölçüm sayısı kadar ölçüm süresi de önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle kısa aralıklarla çok sayıda ölçüm yapılması, $L_{EX, 8h}$ ' nin doğru bir şekilde tahmin edilmesindeki hata miktarını azaltacak bir yöntem olarak belirtilmektedir.

Gürültü ölçümlerinin hangi zaman aralığında yapılacağı ile ilgili uygulanan üç ayrı yöntemden söz edilebilir. Bu yöntemler Şekil 4.2'de gösterildiği gibi tam zamanlı, kısmi zamanlı ve rastgele'dir (Malchaire ve Piette, 1997, Leidel ve diğ., 1977).

Tam zamanlı yöntemde, bir vardiya süresi boyunca (8 saat) ya tek bir ölçüm yapılmakta ya da vardiya süresi eşit veya eşit olmayan periyotlara bölünerek ardışık olarak gürültü düzeyleri ölçülmektedir. Söz konusu yöntemde adından da anlaşılacağı gibi, ölçümler bir vardiya süresini (8 saat) kapsamakta ve işlem gürültü doz ölçerler ve kümülatif ses düzeyi ölçerler kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Kısmi zamanlı gürültü ölçüm yönteminde ölçümler 4 ile 8 saat arasında bir zaman dilimini kapsamaktadır. Bir veya birden çok ölçüm eşit veya farklı zaman dilimlerinde ardışık veya ardışık olmayacak şekilde yapılabilir. Ölçümlerde gürültü doz ölçerler veya kümülatif ses düzeyi ölçerler kullanılmaktadır.

Gürültü ölçümlerinin bir vardiya süresi (8 saat) içinde rastgele seçilen zamanlarda yapılması, gürültü etkilenim koşullarının zamanın fonksiyonu olarak çok az değişim gösterdiği durumlarda yeterince güvenilir bir yöntem olarak tavsiye edilmektedir. Bu yöntem ölçümlerin ses düzeyi ölçerlerle kısa zamanda, hızlı bir şekilde yapılmasına imkân vermektedir. Çok sayıda ölçüm yapılması tahminin doğruluğunu etkileyecek, ayrıca ölçülen gürültü düzeyleri arasında sistemli ve rastlantısal olmayan değişimlerin varlığını belirlemeye yardımcı olacaktır.



Şekil 4.2: Gürültü ölçüm zaman aralığı (Leidel ve diğ., 1977)

4.3. İstatistiksel Analiz ve Değerlendirme

Etkilenim değerlendirme çalışmalarında etkilenim düzeylerinin doğru bir şekilde tespit edilmesi son derece önemlidir. Ölçme çalışmalarından elde edilen sonuçlar, kullanılan ekipmanlardan, çevresel faktörlerden ve ölçmelerden kaynaklanan hatalar içermektedir (Rappaport ve diğ., 1995, Kromhout ve diğ., 1993, Olsen ve diğ., 1991, Rappaport ve diğ., 1993, Burdorf ve diğ., 2003). Bu hataların etkilenim düzeyleri üzerindeki etkilerini ortadan kaldırmak veya azaltmak için istatistiksel analize ihtiyaç vardır.

Ölçüm çalışmaları ile her bir HEG için n adet eşdeğer gürültü düzeyi (L_{Aeq}) ölçülmüş, istatistiksel analiz için hazır hale getirilmiştir. Yapılacak istatistiksel analiz, daha önce oluşturulan HEG'lerinin homojenliğinin test edilmesi, yapılan gürültü ölçümlerinin dağılımlarının belirlenmesi ve karakterize edilmesi, günlük gürültü etkilenim düzeylerinin ($L_{EX, 8h}$) ve standart hata miktarlarının hesaplanmasını kapsamaktadır (Malchaire ve Piette, 1997, Leidel ve diğ., 1977).

4.3.1. Homojenlik Testi

Homojen Etkilenim Grupları (HEG)'nin gerçekten homojen olup olmadıklarını test etmede kullanılan birçok istatistiksel yöntem vardır. Bunlar arasında en yaygın olanı varyans analizidir (Rappaport, 1991, Rappaport ve diğ., 1995, Kromhout ve diğ., 1993, Malchaire ve Piette, 1997, Ramachandran, 2005).

Bir HEG içinden " k " tane işçi örnek olarak seçilmiş olsun, " i " işçisi için " n_i " adet gürültü ölçümü yapılmış ise bir HEG için yapılan toplam ölçüm sayısı Eşitlik (4.1) ile ifade edilir.

$$N = \sum_{i=1}^k n_i \quad (4.1)$$

' i ' işçisinin ' j ' günündeki gürültü etkilenim düzeyi (L_{ij}) Eşitlik (4.2) ile tahmin edilebilir.

$$L_{ij} = L_{ort} + b_i + w_{ij} \quad (4.2)$$

Burada;

L_{ort} : HEG' için yapılan tüm gürültü ölçümlerinin aritmetik ortalaması,

b_i : ' i ' işçisinin ortalama gürültü etkilenim düzeyinin (μ_i), HEG'nun ortalama gürültü etkilenim düzeyinden (L_{ort}) sapma miktarı,

w_{ij} : ' i ' işçisinin ' j ' günündeki gürültü etkilenim düzeyinin (L_{ij}), o işçinin ortalama gürültü etkilenim düzeyinden (μ_i) sapma miktarını

göstermektedir.

Bu tanımlardan hareketle Eşitlik (4.2) deki " b_i " teriminin "örnekler arası" ve " w_{ij} " teriminin ise "örnek içi" değişkenliği temsil ettiği söylenebilir. Her iki terimin de beklenen ortalama değerleri sıfırdır. Standart sapmaları ise sırasıyla σ_B ve σ_w olsun. Bu durumda toplam değişkenliğin varyansı Eşitlik (4.3) ile bulunabilir.

$$\sigma_T^2 = \sigma_B^2 + \sigma_w^2 \quad (4.3)$$

Örnek içi değişkenliğin varyansı (σ_w^2), bir başka ifade ile örnek içi hataların karelerinin ortalaması (MSW), Eşitlik (4.4) ile hesap edilir.

$$\sigma_w^2 = \text{MSW} = \frac{\sum_{i=1}^k (L_{ij} - \mu_i)^2}{(N - k)} \quad (4.4)$$

Örnekler arası değişkenliğin (b_i) varyansı (σ_B^2) ise Eşitlik (4.5) ile hesaplanmaktadır.

$$\sigma_B^2 = \frac{\text{MSB} - \text{MSW}}{N} \quad (4.5)$$

MSB örnekler arası hataların karelerinin ortalamasını temsil etmektedir ve Eşitlik (4.6) ile bulunmaktadır.

$$\text{MSB} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i \cdot (\mu_i - L_{\text{ort}})^2}{(k - 1)} \quad (4.6)$$

MSB ve MSW değerleri kullanılarak F- istatistiği Eşitlik (4.7) ile hesaplanır.

$$F_{(k-1)/(N-k)} = \frac{\text{MSB}}{\text{MSW}} \quad (4.7)$$

Burada;

$k - 1$ = Örnekler arası serbestlik derecesi,

$N - k$ = Örnek içi serbestlik derecesini göstermektedir.

Bulunan “F” değeri “ F_{kritik} ” değeri ile karşılaştırılarak grupların homojenliği test edilir. Eğer “ $F > F_{\text{kritik}}$ ” ise bulunan F değeri anlamlıdır. Dolayısıyla örneklerin ortalama gürültü etkilenim düzeyleri arasında önemli farklar olduğu ve söz konusu grubun homojen olmadığı sonucuna varılır. Bu farklar analiz edilerek grup homojen hale getirilmelidir. Eğer “ $F < F_{\text{kritik}}$ ” ise bulunan F değeri anlamlı değildir ve grup homojendir sonucu elde edilir (Rappaport, 1991, Rappaport ve diğ., 1995, Kromhout ve diğ., 1993, Malchaire ve Piette, 1997, Ramachandran, 2005).

4.3.2. Gürültü Düzeylerinin İstatistiksel Dağılımı

Kimyasal etmenler için yapılan etkilenim değerlendirme çalışmalarında ölçmelerden elde edilen konsantrasyon değerlerinin istatistiksel olarak lognormal dağılım gösterdikleri kabul edilmektedir (Lyles ve diğ., 1997). Gürültü etkilenim değerlendirme çalışmalarında ise kullanılan “dB” biriminden dolayı gürültü düzeylerinin istatistiksel olarak normal dağılıma sahip olmaları beklenmektedir (Malchaire ve Piette, 1997). Bu nedenle homojen etkilenim gruplarının gürültü etkilenim düzeyleri belirlenmeden önce her bir grup için elde edilen verilerin normal dağılım özelliği taşıyıp taşımadıkları istatistiksel olarak test edilmelidir.

Günlük ve haftalık gürültü etkilenim düzeylerinin belirlenmesi ile çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün ölçülmesi ve değerlendirilmesi için prensipler ISO-9612 (1997) ve TS EN ISO 9612 (2003) standardlarında verilmiştir.

Söz konusu standartlarda günlük ve haftalık gürültü etkilenim düzeylerinin belirlenmesi için tercih edilen ölçme büyüklüğü, “T” zaman aralığı süresince eş değer sürekli A-ağırlıklı ses basınç seviyesi ($L_{Aeq, T}$)’dir. “T” ölçme zaman aralığı, referans zaman aralığı olarak kabul edilen 8 saatlik vardiya süresini “ T_0 ” temsil eden zaman olarak tanımlanmıştır. Ölçme zaman aralıkları iş yerindeki gürültü seviyelerinin bütün değişimlerini ölçümlere dahil edecek şekilde seçilmelidir.

T ölçme zaman aralığı “n” tane “ T_i ” zaman aralığına bölünerek gürültü ölçümleri yapılırsa, “n” tane gürültü düzeyi ile aynı enerjiye sahip eş değer sürekli A-ağırlıklı ses basınç düzeyi ($L_{Aeq, T}$), eşit enerji prensibine göre Eşitlik (4.8) ile hesaplanır.

$$L_{Aeq, T} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\left(\frac{L_{Aeqi}}{10} \right)} \right] \quad (4.8)$$

Burada;

L_{Aeqi} : T_i zaman aralığında oluşan eş değer sürekli A-ağırlıklı ses basınç düzeyi (dBA),

n : Alt zaman aralıklarının toplam sayısını göstermektedir.

Gürültü düzeylerinin aritmetik ortalama (L_{ort}) ve standart sapma (L_{std}) değerleri ise sırasıyla Eşitlik (4.9) ve (4.10) ile hesaplanabilir.

$$L_{ort} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{Aeqi} \quad (4.9)$$

$$L_{std} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_{Aeqi} - L_{ort})^2} \quad (4.10)$$

Gürültü düzeylerindeki dalgalanmalar (değişimler) küçükse, elde edilen gürültü düzeylerinin aritmetik ortalaması, yaklaşık olarak eş değer sürekli A-ağırlıklı ses basınç düzeyine ($L_{Aeq, T}$) eşittir. Bernard ve Castel (1987) “n” adet gürültü düzeyinin normal dağılıma uyması durumunda $L_{Aeq, T}$ değerinin Eşitlik (4.11)’e göre hesaplanabileceğini göstermişlerdir.

$$(L_{Aeq, T})' = L_{ort} + 0.1152 (L_{std})^2 \quad (4.11)$$

Verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığına karar vermede kullanılan yöntemlerden biri $L_{Aeq, T}$ ve $(L_{Aeq, T})'$ değerlerinin karşılaştırılmasıdır. Bu değerlerin yakın olması verilerin normal dağılıma sahip olduklarının ilk işareti olarak kabul edilmektedir (Malchaire ve Piette, 1997).

Normal dağılım varsayımının sağlanıp sağlanmadığının araştırılmasında kullanılan pek çok grafik yöntem ve istatistiksel testler bulunmaktadır (Genceli, 2006, Şahinler, 2000). En sık kullanılan grafikler, histogram, Q - Q grafiği, kutu grafiği, dal-yaprak gösterimi ve P - P grafiğidir. Uygulamada genellikle histogram ve Q - Q grafiği kullanılmaktadır (Montgomery ve Peck, 1992, Kleinbaum ve Kupper, 1978, Draper ve Smith, 1981, Shimek, 1999).

Histogramda yatay eksen gözlenen değerleri, dikey eksen ise frekansı, yani gözlemlenme sayısını gösterir. Normal dağılıma sahip bir veri setinin histogramı simetrik olur. Normal olmayan verilerin histogramı ise simetrik olmaz. Q-Q grafiği veya Normal Olasılık Grafiği’nde (Normal Probability Plot), bir eksen gözlenen değerler, diğer eksen ise normal dağılım varsayımına göre beklenen değerler eksenidir. Veriler normal dağılım gösteriyorsa, noktaların bir doğru üzerinde yer alması ya da etrafında belirli bir desen göstermeden dağılması gerekir. Yöntemin uygulanması kolay olsa da küçük örnekler için uygun bulunmamaktadır.

Histogram ve Q-Q grafiği ile verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığının kararı özneldir. Bu nedenle verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığına karar verebilmek için grafiklerin istatistiksel testlerle desteklenmesi gerekmektedir.

Verilerin normal dağılım özelliği taşıyıp taşımadıklarına karar vermede kullanılan istatistiksel testler parametrik ve non-parametrik (Parametrik olmayan) testler olmak üzere iki grupta toplanabilir (Montgomery ve Peck, 1992).

Tek değişkenli normalliğin testinde parametrik testlerden Çarpıklık ve Basıklık Katsayıları (Momentler Yöntemi), non-parametrik (Parametrik olmayan) testlerden Ki-Kare, Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilks gibi uygunluk testleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Montgomery ve Peck, 1992, Şahinler, 2000, Vupa ve Alma, 2007, Bircan ve diğ., 2003, Ankara ve diğ., 2007, Shimek,1999).

Parametrik testler içinde en yaygın kullanılanı momentler yöntemidir. Verilerin 3. ve 4. momentleri (Çarpıklık ve Basıklık Katsayıları) standart normal dağılımın momentleriyle karşılaştırılarak dağılımın normal olup olmadığına karar verilebilir.

Verilerin Çarpıklık (g) ve Basıklık (k) Katsayıları Eşitlik (4.12) ve (4.13) ile hesaplanmaktadır.

$$g = \frac{\sum_{i=1}^n (L_i - L_m)^3}{s^3} \quad (4.12)$$

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n (L_i - L_m)^4}{s^4} \quad (4.13)$$

Çarpıklık katsayısı dağılımın simetrikliğinin bir ölçüsüdür. Normal dağılımın çarpıklık katsayısı 0'dır ve dağılım simetriktir. Çarpıklık katsayısının 0'dan büyük olduğu durumlarda dağılım sola yatık, 0'dan küçük olduğu durumlarda ise sağa yatıktır. Basıklık katsayısı dağılımın sivriliğini karakterize eden bir parametredir. Normal dağılımın basıklık katsayısı 0'dır. Basıklık katsayısının 0'dan büyük olduğu durumlarda dağılım kalın kuyruklu, küçük olduğu durumlarda ise ince kuyrukliudur. Verilerin çarpıklık ve basıklık katsayısı istatistiksel açıdan anlamlı ölçüde sıfırdan farklı ise söz konusu verilerin normal dağıldığını varsaymak doğru olmayacaktır (Genceli, 2006, Şahinler, 2000, Vupa ve Alma, 2007, Bircan ve diğ., 2003, Ankara ve diğ., 2007).

Parametrik olmayan testler arasında en güvenilir ve yaygın olarak kullanılan Kolmogorov – Simirnov Testi’dir. Kolmogorov ve Simirnov testi benzerlik nedeniyle, uygulamada, Kolmogorov - Simirnov uyum iyiliği testleri olarak bilinirler (Genceli, 2006, Şahinler, 2000, Vupa ve Alma, 2007, Bircan ve diğ., 2003, Ankara ve diğ., 2007).

Bu testte belli bir önem derecesinde örnek değerlerinin dağılımının test öncesi saptanan belirli bir dağılıma uyup uymadığı araştırılır. Eğer tek bir örneklem verisi varsa burada verilerin belli bir dağılıma uyup uymadığı test edilirken, iki örneklem verisi söz konusuysa bu iki örneklemin aynı dağılımdan gelip gelmediğini test etmek için kullanılır.

Tek örneklem için Kolmogorov - Simirnov testi iki kümülatif dağılım fonksiyonunun incelenmesi temeline dayanır. Bunlardan birincisi standart normal dağılımın kümülatif dağılım fonksiyonudur. İkincisi ise verilerden elde edilen gözlenen kümülatif dağılım fonksiyonudur (Vupa ve Alma, 2007, Bircan ve diğ., 2003). Tek örneklem Kolmogorov-Smirnov testinin hipotezleri aşağıdaki gibidir.

H_0 : Verilerin dağılımı normal dağılıma uygundur.

H_1 : Verilerin dağılımı normal dağılıma uygun değildir.

Bu test için hipotez kurulduktan sonra veriler, frekans dağılımı durumuna getirilir. Bu frekans dağılımının kümülatif olasılık dağılımları yani $S_0(X)$ değerleri oluşturulur. H_0 hipotezi varsayımı altında örneklemin alındığı varsayılan herhangi bir teorik (beklenen) dağılımının $F_0(X)$ kümülatif olasılık dağılımı belirlenir. Daha sonra gözlenen ve beklenen kümülatif olasılık dağılımlarının her sınıfta olasılıkları arasındaki mutlak farklar belirlenir. Bu farklardan en büyük farklılığın rastgelelik koşullarından ayrılıp ayrılmadığı test edilir. Bu mutlak fark Kolmogorov-Smirnov testinde D ile gösterilen test istatistiği olarak bilinir (Vupa ve Alma, 2007, Bircan ve diğ., 2003). Bir başka deyişle, test istatistiği mutlak uzaklık ölçüsüne dayanır ve Eşitlik (4.14) ile hesaplanır.

$$D = \text{maksimum} | F_0(X) - S_0(X) | \quad (4.14)$$

D değerinin önemliliğine, belirlenen α önem seviyesi için $K.D = D\alpha$; n kritik değeri ile karşılaştırılarak karar verilir. $D\alpha$ ve n 'ye (ölçüm sayısı) bağlı kritik değer Kolmogorov-Smirnov Testi için üretilmiş kritik değerler tablosundan elde edilir. Eğer $D > K.D$ ise H_0 hipotezi rededilir ve verilerin dağılımının normal dağılıma

uygun olmadığına α önem seviyesinde karar verilir. Eğer $D < K.D$ ise H_0 hipotezi reddedilmez, verilerin dağılımının normal dağılıma uygun olduğuna α önem seviyesinde karar verilir. Ayrıca Kolmogorov-Smirnov testi sonucunda p-değeri α 'dan küçük ($p < 0,05$) ise H_0 hipotezi reddedilir, eğer “p-değeri” 0,05’den büyük ($P > 0,05$) ise H_0 hipotezi kabul edilir (Genceli, 2006, Şahinler, 2000, Vupa ve Alma, 2007, Bircan ve diğ., 2003, Ankara ve diğ., 2007). Yani verilerin dağılımının normal dağılıma uygun olduğuna α önem seviyesinde karar verilir.

4.3.3. Gürültü Etkilenim Düzeyinin Belirlenmesi

Günlük gürültü etkilenim düzeyi ($L_{EX,8h} = L_{Aeq,8h} = L_{EP,d}$), sekiz saatlik iş günü için, anlık darbeli gürültünün de dahil olduğu bütün gürültü etkilenim düzeylerinin zaman ağırlıklı ortalaması olarak tanımlanmaktadır (Lester ve diğ., 2001, Malchaire ve Piette, 1997). Haftalık gürültü etkilenim düzeyi ise, günlük gürültü etkilenim düzeylerinin sekiz saatlik beş iş gününden oluşan bir hafta için zaman ağırlıklı ortalaması olarak tanımlanır.

ISO-9612 (1997) ve TS EN ISO 9612 (2003) standardlarına göre günlük gürültü etkilenim düzeyi ($L_{EX,8h} = L_{Aeq,8h} = L_{EP,d}$) Eşitlik (4.15) yardımıyla tahmin edilmektedir.

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,8h} = L_{EP,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \left[\frac{T}{T_0} \right] \quad (4.15)$$

Burada;

T : Gün boyunca toplam etkilenme süresi (saat)

T_0 : Referans etkilenme süresi (8 saat)

Günlük gürültü etkilenim düzeyinin standart hata miktarı (e) Eşitlik (4.16) yardımıyla tahmin edilebilir.

$$e = \sqrt{\frac{L_{std}^2}{n} + 0,026 \cdot \frac{L_{std}^4}{n-1}} \quad (4.16)$$

Günlük gürültü etkilenim düzeyleri “n” adet gürültü ölçümü sonucunda tahmin edildiği için güven aralıklarının da hesaplanması gerekmektedir (Lester ve diğ., 2001, Malchaire ve Piette, 1997, Leidel ve diğ., 1977, Grzebyk ve Thiery, 2003). Güven aralığı, alt ve üst sınır değerlerle tanımlanan bir aralık ve bilinmeyen değer

bu aralık içinde bulunma olasılığından ibarettir. Günlük gürültü etkilenim düzeylerinin güven aralıkları Eşitlik (4.17) ile hesaplanır.

$$CL = t_{n-1} \cdot \sqrt{\frac{L_{std}^2}{n} + 0,026 \cdot \frac{L_{std}^4}{n-1}} \quad (4.17)$$

Bu eşitlikteki “n” gürültü ölçüm sayısını, “L_{std}” bunların standart sapmasını ve “t_{n-1}” terimi ise “t” olasılık değerinde “n-1” serbestlik derecesi için t istatistik testinin aldığı değeri göstermektedir.

Günlük gürültü etkilenim düzeylerinin güven aralıklarının alt ve üst sınırları ise aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir.

$$LCL = L_{EX,8h} - CL \quad (4.18)$$

$$UCL = L_{EX,8h} + CL \quad (4.19)$$

Eşitlik (4.19) ve (4.20) bir işçinin günlük gürültü etkilenim düzeyinin “t” olasılıkla “L_{EX, 8h} – CL” alt sınırı ile “L_{EX, 8h} + CL” üst sınırı arasında bir değer alacağını ifade etmektedir (Malchaire ve Piette, 1997, Leidel ve diğ., 1977).

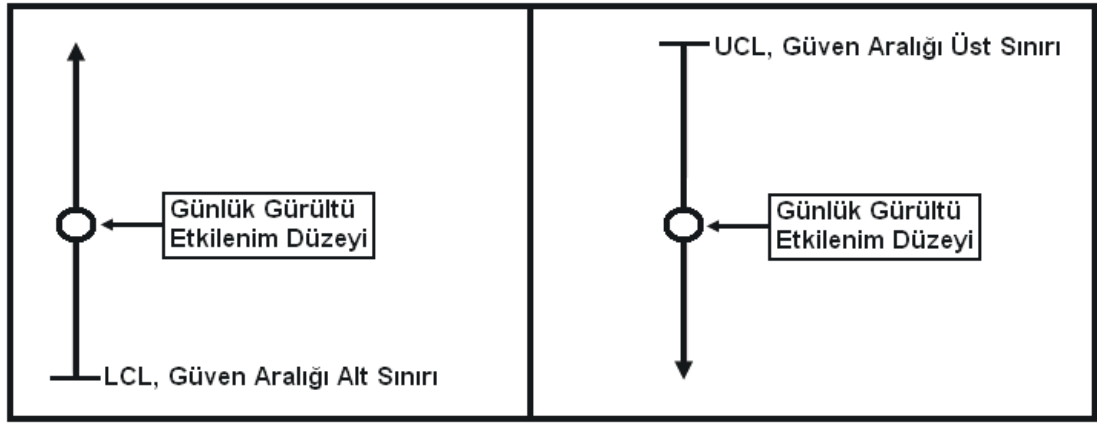
4.3.4. Gürültü Etkilenim Düzeyinin Değerlendirilmesi

İstatistiksel analiz sonucu belirlenen etkilenim düzeyleri yasal limit değerler ile karşılaştırılarak, etkilenimin kabul edilebilir, kabul edilemez veya belirsiz olduğuna karar verilir. Etkilenim düzeyleri kabul edilemez ise etkilenim düzeylerini azaltmak için kontrol çalışmaları yapılması gerekmektedir. Etkilenim düzeyleri kabul edilebilir düzeyde ise bu çalışmalar periyodik olarak tekrar edilebilir. Bu çalışmalar sonucunda etkilenim düzeylerinin kabul edilebilir veya kabul edilemez olduğuna karar verilemiyorsa, ya etkilenim değerlendirme çalışmasına yeniden başlanır ya da ölçme çalışmaları tekrar edilerek etkilenim düzeyleri hakkında bir karara varılır.

İstatistiksel analiz sonunda günlük gürültü etkilenim düzeylerinin standartlara uygunluğu hakkında karar verme konusu güven aralığı limitleri kavramı ile yakından ilgilidir. Etkilenim düzeylerini belirlemek için yapılan ölçümlerin istatistiksel analizi ile ortalama günlük gürültü etkilenim düzeyleri tahmin edilmektedir. İstatistiksel yöntemlerle tahmin edilen etkilenim düzeylerinin her iki tarafı (alt ve üst) için gerçek etkilenim düzeylerini içerecek şekilde güven aralığı limitleri belirlenmektedir (Lester

ve diğ., 2001, Malchaire ve Piette, 1997, Leidel ve diğ., 1977, Grzebyk ve Thiery, 2003).

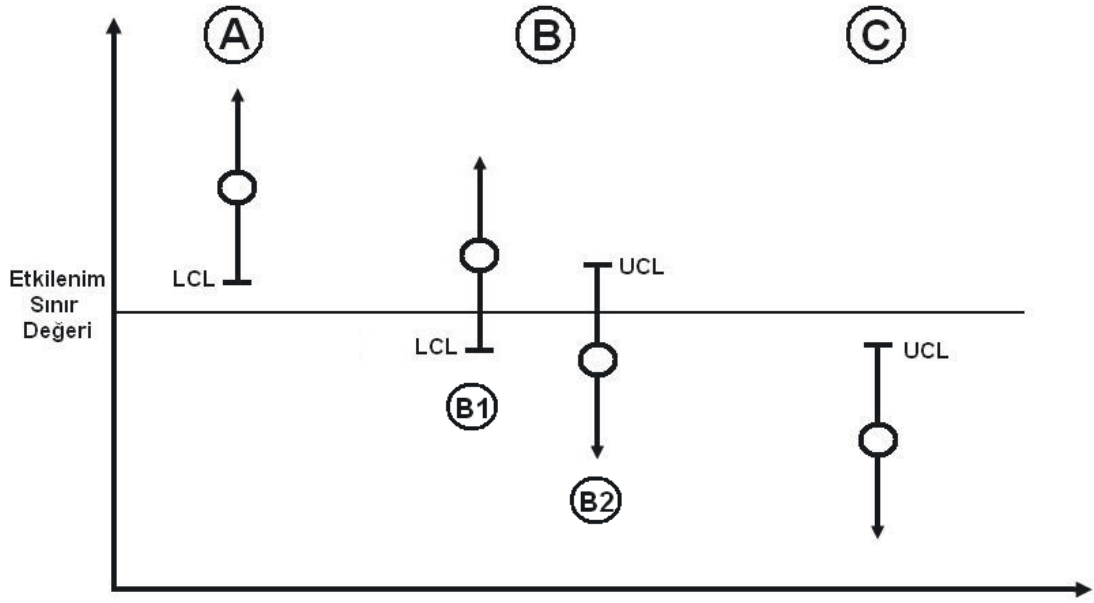
Güven aralığı limitleri iki taraflı olarak belirlenebildiği gibi tek taraflı da hesaplanabilmektedir. İki taraflı hesaplandığı zaman alt ve üst limitler belirlenmektedir. Gerçek etkilenim düzeyleri bu limitler arasında olmaktadır. Tek taraflı hesaplama yapıldığında ya alt ya da üst limit belirlenmektedir (Leidel ve diğ., 1977). Gürültü etkilenim düzeylerinin standartlara göre uygunluğu değerlendirilirken tek taraflı güven aralığı limitleri kullanılmaktadır. Limit % 95 olasılık değerine göre hesaplanmaktadır (Lester ve diğ., 2001, Malchaire ve Piette, 1997, Grzebyk ve Thiery, 2003). Şekil 4.4’de ortalama gürültü etkilenim düzeyi tahmini için tek taraflı güven aralığı limitleri (LCL ve UCL) şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Tek taraflı (LCL ve UCL) güven aralığı limitleri (Leidel ve diğ., 1977).

Pratik olarak % 95 olasılık değerine göre hesaplanan güven aralığı alt limiti (LCL) gerçek gürültü etkilenim düzeyinin % 95 olasılıkla LCL’ den büyük olduğunu, buna karşılık aynı olasılık değerine göre hesaplanan güven aralığı üst limiti (UCL) ise gerçek gürültü etkilenim düzeyinin % 95 olasılıkla UCL’ den küçük olduğunu göstermektedir.

Tek taraflı güven aralığı limitleri (LCL veya UCL) kullanılarak gürültü etkilenim düzeyleri standartlarda belirtilen etkilenim sınır değerlerine göre üç olası etkilenim kategorisi altında sınıflandırılmaktadır. Şekil 4.5’de bu üç kategori şematik olarak gösterilmiştir. Güven aralığı alt limiti (LCL) kullanılarak etkilenim düzeyinin uygun olmadığına veya aşırı etkilenimin mümkün olabileceğine karar verilebilir. Benzer şekilde güven aralığı üst limiti (UCL) kullanılarak etkilenim düzeyinin uygun olduğuna veya aşırı etkilenimin mümkün olabileceğine karar verilebilir.



Şekil 4.5: Etkilenim düzeylerinin sınıflandırılması (Leidel ve diğ., 1977).

Şekil 4.5’ de A ile gösterilen durumda gürültü etkilenim düzeyinin alt güven limiti standartta belirtilen etkilenim sınır değerinden büyük olduğu için uygun olmayan etkilenim söz konusu iken C ile gösterilen durumda bunun tam tersi olarak etkilenim standartlara uygundur. B1’de gösterilen durumda ise, ölçüm sonuçlarından hareketle tahmin edilen ortalama günlük gürültü etkilenim düzeyi standartta belirtilen etkilenim sınır değerinden büyük, fakat LCL bu değerden küçüktür. Bu durumda istatistiksel olarak kesin bir yargıya varmak mümkün değildir (Lester ve diğ., 2001, Malchaire ve Piette, 1997, Leidel ve diğ., 1977, Grzebyk ve Thiery, 2003). Çünkü gerçek etkilenim düzeyi standartta belirtilen değerden büyük olabilir. Aynı şey B2’ de gösterilen durum için de söylenebilir. Burada ise tahmin edilen etkilenim düzeyi sınır değerden küçük iken UCL büyüktür. Dolayısıyla aşırı etkilenim söz konusu olabilir.

Tablo 4.2’de gürültü etkilenim düzeylerinin “Gürültü Yönetmeliği” nde belirtilen 87 dBA etkilenim sınır değerine göre sınıflandırılması verilmiştir. Tablo 4.2’den de görüleceği gibi, eğer bir işçinin günlük gürültü etkilenim düzeyi için hesaplanan $LCL > 87$ dBA ise uygun olmayan, $UCL < 87$ dBA ise uygun etkilenim durumu söz konusudur. Günlük gürültü etkilenim düzeyi 87 dBA’dan büyük fakat $LCL < 87$ dBA veya günlük gürültü etkilenim düzeyi 87 dBA’dan küçük fakat $UCL > 87$ dBA ise etkilenim durumu hakkında kesin bir şey söylenemez, aşırı etkilenim söz konusu olabilir.

Tablo 4.2: Gürültü etkilenim düzeylerinin etkilenim sınır değerine göre sınıflandırılması

Sınıflandırma	Açıklama	İstatistiksel Kriter
A- Uygun olmayan etkilenim durumu	% 95 olasılıkla işçinin günlük gürültü etkilenim düzeyi 87 dBA'dan büyüktür.	$LCL > 87 \text{ dBA}$
B- Olası aşırı etkilenim durumu	İşçinin günlük gürültü etkilenim düzeyi hakkında kesin birşey söylenemez.	$LCL < 87 < UCL$
C- Uygun etkilenim durumu	% 95 olasılıkla işçinin günlük gürültü etkilenim düzeyi 87 dBA'dan küçüktür.	$UCL < 87 \text{ dBA}$

Kretase yaşı tabakalar altında 160 km uzunluğunda Karbonifer kayaçlarından ibaret bir şeridin varlığı bilinmektedir. Karbonifer pencerelerinden pek çoğu ekonomik değere sahip olmayacak kadar küçüktür. Kuzey Anadolu sahil boyunun iki kısma ayrılması mümkündür. Birincisi Armutçuk, Kozlu, Zonguldak sahaları arasında kalan Batı Kömür Havzası, diğeri de Filyos nehrinin doğusunu içine alan ve buradaki pencereleri kapsayan Doğu Kömür Havzası'dır. Doğu Kömür Havzası içinde kalan Azdavay ve Söğütözü'nde işletilebilir kömür damarları belirlenmiştir. Fakat jeolojik araştırmalardaki yetersizlik sebebiyle muhtemel rezerv durumları henüz belli değildir. Çok sayıda kıvrımlanmanın olduğu Filyos vadisinde, Karbonifer yaşı kayaçlar mümkün işletme sınırları altında kalan derinliklerdedir.

Karbonifer şeridinin jeolojisi çok karmaşık olup bazı konular henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Kömür üretiminin yapıldığı Zonguldak-Kozlu sahasında jeoloji nispeten daha iyi bilinir. İşletilen kömür damarları kıvrılmış ve kırılmış Kretase kayaçlar altında uzanan Orta ve Üst Karbonifere aittir. Bu sahada var olan damarlar sık sık faylarla kesilmişlerdir. Aşağıda özetlendiği gibi dört tip faya rastlanır

- a) Midi-Fayı : Muhtemelen fayların en eskisidir ve dik Namurien şistlerine ve bu şist tabakalarının doğrultusuna paralel olarak doğu istikametinde uzanır. Bu fay, genellikle, kırılmış büyük bir fay sahasına sahiptir ve bu saha 70-80 derece ile kuzeye yatar. Midi-fayın ilk hareketlerini Karbonifer sedimentasyonu esnasında meydana getirdiği ihtimal dahilindedir.
- b) Büyük Kuzey-Güney Fayları (Damlar ve Örnertarla fayları) : Gelik antiklinali batıya doğru kuzey-güney istikametinde uzanan iki fayla kesilmiştir. Her iki fay da batı istikametinde 600-800 m bir atıma sahiptir. Kozlu bölgesi Damlar fayının batısında uzanır ve Örnertarla fayı ikinci makası İnağzı ocağından ayırır.
- c) Transversal Faylar : Bu fayların; meselâ, Boyacıoğlu, Karamanyan, Öküşne ve Dilaver, en büyük makaslama stres hattı boyunca yatay atımları vardır.
- d) Büyük Doğu-Batı Fayları : Bu faylar Kretase'den sonraki zamana aittir ve antiklinal eksenine paralel uzanırlar. Çaydamar ocağındaki Damlar ve Midi-fayları arasında kalan Adnan Bey fayı güneye doğru 850 metrelik bir atım yapar.

Kandilli - Armutçuk sahası Kuzey Anadolu kömür havzasının en batı ucunda kalan kömür mostrasını teşkil eder. Karbonifer mostraları yaklaşık 4 km uzunluğunda ve 1 km genişliğindedir. Pencerenin büyük kısmı Namurien tabakalarına aittir ve bazı yerlerde Vestfalien A'ya yeryüzünde rastlanır. Üretim yapılan sahalarda tabakanın yatımı hemen hemen diktir ve daha aşağı kotlarda kuzeye doğru bir dönüş yapar. Kömür damarları alt seviyelerde senklinal halini alır ve bu senklinalin ekseni batıya yatar.

5.3. Kömür Damarları ve Rezervler

Zonguldak Taşkömürü Havzası'nda 46 adet değişik yapı ve özellikte damar mevcut olup bazıları Kılıç ve geri kalanı da Kozlu serisine dahildir. Kılıç kömür serisi Alt Vestfalien formasyonunda bulunan Büyük Kılıç, Civelek ve Ömerağa damarları gibi işletmeye elverişli üç kömür damarını ihtiva eder içerir. Büyük damarın ortalama kalınlığı 4,5 metredir ve doğu kesiminde Midi-Fayı tarafından kesilmiştir. Diğer taraftan, Civelek ve Ömerağa damarları 1 ile 1,5 metre ortalama kalınlıkları ile daha muntazam olarak bütün saha boyunca uzanırlar.

Kozlu kömür serisi 0,7 ile 10 m arasında değişen kalınlıklarda 40 damarı içine alır ve bunlardan sadece 18 tanesi Vestfalien A formasyonuna dahil olup, işletilmeye elverişlidir. Muhtelif bölgelerde üretimin elde edildiği damarların sayısı farklıdır. Çay ve Acılık damarları en kıymetli olanlarıdır ve bunların kalınlıkları 1,5 ile 2,5 m arasında değişir. Zonguldak taşkömürü havzasında yapılan üretimin büyük bir kısmı Kozlu kömür serisinden elde edilmektedir.

Kandilli-Armutçuk sahasında Vestfalien A tabakaları içinde dört damara rastlanır. Fakat sadece ikisi, Büyük ve Üçköylü, işletmeye elverişlidir. Bunların kalınlıkları 1 ile 30 metre arasında değişmektedir. Ortalama kalınlıkları Büyük damarda 6 m, Üçköylü'de 3 metredir. Bu formasyonun bütün sahadaki yatımı yeryüzüne diktir ve daha aşağı kotlarda kuzeye doğru bir dönüş yapar.

Havzanın – 1200 m derinliğe kadar hesaplanmış jeolojik rezervi yaklaşık 1,330 milyar ton olup, bunun yaklaşık % 40'ı (525,8 milyon ton) görünür rezerv olarak kabul edilmektedir. Tablo 5.1'de kömür rezervlerinin bölgelere göre dağılımı verilmiştir.

5.4. Türkiye Taşkömürü Kurumu Müessese ve İşletmeleri

5.4.1. Armutçuk Taşkömürü İşletme Müessesesi

Armutçuk Taşkömürü İşletme Müessesesi, Zonguldak ilinin 35 km batısında ve 38,5 km²'lik bir alanda üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. Zonguldak havzasının en batısında bulunan bu müessesede, yarı koklaşabilir özellikte taşkömürü üretilmektedir. Üretim çalışmaları – 350, – 400 ve – 450 katlarındaki panolarda yürütülmektedir. 2007 yılındaki üretim miktarı yaklaşık olarak 342.149 tondur. Çalışılan damarların kalın, dik ve yangına fazla eğilimli olması üretim faaliyetleri sırasında ciddi sorunlar meydana getirmektedir. Havzanın en kalın damarlarının bulunduğu bu bölgede uygulanan işletme yöntemi dönümlü - göçertmeli uzun ayak sistemidir. Üretilen kömürler Armutçuk lavvarında yıkanmaktadır.

5.4.2. Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi

Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi; batıda Öküşne Fayı, doğuda Damlar ve Adnanbey Fayı, kuzeyde Karadeniz, güneyde Midi Fayı ile sınırlanmıştır. Zonguldak ilinin 5 km batısında yaklaşık 9 km²'lik bir alanda üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. Ortalama kalınlıkları 0,8 ile 4,5 m ve eğimleri 10 ile 80 derece arasında değişen damarlardan 2007 yılındaki verilere göre yaklaşık 555.430 ton tüvenan kömür üretimi yapılmıştır. Müessese üretim faaliyetlerini – 425, – 485 ve – 560 katlarında sürdürmektedir. – 630 katının hazırlıkları yapılmaktadır. Üretim yapılan panolarda ağırlıklı olarak dönümlü-göçertmeli uzun ayak sistemi uygulanmaktadır. Az sayıda panoda ise, tumba baca yöntemi ile çalışılmaktadır. Eğimi dik ve damar kalınlığı uygun olan panolarda ise basınçlı hava ile kazı üretim yöntemi uygulanmaktadır. Üretim miktarının yaklaşık % 44'ü bu yöntem ile yapılmaktadır.

Tablo 5.1: Zonguldak Taşkömürü Havzası kömür rezervlerinin bölgelere göre dağılımı

MÜESSESE	İŞLETME	KATEGORİ	SEVİYE (m)	REZERVLER (ton)				TOPLAM REZERV (ton)
				HAZIR	GÖRÜNÜR	MUHTEMEL	MÜMKÜN	
ARMUTÇUK	Armutçuk	Hazır		1.605.000				
		Görünür	200/-650		10.204.975			
		Muhtemel	-150/-650			15.859.636		
		Mümkün	-200/-650				7.883.164	
	MÜESSESE TOPLAMI			1.605.000	10.204.975	15.859.636	7.883.164	35.552.775
KOZLU	Kozlu	Hazır		3.469.680				
		Görünür	Mostra/-700		69.222.934			
		Muhtemel	-700/-900			40.539.000		
		Mümkün	-900/-1200				47.975.000	
	MÜESSESE TOPLAMI			3.469.680	69.222.934	40.539.000	47.975.000	161.206.614
ÜZÜLMEZ	Asma-Dilaver	Hazır		2.998.519				
		Görünür	Mostra/-600		136.972.479			
		Muhtemel	-600/-800			32.060.000		
		Mümkün	-800/-1200					
	Bağlık-İnağzı	Hazır						
		Görünür						
		Muhtemel	0/-1200			62.282.000		
		Mümkün	-800/-1200				74.020.000	
	MÜESSESE TOPLAMI			2.998.519	139.972.479	94.342.000	74.020.000	308.332.998
KARADON	Gelik	Hazır		1.618.060				
		Görünür	Mostra/-460		53.979.947			
		Muhtemel	-460/-760			65.983.000		
		Mümkün	-760/-1200				53.900.000	
	Kilimli	Hazır		1.761.200				
		Görünür	Mostra/-460		83.279.894			
		Muhtemel	-460/-860			93.179.000		
		Mümkün	-860/-1200				63.134.000	
	MÜESSESE TOPLAMI			3.379.260	137.259.841	159.162.000	117.034.000	416.835.101
AMASRA	Amasra	Hazır		187.725				
		Görünür	-30/-550		172.153.590			
		Muhtemel	-100/-550			115.052.000		
		Mümkün	-550/-1200				121.535.000	
	MÜESSESE TOPLAMI			187.725	172.153.590	115.052.000	121.535.000	408.928.315
TTK TOPLAMI				11.640.184	525.813.819	424.954.636	368.447.164	1.330.855.803

5.4.3. Üzülmaz Taşkömürü İşletme Müessesesi

Üzülmaz Taşkömürü İşletme Müessesesi, Zonguldak'a 7 km uzaklıktadır. Batısında Kozlu, doğusunda Karadon Taşkömürü İşletmesi, kuzeyinde Karadeniz ve güneyde Midi Fayı ile sınırlanan 28 km²'lik imtiyaz alanına sahiptir. 2007 yılı itibariyle yıllık tüvenan kömür üretimi yaklaşık 521.675 tondur. Az yatımlı ve daha seyrek faylı kömür damarlarına sahip olmakla, havzanın en iyi işletme şartlarına sahip bölgedir. Bununla beraber, Çaydamar ocağında tavan şartları zayıf ve damarların metan içerikleri yüksektir. Müessesede üretim faaliyetleri – 100, – 170 ve – 200 katlarında sürdürölmektedir. – 250 katının hazırlıkları halen devam etmektedir. Üretim yapılan panolarda ağırlıklı olarak dönümlü - göçertmeli uzun ayak sistemi uygulanmaktadır. Bazı panolarda ise ilerletimli - göçertmeli uzun ayak sistemi ile çalışılmaktadır. Az sayıda panoda da basınçlı hava ile kazı üretim yöntemi uygulanmaktadır.

5.4.4. Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi

Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi, 30 km²'lik işletme sahası dahilinde, Gelik, Karadon ve Kilimli bölümlerini içermektedir. Bölge, ortalama kalınlığı 1 ile 7 m arasında değişen az veya orta yatımlı damarlar serisinden 2007 yılındaki verilere göre yaklaşık 809.726 ton tüvenan üretimi yapılmıştır. Üretim yapılan panolarda ağırlıklı olarak ilerletimli-göçertmeli uzun ayak sistemi uygulanmaktadır. Emniyet parametreleri açısından risk taşıyan az sayıda panoda ise, dönümlü-göçertmeli uzun ayak sistemi ile çalışılmaktadır. Eğimi dik ve damar kalınlığı uygun olan panolarda ise basınçlı hava ile kazı üretim yöntemi uygulanmaktadır.

5.4.5. Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi

Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi, Zonguldak ilinin 90 km doğusunda ve 7 km²'lik bir alanda üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. Maden havzasının en doğusunda bulunan bu Müessesede koklaşma özelliği bulunmayan taşkömürü üretilmekte ve Amasra lavvarında yıkanmaktadır. Üretim çalışmaları – 100 ve – 250 katlarındaki panolarda yürütölmektedir. – 350 katının hazırlık çalışmaları devam etmektedir. 2007 yılındaki üretim miktarı yaklaşık olarak 194.739 tondur. Üretim çalışmaları 6 ayrı kömür damarında sürdürölmektedir. Üretim yapılan panoların hemen hemen yarısında dönümlü - göçertmeli uzun ayak sistemi uygulanmaktadır. Diğer panolarda ise Cardox yöntemi ile kömür üretimi yapılmaktadır. Cardox

basıncılı CO₂ gazı ile kırma yapan fakat , patlayıcı madde olarak kabul edilmeyen bir sistemdir. TTK da Cardox uygulaması ilk olarak 1997 yılında Amasra Müessesesinde üretim ve hazırlık faaliyetlerinde yapılmıştır.

5.4.6. Maden Makineleri Fabrika İşletme Müdürlüğü

1910 yılında buharlı lokomotiflerin ve kömür vagonlarının tamiri için kurulmuştur. Ereğli Kömürleri İşletmesinin kurulmasıyla Fransızlardan 1940 yılında devralınmış ve 1949 yılından sonra Merkez Atölyeleri adı ile faaliyetini sürdürmüştür. Atölyelerinde, ocaklarda maden makinelerinin kullanılmaya başlanması ile birlikte öncelikle makinelerin tamiri, daha sonra da yedek parçaların imalatı yoluna gidilmiştir.

Merkez Atölyeleri 1972 yılında Şube Müdürlüğü olmuş, 1987 yılından itibaren de Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü şeklinde faaliyetlerine devam etmektedir.

Maden Makinaları Fabrikası 20.000 m²'si kapalı olmak üzere 40.000 m²'lik alan üzerine kuruludur. Fabrika, projelendirme, döküm, torna, tesviye, taşlama, planya, matkap, soğuk - sıcak demir, kaynak, elektrik - elektronik, şantiye hizmetleri, oksijen-asetilen tesisleri ile entegre bir tesistir. Bünyesinde mekanik, elektrik - elektronik atölyeleri ile oksijen ve asetilen dolum ünitelerini bulundurmaktadır.

Mevcut tezgahların kurulu gücü 2.200 kW'tır. Fabrikada yılda ortalama 84.000 ton yuvarlak çelik, 772.000 ton sac, 103.000 ton köşebent, 49.000 ton lama ve profil malzeme işlenmektedir.

Fabrikada, ağırlıklı olarak bakım-onarım ve yedek parça imalatı hizmetlerinin yanı sıra, yurtdışından ithal edilen makine-teçhizat ve yedek parçaların imalatının gerçekleştirilmesine yönelik araştırma ve çalışmalar yapılmaktadır.

Başlıca ürünler; Tek ve çift zincirli konveyörler, 1 ve 5 tonluk ocak arabaları, vinçler, martopikör ve martoperfaratörler, kömür delme makinaları, tulumbarlar, vantilatörler, elektrik motorları, devre kesici, yol verici, aydınlatma trafosu, limit şalter, uzaktan kumanda anahtarı gibi elektrik teçhizatı, sondaj makinaları, hava motoru ve havalı hızarlardır.

6. TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU YERALTI OCAKLARINDA GÜRÜLTÜ ARAŞTIRMASI

6.1. Araştırmanın Amaçları

Yeraltı maden ocaklarında çalışanların etkisi altında kaldıkları gürültü düzeyini, bunun yaşam kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini ve gürültü etkilenim düzeyinin standartlara göre uygunluğunu değerlendiren araştırmalar ülkemiz için yok denecek kadar azdır. Madencilik sektöründeki gürültüden kaynaklanan sorunlar üzerine kapsamlı ve yeterli sayıda çalışma bulunmaması bir eksiklik olarak görülmüştür. Bu eksikliği vurgulayarak konunun açılımına katkıda bulunmak, ülkemiz madencilik sektöründe önemli yeri olan Zonguldak Taşkömürü Havzası'ndaki ocaklarda çalışanların maruz kaldıkları gürültü seviyelerini tespit ederek, ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırmak ve çalışanların işitme kaybı riskini değerlendirmek bu çalışmanın başlıca amaçları arasındadır.

6.2. Materyal ve Yöntem

Gürültü ölçümlerinde Türkiye Taşkömürü Kurumu, İş Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanlığı'nda bulunan RION NL - 21 kümülatif gürültü ölçer kullanılmış ayrıca İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Maden Havalandırması ve İş Güvenliği Laboratuvarı'ndaki RION NL - 05 gürültü ölçerden yararlanılmıştır. Her ölçümden önce gürültü ölçerler RION NC -74 cihazı ile kalibre edilmiştir. Bu cihaz anlık ses basınç seviyesi ölçümlerini yapmakla birlikte dahili işlem fonksiyonu ile çeşitli frekans ağırlıklarında (A, B, C...) L_{eq} (sürekli eşdeğer ses basınç seviyesi), L_E anlık ses seviyesi, $L_{max}-L_{min}$ maksimum-minimum ses basınç seviyesi, L_N A-ağırlıklı yüzde ses seviyesi, L_{cpeak} C-ağırlıklı pik ses basınç seviyesi, L_{peak} linear pik ses seviyesi, L_{AI} darbeli ses seviyesi, L_{Aeq} eşdeğer darbeli sürekli ses basınç seviyesi ve L_{atm5} ölçümleri yapılabilmektedir. NL-21 kümülatif gürültü ölçer ve NC - 74 kalibrasyon cihazının teknik özellikleri sırasıyla Tablo 6.1 ve 6.2' de verilmiştir.

Tablo 6.1: RION NL – 21 Kümülatif Gürültü Ölçerin Teknik Özellikleri

Ekran	LCD
Ölçüm Aralığı	A-ağırlıklı 28 - 138 dB(A)
	C-ağırlıklı 55 - 141 dB(A)
	Düz (FLAT) 60 - 141 dB(A)
Tipik Frekans Aralığı	20 Hz - 20 kHz
Hassasiyet	0,3 dB(A)
Mikrofon	1/2 inç elektrot kondenser mikrofon
Kalibrasyon	NC-74 kalibrasyon cihazı ile
Tepki Zamanı	Hızlı (FAST) ve Yavaş (SLOW)
Çalışma Sıcaklığı	- 10 °C ile + 50 °C
Çalışma Nemi	%30 - %90
Güç Gereksinimi	4 adet IEC LR6 alkalin pil
Hafıza	Dahili hafıza kartına otomatik veya elle

Tablo 6.2: RION NC – 74 Kalibrasyon Cihazının Teknik Özellikleri

Mikrofon	1/2 inç elektrot kondenser mikrofon
Nominal Ses Basınç Seviyesi	94 dB(A)
Hassasiyet	0,3 dB(A)
Nominal Frekans	1 kHz
Frekans Hassasiyeti	20 Hz
Güç Gereksinimi	4 adet IEC LR6 alkalin pil
Boyutları	49 x 80 x 74 mm

Gürültü ölçümlerinde cihaz yavaş tepki zamanlı (Slow Response) olarak ayarlanmış ve ölçüm süresi 60 saniye olarak seçilmiştir. Ölçümlerde A-ağırlıklı eşdeğer gürültü düzeyi (L_{Aeq}) ölçülerek kaydedilmiştir. Gürültü ölçümleri çalışma ortamının ortalama gürültü düzeyini belirlemek, çalışanların gürültü etkilenim düzeylerini tespit ederek standartlarla karşılaştırmak ve çalışanların işitme kaybı risklerini tahmin etmek için yapılmıştır.

İşyerlerinde gürültü değeri çeşitli gürültü kaynaklarından gelen seslerin bileşik değerine bağlıdır. Çalışma ortamının gürültü düzeylerini belirlemek için ölçümler gürültü kaynaklarından 1,5 m uzakta ve yerden 1 - 1,5 m yükseklikte yapılmıştır.

Ölçümlerden sonra her işyeri için elde edilen gürültü düzeyi değerleri istatistiksel analize tabi tutularak tanımlayıcı istatistiksel bilgiler elde edilmiştir.

Çalışanların gürültü etkilenim düzeylerinin standartlara göre uygun olup olmadığının değerlendirilmesi için kişinin ortalama gürültü etkilenim düzeyini karakterize eden bir parametrenin tanımlanması gerekmektedir. Bölüm 4.2.2’de detaylı olarak anlatıldığı üzere, Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından yayınlanan ISO 1999:1990 standardı bu konuda günlük gürültü etkilenim düzeyi ($L_{EX, 8h} = L_{Aeq, 8h} = L_{EP, d}$) parametresinin kullanılmasını önermektedir. Söz konusu parametrenin belirlenebilmesi için detayları ve nedenleri Bölüm 4.1.2’de verilen “Homojen Etkilenim Grupları (HEG)” nın oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışmada da Türkiye Taşkömürü Kurumu’na bağlı işyerlerinde çalışan işçiler etkilenim düzey ve koşulları göz önüne alınarak gruplara ayrılmıştır. Çalışanların gürültü etkilenim düzeylerinin tespit edilmesi için yapılan ölçümler işçilerin işitme duyusuna yakın olacak şekilde L_{Aeq} değeri ölçülerek ve Bölüm 4.2’ de açıklanan adımlar takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

6.3. Gürültü Ölçme Çalışmaları ve Elde Edilen Sonuçlar

Bu çalışma Türkiye Taşkömürü Kurumu’na bağlı beş müessesedeki (Armutçuk, Kozlu, Üzülmüş, Karadon ve Amasra) yeraltı ve yerüstü işyerlerinde, Kömür Yıkama Tesislerinde (Armutçuk, Çatalağzı ve Amasra) ile Maden Makineleri İşletme Müdürlüğü bünyesindeki atölyelerde gerçekleştirilmiştir.

Gürültü ölçümleri; yeraltında, üretim panolarında, hazırlık galerilerinde, motor garajlarında, tulumba dairelerinde, tali vantilatörlerin bulunduğu galerilerde, tumba istasyonlarında ve kuyu dibi tesislerinde; yerüstünde, aspiratör ve kompresör dairelerinde, mekanizasyon ve hızar atölyelerinde ve kuyu başı tesislerinde, kömür yıkama tesislerindeki değişik ünitelerin bulunduğu yerlerde ve Maden Makineleri İşletme Müdürlüğü atölyelerinde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu işyerlerinde 2004 – 2007 yılları arasındaki değişik zamanlar dilimlerinde yaklaşık 2.800 adet gürültü ölçümü yapılmıştır.

6.3.1. TTK Armutçuk Müessesesi Gürültü Ölçüm Sonuçları

TTK Armutçuk Müessesesi, yeraltı işyerlerinde yapılan 123 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.3’de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre yeraltı işyerlerinde gürültü düzeyi 67,8 – 111,9 dBA arasında değişmektedir. Ortalama gürültü düzeyleri ise 74,2 – 106,5 dBA arasında değişmektedir. En yüksek gürültü düzeyi 111,9 dBA ile basınçlı hava vantilatörü yanında, en düşük gürültü seviyesi ise 67,8 dBA ile tahkimat işi yapılırken tespit edilmiştir. Gürültü ölçümlerinin yaklaşık % 87’sinde 80 dBA, % 70’inde ise 87 dBA’dan büyük değerler ölçülmüştür. Gürültü değerlerinin enerji ağırlıklı ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) Eşitlik (4.8)’ e göre hesaplanmış ve Tablo 6.3’de verilmiştir. Söz konusu değerler 75,9 – 107,8 dBA arasındadır.

Tablo 6.3: TTK Armutçuk Müessesesi Yeraltı İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları

İşyeri / İş Türü		Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				$L_{Aeq, T}$ (dBA)	Ölçüm Sayısı
		L_{min}	L_{max}	$L_{ort.}$	$L_{std.}$		
Üretim Panoları	Kazı (Martopikör)	84,1	95,3	90,7	4,6	92,4	6
	Nakliyat (Zincirli Konveyör)	75,6	91,2	84,7	5,8	87,2	7
	Tahkimat	67,8	80,4	74,2	4,2	75,9	10
Hazırlık Galerileri	Martoperferatör Kullanımı	91,2	104,4	98,6	5,0	100,6	7
	Delik Delme	98,7	110,9	106,5	4,3	107,8	6
	Patlatma	82,5	90,3	87,2	3,2	88,0	5
	Yükleme (Posta Makinesi)	88,1	108,5	99,2	6,4	102,5	8
Motor Garajları	Dizel Lokomotif	83,9	98,8	89,6	5,5	92,7	7
	Akülü Lokomotif	70,7	82,9	77,9	4,0	79,2	10
Tulumba Daireleri	-300 Kat Tulumbası	87,6	97,0	92,8	3,5	93,9	8
	-400 Kat Tulumbası	85,4	110,5	95,0	8,1	102,2	9
Tali Vantilatörler	Elektrikli Vantilatör	88,6	106,4	98,5	5,7	101,1	10
	Basınçlı Hava Vantilatörü	94,7	111,9	103,9	5,1	106,2	10
Kuyu Dibi Tesisleri	13 No.lu Kuyu	82,0	95,8	87,9	4,8	90,1	10
	17 No.lu Kuyu	83,1	100,6	90,9	4,9	93,7	10

TTK Armutçuk Müessesesi, yerüstü işyerlerinde yapılan 123 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.4’de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre yerüstü işyerlerinde gürültü düzeyi 74,9 – 110,1 dBA arasında değişim göstermiştir. Ortalama gürültü düzeyleri ise 83,2 – 103,3 dBA arasında değişmektedir. En yüksek ortalama gürültü seviyesi 110,1 dBA ile hızar atölyesinde domuz damı malzemesi kesimi yapılırken, en düşük ortalama gürültü seviyesi ise 74,9 dBA ile kompresör dairesinde tespit edilmiştir. Gürültü ölçümlerinin yaklaşık % 95’inde 80 dBA, % 79’unda ise 87 dBA’dan büyük değerler ölçülmüştür. Gürültü değerlerinin enerji ağırlıklı ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) Eşitlik (4.8)’e göre hesaplanmış ve Tablo 6.4’de verilmiştir. Söz konusu bu değerler 84,9 – 104,4 dBA arasındadır.

Tablo 6.4: TTK Armutçuk Müessesesi Yerüstü İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları

İşyeri / İş Türü		Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				$L_{Aeq, T}$ (dBA)	Ölçüm Sayısı
		L_{min}	L_{max}	$L_{ort.}$	$L_{std.}$		
Aspiratör Dairesi	+17 Aspiratörü	77,9	89,7	84,8	4,3	86,3	7
Kompresör Dairesi	Atlas Copco	74,9	91,2	83,2	6,3	86,6	10
	Ingersoll Rand	85,1	95,7	91,3	3,6	92,5	9
Mekanizasyon Atölyeleri	Freze Tezgahı	93,4	100,9	98,1	2,9	98,8	5
	Planya Tezgahı	93,2	101,5	96,7	3,1	97,7	6
	Çivi Makinesi	99,8	106,1	103,3	2,5	103,9	6
	Kaynakhane	77,2	88,0	83,6	3,9	84,9	9
Hızar Atölyesi	Kama Kesimi	81,4	103,3	94,1	5,3	96,8	15
	Domuz Damı Kesimi	90,3	110,1	101,9	5,0	104,1	15
	Merdiven Sehpa Kesimi	83,3	97,2	87,7	5,3	91,0	9
	Sarma Kesimi	93,9	109,8	99,8	5,0	103,0	11
	Direk Kesimi	91,2	102,2	97,0	3,8	98,3	8
Kuyu Başı Tesisleri	13 No.lu Kuyu	94,8	109,4	101,6	5,5	104,4	7
	17 No.lu Kuyu	88,3	101,4	96,1	5,1	98,0	6

TTK Armutçuk Müessesesi, Lavuarı'nda yapılan 94 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.5'de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre söz konusu işyerlerinde gürültü seviyesi 81,1 – 107,8 dBA arasındadır. Ortalama gürültü düzeyleri ise 87,9 – 102,2 dBA arasında değişmektedir. En yüksek ortalama gürültü seviyesi titreşimli yıkama kazanları yanında, en düşük ortalama gürültü seviyesi ise toplama bandında tespit edilmiştir. Gürültü ölçümlerinin % 100'ünde 80 dBA, % 84'ünde ise 87 dBA'dan büyük değerler ölçülmüştür. Gürültü değerlerinin enerji ağırlıklı ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) Eşitlik (4.8)'e göre hesaplanmış ve Tablo 6.5'de verilmiştir. Söz konusu bu değerler 89,3 – 104,3 dBA arasında değişmektedir.

Tablo 6.5: TTK Armutçuk Müessesesi Armutçuk Lavarı Gürültü Ölçüm Sonuçları

İş Yeri / İş Türü	Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				$L_{Aeq, T}$ (dBA)	Ölçüm Sayısı
	L_{min}	L_{max}	$L_{ort.}$	$L_{std.}$		
Tulumba Dairesi	89,1	98,7	93,7	4,3	95,4	8
Titreşimli Yıkama Kazanları	96,2	107,1	102,2	4,4	103,9	7
Hava Blöveri	84,0	98,7	92,1	5,4	94,5	9
0 - 10 Eleklere	88,3	102,7	94,8	4,3	96,8	11
Tasnif Eleklere	82,6	97,3	89,2	5,1	91,5	12
Yıkama Kazanı	87,0	98,9	93,8	3,8	95,2	14
Toplama Bandı	81,1	93,6	87,9	4,9	89,9	9
Vakum Tulumbaları	86,6	97,1	90,7	3,6	92,2	7
Filtrasyon Tesisi	85,5	93,5	88,5	2,8	89,3	8
Baum Jigi	91,3	107,8	102,0	5,5	104,3	9

6.3.2. TTK Kozlu Müessesesi Gürültü Ölçüm Sonuçları

TTK Kozlu Müessesesi, yeraltı işyerlerinde yapılan 186 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.6'da verilmiştir. Ölçüm sonuçları yeraltı işyerlerinde gürültü düzeyinin 66,8 – 112,1 dBA arasında değiştiğini göstermiştir. Ortalama gürültü düzeyleri ise 69,3 – 104,3 dBA arasındadır. En yüksek gürültü düzeyi 112,1 dBA ile hazırlık galerilerinde sondaj makinası ile delik delme işi yapılırken, en düşük gürültü seviyesi ise 66,8 dBA ile akülü lokomotif garajında tespit edilmiştir. Gürültü ölçümlerinin yaklaşık % 88'inde 80 dBA, % 77' sinde ise 87 dBA'dan büyük değerler saptanmıştır. Değerlerin enerji ağırlıklı ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) Eşitlik (4.8)'e göre hesaplanmış ve Tablo 6.6'da verilmiştir. Söz konusu bu değerler 70,2 – 106,1 dBA aralığında yer almaktadır.

Tablo 6.6: TTK Kozlu Messesesi Yeraltı İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları

İşyeri / İş Türü		Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				L _{Aeq, T} (dBA)	Ölçüm Sayısı
		L _{min}	L _{max}	L _{ort.}	L _{std.}		
Üretim Panoları	Kazı (Martopikör)	87,7	97,8	92,8	2,8	93,7	9
	Nakliyat (Zincirli Konveyör)	76,1	94,4	84,8	4,7	87,3	12
	Tahkimat	67,4	81,7	74,5	4,0	76,1	11
Hazırlık Galerileri	Martoperferatör Kullanımı	95,6	105,2	100,1	3,7	101,5	9
	Delik Delme (Sondaj Makinesi)	99,3	112,1	104,3	3,9	106,1	10
	Patlatma	80,7	89,9	86,9	3,9	88,0	5
	Yükleme (Posta Makinesi)	98,2	107,7	102,2	3,6	103,5	6
Motor Garajları	Dizel Lokomotif	84,5	94,3	89,5	3,2	90,5	8
	Akülü Lokomotif	66,8	74,8	69,3	2,7	70,2	7
Tulumba Daireleri	-200 Kat Tulumbası	91,3	107,3	100,6	6,2	103,4	12
	-300 Kat Tulumbası	91,7	105,2	96,8	5,9	100,1	4
	-425 Kat Tulumbası	90,6	104,0	97,5	4,7	99,6	11
	-485 Kat Tulumbası	89,8	99,7	94,5	4,0	95,9	5
	-560 Kat Tulumbası	93,1	104,6	98,7	3,9	100,2	12
Tali Vantilatörler	Elektrikli Vantilatör	95,0	108,6	101,6	4,7	103,7	12
	Basınçlı Hava Vantilatörü	96,6	105,5	102,7	2,6	103,3	12
Tumba İstasyonları	-560 / 922 Kat Tumbası	81,2	94,4	90,0	3,7	91,1	10
	-560 Kuyu Dibi Tumbası	77,5	90,0	85,0	3,9	86,4	10
Kuyu Dibi Tesisleri	1 No.lu Kuyu	78,5	98,9	89,9	6,1	92,9	7
	2 No.lu Kuyu	89,8	97,1	93,3	2,5	93,9	6
	Yeni Kuyu	79,8	102,5	90,3	6,7	95,0	8

TTK Kozlu Müessesesi, yerüstü işyerlerinde toplam 167 gürültü ölçümü yapılmıştır. Değerlerin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.7’de verilmiş olup, yerüstü işyerlerinde gürültü düzeyi 81,1 – 106,4 dBA arasındadır. Ortalama gürültü düzeyleri ise 84,2 – 104,2 dBA aralığında değişmiştir. En yüksek ortalama gürültü seviyesi 104,2 dBA ile hızar atölyesinde kama kesimi sırasında, en düşük ortalama gürültü seviyesi ise 84,2 dBA ile mekanizasyon atölyelerinde kaynak makinesi ile çalışma yapılırken tespit edilmiştir. Gürültü ölçümlerinin tamamında 80 dBA, % 95’inde ise 87 dBA’dan büyük değerler ölçülmüştür. Gürültü değerlerinin enerji ağırlıklı

ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) Eşitlik (4.8)'e göre hesaplanmış ve Tablo 6.7'de verilmiştir. Söz konusu bu değerler 85,1 – 104,7 dBA arasında değişmektedir.

Tablo 6.7: TTK Kozlu Messesesi Yerüstü İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları

İşyeri / İş Türü		Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				$L_{Aeq, T}$ (dBA)	Ölçüm Sayısı
		L_{min}	L_{max}	$L_{ort.}$	$L_{std.}$		
Aspiratör Daireleri	Ali Soydaş	87,5	97,2	93,4	3,0	94,2	10
	İncivez	85,6	95,4	90,8	2,5	91,4	13
Kompresör Daireleri	AEG Turbo	91,2	99,3	95,2	2,3	95,8	11
	Siemens Turbo	89,5	99,7	96,0	2,6	96,6	17
	Atlas Copco	89,2	95,1	92,4	1,7	92,7	10
Mekanizasyon Atölyeleri	Freze Tezgahı	90,3	98,6	95,3	3,0	96,1	6
	Planya Tezgahı	92,6	100,3	97,4	2,9	98,0	5
	Çivi Makinesi	98,3	104,6	101,0	2,3	101,5	9
	Kaynakhane	81,1	88,3	84,2	2,9	85,1	8
Hızır Atölyesi	Kama Kesimi	99,7	106,4	104,2	2,3	104,7	11
	Domuz Damı Kesimi	94,6	105,3	102,0	3,4	102,9	9
	Merdiven Sehpa Kesimi	82,4	94,5	91,0	3,7	92,0	10
	Sarma Kesimi	94,5	100,3	97,0	2,0	97,4	14
	Direk Kesimi	96,2	105,2	101,0	3,4	102,1	7
Kuyu Baş Tesisleri	1 No.lu Kuyu	95,6	99,7	98,0	1,7	98,3	9
	2 No.lu Kuyu	91,3	95,8	93,8	1,4	94,0	10
	Yeni Kuyu	94,9	99,4	96,3	1,5	96,6	8

6.3.3. TTK Üzülmez Müessesesi Gürültü Ölçüm Sonuçları

TTK Üzülmez Messesesi, yeraltı işyerlerinde yapılan 132 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.8'de verilmiştir. Sonuçlara göre yeraltı işyerlerinde gürültü düzeyi 70,6 – 115,3 dBA arasında değişmektedir. Ortalama gürültü düzeyleri ise 75,0 – 106,7 dBA arasındadır. En yüksek değer 115,3 dBA ile hazırlık galerilerinde sondaj makinası ile delik delme işi yapılırken, en düşük gürültü seviyesi ise 70,6 dBA ile üretim panosunda tahkimat yapılırken belirlenmiştir. 80 dBA'dan büyük değerlerin oranı % 88, 87 dBA'dan büyük

değerlerin oranı ise % 70'dir. Değerlerin enerji ağırlıklı ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) Eşitlik (4.8)'e göre hesaplanmış ve Tablo 6.8'de verilmiştir. Söz konusu bu değerler 75,7 – 110,0 dBA arasında değişim göstermiştir..

Tablo 6.8: TTK Üzülmez Messesesi Yeraltı İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları

İşyeri / İş Türü		Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				$L_{Aeq, T}$ (dBA)	Ölçüm Sayısı
		L_{min}	L_{max}	$L_{ort.}$	$L_{std.}$		
Üretim Panoları	Kazı (Martopikör)	81,1	100,7	92,3	6,7	95,7	8
	Nakliyat (Zincirli Konveyör)	80,2	94,6	84,6	5,0	87,8	9
	Tahkimat	70,6	79,2	75,0	2,7	75,7	11
Hazırlık Galerileri	Martoperferatör Kullanımı	91,3	105,3	97,1	4,5	99,3	10
	Delik Delme	95,5	115,3	106,7	6,4	110,0	8
	Patlatma	78,2	87,6	82,9	6,6	85,1	2
	Yükleme (Posta Makinesi)	93,5	106,8	101,8	4,7	103,3	8
Motor Garajları	Dizel Lokomotif	82,7	101,2	93,0	5,6	95,7	11
	Akülü Lokomotif	71,2	93,2	80,9	5,8	84,9	11
Tulumba Daireleri	-100 Kat Tulumbası	81,0	98,1	89,4	6,4	92,7	8
	-170 Kat Tulumbası	90,1	104,1	96,9	5,1	99,3	8
	-320 Kat Tulumbası	88,0	100,6	95,4	3,9	96,7	9
Tali Vantilatörler	Elektrikli Vantilatör	87,3	99,4	95,6	4,3	96,8	6
	Basınçlı Hava Vantilatörü	100,1	109,6	105,0	3,6	106,2	7
Kuyu Dibi Tesisleri	1 No.lu Kuyu	82,3	96,4	90,1	4,7	92,1	8
	2 No.lu Kuyu	84,5	96,8	91,3	4,2	92,8	8

Müessesedeki yerüstü işyerlerinde yapılan 133 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.9'da derlenmiştir. Sonuçlar yerüstü işyerlerinde gürültü düzeyinin 80,1 – 110,8 dBA arasında değiştiğini göstermiş olup, ortalama gürültü düzeyleri ise 83,5 – 103,2 dBA arasındadır. Ortalama gürültü seviyesinin en yüksek değeri 103,2 dBA ile hızar atölyesinde direk kesimi yapılırken, en düşük değerini ise 83,5 dBA ile mekanizasyon atölyelerinde kaynak makinesi ile çalışma sırasında ölçülmüştür. Gürültü ölçümlerinin tamamında 80 dBA, % 89'unda ise 87 dBA'dan büyük değerler belirlenmiştir. Değerlerin enerji ağırlıklı ortalamaları ($L_{Aeq, T}$),

T) Eşitlik (4.8)'e göre hesaplanmış ve Tablo 6.9'da verilmiştir. Söz konusu bu değerlerin 84,4 – 106,0 dBA arasında değiştiği görülmektedir.

Tablo 6.9: TTK Üzülmez Müessesesi Yerüstü İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları

İşyeri / İş Türü		Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				L _{Aeq, T} (dBA)	Ölçüm Sayısı
		L _{min}	L _{max}	L _{ort.}	L _{std.}		
Aspiratör Daireleri	Asma	80,1	99,7	91,2	6,5	94,5	10
Kompresör Daireleri	Demag Turbo (Asma)	92,6	106,8	100,2	4,2	101,9	9
	Ingersoll Rand (Dilaver)	83,2	96,7	91,8	5,2	93,7	7
	Sullivan (Çaydamar)	88,7	103,3	95,5	4,7	97,7	10
Mekanizasyon Atölyeleri	Freze Tezgahı	91,2	97,9	94,5	2,4	95,0	7
	Planya Tezgahı	91,8	102,5	95,6	3,7	97,2	6
	Çivi Makinesi	94,7	108,9	100,7	4,5	103,0	7
	Kaynakhane	80,7	88,3	83,5	3,0	84,4	7
Hızır Atölyesi	Kama Kesimi	91,2	110,8	103,0	6,5	106,0	9
	Domuz Damı Kesimi	93,8	105,4	100,5	3,8	101,7	11
	Merdiven Sehpa Kesimi	86,9	97,8	93,6	3,4	94,6	11
	Sarma Kesimi	85,8	105,3	95,5	7,0	99,7	12
	Direk Kesimi	96,9	107,8	103,2	3,9	104,6	11
Kuyu Başı Tesisleri	1 No.lu Kuyu	91,6	106,5	98,3	4,1	100,2	9
	2 No.lu Kuyu	87,6	102,5	96,4	5,1	98,4	7

6.3.4. TTK Karadon Müessesesi Gürültü Ölçüm Sonuçları

TTK Karadon Müessesesi, yeraltı işyerlerinde toplam 219 adet gürültü ölçümü yapılmış, değerlerin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.10'da derlenmiştir. Sonuçlar yeraltı işyerlerinde gürültü düzeyinin 68,3 – 111,2 dBA arasında değiştiğini göstermiştir. Ortalama gürültü düzeyleri ise 74,3 – 103,9 dBA arasındadır. En yüksek değer 111,2 dBA ile hazırlık galerilerinde posta makinası ile yükleme işi yapılırken, en düşük değer ise 68,3 dBA ile akülü lokomotif garajında tespit edilmiştir. Ölçümlerin yaklaşık % 90'ında 80 dBA, % 74'ünde ise 87 dBA'dan büyük değerler

elde edilmiştir. Gürültü değerlerinin enerji ağırlıklı ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) Eşitlik (4.8)'e göre hesaplanmış ve Tablo 6.10'da verilmiştir. Görüldüğü gibi değerler 75,5 – 107,0 dBA arasındadır.

Tablo 6.10: TTK Karadon Müessesesi Yeraltı İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları

İşyeri / İş Türü		Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				$L_{Aeq, T}$ (dBA)	Ölçüm Sayısı
		L_{min}	L_{max}	$L_{ort.}$	$L_{std.}$		
Üretim Panoları	Kazı (Martopikör)	89,9	100,9	94,8	3,0	95,8	9
	Nakliyat (Zincirli Konveyör)	81,5	90,0	85,4	3,6	86,7	8
	Tahkimat	74,6	82,1	78,3	2,1	78,7	12
Hazırlık Galerileri	Martoperferatör Kullanımı	96,5	106,2	101,8	4,3	103,3	8
	Delik Delme (Sondaj Makinesi)	99,7	108,9	103,9	3,9	105,4	12
	Patlatma	80,8	88,9	85,8	3,5	86,6	4
	Yükleme (Posta Makinesi)	89,6	111,2	103,6	7,7	107,0	10
Motor Garajları	Dizel Lokomotif	80,5	90,7	86,5	3,9	87,8	8
	Akülü Lokomotif	68,3	78,8	74,3	3,7	75,5	9
Tulumba Daireleri	-160 Kat Tulumbası	90,8	105,3	99,7	4,7	101,6	13
	-260 Kat Tulumbası	90,2	106,5	97,3	5,6	100,5	14
	-360 Katı Tulumbası	90,8	105,3	99,3	5,1	101,6	11
	-460 Katı Tulumbası	91,7	98,7	95,0	2,4	95,6	9
Vinç Daireleri	84 Vinç Dairesi	81,2	89,3	85,6	3,0	86,5	10
	57 Vinç Dairesi	78,8	88,7	84,2	3,6	85,5	12
	3 No.lu Bür Vinç Dairesi	82,6	93,5	87,3	2,8	88,3	12
	82 Vinç Dairesi	79,7	88,4	83,7	3,6	85,0	7
Tali Vantilatörler	Elektrikli Vantilatör	92,0	103,6	96,8	4,0	98,6	12
	Basınçlı Hava Vantilatörü	94,5	108,7	101,3	4,6	103,4	12
Kuyu Dibi Tesisleri	1 No.lu Kuyu	85,4	102,8	97,0	5,1	98,9	12
	Çatalağzı Kuyusu	89,4	100,6	95,6	4,1	97,1	7
	75. Yıl Kuyusu	87,6	96,3	94,4	2,9	95,0	8

TTK Karadon Müessesesi'nin yerüstü işyerlerinde yapılan 188 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.11'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre yerüstü işyerlerinde gürültü düzeyi 81,2 – 112,1 dBA arasında değişmektedir.

Ortalama gürültü düzeyleri ise 87,5 – 104,5 dBA arasındadır. Ortalama gürültü seviyesi en yüksek değerini 104,5 dBA ile hızar atölyesinde sarma kesimi yapılırken, en düşük değerini ise 87,5 dBA ile mekanizasyon atölyelerinde kaynak makinesi ile çalışma sırasında almıştır. Değerlerin tümü 80 dBA'nın, % 94'ü ise 87 dBA'dan büyüktür. Gürültü değerlerinin enerji ağırlıklı ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) Eşitlik (4.8)'e göre hesaplanmış olup, 88,9 – 108,1 dBA arasında değiştikleri görülmüştür (Tablo 6.11).

Tablo 6.11: TTK Karadon Müessesesi Yerüstü İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları.

İşyeri / İş Türü		Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				$L_{Aeq, T}$ (dBA)	Ölçüm Sayısı
		L_{min}	L_{max}	$L_{ort.}$	$L_{std.}$		
Aspiratör Daireleri	Gelik +52	87,9	98,8	94,5	4,0	95,8	7
	Kilimli Aslan Bahçesi	82,5	98,8	90,7	6,3	94,2	10
	Gelik Yeni	81,2	94,3	90,6	3,1	91,4	15
	Ayiçi (+36)	86,8	102,8	97,4	5,3	99,4	8
Kompresör Daireleri	AEG Turbo	92,9	105,6	98,9	4,3	100,8	9
	Demag	91,2	106,0	98,4	4,7	100,5	14
	Atlas Copco	90,3	98,4	95,2	3,1	96,0	8
Mekanizasyon Atölyeleri	Freze Tezgahı	85,6	100,9	93,8	4,8	95,9	8
	Planya Tezgahı	94,7	100,2	98,6	2,0	99,0	6
	Çivi Makinesi	93,7	101,0	97,5	2,6	98,1	6
	Kaynakhane	81,8	93,8	87,5	4,1	89,1	7
Hızar Atölyesi	Kama Kesimi	91,8	105,4	98,3	4,1	100,1	12
	Domuz Damı Kesimi	94,5	110,4	103,2	4,9	105,3	10
	Merdiven Sehpa Kesimi	88,4	100,2	93,6	3,2	94,8	10
	Sarma Kesimi	94,1	112,0	104,5	7,1	108,1	8
	Direk Kesimi	87,5	108,5	97,9	6,1	101,5	9
Tulumba Daireleri	Karadon Tulumba	85,3	92,6	88,0	2,9	88,9	6
Kuyu Başı Tesisleri	1 No.lu Kuyu	95,5	111,2	102,3	4,7	104,7	12
	Çatalağzı Kuyusu	93,9	111,1	100,9	4,7	103,5	14
	75. Yıl Kuyusu	87,6	110,5	98,5	8,0	104,6	9

TTK Karadon Müessesesi, Çatalağzı Lavuarı'nda yapılan 216 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.12'de verilmiştir. Sonuçlar söz

konusu işyerlerinde gürültü seviyesinin 61,3 – 105,8 dBA arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Ortalama gürültü düzeyleri 71,3 – 97,8 dBA arasında olup, en yüksek ortalama değer kriblaj bandı yanında, en düşük ortalama değer ise boru atölyesinde belirlenmiştir. Ölçümler sonucunda değerlerin % 85’inin 80 dBA, % 63’ünün ise 87 dBA’dan büyük olduğu görülmüştür. Eşitlik (4.8)’e göre hesaplanan gürültü değerlerinin enerji ağırlıklı ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) 73,7 - 100,9 dBA arasında değişmektedir (Tablo 6.12).

Tablo 6.12: TTK Karadon Müessesesi Çatalağzı Lavuarı Gürültü Ölçüm Sonuçları

İş Yeri / İş Türü	Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				$L_{Aeq, T}$ (dBA)	Ölçüm Sayısı
	L_{min}	L_{max}	$L_{ort.}$	$L_{std.}$		
Döner Kırıcı	89,6	104,2	95,4	4,9	98,2	13
Berker Elekleri	87,2	97,0	93,1	3,7	94,3	9
Rölevaj Elekleri	81,3	98,4	91,7	6,0	94,3	8
Devirdaim Tulumba Dairesi	83,3	99,1	90,6	5,6	93,6	10
Tasnif Elekleri	87,0	100,4	93,8	5,3	96,3	9
Ağır Mai Elekleri	85,4	98,6	92,4	4,3	94,1	8
Yükleme Paneli	80,3	94,8	85,6	4,0	87,8	11
Triyaj Bandı	87,3	100,6	92,2	5,1	95,0	9
Beş Bantlar	86,6	97,4	92,4	3,9	93,8	7
Santrifüj Kurutucu	88,1	100,1	92,6	4,5	94,8	10
Filtrasyon Tesisi	71,4	85,5	80,1	4,8	81,8	9
Baum Jigi	83,5	97,1	90,7	4,0	92,2	11
Acco Jigi	83,5	94,3	89,2	4,1	90,8	11
Blöver Katı	85,4	100,4	93,5	5,2	95,8	8
Flotasyon Bataryaları	86,6	98,7	91,3	4,5	93,4	8
Filtre Tanburları	81,8	99,0	92,5	6,2	95,1	8
Vakum Pompaları	84,8	96,3	91,4	4,2	93,0	8
Kriblaj Bandı	88,2	105,8	97,8	5,9	100,9	9
Elek Tamir Atölyesi	65,8	83,2	73,9	5,7	76,9	8
Kaynakhane	72,5	86,2	80,3	4,3	81,9	9
Boru Atölyesi	61,3	77,6	71,3	5,8	73,7	7
Mekanik Atölyesi	74,0	90,6	82,0	5,3	85,0	9
Elektrik Atölyesi	67,8	82,8	75,4	4,6	77,4	9
Saha Tulumbaları	82,1	102,8	92,0	7,0	96,2	8

6.3.5. TTK Amasra Müessesesi Gürültü Ölçüm Sonuçları

TTK Amasra Müessesesi, yeraltı işyerlerinde 160 adet gürültü değeri ölçülmüş ve istatistiksel analizi yapılarak sonuçları Tablo 6.13’de verilmiştir. Ölçülen değerler 66,7 – 111,9 dBA arasında değişmekte olup, ortalama gürültü düzeyleri ise 72,3 – 104,2 dBA arasındadır. En yüksek gürültü düzeyi 111,9 dBA ile basınçlı hava vantilatörü yanında, en düşük gürültü seviyesi ise 66,7 dBA ile akülü lokomotif garajında belirlenmiştir. Değerlerin yaklaşık % 86’ sı 80 dBA’dan, % 76’ sı ise 87 dBA’dan büyüktür. Tablo 6.13’de verilen enerji ağırlıklı gürültü ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) 73,4 – 105,8 dBA arasında değişmektedir.

Tablo 6.13: TTK Amasra Müessesesi Yeraltı İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları

İşyeri / İş Türü		Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				$L_{Aeq, T}$ (dBA)	Ölçüm Sayısı
		L_{min}	L_{max}	$L_{ort.}$	$L_{std.}$		
Üretim Panoları	Kazı (Martopikör)	89,9	101,2	96,1	4,1	97,6	12
	Nakliyat (Zincirli Konveyör)	78,1	93,7	87,8	5,0	89,6	9
	Tahkimat	70,0	82,9	75,8	3,1	77,0	15
Hazırlık Galerileri	Martoperferatör Kullanımı	98,1	107,8	103,4	2,8	104,2	11
	Delik Delme	98,7	107,5	104,2	3,1	105,0	9
	Patlatma	80,2	87,9	84,1	3,9	85,2	3
	Yükleme (Posta Makinesi)	93,9	109,2	104,2	4,7	105,8	9
Motor Garajları	Dizel Lokomotif	86,6	97,4	91,4	3,3	92,6	9
	Akülü Lokomotif	66,7	77,8	72,3	3,4	73,4	9
Tulumba Daireleri	-150 Kat Tulumbası	91,2	105,9	97,4	4,6	99,8	7
	-250 Kat Tulumbası	89,0	103,1	96,8	4,4	98,5	10
Tali Vantilatörler	Elektrikli Vantilatör	86,8	102,8	94,9	5,6	97,8	11
	Basınçlı Hava Vantilatörü	97,1	111,9	102,1	4,3	104,5	12
Tumba İstasyonları	-250 Kat Tumbası	93,5	107,3	101,0	4,2	102,7	15
Kuyu Dibi Tesisleri	131 No.lu Kuyu	85,4	97,3	90,1	4,3	92,1	9
	Yeni Kuyu	82,6	93,2	88,0	3,6	89,2	10

Müessesenin, yerüstü işyerlerinde yapılan 129 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.14’de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre, yerüstü işyerlerinde gürültü düzeyi 75,1 – 109,1 dBA, hesaplanan ortalama gürültü

düzeyleri ise 86,1 – 102,1 dBA arasındadır. En yüksek değer 102,1 dBA ile hızar atölyesinde sarma kesimi yapılırken, en düşük değer ise 86,1 dBA ile Amasra kuyu başı tesislerinde kafesten yükleme boşaltma işi yapılırken saptanmıştır. Ölçümlerin yaklaşık % 98’inde 80 dBA, % 80’ninde ise 87 dBA’dan büyük değerler elde edilmiştir. Eşitlik (4.8)’e göre hesaplanan enerji ağırlıklı gürültü ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) Tablo 6.14’de verilmiştir. Söz konusu değerler 87,3 – 103,8 dBA arasında değişmektedir.

Tablo 6.14: TTK Amasra Müessesesi Yerüstü İşyerleri Gürültü Ölçüm Sonuçları

İşyeri / İş Türü		Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				$L_{Aeq, T}$ (dBA)	Ölçüm Sayısı
		L_{min}	L_{max}	$L_{ort.}$	$L_{std.}$		
Aspiratör Daireleri	Elektrikli	75,1	94,7	86,2	6,5	89,5	10
	Dizel	90,9	109,1	98,4	5,4	101,8	10
Kompresör Dairesi	Atlas Copco	84,7	93,5	88,2	3,4	89,4	9
	Sullivan	85,9	93,1	89,1	2,8	89,9	9
Mekanizasyon Atölyeleri	Freze Tezgahı	86,4	98,3	91,8	4,0	93,4	7
	Planya Tezgahı	93,3	106,1	99,9	4,6	101,7	7
	Çivi Makinesi	91,7	107,6	99,7	5,8	102,7	7
	Kaynakhane	83,7	94,9	87,1	4,4	89,3	6
Hızar Atölyesi	Kama Kesimi	89,7	107,2	98,6	4,8	100,8	13
	Domuz Damı Kesimi	90,9	108,8	99,2	5,9	102,6	12
	Merdiven Sehpa Kesimi	86,7	93,1	90,0	2,7	90,7	6
	Sarma Kesimi	95,6	108,5	102,1	4,2	103,8	9
	Direk Kesimi	91,2	104,3	98,5	4,7	100,2	5
Kuyu Baş Tesisleri	Tarlaağzı	87,9	95,7	91,7	2,6	92,3	10
	Amasra	80,8	92,6	86,1	3,2	87,3	9

Müessesenin lavuar tesisinde yapılan 96 adet gürültü ölçümünün istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.15’de verilmiştir. Değerler 81,6 – 106,0 dBA arasında olup, hesaplanan ortalama gürültü düzeyleri ise 88,9 – 95,4 dBA arasındadır. En yüksek ortalama gürültü seviyesi tasnif elekları yanında, en düşük ortalama gürültü seviyesi ise toplama bandında tespit edilmiştir. Ölçüm sonuçlarının tümü 80 dBA, % 86’ sı ise 87 dBA’dan büyüktür. Gürültü değerlerinin enerji ağırlıklı ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) Eşitlik (4.8)’e göre hesaplanmış olup, 91,1 – 98,9 dBA arasındadır (Tablo 6.15).

Tablo 6.15: TTK Amasra Müessesesi Amasra Lavuarı Gürültü Ölçüm Sonuçları

İş Yeri / İş Türü	Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				L _{Aeq, T} (dBA)	Ölçüm Sayısı
	L _{min}	L _{max}	L _{ort.}	L _{std.}		
Tulumba Dairesi	82,8	98,7	91,3	5,8	94,0	9
Ağır Mayi Tamburu	91,4	105,1	95,1	4,0	97,7	9
Ağır Mayi Siklonları	85,8	97,6	91,1	3,8	92,7	13
0 - 10 Elekleri	87,4	103,0	94,6	4,8	97,0	11
Tasnif Elekleri	87,7	106,0	95,4	5,8	98,9	12
Yıkama Kazanı	85,7	99,7	91,6	4,9	94,1	11
Toplama Bandı	82,3	95,5	88,9	4,8	91,1	12
Vakum Tulumbaları	81,6	98,7	91,7	6,2	94,6	11
Flotasyon Tesisi	87,9	100,0	92,6	4,5	94,7	8

6.3.6. TTK Maden Makineleri Fabrika İşletme Müdürlüğü Gürültü Ölçüm Sonuçları

TTK Genel Müdürlüğüne bağlı, 40.000 m²'lik alan üzerine kurulu Maden Makineleri Fabrikası'nda Türkiye Taşkömürü Kurumu ve yurtiçi maden makine ve teçhizatlarının imalatları gerçekleştirilmektedir. Makine ve teçhizatların imalatında kullanılan malzemelerin tamamı fabrika içindeki dökümhaneden başlayarak atölye tezgahlarından geçerek işlenmektedir. Fabrikada üretilen ürünler arasında; Zincirli Konveyörler, Lastik Bantlı Konveyörler, Ocak Arabaları, Tumbalar, Vinçler, Martoperfaratöterler, Martopikörler, Hava Motorları, Hız Düşürücü Mekanizmalar, Pompalar, Dalgıç Tulumbalar, Band Kaynak Makinaları, Bağ Demir Söküm Vinçleri, Basınçlı Hava ile Çalışan; Posta Yükleme Makinaları, Hızarlar, Ventilatorler, Kömür Gevşetme Makinaları, Caraskallar, Çektirmeler, Kablo Toplama Vinçleri, Alsız Teçhizatlar; Elektrik motorları, Yolvericiler, Devre Kesiciler, Aydınlatma trafoları Uzaktan Kumanda, Start- Stop Anahtarları, Limit Şalterleri, Kablo Başlıkları, Monoblok ve helezon burgular, Oksijen ve Asetilen Gazının üretilmeleri yer almaktadır.

TTK Maden Makineleri Fabrikasındaki atölyelerde yapılan 293 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6.16'da verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre söz konusu işyerlerinde gürültü seviyesi 63,6 – 123,1 dBA arasında değişmektedir. Ortalama gürültü düzeyleri ise 70,4 – 117,3 dBA arasındadır. En yüksek gürültü seviyesi 123,1 dBA ile Sıcak-Soğuk Demirhane atölyesinde perçin makinesi ile çalışma yapılırken, en düşük eşdeğer gürültü seviyesi ise 63,6 dBA ile

Oksijen-Asetilen Fabrikası dolum odasında tespit edilmiştir. Gürültü ölçümlerinin yaklaşık % 87'sinde 80 dBA, % 61'inde ise 87 dBA'dan büyük değerler ölçülmüştür. Gürültü değerlerinin enerji ağırlıklı ortalamaları ($L_{Aeq, T}$) Eşitlik (4.8)'e göre hesaplanmış ve Tablo 6.16'da verilmiştir. Söz konusu bu değerler 72,9 – 118,9 dBA arasında değişmektedir.

Tablo 6.16: TTK Maden Makineleri Fabrikası Gürültü Ölçüm Sonuçları.

İş Yeri / İş Türü		Gürültü Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi (dBA)				$L_{Aeq, T}$ (dBA)	Ölçüm Sayısı
		L_{min}	L_{max}	$L_{ort.}$	$L_{std.}$		
Talaşlı İmalat Atölyesi	Freze Tezgahları	72,3	91,9	84,1	6,5	87,1	9
	Planya Tezgahları	78,9	95,0	85,4	4,9	88,2	11
	Taşılama Tezgahları	78,3	92,6	83,1	4,2	85,4	13
	Torna Tezgahları	80,1	96,6	85,8	4,4	88,5	20
	Matkap Tezgahları	79,7	86,6	83,2	2,7	83,8	5
Elektrik Atölyesi	Testere Tezgahı	90,2	102,3	97,5	3,6	98,6	8
	Zımpara Tezgahı	76,7	89,9	83,7	4,1	85,2	7
	Bobin Sarma Makinesi	81,4	89,9	85,9	3,6	87,0	4
	Vinç	65,1	84,7	76,3	6,7	79,7	8
	Kaynak Makinesi	73,9	89,3	83,4	5,1	85,4	11
Burgu Atölyesi	Testere Tezgahı	99,0	114,2	105,4	6,3	109,0	6
	Hava Presi	94,7	109,5	103,6	5,0	105,5	10
	Kompresör	81,2	96,0	89,3	4,7	91,2	7
	Matkap Bileme Tezgahı	86,0	100,0	94,1	4,4	95,7	16
Bağ Pres Atölyesi	Demirbağ Presi	81,2	94,9	88,0	4,5	89,9	6
	Bağ Delme Presi	84,2	94,5	88,9	3,4	90,1	6
Çelik Dökümhanesi	Vibrasyon Tezgahı	94,1	106,8	100,3	4,2	102,0	8
	Kalıp Presi	89,8	110,3	101,4	7,9	105,8	6
	Sıkılama Tezgahı	95,9	109,7	104,6	5,4	106,5	5

Tablo 6.16 (Devam): TTK Maden Makineleri Fabrikası Gürültü Ölçüm Sonuçları.

Sıcak-Soğuk Demirhane	Testere Tezgahları	90,7	111,3	98,2	6,5	103,4	9
	Makas Tezgahları	89,0	102,3	95,4	4,8	97,4	7
	Pres Tezgahları	84,6	104,0	93,9	6,9	98,0	10
	Şahmerdan	86,2	103,5	93,3	5,7	96,9	8
	Perçin Makinesi	109,4	123,1	117,3	4,4	118,9	10
Model Atölyesi	Kereste Traşlama Tezgahı	100,1	110,1	105,6	4,0	106,9	7
	Kalınlık Tezgahı	88,8	104,4	96,8	6,4	100,0	8
	Planya Tezgahı	75,1	91,0	86,6	5,9	88,5	6
Kaynak Atölyesi	Kaynak Motorları	82,0	98,7	90,8	6,0	93,6	5
	Montaj Tezgahı	72,9	93,0	82,0	7,4	87,0	5
Tesviye Atölyesi	Plastik Kalıp Tezgahı	70,1	88,0	78,7	6,0	82,0	7
	Takım Bileme Tezgahı	91,0	108,8	97,1	7,1	102,2	6
Oksijen- Asetilen Fabrikası	Makina Dairesi	78,8	90,1	84,1	4,6	86,0	8
	Dolum Odası	63,6	78,9	70,4	4,9	72,9	8
Kumlama Atölyesi	Kumlama Tezgahı	85,5	101,5	93,7	6,4	96,9	5
Kalıp Atölyesi	Kalıp Tezgahı	77,2	93,6	86,8	6,1	89,3	5
Isıl İşlem Atölyesi	Taşlama Tezgahı	85,9	102,9	95,4	6,9	98,7	6
Pik Dökümhane		71,4	89,9	79,1	8,3	84,6	4
Kompresör Dairesi		89,0	93,7	91,8	2,5	92,3	3

6.4. TTK Çalışanlarının Gürültü Etkilenim Düzeylerinin Değerlendirilmesi

Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda (TTK) çalışan işçilerin gürültü etkilenim düzeylerinin standartlara uygunluğunu test etmek veya gürültüden kaynaklanan riskleri tahmin etmek için “Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyi ($L_{EX,8h} = L_{Aeq,8h} = L_{EP,d}$)” parametresinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu parametre Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından kişinin ortalama gürültü etkilenim düzeyini karakterize eden bir parametre olarak tanımlanmıştır. Bu parametrenin nasıl belirleneceği ile ilgili detaylar Bölüm 4.3.2’de anlatıldığı gibi ISO-9612 (1997) ve TS EN ISO 9612 (2003) standardlarında verilmiştir.

Kimyasal ve biyolojik etmenler için yapılan etkilenim değerlendirme çalışmalarında olduğu gibi gürültü etkilenim değerlendirme çalışmalarında da esas olan bütün çalışanların etkilenim düzeylerinin tek tek ölçümlerle tespit edilmesidir. Bu geleneksel yöntemdir. Ancak çalışan sayısının çok olduğu büyük işletmelerde böylesi bir çalışma uzun zaman gerektirmekte ve maliyeti de yüksek olabilmektedir. Genel olarak etkilenim değerlendirme çalışmalarının kısa zamanda kolayca yapılması, sonuçların değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin zamanında alınabilmesi açısından önemlidir.

Geleneksel yöntemin dezavantajlarından dolayı kimyasal (gazlar, ağır metaller, radyasyon vb.) ve biyolojik (bakteri, virüs vb.) etkilenim değerlendirme çalışmalarında Bölüm 4’de ayrıntılı olarak tanıtılan “Homojen Etkilenim Grupları” yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde işçiler yaptıkları iş veya görev, maruz kaldıkları etmen (aynı kimyasal, biyolojik veya fiziksel) veya çevresel benzerlikleri temelinde gruplara ayrılmaktadırlar. Daha sonra her bir grubun etkilenim düzeylerinin belirlenmesi için ölçümler yapılmaktadır.

Bu çalışmada TTK’nda çalışan işçilerin gürültü etkilenim düzeylerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Söz konusu kurumda 30.06.2007 tarihi itibarıyla yaklaşık 11.000 kişinin çalıştığı göz önüne alınırsa, çalışanların gürültü etkilenim düzeylerinin tek tek belirlenmesi hem zaman hem de maliyet açısından ne denli zor olduğu anlaşılmaktadır. Bunun yerine Bölüm 4’de ayrıntılı olarak tanıtılan, çalışanların etkilenim koşullarına göre homojen gruplara ayrılarak etkilenim düzeylerinin belirlenmesine olanak veren bir yöntemin kullanılması daha uygun olacaktır.

TTK’nda çalışan işçilerin gürültü etkilenim düzeylerinin belirlenmesi için ilk olarak çalışanlar homojen etkilenim gruplarına ayrılmış ve gürültü ölçümleri her bir grubun gürültü etkilenim düzeyinin belirlenmesine yönelik olarak yapılmıştır. Bölüm 4’de detaylı bir şekilde anlatıldığı gibi, çalışanların gürültü etkilenim düzeylerinin belirlenebilmesi için öncelikle oluşturulan grupların homojenliğinin test edilmesi gerekmektedir. Ayrıca her grup için yapılan gürültü ölçümlerinden elde edilen değerlerin istatistiksel olarak normal dağılıma sahip olup olmadıkları da belirlenmelidir. Heriki şartın sağlanması durumunda grupların günlük gürültü etkilenim düzeyi belirlenebilir. Bu çalışmada da belirtilen yol izlenmiş, Türkiye Taşkömürü Kurumu’nda çalışan işçilerin günlük gürültü etkilenim düzeyleri belirlenmiştir.

6.4.1. Homojen Etkilenim Gruplarının Belirlenmesi

Türkiye Taşkömürü Kurumu faaliyetlerini Genel Müdürlük birimleri ile birlikte 5 Müesseseye bağlı yeraltı ve yerüstü işyerlerinde sürdürmektedir. Yıkanmış kömür üretimi son yıllarda 1,5 - 2 milyon ton arasında değişmektedir. Söz konusu üretimi gerçekleştirebilmek için yılda yaklaşık 7.500 m galeri (taştı) ve 11.500 m de taban yolu (kömürde) sürülmektedir. Söz konusu üretim, 8.285’i yeraltında 2.538’i yerüstünde olmak üzere toplam 10.823 işçi ve teknik personel ile yapılmaktadır.

TTK’nda çalışan işçilerin gürültü etkilenim düzeylerinin belirlenmesi için işçiler ilk olarak yeraltı ve yerüstü olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. Yeraltında çalışan işçiler de kendi aralarında 11 farklı grupta sınıflandırılmıştır. Yerüstünde çalışan işçiler ise ilk olarak, 5 Müesseseye bağlı yerüstü işyerlerinde çalışanlar ve Maden Makineleri Fabrikası’nda çalışanlar olarak iki gruba ayrıldıktan sonra kendi aralarında sınıflandırmaya tabi tutulmuşlardır. Yerüstünde çalışanlar 9, Maden Makineleri Fabrikası’nda çalışanlar ise 5 farklı meslek grubunda incelenmişlerdir. Söz konusu gruplar ve kısa görev tanımları Tablo 6.17, Tablo 6.18 ve Tablo 6.19’da verilmiştir.

Tablo 6.17: Yeraltı iş türleri ve kısa görev tanımları

İşçilik Türleri	Görev Tanımları
Pano Ayak Üretim	Kömür üretiminin yapılmasını sağlamak amacıyla ayak, baca, klavuz ve kelebelerde gerekli malzeme ve teçhizatı kullanarak kömür kazmak, kazı nedeniyle açılan boşluklara tahkimat yapmak ve çıkan kömürü ayak içi nakliyat araçlarına yüklemek.
Hazırlık	Kömür damarlarına ulaşmak, havalandırma ve nakliyatın yapılmasını sağlamak, üretim panolarını hazırlamak için gerekli galerileri taş ve damar içerisinde uygun teçhizat ve malzemeyi kullanarak açmak, açılan galerilerin tahkimatını yapmak ve açığa çıkan postayı nakil araçlarına yüklemek.
Barutçu	Kömür üretimi, hazırlıklar ve tamir faaliyetleri kapsamında sert kömürde kazı işini kolaylaştırmak, taşa ve kömürde galeri açmak ve açılmış galerilerin tamirini yapmak amacıyla kapsül ve dinamit kullanarak ateşleme yapmak.
Tarama ve Söküm	Gerekli makine, teçhizat ve malzemeyi kullanarak kesiti daralmış düz ve meyilli galerilerin kesitinin istenen boyuta getirilmesi ve tahkimatının yapılması, kullanılmayan ocak açıklıklarındaki demirbağ, ray demiri, boru ve diğer malzemenin sökülmesi, taşınması ve depolanmasını sağlamak.
Nakliyat	Personelin, üretilen kömür ile açığa çıkan taşın ve çeşitli malzemelerin taşınmasını sağlamak amacıyla her türlü tekerlekli araçları, bantlı - zincirli ve halatlı konveyörleri, sonsuz dişli ve paletli taşıcılar ile bunların oluşturduğu sistemleri işletmek, yeraltındaki lokomotifleri usulüne uygun olarak kullanmak, kullanılan lokomotif ve katarı temizlemek, yüklemek, boşaltmak, işaret ve sinyal vererek lokomotif sürücüsüne katarın manevra ve nakliyat yapmasına yardımcı olmak.
Kuyu Vinç	Üretilen kömürün, açığa çıkan taşın, her türlü malzemenin ve insanın desandre ve kuyularda taşınması amacıyla sinyalciler tarafından verilen sesli, ışıklı elektronik işaretlere göre her türlü vinç ve monorayları kullanmak.
Sinyalci	İnsan, malzeme, kömür, taş vb. taşınmasını sağlamak amacıyla diğer sinyalciler veya sinyal vermeye yetkili kişiler ve vinççiler ile yönerge, iş güvenliği kuralları ve talimatlara göre belirli işaretler yardımıyla sesli veya ışıklı haberleşme vasıtalarını kullanarak desandre ve kuyularda nakliyatın düzenli bir şekilde yapılmasını sağlamak.

Tablo 6.17: (Devam) Yeraltı iş türleri ve kısa görev tanımları

İşçilik Türleri	Görev Tanımları
Mekanizasyon ve Pres	Kömür üretimine destek olmak üzere kullanılan mekanik ünitelerin (tumba, konveyörler, basınçlı hava makineleri, elektro-hidrolik delici yükleyici, sulu gevşetme makineleri vb.) periyodik ve koruyucu bakımlarını, onarımını ve revizyonunu yapmak, arızalarını bulup gidermek, gerekli malzemeyi tespit ve temin etmek, montaj ve demontajını yapmak, deforme olduğu için sökülen demirleri ve pabuçları belirli şablonlara göre presle şekillendirmek ve kullanılabilir hale getirmek, elektrikli ve mekanik teçhizatı ve benzer materyali nakliye araçlarına yüklemek, yüksek bir yere çıkarmak, indirmek ve bir yerden diğer bir yere taşımak.
Motor Lokomotif Tamircisi	Üretilen kömür, açığa çıkan taş, kullanılacak malzeme ve personelin nakliyatının düzenli ve aksamadan yapılması amacıyla lokomotiflerin bakımını, onarımını, revizyonunu yapmak ve çalıştırılması için gereken malzemeyi tespit ve temin etmek.
Sondaj	Arazinin jeolojik yapısının incelenmesi, kuyu yerinin saptanması, kömür, su ve gaz aramalarının yapılması ve kömür rezervinin saptanması amacıyla sondaj makineleri ile belirlenen noktalarda verilen eğim ve yönde araziye karotlu veya karotsuz delmek ve numune almak.
Tulumbacı	Kömür üretimi, galeri açma vb. çalışmalar sırasında açığa çıkan gazın ve yeraltı sularının faaliyetleri engellemesini önlemek amacıyla tulumbalar kullanarak dışarı atmak veya bir yerden bir yere nakletmek.

TTK’unda yeraltında çalışan işçiler toplam 25 farklı iş veya sanat kolunda değerlendirilmektedir. Bunlar içerisinde 8 tanesi Vardiya Mühendisi, Başmadenci, Nezaretçi vb. gibi teknik personel gruplarıdır ve bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Geri kalan 17 işçi grubu içinden Tablo 6.17’de verilen 11 grup günlük gürütü etkilenim düzeyleri belirlenecek homojen etkilenim grupları olarak seçilmiştir. Diğer 6 işçi grubu ise gürültülü işlerde çalışmayan; yeraltı hizmet işçisi, işyeri sağlık görevlisi vb. gibi yan iş kollarından oluşmaktadır.

Tablo 6.18: Yerüstü iş türleri ve kısa görev tanımları

İşçilik Türleri	Görev Tanımları
Ağaç İşleri	Gerekli makine, alet ve teçhizatı kullanarak teknik resim, kroki ve numuneye uygun her türlü ahşap ve yarı ahşap malzeme ile maden direği ve diğer ahşap malzemeyi biçmek, kullanıma hazır hale getirmek ve tezgahlarda işleyip şekillendirmek, ayrıca bina elemanlarının, eşyaların, deniz vasıtalarındaki ağaç işlerinin montaj ve demontajını, kontrolünü, onarımını, dökümü yapılacak parçaların modelini ve maça sandığını yapmak.
Nakliyat	Kömürün, taşın ve çeşitli malzemelerin yerüstü ortamında nakledilmesi amacıyla kullanılan her türlü bantlı, zincirli ve halatlı konveyörler, dişli ve paletli taşıyıcılar ve demiryolu taşıma sistemlerinin işletilmesinde, belirlenmiş talimatlar ve iş güvenliği kuralları çerçevesinde bütün nakliyat ve manevra işlerini yapmak.
Kuyu Vinç	Üretilen kömürü, taşı, her türlü malzemeyi ve personeli desandre veya kuyularda taşımak amacıyla talimatnameler ile belirlenmiş ve sinyalci tarafından verilen sesli, ışıklı ve elektronik işaretlere göre yerüstü tesis başlarındaki çalışma alanlarında her türlü vinçleri kullanmak.
Kuyu Sinyal	İnsan, kömür ve malzeme naklini sağlamak amacıyla talimatlar doğrultusunda gerekli haberleşme vasıtalarını (ışıklı, sesli vb.) kullanarak kuyu, demiryolu makasları, bantlar ve tumbalara yol vermek, durdurmak gibi nakliyat işlerinin düzenli bir şekilde yapılmasını sağlamak.
Mekanizasyon ve Pres	Karayolu ve demiryolu taşıtları ile iş makineleri, maden makineleri vb. teçhizatların verimli kullanılması amacıyla bakımlarını yapmak, arızalarını tespit etmek, mekanik onarımını, makine ve teçhizatın montaj ve demontajını yapmak, malzeme ve teçhizat imalatı yapmak için her türlü mamul ve yarı mamul malzemeyi teknik resim, numune veya talimata göre ısıtma işlemine tabi tutmak, birleştirmek, kesmek, doldurmak, zımbalamak, soğuk - sıcak pres uygulaması yoluyla şekil vermek ve çelik konstrüksiyon vb. imalatını yapmak, kaldırma araçları kullanarak makine, teçhizat ve aletleri kaldırmak, yüklemek, indirmek, taşımak ve istiflerini yapmak.
Kompresör	Yeraltı ve yerüstünde basınçlı hava ile çalışan iş makinelerine, basınçlı hava sağlamak amacıyla tesis edilmiş turbo, pistonlu ve vidalı kompresörleri çalıştırmak, meydana gelen arızalara müdahale etmek, gerekirse durdurmak, filtrelerini kontrol etmek, kirlenmiş olanlarını temizlemek veya değiştirmek, çalışma ortamının bakımını ve temiz tutmak.

Tablo 6.18: (Devam) Yerüstü iş türleri ve kısa görev tanımları

İşçilik Türleri	Görev Tanımları
Ana Pervane	Ocak havalandırmasını sağlamak amacıyla kullanılan ana aspiratörlerin çalışmalarını kontrol etmek, göstergelerini okumak ve işletme çizelgelerini doldurmak, enerji kesildiğinde otomatik olarak devreye girmeyen tesislerde dizel motorunu çalıştırmak, sarj grubu, akü ve dizel motorunu her an çalışmaya hazır tutmak, aspiratörün yatak sıcaklığını her saat kontrol etmek ve kaydetmek.
Lavuar Yıkama	Lavuara gelen tüvenan kömürü gerekli makine ve teçhizat ve malzemeyi kullanarak istenilen rejime (kül, nem, kalorifik değer, verimlilik vb.) uygun olarak yıkama, ağır ortam, flotasyon, filtrasyon vb. yöntemlerle zenginleştirmek.
Lavuar	Lavuara gelen tüvenan kömürün istenilen kül ve nem oranlarını elde ederek zenginleştirilmesini sağlamak amacıyla gerekli makine- teçhizat ve malzemeyi kullanarak elemek, ayıklamak, kırmak, nakletmek, yüklemek, boşaltmak, depolamak ve artıklarını almak.

Yerüstünde çalışan işçiler Maden Makineleri Fabrikası da dahil olmak üzere toplam 56 farklı iş veya sanat koluna ayrılmıştır. Bunlar içerisinde 15 tanesi Vardiya Mühendisi, Avukat, Nezaretçi, Maden Topoğrafı, İstasyon Şefi, Liman Kaptanı vb. gibi teknik ve idari peronel gruplarıdır ve bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Geri kalan 41 işçi grubu içinden Tablo 6.18’de verilen müesseselere bağlı yerüstü işyerlerinde çalışan 9 grup ve Tablo 6.19’da verilen Maden Makineleri Fabrikası’nda çalışan 5 grup olmak üzere toplam 14 grup günlük gürütü etkilenim düzeyleri belirlenecek homojen etkilenim grupları olarak seçilmiştir. Diğer 27 işçi grubu ise gürültülü işlerde çalışmayan doğrudan madencilikle ilgili olmayan Gemici, Yüzer Vinç Operatörü, Bilgi İşlemci, Büro İşleri Görevlisi Aşçılık, İşyeri Hizmet işçisi vb. gibi yan iş kollarından oluşmaktadır.

Tablo 6.19: Maden Makineleri Fabrikası iş türleri ve kısa görev tanımları

İşçilik Türleri	Görev Tanımları
Talaşlı İmalat	Yeraltında ve yerüstündeki işyerlerinde kullanılan bir kısım maden teçhizatının imalatı ve onarımı amacıyla her türlü talaş kaldıran tezgahları ve aletleri kullanarak mamul ve yarı mamul malzemeleri teknik resim, numune ve iş amirinin talimatına göre markalamak, talaş kaldırmak suretiyle şekillendirmek, ayar, alıştırmak, montaj ve demontaj yapmak.
Mekanizasyon ve Pres	Karayolu ve demiryolu taşıtları ile iş makineleri, maden makineleri vb. teçhizatların bakımlarını yapmak, arızalarını belirlemek, mekanik onarımını, makine ve teçhizatın montaj ve demontajını yapmak, malzeme ve teçhizat imalatı yapmak için her türlü mamul ve yarı mamul malzemeyi teknik resim, numune veya talimata göre ısıtma işlemi tabi tutmak, birleştirmek, kesmek, doldurmak, zımbalamak, soğuk - sıcak pres uygulaması yoluyla şekil vermek ve çelik konstrüksiyon vb. imalatını yapmak, kaldırma araçları kullanarak makine, teçhizat ve aletleri kaldırmak, yüklemek, indirmek, taşımak ve istiflerini yapmak.
Kaynakçılık	Her türlü mamul ve yarı mamul malzemeyi teknik resim ve talimata göre çeşitli kaynak makinelerini kullanarak birleştirmek, kesmek, doldurmak, motorlu taşıma araçlarının sac ve fiberglas kısımlarında meydana gelen deformasyon, çürümeye ve yırtıkları onarmak, yenilemek.
Dökümcülük	Yeraltı ve yerüstü işyerlerinde kullanılan bir kısım makine ve teçhizatın parçalarının imalatını yapmak amacıyla ilgili makine, alet, teçhizat ve malzemeyi kullanarak teknik resim, numune ve talimatlara göre her türlü metali ergiterek modele ve/veya numuneye göre hazırlanmış kalıplara dökerek imal etmek.
Elektrikçi	İşyerlerinin elektrik enerjisi talebinin düzenli olarak karşılanması için gerekli malzeme ve makine, alet ve teçhizatı kullanarak alçak ve yüksek gerilimlerde harici ve dahili enerji dağıtım merkezleri, enerji nakil ve dağıtım hatlarındaki güç tesislerinin, bina, tesis, karo sahalarındaki motor, trafo, şalter, kondansatör vb. aygıtların, elektronik tesis ve aygıtlardaki elektronik devrelerle ilgili kumanda, sinyal ve emniyet devrelerinin ve aydınlatma tesisatlarının çalışmasını sağlamak, verilen plan, talimat, yönetmelik, teknik şartnamelere göre montaj, demontaj, bakım, onarım, enerji verme, enerji kesme, hat döşeme ve çekme işlerini yapmak.

Homojen etkilenim grupları oluşturulurken, mümkün olduğunca çok sayıda işçinin çalıştığı, doğrudan üretim ile ilgili veya üretime yardımcı iş kollarından olmasına dikkat edilmiştir. TTK’unda yeraltında çalışan işçiler toplam 25 farklı iş veya sanat kolunda değerlendirilmektedir. Bunlar içerisinde 8 tanesi Vardiya Mühendisi, Başmadenci, Nezaretçi vb. gibi teknik personel gruplarıdır ve bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Geri kalan 17 işçi grubu içinden Tablo 6.17’de verilen 11 grup günlük gürütü etkilenim düzeyleri belirlenecek homojen etkilenim grupları olarak seçilmiştir. Diğer 6 işçi grubu ise gürültülü işlerde çalışmayan; yeraltı hizmet işçisi, işyeri sağlık görevlisi vb. gibi yan iş kollarından oluşmaktadır. Seçilen gruplarda çalışan toplam işçi sayısı ve Müesseselere göre dağılımı Tablo 6.20’de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi, seçilen gruplarda çalışan işçi sayısı toplam yeraltı iş gücünün yaklaşık % 86’sını oluşturmaktadır.

Tablo 6.20: Yeraltı HEG’lerinde çalışan işçi sayısının müesseselere göre dağılımı.

İş Türleri	Armutçuk	Kozlu	Üzülmaz	Karadon	Amasra	Kurum Toplamı
Pano - Ayak Üretim	454	695	699	1233	229	3310
Hazırlık	108	115	264	380	73	940
Barutçu	24	42	31	81	38	216
Tarama ve Söküm	65	18	64	177	34	358
Nakliyat	150	269	351	439	99	1308
Kuyu Vinç	12	11	7	29	6	65
Sinyalci	12	17	14	23	8	74
Mekanizasyon ve Pres	54	126	151	220	34	585
Motor Lokomotif Tamircisi	10	24	0	54	8	96
Sondaj	9	22	8	29	11	79
Tulumbacı	19	22	21	47	4	113
Genel Toplam	917	1361	1610	2712	544	7144

Yerüstünde çalışan işçiler Maden Makineleri Fabrikası da dahil olmak üzere toplam 56 farklı iş veya sanat koluna ayrılmıştır. Bunlar içerisinde 15 tanesi Vardiya Mühendisi, Avukat, Nezaretçi, Maden Topoğrafı, İstasyon Şefi, Liman Kaptanı vb. gibi teknik ve idari personel gruplarıdır ve bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Geri kalan 41 işçi grubu içinden Tablo 6.18’de verilen müesseselere bağlı yerüstü işyerlerinde çalışan 9 grup ve Tablo 6.19’da verilen Maden Makineleri Fabrikası’nda

alışan 5 grup olmak üzere toplam 14 grup günlük gürütü etkilenim düzeyleri belirlenecek homojen etkilenim grupları olarak seçilmiştir. Diğeri 27 işçi grubu ise gürültülü işlerde çalışmayan doğrudan madencilikle ilgili olmayan Gemici, Yüzer Vinç Operatörü, Bilgi İşlemci, Büro İşleri Görevlisi Aşçılık, İşyeri Hizmet işçisi vb. gibi yan iş kollarından oluşmaktadır. Seçilen gruplarda çalışan toplam işçi sayısı ve Müesseselere göre dağılımı Tablo 6.21’de, Maden Makineleri Fabrikası’nda çalışanların sayıları ise Tablo 6.22’de verilmiştir. TTK’unda yerüstünde çalışan toplam 2.538 personelin 477’si Genel Müdürlük bünyesinde, 360’ı Maden Makineleri Fabrikası’nda ve 1701’i ise müesseselere bağlı yerüstü işyerlerinde çalışmaktadır. Bu durumda yerüstü için seçilen gruplarda çalışan işçi sayısı toplam yerüstü iş gücünün yaklaşık % 52’sini, Maden Makinaları Fabrikasında ise yaklaşık % 89’unu oluşturmaktadır.

Tablo 6.21: Yerüstü HEG’lerinde çalışan işçi sayısının müesseselere göre dağılımı.

İş Türleri	Armutçuk	Kozlu	zlmez	Karadon	Amasra	Kurum Toplamı
Ağaç İşleri	2	5	6	3	3	19
Nakliyat	9	40	51	22	17	139
Kuyu Vinç	13	22	12	31	8	86
Kuyu Sinyal	11	9	8	10	2	40
Mekanizasyon ve Pres	66	86	80	108	40	380
Kompresör	5	10	8	15	4	42
Ana Pervane	3	6	5	11	3	28
Lavuar Yıkama	10	0	0	18	7	35
Lavuar	17	0	0	65	23	105
Genel Toplam	136	178	170	283	107	874

Tablo 6.22: Maden Makineleri Fabrikası HEG’lerinde çalışan işçi sayısı.

İş Türleri	İşçi Sayısı
Talaşlı İmalat	104
Mekanizasyon ve Pres	83
Kaynakçılık	45
Dökümcülük	28
Elektrikçi	59
Genel Toplam	319

Bölüm 4.2.3’de açıklandığı gibi, herbir homojen etkilenim grubunun gürültü etkilenim düzeylerini tahmin etmek için, gruplardan alınacak numune sayısı ve yapılacak ölçüm sayısının belirlenmesi öncelikli bir konudur ve bir çok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörlerin en önemlileri arasında homojen etkilenim gruplarındaki işçi sayısı, yapılacak tahminin duyarlılığı, etkisi altında kalınan gürültünün düzeyindeki değişimler sayılabilir. Gürültü etkilenim değerlendirme çalışmalarında kullanılmak üzere Malchaire ve Piette (1997) tarafından önerilen HEG’undaki kişi sayısına göre seçilecek örnek adedinin ne olması gerektiği Tablo 4.1’de verilmiştir. Aynı araştırmacılar her bir örnek üzerinde yapılacak ölçüm sayısının 3 olarak alınmasının günlük gürültü etkilenim düzeyi ($L_{EX, d}$) üzerinde 1 dB’ den daha az hata oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada günlük gürültü etkilenim düzeyleri belirlenecek HEG’larını oluşturan işçi sayılarına bakıldığında hepsinde 50’den fazla kişi olduğu Tablo 6.20, 6.21 ve 6.22’den görülmektedir. Dolayısıyla herbir grup için en az 14 kişinin örnek olarak seçilmesi ve her biri üzerinde de en az 3 gürültü ölçümünün yapılması gerektiği göz önüne alınırsa, her bir HEG için toplam 42 gürültü ölçümünün yapılması gerekmektedir. TTK Yeraltı, Yerüstü ve Maden Makineleri Fabrikası’nda çalışan işçilerin gürültü etkilenim düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılan ölçümlerin sonuçları sırasıyla Tablo 6.23, 6.24 ve 6.25’de verilmiştir. Tablolardan da görüleceği üzere sadece “Yeraltı Homojen Etkilenim Grupları” içinde bulunan “Barutçu” için yapılan ölçüm sayısı 42’den düşük (30 adet) olmuştur. Diğer grupların hepsi için 42 den fazla gürültü (L_{Aeq}) ölçümü gerçekleştirilmiştir. Gürültü ölçümleri bir vardiya süresi (8 saat) içinde rasgele seçilen zamanlarda ve kişinin işitme organına mümkün olduğunca yakın olacak şekilde yapılmıştır.

Tablo 6.23’den de görüldüğü gibi, yeraltı homojen etkilenim grupları için yapılan gürültü ölçüm (L_{Aeq}) sayısı 30 – 231 arasında değişmekte olup toplamı 939 adettir. Gürültü düzeyi değerleri 63,5 – 115,8 dBA arasında değişmektedir. Ortalama gürültü düzeyi için alt sınır 73,7 dBA – üst sınır 102,6 dBA’dır. Bu değerler sırasıyla Barutçu ve Sondaj işçisi için elde edilmiştir. Yeraltı işçilik grupları içinde önemli bir yere sahip olan Hazırlık ve Nakliyat işçileri için ise sırasıyla 99,0 dBA ve 91,4 dBA ortalama değerleri ölçülmüştür.

Tablo 6.23: Yeraltı HEG’leri gürültü ölçüm sonuçları.

Homojen Etkilenim Grubu (HEG)	Ölçüm Sayısı	Gürültü Düzeyleri (dBA)			
		L _{min}	L _{max}	L _{ort}	L _{std}
Hazırlık	136	87,0	115,8	99,0	5,9
Barutçu	30	63,5	82,2	73,7	4,6
Tarama ve Söküm	45	80,9	100,0	89,3	4,7
Nakliyat	231	77,5	107,3	91,4	5,7
Kuyu Vinç	60	74,7	94,4	84,1	4,6
Sinyalci	96	79,6	100,8	89,6	4,9
Mekanizasyon ve Pres	56	85,6	106,6	96,2	4,3
Motor Lokomotif Tamircisi	45	63,5	86,8	75,5	4,9
Sondaj	90	91,2	115,3	102,6	5,0
Tulumbacı	150	81,0	110,6	96,9	5,5

Yerüstü homojen etkilenim grupları için yapılan gürültü ölçüm (L_{Aeq}) sayısı 82 – 336 arasında değişmekte olup toplamı 1464 adettir (Tablo 6.24). Gürültü düzeyi değerleri 66,9 – 113,0 dBA arasında değişmektedir. Ortalama gürültü düzeyleri ise 80,2 – 98,3 dBA arasındadır. En düşük ortalama gürültü düzeyi Kuyu Vinç işçisi, en yüksek ortalama gürültü düzeyi ise Ağaç işleri işçisi için elde edilmiştir.

Tablo 6.24: Yerüstü HEG’leri gürültü ölçüm sonuçları.

Homojen Etkilenim Grubu (HEG)	Ölçüm Sayısı	Gürültü Düzeyleri (dBA)			
		L _{min}	L _{max}	L _{ort}	L _{std}
Ağaç İşleri	257	81,4	112,1	98,3	6,2
Nakliyat	144	77,9	113,0	94,8	6,5
Kuyu Vinç	96	66,9	92,7	80,2	4,8
Kuyu Sinyal	110	76,6	103,3	90,9	5,4
Mekanizasyon ve Pres	135	82,2	108,3	94,0	5,0
Kompresör	132	74,9	106,8	93,8	5,9
Ana Pervane	172	80,9	106,5	94,1	5,2
Lavuar Yıkama	336	81,1	107,8	92,7	5,5
Lavuar	82	72,9	100,0	86,2	5,0

Tablo 6.25’de, Maden Makineleri Fabrikası homojen etkilenim grupları için 50 – 99 arasında gürültü ölçümü (L_{Aeq}) yapıldığı, toplam ölçüm sayısının 375 adet olduğu görülmektedir. Değerleri 72,8 – 110,1 dBA arasında değişmekte olup ortalama gürültü düzeyleri 86,3 – 97,8 dBA arasındadır. En düşük ortalama gürültü düzeyi Kaynak işçisi, en yüksek ortalama gürültü düzeyi ise Döküm işçisi için elde edilmiştir.

Tablo 6.25: Maden Makineleri Fabrikası HEG’leri gürültü ölçüm sonuçları.

Homojen Etkilenim Grubu (HEG)	Ölçüm Sayısı	Gürültü Düzeyleri (dBA)			
		L_{min}	L_{max}	L_{ort}	L_{std}
Talaşlı İmalat	99	79,8	105,7	90,4	4,9
Mekanizasyon ve Pres	86	79,6	110,1	96,5	5,4
Kaynakçılık	80	72,8	97,4	86,3	4,6
Dökümcülük	50	88,3	106,1	97,8	4,1
Elektrikçi	60	77,4	102,3	87,2	5,2

Her bir homojen etkilenim grubu için yapılan gürültü ölçümlerinden hareketle “Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyleri ($L_{EX,8h}$)” nin belirlenmesine geçmeden önce oluşturulan grupların homojen olup olmadıklarının ve elde edilen gürültü düzeyi (L_{Aeq}) değerlerinin normal dağılma uygunluğunun test edilmesi gerekmektedir.

Homojenliğin test edilmesinde kullanılan bir çok istatistiksel yöntem vardır. Bunlar arasında en güvenilir olanı ve en çok kullanılanı varyans analizidir. Bu çalışmada grupların homojenliğini test etmek için Bölüm 4’de ayrıntılı bir şekilde anlatılan tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Varyans analizinde hipotezler şu şekilde kurulmuştur.

H_0 : Grupların ortalama gürültü düzeyleri arasında fark önemli değildir,

H_1 : Grupların ortalama gürültü düzeyleri arasında fark önemlidir.

Varyans analizi Microsoft Excel 2003 programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Varyans analizi tablolarında (ANOVA) “SS” hataların karelerinin toplamını, “df” serbestlik dercesini ve “MS” hataların karelerinin ortalamasını göstermektedir. Varyans analizi, örneklemelerin karşılaştırılmasında grup içindeki ve gruplar arasında bulunan değişimlerin tespit edilmesine dayanır. Verilerdeki değişim grup içi ve gruplar arası değişim olmak üzere ikiye bölünür ve test istatistiği (F) bunların oranından elde edilir. “F” değerinin anlamlı olup olmadığını test etmek için gerekli olan “ F_{Kritik} ” değeri ise F dağılım tablosundan elde edilir. Kritik değerin belirlenmesinde grup içi ve gruplar arası serbestlik dereceleri kullanılır. Eğer “ $F > F_{kritik}$ ” ise bulunan F değeri anlamlıdır. Dolayısıyla grupların ortalama gürültü düzeyleri arasında önemli farklar olduğu ve söz konusu grubun homojen olmadığı sonucuna varılır. Eğer “ $F < F_{kritik}$ ” ise bulunan F değeri anlamlı değildir ve grup homojendir sonucuna varılır.

Tablolardaki “P-değeri” ise gruplar arasında fark vardır ya da ilişki vardır derken yapılan hata miktarını, Ho hipotezi doğru iken onu yanlışlıkla reddetme olasılığını, gözlenen ilişki ya da farklılığın tamamen şans eseri olarak ortaya çıkma olasılığını gösterir. Eğer “P-değeri” 0,05’den büyük ($P > 0,05$) ise Ho hipotezi kabul edilir. Yani grubun homojen olduğu sonucuna varılır. Aksi halde ($P < 0,05$) ise Ho hipotezi reddedilir. Yeraltı, Yerüstü ve Maden Makineleri Fabrikası için elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 6.26, Tablo 6.27 ve Tablo 6.28’de verilmiştir.

Tablo 6.26: Yeraltı HEG’leri için varyans analizi sonuçları.

Homojen Etkilenim Grubu (HEG)	Değişkenlik Türü	SS	df	MS	F	P-değeri	F_{Kritik}
Pano Ayak Üretim	Gruplar arası	77,1	4	19,3	0,697	0,595	2,435
	Grup içi	3954,9	143	27,7			
	Toplam	4032,1	147				
Hazırlık	Gruplar arası	44,7	4	11,2	0,310	0,871	2,441
	Grup içi	4723,8	131	36,1			
	Toplam	4768,4	135				
Barutçu	Gruplar arası	102,5	4	25,6	1,263	0,311	2,759
	Grup içi	507,2	25	20,3			
	Toplam	609,8	29				
Tarama Söküm	Gruplar arası	28,3	4	7,1	0,294	0,880	2,606
	Grup içi	963,8	40	24,1			
	Toplam	992,1	44				
Nakliyat	Gruplar arası	67,4	4	16,9	0,518	0,723	2,412
	Grup içi	7350,9	226	32,5			
	Toplam	7418,3	230				
Kuyu Vinç	Gruplar arası	42,0	4	10,5	0,482	0,749	2,540
	Grup içi	1196,5	55	21,8			
	Toplam	1238,5	59				
Sinyalci	Gruplar arası	165,0	15	11,0	0,418	0,970	1,793
	Grup içi	2106,1	80	26,3			
	Toplam	2271,1	95				
Mekanizasyon ve Pres	Gruplar arası	93,5	4	23,4	1,299	0,283	2,553
	Grup içi	917,4	51	18,0			
	Toplam	1010,9	55				
Motor Lokomotif Tamircisi	Gruplar arası	85,8	4	21,4	0,807	0,528	2,606
	Grup içi	1063,4	40	26,6			
	Toplam	1149,1	44				
Sondaj	Gruplar arası	235,7	9	26,2	1,065	0,398	1,999
	Grup içi	1967,8	80	24,6			
	Toplam	2203,5	89				
Tulumbacı	Gruplar arası	513,5	16	32,1	0,867	0,608	1,715
	Grup içi	5293,5	143	37,0			
	Toplam	5807,0	159				

Yeraltı homojen etkilenim grupları için varyans analizi sonuçlarına göre gruplar için elde edilen “F” istatistiği değerleri 0,294 – 1,299 arasında, “F_{Kritik}” değerleri ise 1,715 – 2,759 arasında değişmektedir. Tüm gruplar için bulunan “F” istatistiği değerlerinin “F_{Kritik}” değerlerinden küçük ($F < F_{kritik}$) olduğu Tablo 6.26’dan görülmektedir. Homojen etkilenim grupları için elde edilen “P-değeri” ise 0,283 – 0,970 arasında değişmekte olup 0,05’den büyüktür. Dolayısı ile oluşturulan “Yeraltı Homojen Etkilenim Grupları”nın homojen oldukları sonucuna varılabilir.

Tablo 6.27: Yerüstü HEG’leri için varyans analizi sonuçları.

Homojen Etkilenim Grubu (HEG)	Değişkenlik Türü	SS	df	MS	F	P-değeri	F _{Kritik}
Ağaç İşleri	Gruplar arası	248,6	4	62,2	1,625	0,168	2,407
	Grup içi	9639,6	252	38,3			
	Toplam	9888,2	256				
Nakliyat	Gruplar arası	118,5	4	29,6	0,701	0,592	2,437
	Grup içi	5872,9	139	42,3			
	Toplam	5991,4	143				
Kuyu Vinç	Gruplar arası	118,6	5	23,7	1,02	0,41	2,32
	Grup içi	2089,9	90	23,2			
	Toplam	2208,5	95				
Sinyalci	Gruplar arası	201,6	10	20,2	0,668	0,751	1,928
	Grup içi	2986,8	99	30,2			
	Toplam	3188,4	109				
Mekanizasyon ve Pres	Gruplar arası	80,3	4	20,1	0,784	0,538	2,441
	Grup içi	3327,1	130	25,6			
	Toplam	3407,3	134				
Kompresör	Gruplar arası	180,1	4	45,0	1,303	0,272	2,443
	Grup içi	4387,9	127	34,6			
	Toplam	4568,0	131				
Ana Vantilatör	Gruplar arası	82,7	7	11,8	0,385	0,910	2,066
	Grup içi	5034,4	164	30,7			
	Toplam	5117,1	171				
Lavuar Yıkama	Gruplar arası	183,2	9	20,4	0,673	0,733	1,909
	Grup içi	9855,6	326	30,2			
	Toplam	10038,8	335				
Lavuar	Gruplar arası	129,0	7	18,4	0,708	0,665	2,136
	Grup içi	1926,5	74	26,0			
	Toplam	2055,5	81				

Yerüstü homojen etkilenim grupları için varyans analizi sonuçlarına göre gruplar için elde edilen “F” istatistiği değerleri 0,385 – 1,625 arasında, “F_{Kritik}” değerleri ise 1,909 – 2,443 arasında değişmektedir. Tüm gruplar için bulunan “F” istatistiği değerlerinin “F_{Kritik}” değerlerinden küçük ($F < F_{kritik}$) olduğu Tablo 6.27’den görülmektedir. Homojen etkilenim grupları için elde edilen “P-değeri” ise 0,168 –

0,910 arasında değişmekte olup 0,05’den büyüktür. Dolayısı ile oluşturulan “Yerüstü Homojen Etkilenim Grupları”nın homojen oldukları sonucuna varılabilir.

Tablo 6.28: Maden Makineleri Fabrikası HEG’leri için varyans analizi sonuçları.

Homojen Etkilenim Grubu (HEG)	Değişkenlik Türü	SS	df	MS	F	P-değeri	F _{Kritik}
Talaşlı İmalat	Gruplar arası	172,0	5	34,4	0,518	0,762	2,354
	Grup içi	4380,6	66	66,4			
	Toplam	4552,6	71				
Mekanizasyon ve Pres	Gruplar arası	292,2	7	41,7	0,411	0,893	2,129
	Grup içi	7928,2	78	101,6			
	Toplam	8220,5	85				
Kaynakçı	Gruplar arası	405,0	7	57,9	0,887	0,521	2,140
	Grup içi	4695,8	72	65,2			
	Toplam	5100,9	79				
Dökümcü	Gruplar arası	522,4	4	130,6	1,512	0,215	2,579
	Grup içi	3888,1	45	86,4			
	Toplam	4410,4	49				
Elektrikçi	Gruplar arası	167,9	5	33,6	0,416	0,836	2,386
	Grup içi	4357,0	54	80,7			
	Toplam	4524,9	59				

Maden Makineleri Fabrikası homojen etkilenim grupları için varyans analizi sonuçlarına göre gruplar için elde edilen “F” istatistiği değerleri 0,411 – 1,512 arasında, “F_{Kritik}” değerleri ise 2,129 – 2,579 arasında değişmektedir. Tüm gruplar için bulunan “F” istatistiği değerlerinin “F_{Kritik}” değerlerinden küçük ($F < F_{kritik}$) olduğu Tablo 6.28’den görülmektedir. Homojen etkilenim grupları için elde edilen “P-değeri” ise 0,215 – 0,893 arasında değişmekte olup 0,05’den büyüktür. Dolayısı ile oluşturulan “Maden Makinaları Fabrikası Homojen Etkilenim Grupları”nın homojen oldukları sonucuna varılabilir.

6.4.2 Gürültü Düzeylerinin İstatistiksel Dağılımının Analizi

Gürültü etkilenim değerlendirme çalışmalarında kullanılan desibel (dB) biriminden dolayı elde edilen verilerin normal dağılım özelliği taşıması gerekmektedir. Bu nedenle gürültü ölçümlerinden hareketle oluşturulan Homojen Etkilenim Gruplarının (HEG) günlük gürültü etkilenim düzeylerini belirlemeden önce elde edilen verilerin normal dağılım varsayımını sağlayıp sağlamadıkları kontrol edilmelidir.

Histogramlardan yararlanarak verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığı kararını histograma dayanarak vermek subjektiftir. Normal dağılım varsayımının sağlanıp sağlanmadığı konusu istatistiksel testler ile araştırılmalıdır. Bu çalışmada TTK çalışanlarını temsilen oluşturulan HEG'ler için elde edilen gürültü verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı ilk olarak Bölüm 4.3.2'de anlatılmış bulunan Bernard ve Castel (1987)'in önerdiği model ile araştırılmıştır (Eşitlik 4.11). Bernard ve Castel (1987) modeli, ölçülen gürültü düzeylerinin (L_{Aeq}) enerji ağırlıklı ortalaması ($L_{Aeq, T}$) ile verilerin aritmetik ortalama ve standart sapmasına göre tahmin edilen enerji ağırlıklı ortalaması ($L_{Aeq, T}$)'nın karşılaştırılması esasına dayanmaktadır. Bu değerlerin birbirine yakın olması verilerin normal dağılıma sahip olduklarının ilk işareti olarak kabul edilmektedir.

Ayrıca parametrik testlerden Çarpıklık ve Basıklık Katsayıları ve non-parametrik testlerden Tek Örneklem Kolmogorov – Simirnov Testi ile verilerin normallik varsayımını sağlayıp sağlamadıkları kontrol edilmiştir. Kolmogorov – Simirnov Testi'ni gerçekleştirmek için SPSS-13.0 (Statistical Package for the Social Sciences) paket programı kullanılmıştır. Sonuçların yorumlanmasında 0,05 anlamlılık düzeyi ölçüt olarak alınmıştır. Tablolardaki Serbestlik Derecesi yapılan ölçüm sayısını, Test İstatistiği mutlak farkların en büyüğü, Kolmogorov – Smirnov Z ise test istatistiğinin karşılaştırılacağı kritik değeri göstermektedir.

6.4.2.1 Yeraltı Çalışanları Gürültü Düzeylerinin Dağılımının İncelenmesi

Yeraltı homojen etkilenim grupları için elde edilen sonuçlar Tablo 6.29'da verilmiştir. Ölçülen gürültü düzeylerinin enerji ağırlıklı ortalaması ($L_{Aeq, T}$) ile verilerin aritmetik ortalaması ve standart sapmasına göre tahmin edilen enerji ağırlıklı ortalaması ($L_{Aeq, T}$)'nın birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bu sonuç, yeraltı homojen etkilenim grupları için elde edilen gürültü verilerinin Normal Dağılım'a uygun olduklarının ilk işareti olarak kabul edilebilir.

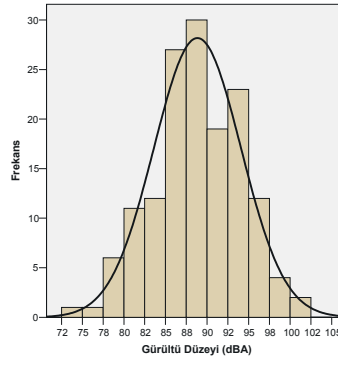
Tablo 6.29: Yeraltı HEG’leri için Bernard ve Castel (1987) modeli sonuçları.

Homojen Etkilenim Grubu (HEG)	Gürültü Düzeyleri (dBA)			
	L _{Aeq T}	L _{Ort}	L _{Std}	L’ _{Aeq T}
Pano Ayak Üretim	91,7	88,8	5,2	92,0
Hazırlık	103,4	99,0	5,9	103,1
Patlatma (Barutçu)	75,9	73,7	4,6	76,1
Tarama ve Söküm	91,8	89,3	4,7	91,9
Nakliyat	95,3	91,4	5,7	95,2
Kuyu Vinç	86,3	84,1	4,6	86,5
Sinyal	92,2	89,6	4,9	92,4
Mekanizasyon ve Pres	98,3	96,2	4,3	98,4
Motor-Lokomotif Tamir	78,3	75,5	4,9	78,3
Sondaj	105,3	102,6	5,0	105,4
Tulumba	100,1	96,9	5,5	100,4

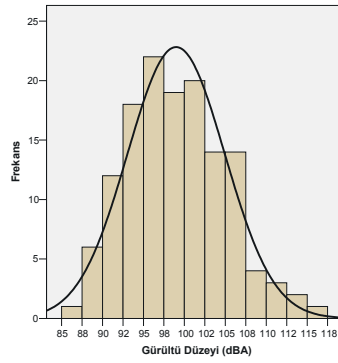
Yeraltı Homojen Etkilenim Grupları için elde edilen gürültü verilerinin frekans dağılımlarını gösteren histogram grafikleri çizilmiş ve Şekil 6.1 – Şekil 11’de gösterilmiştir. Ayrıca dağılımların simetrikliğini ve sivrilğini karakterize eden Çarpıklık (g) ve Basıklık (k) Katsayıları da Tablo 6.30’da verilmiştir. 11 Yeraltı homojen etkilenim grubuna ait histogramlar incelendiğinde ölçülen gürültü düzeyi değerlerinin normale yakın bir dağılım gösterdiklerini söylemek mümkündür. Dağılımların Çarpıklık (g) ve Basıklık (k) Katsayıları incelendiğinde Pano Ayak Üretim, Barutçu, Kuyu Vinç, Sondaj ve Tulumbacı için elde edilen verilerin sağa, diğerlerinin ise sola yatık olduğu, Motor Lokomotif Tamircisi hariç geri kalanların ince kuyruklu oldukları anlaşılmaktadır. Verilerin çarpıklık ve basıklık katsayıları istatistiksel açıdan anlamlı ölçüde sıfırdan farklı değildir. Dolayısı ile söz konusu verilerin normal dağıldığını varsaymak yanlış olmayacaktır.

Tablo 6.30: Yeraltı HEG’leri gürültü düzeylerinin çarpıklık ve basıklık katsayıları.

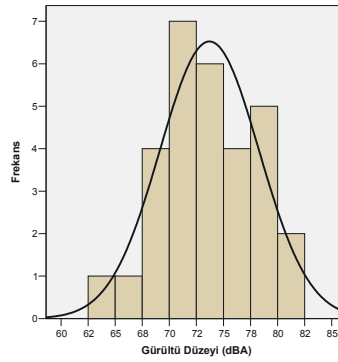
Homojen Etkilenim Grubu (HEG)	Dağılım Parametreleri	
	Çarpıklık Katsayısı (g)	Basıklık Katsayısı (k)
Pano Ayak Üretim	-0,183	-0,261
Hazırlık	0,337	-0,161
Patlatma (Barutçu)	-0,019	-0,476
Tarama ve Söküm	0,111	-0,682
Nakliyat	0,234	-0,164
Kuyu Vinç	-0,055	-0,644
Sinyal	0,015	-0,558
Mekanizasyon ve Pres	0,001	-0,027
Motor-Lokomotif Tamir	0,135	0,302
Sondaj	-0,112	-0,131
Tulumba	-0,073	-0,230



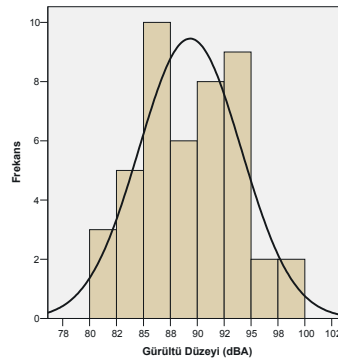
Şekil 6.1: Pano – Ayak üretim işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



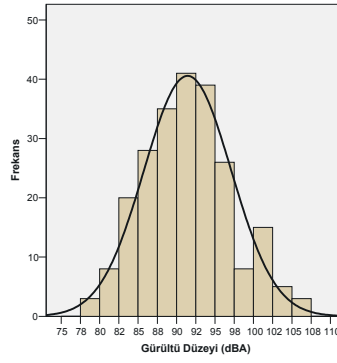
Şekil 6.2: Hazırlık işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



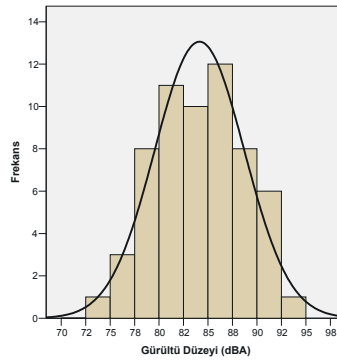
Şekil 6.3: Patlatma (Barutçu) işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



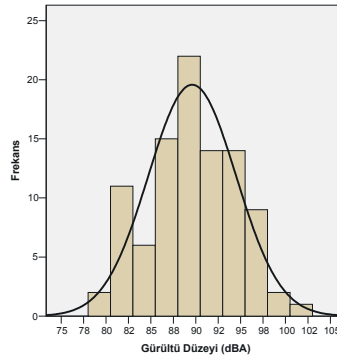
Şekil 6.4: Tarama söküm işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



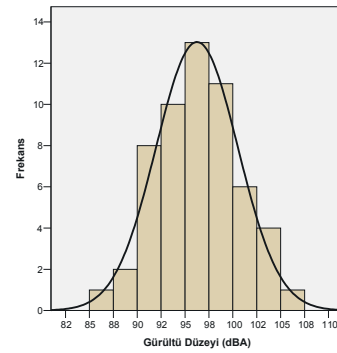
Şekil 6.5: Nakliyat işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



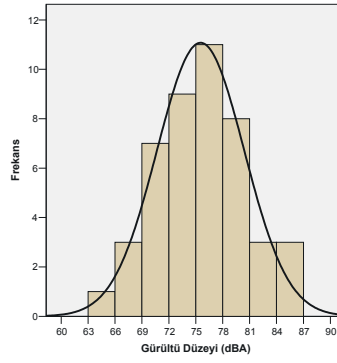
Şekil 6.6: Kuyu vinç işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



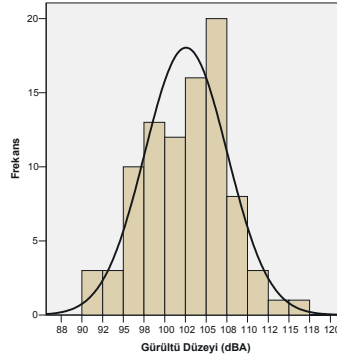
Şekil 6.7: Sinyal işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



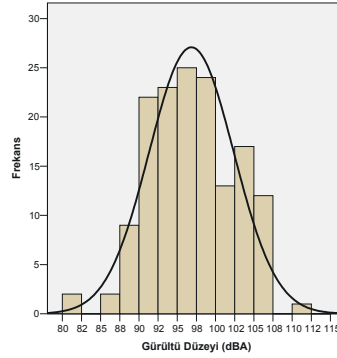
Şekil 6.8: Mekanizasyon ve pres işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



Şekil 6.9: Motor-Lokomotif tamircisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



Şekil 6.10: Sondaj işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



Şekil 6.11: Tulumba işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı

Yeraltı homojen etkilenim grupları için Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi sonuçları Tablo 6.31’de verilmiştir. Yeraltı Homojen Etkilenim Grupları için elde edilen Kolmogorov – Smirnov Z değerleri 0,440 – 0,718 arasında değişmektedir ve hepsi test istatistiği değerlerinden (0,035 – 0,098) oldukça büyüktür. Ayrıca elde edilen p-değerleri de 0,05 ($p > 0,05$)’den büyüktür. Sonuç olarak yeraltı homojen etkilenim grupları gürültü düzeyi verileri normal dağılıma uygundur.

Tablo 6.31: Yeraltı HEG Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi Sonuçları.

İşcilikler	Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi			
	Serbestlik Derecesi	Test İstatistiği	Kolmogorov-Smirnov Z	Anlamlılık (p-değeri)
Pano Ayak Üretim	148	0,054	0,661	0,774
Hazırlık	136	0,051	0,596	0,870
Barutçu	30	0,098	0,535	0,937
Tarama ve Söküm	45	0,081	0,544	0,929
Nakliyat	231	0,035	0,534	0,938
Kuyu Vinç	60	0,062	0,481	0,975
Sinyalci	96	0,048	0,473	0,979
Mekanizasyon ve Pres	56	0,096	0,718	0,681
Motor Lokomotif Tamircisi	45	0,066	0,440	0,990
Sondaj	90	0,066	0,630	0,822
Tulumbacı	150	0,058	0,708	0,698

6.4.2.2 Yerüstü Çalışanları Gürültü Düzeylerinin Dağılımının İncelenmesi

Yerüstü homojen etkilenim grupları için elde edilen sonuçlar Tablo 6.32’de verilmiştir. Ölçülen gürültü düzeylerinin enerji ağırlıklı ortalaması ($L_{Aeq, T}$) ile verilerin aritmetik ortalaması ve standart sapmasına göre tahmin edilen enerji ağırlıklı ortalaması ($L_{Aeq, T}$)’nın birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bu sonuç, yerüstü homojen etkilenim grupları için elde edilen gürültü verilerinin normal dağılıma uygun olduklarının ilk işareti olarak görülebilir.

Tablo 6.32: Yerüstü HEG’leri için Bernard ve Castel (1987) modeli sonuçları.

İşcilikler	Gürültü Düzeyleri (dBA)			
	$L_{Aeq, T}$	L_{Ort}	L_{Std}	$L'_{Aeq, T}$
Ağaç İşleri	102,1	98,3	6,2	102,8
Nakliyat	99,2	94,8	6,5	99,6
Kuyu Vinç	82,8	80,2	4,8	82,9
Kuyu Sinyal	93,9	90,9	5,4	94,3
Mekanizasyon ve Pres	97,2	94,0	5,0	97,0
Kompresör	97,2	93,8	5,9	97,8
Ana Pervane	97,1	94,1	5,2	97,2
Lavuar Yıkama	96,4	92,7	5,5	96,2
Lavuar	89,3	86,2	5,0	89,1

Yerüstü homojen etkilenim grupları için elde edilen gürültü verilerinin frekans dağılımlarını gösteren histogram grafikleri çizilmiş ve Şekil 6.12 – Şekil 6.20’de gösterilmiştir. Ayrıca dağılımların simetrikliğini ve sivriliğini karakterize eden Çarpıklık (g) ve Basıklık (k) Katsayıları da Tablo 6.33’de verilmiştir.

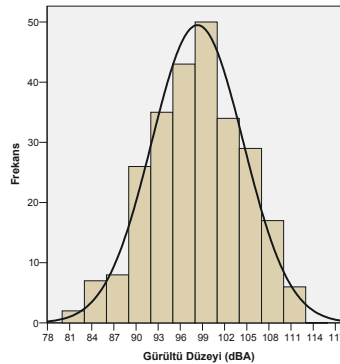
Yerüstündeki Homojen Etkilenim Gruplarına ait histogramlar incelendiğinde ölçülen gürültü düzeyi değerlerinin normale yakın bir dağılım gösterdiklerini söylemek mümkündür.

Dağılımların Çarpıklık (g) ve Basıklık (k) Katsayıları incelendiğinde Mekanizasyon ve Pres, Ana Pervane, Lavuar Yıkama ve Lavuar için elde edilen verilerin sola, diğerlerinin ise sağa yatık olduğu, Kuyu Vinç, Mekanizasyon ve Pres, Kompresör ve Lavuar için çizilen histogramların kalın kuyruklu, geri kalanların ise ince kuyruklu oldukları anlaşılmaktadır.

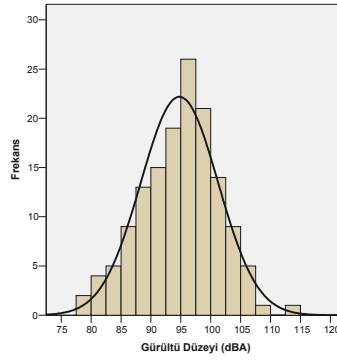
Verilerin çarpıklık ve basıklık katsayıları istatistiksel açıdan anlamlı ölçüde sıfırdan farklı değildir. Dolayısı ile söz konusu verilerin normal dağıldığını varsaymak yanlış olmayacaktır.

Tablo 6.33: Yerüstü HEG gürültü düzeyi verilerinin çarpıklık ve basıklık katsayıları.

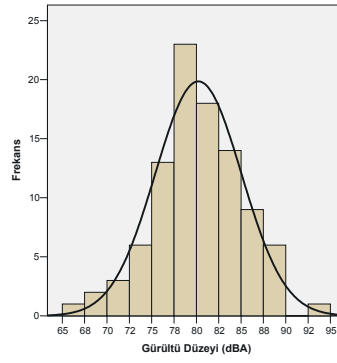
Homojen Etkilenim Grubu (HEG)	Dağılım Parametreleri	
	Çarpıklık Katsayısı (g)	Basıklık Katsayısı (k)
Ağaç İşleri	-0,207	-0,320
Nakliyat	-0,175	-0,066
Kuyu Vinç	-0,179	0,338
Kuyu Sinyal	-0,287	-0,032
Mekanizasyon ve Pres	0,312	0,156
Kompresör	-0,554	0,909
Ana Pervane	0,055	-0,316
Lavuar Yıkama	0,271	-0,137
Lavuar	0,226	0,618



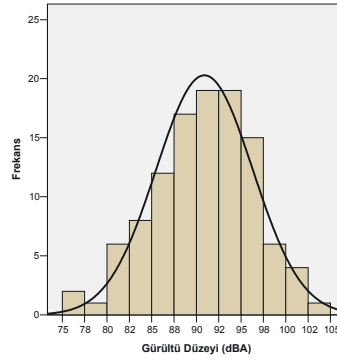
Şekil 6.12: Ağaç işleri işçisinin gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



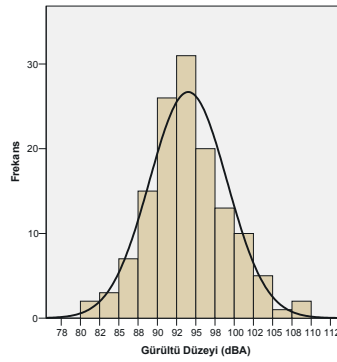
Şekil 6.13: Nakliyat işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



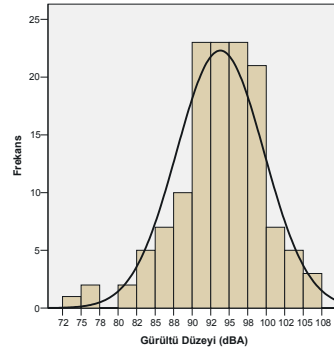
Şekil 6.14: Kuyu vinç işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



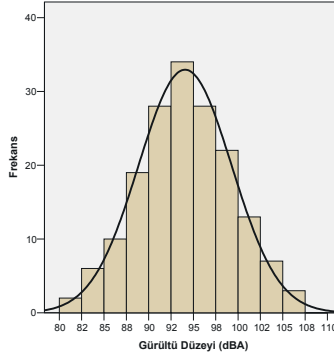
Şekil 6.15: Sinyal işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



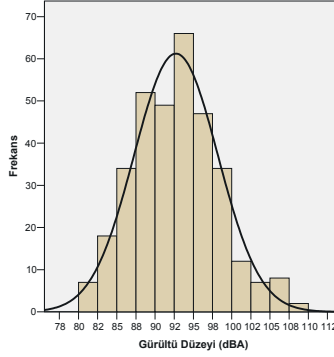
Şekil 6.16: Mekanizasyon ve pres işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



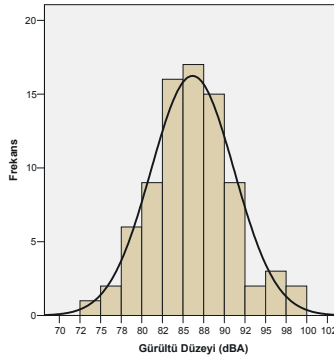
Şekil 6.17: Kompresör işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



Şekil 6.18: Ana pervane işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



Şekil 6.19: Lavar yıkama işçisinin gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



Şekil 6.20: Lavar işçisi gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı

Yerüstü homojen etkilenim grupları için Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi sonuçları Tablo 6.34’de verilmiştir. Yerüstü Homojen Etkilenim Grupları için elde edilen Kolmogorov – Smirnov Z değerleri 0,388 – 0,828 arasında değişmekte olup hepsi test istatistiği değerlerinden (0,030 – 0,072) oldukça büyüktür. Ayrıca elde edilen p-değerleri de 0,05 ($p > 0,05$)’den büyüktür. Sonuç olarak yerüstü homojen etkilenim grupları gürültü düzeyi verileri normal dağılıma uygundur.

Tablo 6.34: Yerüstü HEG Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi Sonuçları.

İşçilikler	Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi			
	Serbestlik Derecesi	Test İstatistiği	Kolmogorov-Smirnov Z	Anlamlılık (p-değeri)
Ağaç İşleri	257	0,038	0,607	0,854
Nakliyat	144	0,055	0,658	0,780
Kuyu Vinç	96	0,049	0,479	0,976
Kuyu Sinyal	110	0,065	0,679	0,745
Mekanizasyon ve Pres	135	0,063	0,737	0,648
Kompresör	132	0,072	0,828	0,499
Ana Pervane	172	0,030	0,388	0,998
Lavuar Yıkama	336	0,039	0,706	0,701
Lavuar	82	0,056	0,511	0,957

6.4.2.3. Maden Makineleri Fabrikası Çalışanları Gürültü Düzeylerinin Dağılımının İncelenmesi

Maden Makineleri Fabrikası Homojen Etkilenim Grupları için elde edilen sonuçlar Tablo 6.35’de verilmiştir. Ölçülen gürültü düzeylerinin enerji ağırlıklı ortalaması ($L_{Aeq, T}$) ile verilerin aritmetik ortalaması ve standart sapmasına göre tahmin edilen enerji ağırlıklı ortalaması ($L_{Aeq, T}$)’nin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu sonuç, Maden Makineleri Fabrikası Homojen Etkilenim Grupları için elde edilen gürültü verilerinin normal dağılıma uygun olduklarının ilk işareti olarak görülebilir.

Tablo 6.35: Maden Makineleri Fabrikası HEG’leri için Bernard ve Castel (1987) modeli sonuçları.

İşçilikler	Gürültü Düzeyleri (dBA)			
	$L_{Aeq, T}$	L_{Ort}	L_{Std}	$L'_{Aeq, T}$
Talaşlı İmalat	93,6	90,4	4,9	93,2
Mekanizasyon ve Pres	99,7	96,5	5,4	99,9
Kaynak	88,5	86,3	4,6	88,8
Döküm	99,6	97,8	4,1	99,7
Elektrik	90,7	87,2	5,2	90,3

Maden Makineleri Fabrikası Homojen Etkilenim Grupları için elde edilen gürültü verilerinin frekans dağılımlarını gösteren histogram grafikleri çizilmiş ve Şekil 6.21 – Şekil 6.25’de gösterilmiştir. Ayrıca dağılımların simetrikliğini ve sivrililiğini karakterize eden Çarpıklık (g) ve Basıklık (k) Katsayıları da Tablo 6.36’da verilmiştir.

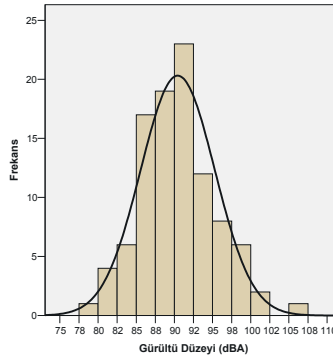
Maden Makineleri Fabrikası Homojen Etkilenim Grupları ait histogramlar incelendiğinde ölçülen gürültü düzeyi değerlerinin normale yakın bir dağılım gösterdikleri söylenebilir.

Dağılımların Çarpıklık (g) ve Basıklık (k) Katsayıları incelendiğinde, Mekanizasyon ve Pres ve Kaynak işçilikleri için elde edilen verilerin sola, diğerlerinin ise sağa yatık olduğu, Döküm işçiliği için çizilen histogramın kalın kuyruklu, geri kalanların ise ince kuyruklu oldukları anlaşılmaktadır.

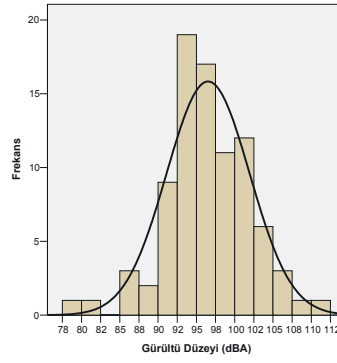
Verilerin çarpıklık ve basıklık katsayıları istatistiksel açıdan anlamlı ölçüde sıfırdan farklı değildir. Dolayısı ile söz konusu verilerin normal dağıldığını varsaymak yanlış olmayacaktır.

Tablo 6.36: Maden Makineleri Fabrikası HEG gürültü düzeyi verilerinin çarpıklık ve basıklık katsayıları.

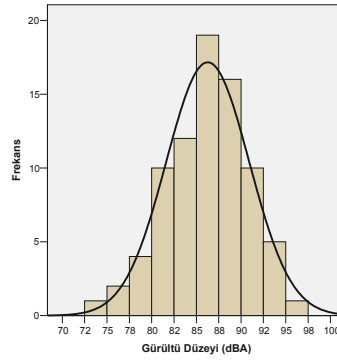
Homojen Etkilenim Grubu (HEG)	Dağılım Parametreleri	
	Çarpıklık Katsayısı (g)	Basıklık Katsayısı (k)
Talaşlı İmalat	0,408	0,306
Mekanizasyon ve Pres	-0,338	1,108
Kaynak	-0,276	0,212
Döküm	0,061	-0,375
Elektrik	0,374	0,329



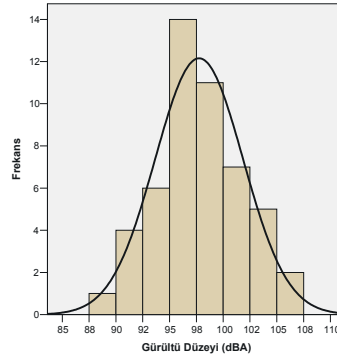
Şekil 6.21: Talaşlı imalat işçisinin gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



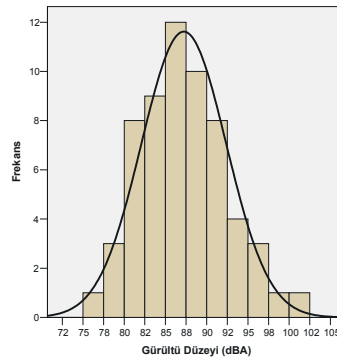
Şekil 6.22: Mekanizasyon ve pres işçisinin gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



Şekil 6.23: Kaynak işçisinin gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



Şekil 6.24: Döküm işçisinin gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı



Şekil 6.25: Elektrik işçisinin gürültü düzeylerinin (L_{Aeqi}) frekans dağılımı.

Maden Makinaları Fabrikası homojen etkilenim grupları için Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi sonuçları Tablo 6.37’de verilmiştir. Maden Makineleri Fabrikası Homojen Etkilenim Grupları için elde edilen Kolmogorov – Smirnov Z değerleri 0,513 – 0,696 arasında değişmektedir ve hepsi test istatistiği değerlerinden (0,057 – 0,098) oldukça büyüktür. Ayrıca elde edilen p-değerleride 0,05 ($p > 0,05$)’den büyüktür. Sonuç olarak Maden Makineleri Fabrikası Homojen Etkilenim Grupları gürültü düzeyi verileri normal dağılıma uygundur.

Tablo 6.37: Maden Makineleri Fabrikası HEG Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi Sonuçları.

İşçilikler	Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov Testi			
	Serbestlik Derecesi	Test İstatistiği	Kolmogorov-Smirnov Z	Anlamlılık (p-değeri)
Talaşlı İmalat	99	0,067	0,663	0,772
Mekanizasyon ve Pres	86	0,071	0,660	0,776
Kaynak	80	0,057	0,513	0,955
Döküm	50	0,098	0,696	0,717
Elektrik	60	0,071	0,554	0,919

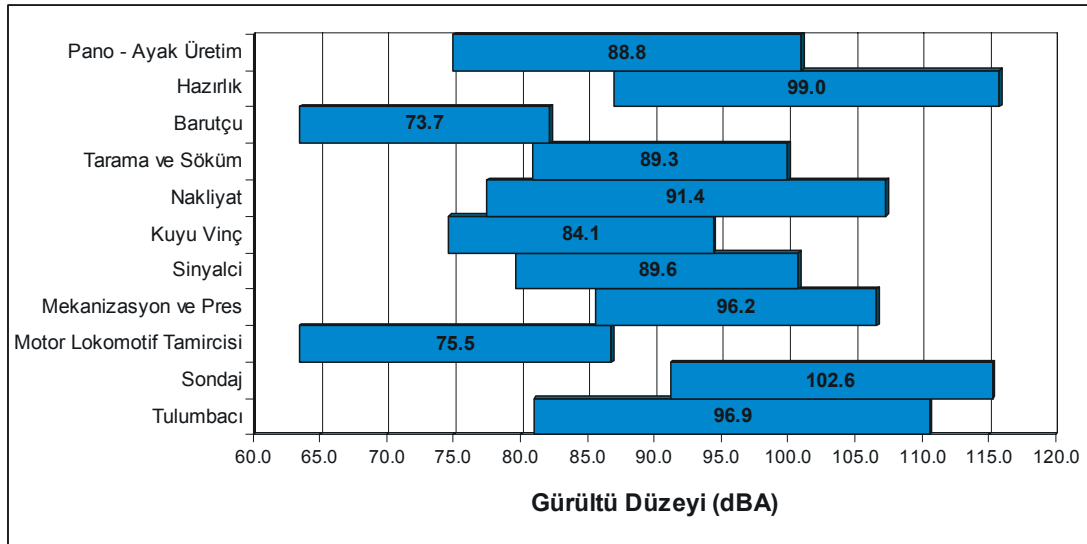
6.4.3. Günlük Gürültü Etkilenim Düzeylerinin Belirlenmesi

Oluşturulan Homojen Etkilenim Gruplarının gerçekten homojen olup olmadıklarının ve her bir grup için elde edilen gürültü verilerinin istatistiksel açıdan normal dağılıma uygunluğunun test edilmesinin ardından, yapılan gürültü ölçümlerinden hareketle Uluslararası Standartlar Organizasyonunun (ISO) kişinin ortalama gürültü etkilenim düzeyini karakterize eden bir parametre olarak tanımladığı Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyi ($L_{EX,8h} = L_{Aeq,8h} = L_{EP,d}$) parametresi ISO-9612 (1997) ve TS EN ISO 9612 (2003) standardlarında belirtilen yönetime göre her bir homojen etkilenim grubu için tahmin edilmiştir.

Bir homojen etkilenim grubu için “n” adet gürültü düzeyi ölçümünden hareketle günlük gürültü etkilenim düzeyinin nasıl tahmin edileceği Bölüm 4.3.3’de detaylı olarak verilmiştir. Öncelikle her bir grup için yapılan n tane gürültü düzeyi (L_{Aeq}) ile aynı enerjiye sahip eşdeğer gürültü düzeyi ($L_{Aeq,T}$) eşit enerji prensibine göre Eşitlik 4.8 ile hesaplanmıştır. Daha sonra homojen etkilenim grupları için günlük gürültü etkilenim düzeyleri ($L_{EX,8h}$) Eşitlik 4.15’e göre belirlenmiştir.

Günlük gürültü etkilenim düzeyleri “n” adet gürültü ölçümleri sonucunda tahmin edildiği için güven aralıklarının da hesaplanması gerekmektedir. Günlük gürültü etkilenim düzeylerinin güven aralıkları Eşitlik 4.17 ile hesaplanmıştır.

Yeraltı homojen etkilenim grupları için yapılan gürültü ölçümlerinin değişim aralığı ve ortalama gürültü düzeyi Şekil 6.26’da gösterilmiştir. Yeraltı homojen etkilenim grupları için toplam yaklaşık 1.100 gürültü düzeyi (L_{Aeq}) ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerin yaklaşık % 75’inde “Gürültü Yönetmeliği” nde belirtilen 87 dBA etkilenim sınır değerine eşit veya daha büyük değerler ölçülmüştür. Söz konusu gruplar için ortalama gürültü düzeyi değerleri 73,7 – 102,6 dBA arasında değişmektedir. En düşük gürültü düzeyi (63,5 dBA) Motor Lokomotif Tamircisi, en büyük gürültü düzeyi (115,8 dBA) ise Sondaj işçisinin çalışması sırasında ölçülmüştür.



Şekil 6.26: Yeraltı HEG gürültü düzeylerinin değişim aralığı.

Yeraltı Homojen Etkilenim Grupları günlük gürültü etkilenim düzeyleri ve Eşitlik 4.17’ye göre hesaplanan % 95 güven aralığı alt ve üst limit değerleri Tablo 6.38’de verilmiştir. Söz konusu eşitlikteki gün boyunca toplam etkilenme zamanı (T) yeraltı homojen etkilenim grupları için 5 saat olarak alınmıştır. En düşük ve en büyük günlük gürültü etkilenim düzeyleri 73,9 dBA ve 103,3 dBA olarak sırasıyla Barutçu ve Sondaj işçisi için elde edilmiştir. Yeraltında çalışan meslek grupları arasında Pano Ayak Üretim, Hazırlık ve Nakliyat en çok işçinin istihdam edildiği gruplardır. Toplam yeraltı iş gücünün yaklaşık % 78’ i bu iş kollarında çalışmaktadır. Söz

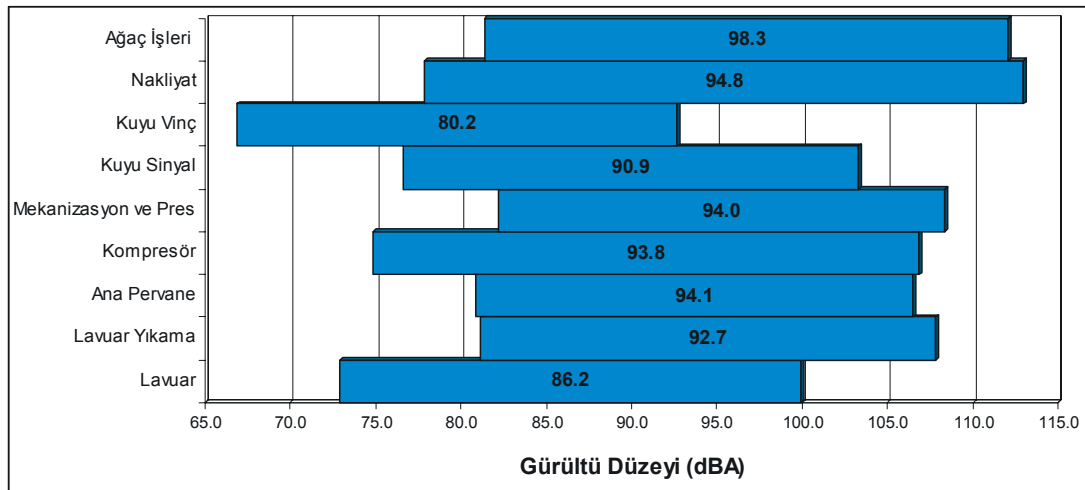
konusu homojen etkilenim grupları için elde edilen günlük gürültü etkilenim düzeyleri sırasıyla 89,7 dBA, 101,3 dBA ve 93,3 dBA' dır.

Gürültü Yönetmeliği'nde belirtilen 87 dBA etkilenim sınır değerine göre yeraltı homojen etkilenim gruplarını sınıflandıracak olursak, Pano Ayak Üretim, Hazırlık, Nakliyat, Sinyal, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj ve Tulumba işçilikleri için belirlenen % 95 güven aralığı alt limit değerleri 87 dBA'dan daha büyüktür. Dolayısı ile söz konusu gruplar için gürültü etkilenme koşulları uygun değildir. İşverenin bu gruplarda çalışan işçilerin zorunlu olarak kulak koruyucusu kullanmalarını sağlaması gerekmektedir. Barutçu, Tarama ve Söküm, Kuyu Vinç ve Motor Lokomotif Tamir işçisi için belirlenen % 95 güven aralığı üst limit değerleri 87 dBA'dan daha küçüktür. Söz konusu gruplar için gürültü etkilenim koşullarının uygun olduğu söylenebilir.

Tablo 6.38: Yeraltı HEG Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyleri

İşçilikler	Ölçüm Sayısı (n)	$L_{Aeq T}$	$L_{EX, 8h}$	% 95 Güven Aralığı	
				Alt (LCL)	Üst (UCL)
Pano Ayak Üretim	148	91,7	89,7	88,8	90,5
Hazırlık	136	103,4	101,3	100,3	102,4
Patlatma (Barutçu)	30	75,9	73,9	72,1	75,6
Tarama ve Söküm	45	91,8	82,8	81,3	84,2
Nakliyat	231	95,3	93,3	92,6	94,0
Kuyu Vinç	60	86,3	84,3	83,1	85,5
Sinyal	96	92,2	90,2	89,2	91,1
Mekanizasyon ve Pres	56	98,3	96,3	95,1	97,4
Motor-Lokomotif Tamir	45	78,3	76,3	74,8	77,7
Sondaj	90	105,3	103,3	102,2	104,3
Tulumba	150	100,1	98,1	97,2	99,0

Yerüstü Homojen Etkilenim Grupları için yapılan gürültü ölçümlerinin değişim aralığı ve ortalama gürültü düzeyleri Şekil 6.27'de gösterilmiştir. Yerüstü homojen etkilenim grupları için toplam 1.464 gürültü düzeyi (L_{Aeq}) ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerin yaklaşık % 81'inde "Gürültü Yönetmeliği" nde belirtilen 87 dBA etkilenim sınır değerine eşit veya daha büyük değerler ölçülmüştür. Söz konusu gruplar için ortalama gürültü düzeyi değerleri 80,2 – 98,3 dBA arasında değişmektedir. En düşük gürültü düzeyi (66,9 dBA) Kuyu Vinç, en büyük gürültü düzeyi (113,0 dBA) ise Nakliyat işçisinin çalışması sırasında ölçülmüştür.



Şekil 6.27: Yerüstü HEG gürültü düzeylerinin değişim aralığı.

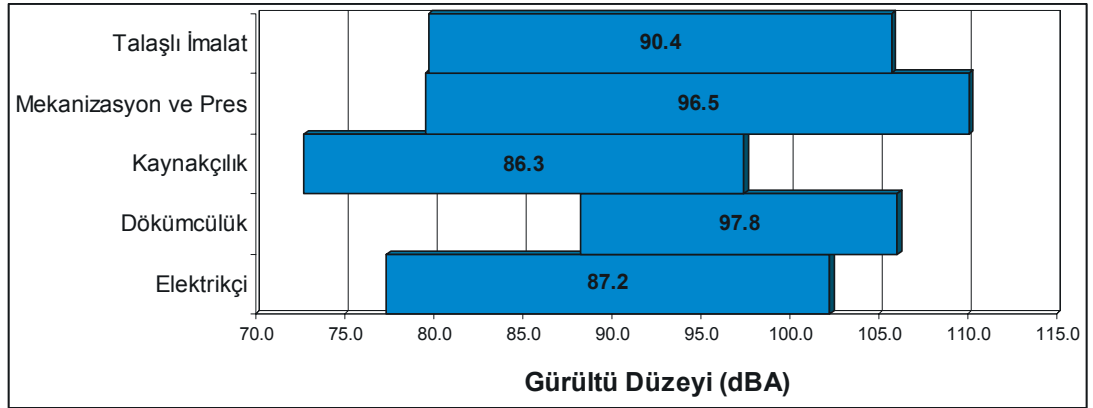
Yerüstü Homojen Etkilenim Grupları günlük gürültü etkilenim düzeyleri ve Eşitlik 4.17'ye göre hesaplanan % 95 güven aralığı alt ve üst limit değerleri Tablo 6.39'da verilmiştir. Söz konusu eşitlikteki gün boyunca toplam etkilenme zamanı (T) yerüstü homojen etkilenim grupları için 5 saat olarak alınmıştır. En düşük ve en yüksek günlük gürültü etkilenim düzeyleri 80,8 dBA ve 100,1 dBA olarak sırasıyla Kuyu Vinç ve Ağaç İşleri işçisi için elde edilmiştir. Yerüstü meslek grupları arasında Nakliyat, Kuyu Vinç, Mekanizasyon ve Pres ve Lavuar en çok işçinin istihdam edildiği gruplardır. Toplam yerüstü iş gücünün yaklaşık % 80' i bu iş kollarında çalışmaktadır. Söz konusu homojen etkilenim grupları için elde edilen günlük gürültü etkilenim düzeyleri sırasıyla 97,2 dBA, 80,8 dBA, 95,2 ve 87,3 dBA' dır.

Gürültü Yönetmeliği'nde belirtilen 87 dBA etkilenim sınır değerine göre yerüstü homojen etkilenim grupları sınıflandırılacak olursa, Ağaç İşleri, Nakliyat, Kuyu Sinyal, Mekanizasyon ve Pres, Kompresör, Ana Pervane ve Lavuar Yıkama için belirlenen % 95 güven aralığı alt limit değerleri 87 dBA'dan daha büyüktür. Dolayısı ile söz konusu grupların gürültü etkilenme koşulları uygun değildir. İşverenin bu gruplarda çalışan işçilerin zorunlu olarak kulak koruyucusu kullanmalarını sağlaması gerekmektedir. Lavuar işçisi için % 95 güven aralığı alt limit değeri 87 dBA'dan küçük olmasına rağmen üst limit değeri 87 dBA'dan büyüktür. Bu nedenle Lavuar işçisi için aşırı etkilenim söz konusu olabilir. Kuyu Vinç işçisi için belirlenen % 95 güven aralığı üst limit değerleri 87 dBA'dan daha küçüktür. Söz konusu gruplar için gürültü etkilenim koşullarının uygun olduğu söylenebilir.

Tablo 6.39: Yerüstü HEG Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyleri

İşçilikler	Ölçüm Sayısı (n)	$L_{Aeq T}$	$L_{EX, 8h}$	% 95 Güven Aralığı	
				Alt (LCL)	Üst (UCL)
Ağaç İşleri	257	102,1	100,1	99,3	100,8
Nakliyat	144	99,2	97,2	96,1	98,2
Kuyu Vinç	96	82,8	80,8	79,8	81,7
Kuyu Sinyal	110	93,9	91,9	90,8	92,9
Mekanizasyon ve Pres	135	97,2	95,2	94,3	96,0
Kompresör	132	97,2	95,2	94,1	96,2
Ana Pervane	172	97,1	95,1	94,3	95,8
Lavuar Yıkama	336	96,4	94,4	93,8	94,9
Lavuar	82	89,3	87,3	86,2	88,4

Maden Makineleri Fabrikası Homojen Etkilenim Grupları için yapılan gürültü ölçümlerinin değişim aralığı ve ortalama gürültü düzeyleri Şekil 6.28’de gösterilmiştir. Bu işyerinde homojen etkilenim grupları için toplam 375 gürültü düzeyi (L_{Aeq}) ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin yaklaşık % 74’ünde “Gürültü Yönetmeliği” nde belirtilen 87 dBA etkilenim sınır değerine eşit veya daha büyük değerler elde edilmiştir. Söz konusu gruplar için ortalama gürültü düzeyi değerleri 86,3 – 97,8 dBA arasında değişmektedir. En düşük gürültü düzeyi (72,8 dBA) Kaynak, en büyük gürültü düzeyi (110,1 dBA) ise Mekanizasyon ve Pres işçisinin çalışması sırasında ölçülmüştür.

**Şekil 6.28:** Maden Makineleri Fabrikası HEG gürültü düzeylerinin değişim aralığı.

Maden Makineleri Fabrikası Homojen Etkilenim Grupları günlük gürültü etkilenim düzeyleri ve Eşitlik 4.17’ye göre hesaplanan % 95 güven aralığı alt ve üst limit değerleri Tablo 6.40’da verilmiştir. Söz konusu eşitlikteki gün boyunca toplam etkilenme zamanı (T) Maden Makineleri Fabrikası Homojen Etkilenim Grupları için

5 saat olarak alınmıştır. En düşük ve en büyük günlük gürültü etkilenim düzeyleri 86,5 dBA ve 97,7 dBA olarak sırasıyla Kaynak ve Mekanizasyon ve Pres işçileri için elde edilmiştir. Maden Makineleri Fabrikasında çalışan meslek grupları arasında Talaşlı İmalat, Mekanizasyon ve Pres ve Elektrik işçiliği en çok kişinin istihdam edildiği gruplardır. Toplam iş gücünün yaklaşık % 77'si bu iş kollarında çalışmaktadır. Söz konusu homojen etkilenim grupları için elde edilen günlük gürültü etkilenim düzeyleri sırasıyla 91,6 dBA, 97,7 dBA ve 88,7 dBA'dır.

Maden Makineleri Fabrikası Homojen Etkilenim Grupları, Gürültü Yönetmeliği'nde belirtilen 87 dBA etkilenim sınır değerine göre sınıflandırılacak olursa, Talaşlı İmalat, Mekanizasyon ve Pres, Döküm ve Elektrik işçilikleri için belirlenen % 95 güven aralığı alt limit değerleri 87 dBA'dan daha büyüktür. Dolayısı ile söz konusu grupların gürültü etkilenme koşulları uygun değildir. İşverenin bu gruplarda çalışan işçilerin zorunlu olarak kulak koruyucusu kullanmalarını sağlaması gerekmektedir. Kaynak işçisi için belirlenen % 95 güven aralığı alt limit değeri 87 dBA'dan küçüktür. Üst limit ise 87 dBA'dan çok az büyüktür. Bu nedenle Kaynak işçisi için aşırı etkilenim söz konusu olabilir.

Tablo 6.40: Maden Makineleri Fabrikası HEG Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyleri

İşçilikler	Ölçüm Sayısı (n)	$L_{Aeq T}$	$L_{EX, 8h}$	% 95 Güven Aralığı	
				Alt (LCL)	Üst (UCL)
Talaşlı İmalat	99	93,6	91,6	90,6	92,5
Mekanizasyon ve Pres	86	99,7	97,7	96,5	98,8
Kaynak	80	88,5	86,5	85,4	87,5
Döküm	50	99,6	97,6	96,4	98,7
Elektrik	60	90,7	88,7	87,3	90,0

7. İŞİTME KAYBI RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Gürültünün bir problem olarak değerlendirilmesi yaklaşık iki bin yıl öncesine dayanmaktadır (Barron, 2003). Eski Yunanistan'da metal işleyen işyerlerinin şehrin dışına çıkarılması ile gürültü sorununun çözülmesi ve şehirdeki diğer insanların korunması amaçlanmıştır (Katırcıoğlu, 1998).

Günümüzde endüstriyel kalkınmanın ve modern teknolojinin ulaştığı düzey, bünyesinde birçok olumlu gelişme barındırmakla birlikte hayatı kolaylaştırmaya yönelik bu girişimlerin insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen yanları da vardır.

Gürültüye bağlı işitme kaybı hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerde en yaygın meslek hastalıklarından biri olarak kabul edilmektedir (Daniel, 2007, May, 2000, Soydal, 2006). Gürültü her yaşta işitme kaybı oluşturabilen önemli bir sağlık sorunudur ve gürültüye bağlı işitme kaybı geri dönüşü olmayan ancak engellenebilen bir süreçtir. Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) sakatlık nedenleri arasında en önemlilerden biri olarak gördüğü işitme kaybının yaklaşık 364 milyon insanı etkilediğini ve bunların üçte ikisinin gelişmiş ülkelerde olduğunu belirtmektedir. Aynı kurum, 2005 yılında dünyada 210 milyon yetişkin insanda 40 dB'den büyük ve 15 yaşından küçük 68 milyon çocukta ise 30 dB'den büyük işitme kaybı olduğunu tahmin etmektedir (WHO, 2006, Nelson ve diğ., 2005).

ABD'de NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health; Ulusal Mesleki Sağlık ve Güvenlik Enstitüsü) gürültüye bağlı işitme kaybını gelecek yüzyılda ele alınması gereken 21 öncelikli alan arasında görmektedir (NIOSH, 1998). Aynı kurum ABD'de yaklaşık 30 milyon işçinin iş ortamında kritik seviyede gürültüye maruz kaldığını belirtmektedir (Daniel, 2007, Bauer ve diğ., 2006, Joy ve Middendorf, 2007). Japonya'da yapılan bir çalışmada işçilerin % 8,5'inde, Danimarka'da ise % 10'unda mesleki gürültüye bağlı işitme kaybının olduğu bildirilmiştir (Soydal, 2006, Öztürk, 2004). Kanada'nın Quebec Bölgesi'nde gürültüye bağlı işitme kaybı olan 1 milyona yakın işçi olduğu tahmin edilmektedir (Katırcıoğlu, 1998, Çırpar, 2003). Dünya Sağlık Organizasyonu'nun raporlarında

sanayileşmiş ülkelerdeki işitme kayıplarının üçte birinden fazlasının gürültüden kaynaklandığı belirtilmektedir (WHO, 2006).

NIOSH'ye göre Amerika'daki maden işçilerinin % 80'i 85 dBA ve % 25'i ise 90 dBA üzerinde gürültüye maruz kalmaktadır (McBride, 2004). NIOSH'nin 1976 yılında yapmış olduğu 1.349 kömür madeni işçisini kapsayan araştırmanın sonuçlarına göre, emekli olan maden işçilerinin ortalama işitme eşik seviyeleri normal popülasyona göre 20 dB daha büyüktür. 60 yaşındaki maden işçilerinin % 70'inin 25 dB, % 25'inin ise 40 dB'den daha fazla işitme kaybına uğradıkları tespit edilmiştir (NIOSH, 1976). NIOSH 1996 yılında bu araştırmayı yaklaşık 20.000 kişiyi kapsayacak şekilde genişletmiştir. Bu araştırmanın sonuçları maden işçilerinin % 90'ında işitme kaybı bulunduğunu, 50 yaşındaki kömür madeni işçilerinin % 70'inde 25 dB veya üzeri işitme kaybı meydana geldiğini göstermiştir (NIOSH, 1998, Bauer ve diğ., 2006).

Gürültüye bağlı işitme kaybı ülkemiz endüstrisi için de önemli bir sorun olmakla birlikte, SSK (Sosyal Sigortalar Kurumu) istatistik yıllıklarında bu konuyla ilgili verilere az rastlanmaktadır. Tekstil, metal, orman sanayii gibi gürültülü iş kolları ve havaalanı gibi gürültülü ortamlarda yapılmış sınırlı sayıda araştırmaya dayanılarak mesleki gürültüye bağlı işitme kaybı olan kişi sayısının 200.000'i geçtiği ileri sürülmektedir (Soydal, 2006, Ertem, 1995, Ekerbiçer, 1997).

Bu konuda en kapsamlı araştırma İSGÜM (İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü) tarafından yapılmıştır. 1999 yılında 1.927 işçiyi ve 17 ayrı işyerini kapsayan araştırmada çalışanların % 15,2'sinde gürültüye bağlı işitme kaybı saptanmıştır (Vural ve diğ., 1999).

Dalgıç (1991) tarafından Ankara Esenboğa Havalimanı'nda çalışan 181 işçi üzerinde yürütülmüş araştırmaya göre, işçilerin yaklaşık %39'unda gürültüye bağlı işitme kaybı bulunmuştur.

Bir diğer çalışma Gökçen (2000) tarafından Ankara'da metal iş kolunda çalışan işçiler üzerinde yapılmıştır. Söz konusu araştırmanın sonuçlarına göre gürültüye maruz kalan 88 işçinin % 8'inde işitme kaybı olduğu tespit edilmiştir.

Ertem (1995) tarafından Diyarbakır'da halı ve iplik fabrikası işçileri üzerinde yapılan çalışmaya göre, halı fabrikasında gürültülü ortamda çalışan işçilerin % 60'ında, iplik fabrikasında ise % 64'ünde işitme kaybı saptanmıştır.

Karakaş (1997)'a göre, FMC Nurol Savunma Sanayi A.Ş.'de çalışan gürültüye maruz kalan 105 işçinin % 36,2'sinde işitme kaybı olduğu belirlenmiştir.

Ankara Şeker Makina Fabrikası'nda çalışanların %50'sinde gürültüye bağlı işitme kaybı bulunmuştur (Tunç, 1999).

7.1. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı

Gürültünün insan sağlığına en önemli etkisi işitme sistemi üzerine olmaktadır (Morioka ve diğ., 1997). Başlangıçta normal konuşma frekanslarında işitme kaybı görülmediği için farkedilmesi güç olup, ancak odyometrik inceleme ile anlaşılmaktadır (McReynolds, 2005). Gürültüye bağlı işitme kaybı tedavi edilememekle birlikte alınacak önlemlerle korunulması mümkün bir meslek hastalığıdır (NIOSH, 1998, Soydal, 2006, Seixas, 2004).

Gürültünün işitme kaybına neden olduğu ilk defa M.S. birinci yüzyılda Nil nehri etrafında yaşayanları gözlemleyerek bu kişilerin ağır işittiğini belirleyen Pliny tarafından yayınlanmıştır (Şimşekli, 1990, Çırpar, 2003). Daha sonraları gürültüye bağlı işitme kaybından 1591 yılında top ateşine bağlı bir sağırılık tanımlayan Alberti bahsetmiştir (Öztürk, 2004). 1713'de Ramazzini, 1765'de ise Nils ve Skragge demirciler ve bakır kazancıları üzerinde inceleme yaparak bunların devamlı gürültüye maruz kalmalarından dolayı kulaklarında işitme kaybı olduğunu, hatta aynı işlerde ileri yaşa dek çalışanların sağır olduğunu ifade etmişlerdir (Katırcıoğlu, 1998, Çırpar, 2003). 1880'li yıllarda Amerika'da Roosa ve Holt, Almanya'da Bezold ve İngiltere'de Barr buhar kazanı yapımında çalışanlarda, demir madeni işçilerinde ve postacılar da mesleğe bağlı işitme kaybının olduğunu belirtmişlerdir (Çırpar, 2003). Problemin önemi sanayi devriminden sonra hissedilmiş; metal, dokuma, demiryolu işçilerinde, gemi inşaatı, kazancılık ve benzeri iş kollarında ve bazı askeri dallarda gürültüden dolayı kitlesel işitme kayıpları geliştiği gözlenmiş ve “ Kazancı Sağırılığı” olarak tanımlanmıştır (Şimşekli, 1990).

Gürültüye bağlı işitme kaybı, devamlı ya da aralıklı gürültüyle karşılaşma sonucu yıllar içinde yavaş yavaş ortaya çıkan bir iç kulak hastalığıdır (McReynolds, 2005). Gürültüye bağlı işitme kaybı zamana bağlı olarak artmakta ve kayıplar birbiri üstüne binmektedir. Gürültüyle etkileşim bittiği zaman işitme kaybında ilerleme görülmez (Çırpar, 2003).

Gürültünün işitme duyusunda oluşturduğu olumsuz etkiler, ya ani etkiler şeklindedir ya da zamanla görülen etkilerdir (Özguven, 1986, Soydal, 2006, Devren, 1999,). Ani ve yüksek bir sesin kulak zarını parçalaması veya hassas korti organının fizyolojik yapısını düzelmeyecek şekilde bozması ani oluşan etkilerdir. İşitme duyusu zedelenen bir kişide, işitme kaybı ya da işitme eşiğinin kayması adı verilen olumsuzluklar görülür. İşitme eşiğinin kayması geçici olabileceği gibi sürekli de olabilir. Eğer gürültü yeterli şiddet ve sürede etkilememişse işitme eşiğindeki değişim zamanla normale dönmektedir (Çobanoğlu, 1994, Ekerbiçer, 1997, Çırpar, 2003). Bu geçici eşik kayması (Temporary Threshold Shift, TTS) olarak tanımlanmaktadır.

Belirli bir süre gürültünün etkisinde kalma sonucu oluşan eşik değişikliğinin ortadan kalkması için gereken dinlenme süresi, gürültüye maruz kalınan süreden çok daha uzundur. Geçici işitme kaybının iyileşmesi için gürültü etkisinde kalınan sürenin yaklaşık 10 katı kadar bir süreye ihtiyaç vardır (Ekerbiçer, 1997). Örneğin 8 saatlik sürekli bir etkilenmeyle meydana gelen eşik kaymasının yaklaşık 80 saatte normale dönmesi beklenir. Eğer iyileşme tamamlanmadan yeni bir etkilenme meydana gelirse uzun dönemde kalıcı zedelenme riski daha fazla olur ve işitme kaybı süreklilik kazanır (Devren, 1999).

Geçici işitme kayıpları, birikimli bir biçimde oluşarak kalıcı eşik kaymasını (Permanent Threshold Shift, PTS) oluştururlar (Gökçen, 2000, Soydal, 2006). Yani uzun süre aşırı gürültüye maruz kalma sonucu işitme duyusunda bir daha geri dönülemeyen, süreklilik gösteren kayıplar meydana gelir. Uzun süre yüksek gürültüye ya da bazı durumlarda kısa süre çok yüksek gürültüye maruz kalınması kulakta bu tür bir tahribata yol açabilir.

Kulağın en hassas işitmeye sahip olduğu frekans bölgesi 4.000 Hz'dir (Alberti, 2001, Soydal, 2006). Bu nedenle aşırı gürültüye maruz kalma sonucu ortaya çıkan işitme kaybı ilk önce 4.000 Hz'lik frekans bölgesinde oluşur ve etkilenme süresi arttıkça diğer komşu frekanslara doğru devam eder. Duyma eşiğindeki sürekli değişme, kulaklarında koruma olmaksızın yüksek düzeyde sese uzun süre maruz kalan kişilerde meydana gelir ve kalıcı işitme kaybı ile sonuçlanır (Soydal, 2006, Devren, 1999, Katırcıoğlu, 1998). Kalıcı işitme kaybına neden olan gürültülerin en önemlisi Endüstriyel Gürültüler'dir.

İşitme kaybı 500, 1.000 ve 2.000 Hz frekanslardaki işitme eşik seviyelerinin ortalaması 25 dB’i aşmaya başladığı zaman farkedilir (Gökçen, 2000, Soydal, 2006). Gürültüye bağlı işitme kaybında ilk olarak 4.000 Hz daha sonra 6.000 Hz ve sonrasında da 3000 Hz frekansları etkilenir. Zamanla işitme kaybı 500, 1.000 ve 2.000 Hz frekanslarında görülür (Alberti, 2001, May, 2000, Soydal, 2006). Yüksek frekanslardaki işitme kaybı, başlangıçta konuşmaları net olarak anlamada zorluk şeklinde ortaya çıkar. Daha sonra duyma kaybının ilerlemesiyle günlük aktiviteler engellenir. Kronik endüstriyel işitme kayıpları genelde her iki kulaktada aynı düzeydedir. Gürültüye maruz kalma sona erdiğinde işitme kaybının ilerlemesi durur (May, 2000, Soydal, 2006). Gürültüye aralıklı olarak maruz kalmanın geçici eşik kaymasında olduğu gibi kalıcı eşik kaymasında da koruyucu etkisi vardır.

7.2. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybını Etkileyen Faktörler

Gürültüye bağlı işitme kaybının derecesini etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlar arasında gürültünün şiddeti ve frekansı, etkilenme süresi, bireysel duyarlılık, ve yaş en önemlileridir (Alberti, 2001, Morioka ve diğ., 1997, May, 2000, Vural ve diğ., 1999, Öztürk, 2004, Çırpar, 2003, Katırcıoğlu, 1998, Soydal 2006). Kişinin genel sağlık durumu, ototoksik ilaç kullanımı, başka bir kulak hastalığının varlığı, endüstriyel çözücüler ve kimyasal maddelere bağlı çevre kirliliği gibi faktörlerin de işitme kaybı üzerinde etkili olduğu bilinmektedir.

7.2.1. Gürültünün Şiddeti

Gürültünün şiddeti arttıkça zararlı etkileri de artmaktadır (Soydal 2006). 80 dBA şiddetindeki gürültünün işitme organı üstüne zararlı etkisi yok denecek kadar azdır (Çırpar, 2003). İşitme kaybına neden olabilecek gürültü düzeyi birçok araştırmacı tarafından 85 – 90 dBA olarak kabul edilmektedir (Soydal 2006). Fransa Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma Enstitüsü’nün 1988 yılında 234 işçi üzerinde yürüttüğü bir araştırmada, 87 – 90 dBA endüstriyel gürültüye maruz kalan işçiler arasındaki işitme kaybı oranının % 50 olduğu bildirilmiştir (Thiery ve Meyer, 1988). ABD’de yapılan benzer bir çalışmada 89 dBA gürültüye maruz kalan 197 işçi arasında mesleki gürültüye bağlı işitme kaybı oranının % 67 olduğu belirlenmiştir (Dalgıç, 1991).

7.2.2. Gürültü'nün Frekansı

Frekansı yüksek olan sesler tiz, düşük olan sesler ise pes olarak nitelendirilir. Yapılan araştırmalar yüksek frekanslı seslerin aynı şiddetteki düşük frekanslı seslere oranla daha zararlı olduklarını göstermiştir (Öztürk, 2004, Soydal, 2006). Gürültüye bağlı işitme kayıplarının odiyometrik eğrisi genellikle 4000 ve 6000 Hz frekanslara ait eşiklerde çukurlaşmaya neden olan ve 8.000 Hz'de tekrar yükselen bir görünüme sahiptir. Gürültüye bağlı işitme kayıpları genellikle 3.000 – 6.000 Hz frekanslarda ortaya çıkmakta ve en büyük kayıp 4.000 Hz frekansta görülmektedir. Gürültüye bağlı işitme kaybına en dirençli frekans 1.000 Hz ve ardından da 500 Hz'dir (Alberti, 2001, Morioka ve diğ., 1997, May, 2000, Katırcıoğlu, 1998). Ses şiddetinin 90 dBA'yı geçmesi durumunda hasar 2000 ve 8000 Hz frekanslara yayılmaktadır.

7.2.3. Etkilenme Süresi

Gürültülü ortamda ne kadar çok kalınırsa gürültünün zararlı etkileri de o kadar fazladır (Soydal, 2006). Etkilenme süresi uzadıkça işitme kaybının içine aldığı frekans bantları çoğalır (Çırpar, 2003). Uzun bir çalışma periyodunda gürültü spektrumu sabit olduğu zaman işitme kaybı ilk 10 yılda hızlı bir şekilde ilerler ve sonra devam eden etkilenme boyunca sabit kalmak üzere derece derece yavaşlar. Logaritmik artış özellikle 3 – 6 kHz arasındadır (Ayçiçek ve Sınmaz, 2003). Ayrıca gürültünün sürekli ya da aralıklı olması da zararlı etki bakımından farklılıklar meydana getirir. Kesik kesik etkilenme arada dinlenme olanağı verdiği için sürekli etkilenmeye oranla daha az zararlıdır (Çırpar, 2003, Morioka ve diğ., 1997, May, 2000).

Etkilenme süresinin artmasıyla işitme kaybının arttığını gösteren birçok çalışma yapılmıştır. ABD'de 99 – 118 dBA şiddetinde gürültüye maruz kalan 295 kişi üzerinde yapılan bir araştırmada çalışma süresi ile işitme kaybı arasındaki ilişki incelenmiştir (Sataloff ve diğ., 1984). Sonuçlar, 5 – 19 yıl arası etkilenme sürelerinin işitme eşikleri ortalamasını fazla değiştirmedeğini, çalışma süresi 20 yılı aşarsa etkinin anlamlı düzeyde arttığını ortaya koymuştur (Dalgıç, 1991).

WHO gürültü düzeyi 85 dBA olan işyerlerinde 5 yıl çalışanların % 1'inde, 10 yıl çalışanların % 3'ünde, 15 yıl çalışanların % 5'inde gürültüye bağlı işitme kaybı olacağını bildirmiştir (WHO, 1986). Gürültü düzeyi 90 dBA olan işyerlerinde bu

oranlar % 4, % 10 ve % 14'tür. Gürültü düzeyi 95 dBA olan işyerleri için verilen tahmini değerler ise sırasıyla % 7, % 17 ve % 24'tür (Soydal, 2006).

7.2.4. Bireysel Duyarlılık

Gürültüye bağlı işitme kaybı üzerine yapılan uzun süreli araştırmalar ve hayvan deneyleri gürültünün her kişi üzerinde aynı etkiyi yapmadığını göstermiştir (Öztürk, 2004). Gürültünün neden olduğu işitme kaybının gelişmesinde kişisel yapı önemli rol oynamaktadır (Katırcıoğlu, 1998). Kişilerin gürültüye karşı gösterdikleri direnç ve uğradıkları işitme kaybı farklı derecelerde oluşur. Bu durumun bireye has genetik özelliklerden ileri geldiği kabul edilmektedir (Toppila ve diğ., 2000). Bazı kişilerde sağ ve sol kulak arasında bile farklı işitme seviyeleri tespit edilebilir.

7.2.5. Yaş

İşitme kaybı ile ilgili olarak yapılan birçok çalışmada, yaşla birlikte, işitme kaybının da arttığı gösterilmiştir (Pearson ve Sprent, 1968, Viljoen ve diğ., 2006, Kuronen ve diğ., 2004, Hong, 2005). Genellikle 40 yaşından sonra başlayan, gittikçe artan ve yayılan bir işitme kaybı göze çarpar. İleri yaşlardaki işitme kayıplarında mesleğin yanında yaşlanmanın da etkisi vardır. İsrail Hava Kuvvetleri'nde çalışan 777 işçi üzerinde yürütülen bir araştırmada (Ribak ve diğ., 1985), mesleki gürültüye bağlı işitme kaybındaki artış esas olarak çalışma süresi ve yaşa bağlanmıştır. Toppila ve diğ. (2001) tarafından yapılan, Finlandiya'da kağıt fabrikası (406), orman işçisi (124) ve gemi tersanesinde (176) çalışan toplam 706 işçiyi kapsayan araştırmanın sonuçlarına göre 4.000 Hz frekanstaki işitme eşiği seviyesi ile yaş arasında polinomial bir ilişki vardır. Yaş ile işitme kaybı arasındaki benzer bir ilişki Prince (2002) tarafından ABD'de çeşitli endüstrilerde çalışan 2.066 işçi üzerinde yapılan çalışmada da elde edilmiştir. Madencilik sektöründe bu konu ile ilgili araştırmalar Amerikan Ulusal Mesleki Sağlık ve Güvenlik Enstitüsünün (NIOSH) yaptıkları ile sınırlıdır. NIOSH 1976 yılında 1.349 kömür madeni işçisi ve 1996 yılında ise yaklaşık 20.000 maden işçisini kapsayan iki büyük araştırma yapmıştır. Bu araştırmaların her ikisinde de işitme kaybı ile yaş arasında artan bir ilişki bulunmuştur (NIOSH, 1976, 1998, Bauer ve diğ., 2006).

7.3. İşitme Kaybının Ölçülmesi ve Sınıflandırılması

İşitme duyusunun ölçülmesi işlemine “Odiyometri”, bu işlemi gerçekleştiren aletlere de “Odiyometre” adı verilmektedir (Soydal, 2006). Odiyometri günümüzde çok önemli ve pratik bir muayene yöntemi haline gelmiştir (Tunç, 1999). Odiyometre kalibre edilmiş, saf ton ses üretici cihaz ile buna bağlı bir çift kulaklıktan oluşur. Kulaklıklar dıştan gelen seslerin etkisini azaltacak şekilde tasarlanmıştır (Katırcıoğlu, 1998). Odiyometre belirli bir frekansta saf ton ses oluşturur ve bu ses duyulabildiği ana kadar yavaş yavaş yükseltilir. Daha sonra yeniden duyulmayacak düzeye kadar düşürülür. İşlem bu frekanstaki işitme eşik seviyesini saptayınca kadar bir kaç kez tekrarlanır. Diğer frekanslar içinde aynı işlemler tekrar edilir. Her iki kulak ayrı ayrı bu şekilde test edilir. Test frekansları genellikle 250, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 ve 8.000 Hz’dir (Franks, 2001, Sataloff ve Sataloff, 2006b).

Testin yapılacağı odanın seçiminde İngiltere Ulusal Fizik Laboratuvarı’nın belirlediği standart kullanılabilir. Ancak söz konusu standardın koşullarını sağlamak son derece güç olduğundan ideal koşullarda işitme kaybı bulunmayan bir bireyin, seçilen odada işitme kaybı olmadığı tespit ediliyorsa bu odada güvenle test yapılabilir (Soydal, 2006). Yani, fon gürültüsü denilen seslerin mümkün olduğu kadar az olması gerekir. Bunun için fon gürültüsü geçirmeyen özel odiyometri odaları yapılmıştır. Fakat bu odalar endüstri için pahalı ve kullanışlı değildir. Bu nedenle endüstride verilen limitleri aşmamak üzere fon gürültüsü az olan odalar, odiyometri için uygundur (Sataloff ve Sataloff, 2006b).

Çeşitli amaçlar için işitme kaybı, çeşitli frekansların işitme eşik değerlerindeki kayıp olarak belirtilebilir. Ancak, konuşulan sözcükleri anlama yeteneğinin yitirilmemesi ve önem taşıyan frekanslarda izin verilebilir veya kabul edilebilir işitme düzeyi için bir sınır değerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu sınır değeri aynı zamanda sorumluluk ve tazminat ile ilgili olarak sosyal ve ekonomik yaklaşımlara dayalı yasal düzenlemelere de sıkıca bağlıdır.

Amerikan Oftalmoloji ve Otolaringoloji Akademisi, kabul edilebilir işitme kaybını (acceptable hearing loss) kişinin sessiz bir ortamda 1,5 m’den günlük konuşmaları anlamakta güçlük çekmeye başladığı nokta olarak tanımlamaktadır (Çobanoğlu, 1994). Bu tanımdaki kabul edilebilir işitme kaybı 500, 1.000 ve 2.000 Hz frekans bileşiminde ortalama 25 dB kayıp değerine karşılık gelmektedir.

Gürültüye bağlı işitme kaybını saptamak amacıyla işçilere uygulanan odiyometrik testlerin sonuçlarının değerlendirilmesi konusunda her ülke kendi standartlarını belirlemiştir. Hatta ABD’de eyaletler arasında bile farklı uygulamalar bulunmaktadır (Stewart ve diğ., 2002). Her ülke test frekanslarını ve işitme kaybı olarak tanımlanacak en küçük eşik değeri kendi sosyal, ekonomik ve politik gereklerini dikkate alarak belirlemektedir (Suter, 2007).

ABD’de işitme kaybının değerlendirilmesinde kullanılmak üzere bir çok kurum tarafından önerilmiş çok sayıda yöntem vardır. Bunlar arasında en çok kullanılanı Amerikan Oftalmoloji ve Otolaringoloji Akademisi tarafından 1979 yılında önerilen ve AAO – 79 olarak bilinen yöntemdir (Stewart ve diğ., 2002, Kavanagh, 1992, Kavanagh, 2001). Bu yöntemde 500, 1.000, 2.000 ve 3.000 Hz frekans bileşiminde, ortalama 25 dB üzeri işitme eşik seviyesi, işitme kaybı olarak kabul edilmektedir. Amerikan Ulusal Mesleki Sağlık ve Güvenlik Enstitüsü (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) ise 1.000, 2.000, 3.000 ve 4.000 Hz frekans bileşiminde ortalama 25 dB üzeri işitme eşik seviyesini işitme kaybı olarak kabul edilmektedir (NIOSH, 1998). Bir çok eyalette de farklı uygulamalar bulunmaktadır.

İngiltere ve Polonya’da 1.000, 2.000 ve 4.000 Hz’de 25 dB veya daha fazla eşik kayması işitme kaybı olarak tanımlanmaktadır (Kavanagh, 1992, Solecki, 2003). Kanada’da 500, 1.000 ve 2.000 Hz frekanslarda 28 dB, İrlanda’da 500, 1.000, 2.000 ve 4.000 Hz frekanslarda 20 dB veya daha fazla eşik kayması işitme kaybı olarak tanımlanmaktadır (Kavanagh, 2001).

Dünya’da en çok kullanılan yöntem ise Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından 1990 yılında yayınlanan “Akustik – İş yerinde maruz kalınan gürültünün tayini ve bu gürültünün sebep olduğu işitme kaybının tahmini” standardında önerilen, ISO – 1999 olarak bilinen yöntemdir (ISO-1999, 1990). ISO ortalama işitme kaybının hesaplanacağı frekanslar için birçok frekans bileşimi önermiştir. Bunlar arasında en çok kullanılanı 500, 1.000, 2.000 ve 4.000 Hz’dir. Bu frekans bileşimindeki ortalama işitme eşiği seviyesinin 25 dB üzerinde olması ise işitme kaybı olarak tanımlanmıştır.

Türkiye’de konuyla ilgili ilk standart 1977 yılında Türkiye Standartlar Enstitüsü (TSE) tarafından yapılmıştır. TS 2607 No.’lu standarta 500, 1.000 ve 2.000 Hz

frekans bileşiminde işitme eşik değerlerindeki düzeltilemez kayıpların aritmetik ortalaması 25 dB olduğunda veya aştığında işitme duyusunun bozulduğu kabul edilmektedir (TS-2607, 1977). TSE daha sonra 2005 yılında bu standardı ISO-1999:1990 standardını da dikkate alarak yeniden düzenlemiştir. TS 2607 ISO 1999 No.'lu standarta ISO - 1999 yöntemindeki gibi ortalama işitme kaybının hesaplanacağı frekanslar için birçok frekans bileşimi önerilmiştir. Bunlar arasında en çok kullanılanı 500, 1.000, 2.000 ve 4.000 Hz'dir. Bu frekans bileşimindeki ortalama işitme eşiği seviyesinin 25 dB üzerinde olması ise işitme kaybı olarak tanımlanmıştır (TS 2607 ISO 1999, 2005).

Gürültüye bağlı işitme kayıplarının derecelendirilmesinde kullanılmak üzere çeşitli kurumlar ve bazı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş çok sayıda sınıflandırma yöntemi vardır. Bunlar arasında dünyada en çok kabul görmüş ve kullanılanı Amerikan Ulusal Standardı ANSI S3-1'de önerilen 500, 1000, 2000 ve 3000 Hz frekans bileşimindeki ortalama işitme kaybını derecelendiren sınıflandırmadır (Soydal, 2006, Hong, 2005). Söz konusu sınıflandırma Tablo 7.1'de verilmiştir.

Tablo 7.1: ANSI S3-1 Standardı İşitme Kaybı Sınıflandırması (Soydal, 2006).

İşitme Düzeyi (dB)	İşitme Durumu
≤ 26	Normal İşitme
27-40	Çok Hafif İşitme Kaybı
41-55	Hafif Derecede İşitme Kaybı
56-70	Orta Derecede İşitme Kaybı
71-90	İleri Derecede İşitme Kaybı
≥ 91	Çok İleri Derecede İşitme Kaybı

Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) ise ISO-1999 Standardında belirtilen frekans bileşimlerinden 500, 1.000, 2.000 ve 4.000 Hz'deki ortalama işitme eşiğini derecelendirerek gürültüye bağlı işitme kaybını sınıflandırmıştır (Barrientos ve diğ., 2004). Tablo 7.2'de verilen bu sınıflandırma Avrupa Birliği'ne bağlı ülkelerde ve diğer bir çok ülkede de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Tablo 7.2: WHO İşitme Kaybı Sınıflandırması (Barrientos ve diğ., 2004).

İşitme Kaybı Derecesi		Odiyometrik ISO Değeri (dB)	İşitme Yeteneğine Etkisi
0	Normal İşitme	≤ 25	İşitme problemi yok veya çok hafif
1	Hafif Derecede İşitme Kaybı	26 - 40	1 m'den normal sesle konuşulan sözcükleri duyma ve tekrar etme
2	Orta Derecede İşitme Kaybı	41 - 60	1 m'den bağırarak söylenen sözcükleri duyma ve tekrar etme
3	İleri Derecede İşitme Kaybı	61 - 80	Bağırarak konuşulduğu zaman bazı kelimeleri duyabilme
4	Çok İleri Derecede İşitme Kaybı	≥ 81	Bağırarak konuşulsa bile duyamama ve anlayamama

7.4. Türkiye Taşkömürü Kurumu Çalışanlarının İşitme Kaybının Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın amacı Türkiye Taşkömürü Kurumu'na bağlı Müesseselerdeki yeraltı ve yerüstü işyerlerinde çalışan işçiler arasında gürültüye bağlı işitme kaybı görülme sıklığını tahmin etmek, işçilerin yaşı ve etkisi altında kaldıkları gürültü düzeyinin işitme kaybı üzerine etkisini araştırmaktır.

Türkiye Taşkömürü Kurumu'na bağlı işyerlerinde çalışan farklı meslek gruplarına ait 411 işçinin odiyometrik test sonuçları analiz edilmiştir. İşçiler yaptıkları görevler ve yaşları dikkate alınarak uğradıkları işitme kaybının derecesine göre sınıflandırılmıştır. Etkisi altında kaldıkları gürültü düzeyi ve yaş ile işitme kayıpları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Hava yolu saf ses odiyometrik testleri TTK bünyesinde bulunan uzman hekimler tarafından 2006 – 2007 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 125, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 ve 8.000 Hz frekanslarda her iki kulakta yapılmıştır. İşitme kayıplarının tespit edilmesi için test sonuçlarının değerlendirilmesinde ISO-1999 ve TS-2607:ISO 1999 standartlarında önerilen 500, 1.000, 2.000 ve 4.000 Hz frekans bileşimi ve 25 dB ortalama işitme eşik değeri dikkate alınmıştır. Tespit edilen işitme kayıplarının değerlendirilmesinde WHO'nun önerdiği sınıflandırma kullanılmıştır.

411 Maden işçisine ait işitme testi ölçümleri Nakliyat, Kuyu Vinç, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj Operatörü, Tulumbacı, Kompresör ve Anapervane Operatörü, Ağaç İşleri İşçiliği ve Maden Makineleri Fabrikası İşçiliği olmak üzere 10 farklı gruba ayrılmıştır. Yapılan istatistiksel analiz sonucu sol, sağ ve en zayıf

kulak için 125, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6000 ve 8.000 Hz frekanslarda elde edilen ortalama işitme eşiği ve standart sapma değerleri ile her bir grup için yapılan ölçüm sayısı sırasıyla Tablo 7.3, 7.4 ve 7.5’de verilmiştir.

Tablo 7.3: Sol kulağa ait ortalama işitme eşiği ve standart sapma değerleri

İşçilikler		Sol Kulak İşitme Eşiği (dB)								N
		250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	
Nakliyat	Ort.		38,3	32,2	29,3	31,2	40,7	39,5	38,8	65
	Std.		9,8	9,4	9,5	11,4	12,3	11,8	12,2	
Kuyu Vinç	Ort.	32,0	28,5	25,0	23,0	28,0	33,6	34,7	35,7	47
	Std.	6,6	7,7	7,3	7,1	7,4	8,0	10,0	10,5	
Sinyal	Ort.		32,7	26,9	24,7	26,3	36,6	34,8	35,5	41
	Std.		6,3	5,8	5,5	7,8	9,2	9,7	11,2	
Mekanizasyon ve Pres	Ort.		39,6	33,1	29,5	30,8	40,3	40,6	40,8	52
	Std.		7,1	7,6	6,0	8,6	9,7	13,2	11,4	
Sondaj	Ort.	40,7	36,0	32,5	32,5	38,4	50,1	46,8	45,6	34
	Std.	12,3	11,7	13,1	11,7	14,8	15,5	15,1	17,8	
Tulumba	Ort.		28,9	26,3	23,8	30,0	41,3	39,5	39,1	28
	Std.		9,9	10,3	9,4	13,3	12,5	12,3	15,2	
Kompresör	Ort.	37,6	34,0	29,5	26,7	33,6	40,5	39,8	39,8	21
	Std.	9,7	9,3	8,4	8,3	11,6	15,9	16,2	13,7	
Ana Pervane	Ort.		33,3	25,3	23,7	26,7	38,7	38,3	37,7	15
	Std.		7,2	7,2	6,4	8,4	6,4	8,2	8,8	
Ağaç İşleri	Ort.		36,9	35,6	33,8	39,4	48,8	45,6	41,9	8
	Std.		15,1	11,2	9,9	5,6	10,9	13,5	16,7	
Maden Makineleri Fabrikası	Ort.	46,0	39,8	34,7	31,4	36,6	43,7	44,8	44,3	100
	Std.	7,2	5,4	5,8	8,3	12,4	17,6	18,7	18,8	

Tablo 7.3 ve 7.4 incelendiğinde Nakliyat, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj Operatörü, Anapervane Operatörü, ve Maden Makineleri Fabrikası İşçiliğinde sol kulak için elde edilen ortalama işitme eşiği değerleri sağ kulaktan, Kuyu Vinç, Tulumbacı, Kompresör ve Ağaç İşleri İşçiliğinde sağ kulak için elde edilen ortalama işitme eşiği değerleri ise sol kulaktan bütün test frekanslarında istatistiksel ($P < 0.01$ t-test) olarak anlamlı ölçüde büyük bulunmuştur.

Daha önce de belirtildiği gibi, gürültüye bağlı işitme kaybında ilk olarak 4.000 Hz daha sonra 6.000 Hz ve sonrasında da 3.000 Hz frekansları etkilenmektedir. Sol kulak 4.000 Hz’de ortalama işitme eşiği değerleri 33,6 – 50,1 dB arasında değişmektedir. Yine aynı şekilde 6.000 Hz ve 3.000 Hz deki ortalama işitme eşiği değerleri ise sırasıyla 34,7 – 46,8 dB ve 26,3 – 39,4 dB arasında değişmektedir. Sağ kulak 4.000 Hz’de ortalama işitme eşiği değerleri 33,9 – 48,7 dB arasında

değişmektedir. Yine aynı şekilde 6.000 Hz ve 3.000 Hz deki ortalama işitme eşiği değerleri ise sırasıyla 34,7 – 48,8 dB ve 25,7 – 42,5 dB arasındadır.

Tablo 7.4: Sağ kulağa ait ortalama işitme eşiği ve standart sapma değerleri

İşçilikler		Sağ Kulak İşitme Eşiği (dB)								N
		250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	
Nakliyat	Ort.		35,1	30,5	26,5	29,0	38,6	36,7	36,0	65
	Std.		8,2	9,1	10,4	12,7	14,2	16,3	13,3	
Kuyu Vinç	Ort.	34,0	30,6	26,1	24,8	28,8	34,7	36,8	37,1	47
	Std.	6,8	6,6	7,4	7,7	12,3	11,0	11,5	11,0	
Sinyal	Ort.		32,1	27,4	24,0	26,9	33,9	34,7	36,5	41
	Std.		7,1	5,2	4,6	7,2	11,8	11,8	13,4	
Mekanizasyon ve Pres	Ort.		39,0	32,8	29,0	30,0	40,8	41,7	42,3	52
	Std.		9,3	8,6	6,6	8,3	11,7	13,9	15,5	
Sondaj	Ort.	39,3	34,9	31,8	32,2	39,0	48,7	45,0	42,6	34
	Std.	8,6	7,8	8,3	10,6	15,9	16,2	17,5	17,3	
Tulumba	Ort.		30,5	27,7	25,0	32,0	42,9	41,1	40,4	28
	Std.		8,4	11,7	10,5	13,8	12,2	13,4	13,7	
Kompresör	Ort.	38,6	35,0	29,8	27,6	33,1	41,2	37,9	36,7	21
	Std.	11,8	10,6	11,2	9,7	13,1	15,3	15,1	15,8	
Ana Pervane	Ort.		35,0	27,7	24,7	25,7	36,0	35,7	35,0	15
	Std.		4,6	4,6	6,7	7,3	10,2	9,8	17,2	
Ağaç İşleri	Ort.		37,5	35,0	33,8	42,5	46,9	48,8	44,4	8
	Std.		16,7	10,4	11,9	9,6	10,3	15,5	15,2	
Maden Makineleri Fabrikası	Ort.	43,5	39,9	34,6	31,3	34,1	40,2	40,4	39,6	100
	Std.	8,5	6,8	7,3	8,7	14,4	17,4	17,2	17,0	

En zayıf kulağa göre 4.000 Hz’de ortalama işitme eşiği değerleri 37,7 – 53,5 dB arasında değişmektedir. Yine aynı şekilde 6.000 Hz ve 3.000 Hz’deki ortalama işitme eşiği değerleri ise sırasıyla 36,2 – 50,3 dB ve 29,6 – 43,8 dB arasında değişim göstermiştir.

Tablo 7.3, 7.4 ve 7.5 incelendiğinde bütün meslek grupları için 3.000 – 8.000 Hz arası yüksek frekanslarda elde edilen ortalama işitme eşiği değerleri 500 – 2.000 Hz arası düşük frekanslarda elde edilen ortalama işitme eşiği değerlerinden daha büyüktür. Sol ve sağ kulak ortalama işitme eşiği değerleri arasındaki fark 2.000 Hz’den küçük frekanslarda 2 dB’den daha küçüktür. 4.000 Hz frekansta ise en fazla 3,5 dB’dir. Bu fark 6.000 ve 8.000 Hz frekanslarda ise 4,7 dB’e kadar çıkabilmektedir.

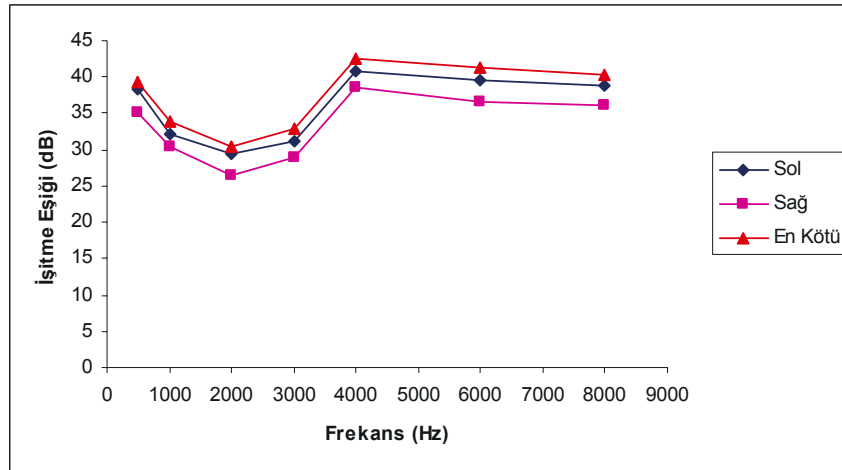
Tablo 7.3, 7.4 ve 7.5’den de görüleceği gibi, 10 farklı meslek grubu için elde edilen ortalama işitme eşik değerleri bir kaç frekans hariç hemen hepsinde 25 dB ortalama işitme eşik değerinden daha büyüktür. Ortalama işitme eşik değerleri genellikle 25 –

40 dB (Hafif İşitme Kaybı Sınıfı) arasında değişmektedir. Bazı meslek gruplarında ise yüksek frekanslarda 40 – 60 dB (Orta Sınıf İşitme Kaybı) arası işitme eşik değerleri tespit edilmiştir.

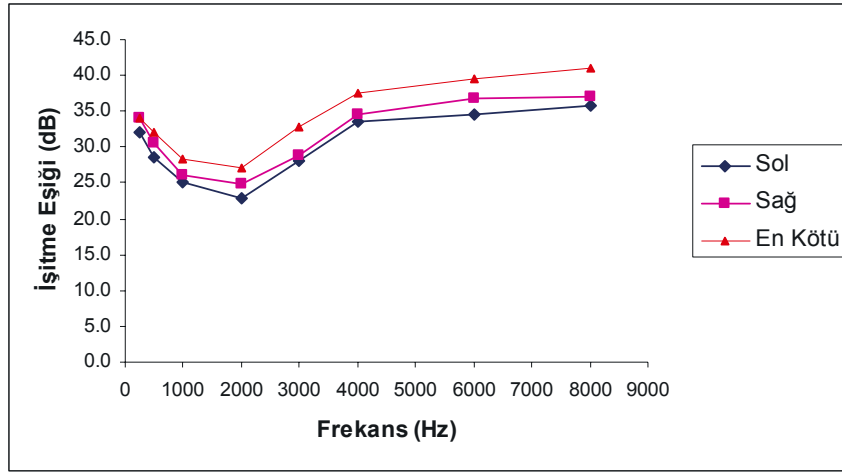
Tablo 7.5: En zayıf kulağa ait ortalama işitme eşiği ve standart sapma değerleri

İşçilikler		Sağ Kulak İşitme Eşiği (dB)								N
		250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	
Nakliyat	Ort.		39,3	33,8	30,5	32,8	42,6	41,4	40,2	65
	Std.		9,1	10,0	11,0	12,8	14,0	14,5	12,5	
Kuyu Vinç	Ort.	34,0	32,0	28,4	27,0	32,9	37,7	39,6	41,0	47
	Std.	6,8	6,4	7,1	7,7	11,2	9,7	11,1	11,0	
Sinyal	Ort.		33,7	27,7	25,2	29,6	38,9	36,2	36,7	41
	Std.		6,0	5,1	5,2	7,7	10,3	10,6	12,4	
Mekanizasyon ve Pres	Ort.		42,0	35,7	31,1	33,1	44,6	44,5	44,2	52
	Std.		8,1	8,6	6,4	8,4	11,2	14,6	14,7	
Sondaj	Ort.	43,4	38,8	35,7	36,0	42,5	53,5	50,3	49,9	34
	Std.	10,7	9,8	10,7	11,1	16,4	15,6	16,1	18,8	
Tulumba	Ort.		32,3	30,0	27,9	34,8	45,5	44,1	44,3	28
	Std.		9,1	11,8	10,8	13,8	11,8	12,8	13,9	
Kompresör	Ort.	41,0	36,7	31,7	29,3	35,5	44,3	41,2	41,4	21
	Std.	10,9	9,9	10,4	9,4	12,5	14,9	15,2	14,4	
Ana Pervane	Ort.		36,7	29,0	27,7	30,0	41,0	41,0	42,0	15
	Std.		5,6	6,3	6,5	7,8	9,3	10,0	13,6	
Ağaç İşleri	Ort.		39,4	37,5	36,3	43,8	50,6	50,0	47,5	8
	Std.		15,0	10,4	10,6	9,2	10,8	13,6	13,6	
Maden Makineleri Fabrikası	Ort.	48,2	42,5	37,0	33,8	39,4	47,2	47,9	47,5	100
	Std.	6,7	6,1	6,6	8,4	14,1	18,0	19,2	18,5	

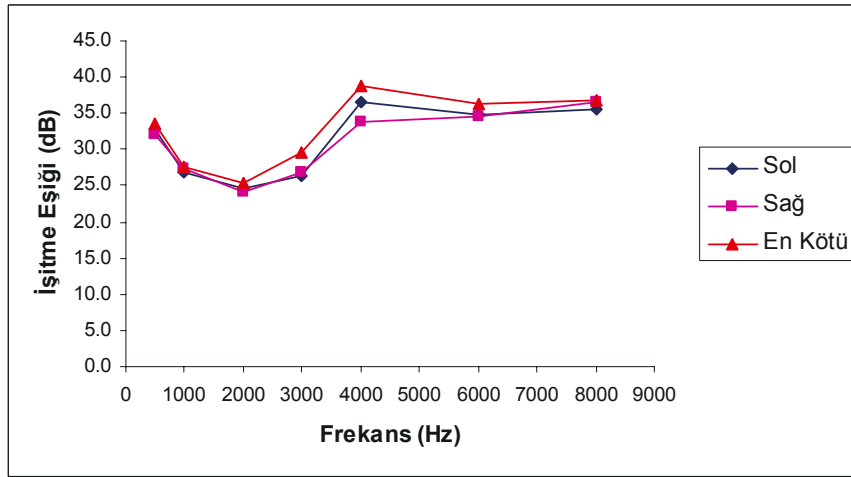
Bütün meslek grupları için sol kulak, sağ kulak ve en zayıf kulağa göre elde edilen ortalama işitme eşiği değerlerinin frekanslara göre değişimi Şekil 7.1 – 7.10’da gösterilmiştir.



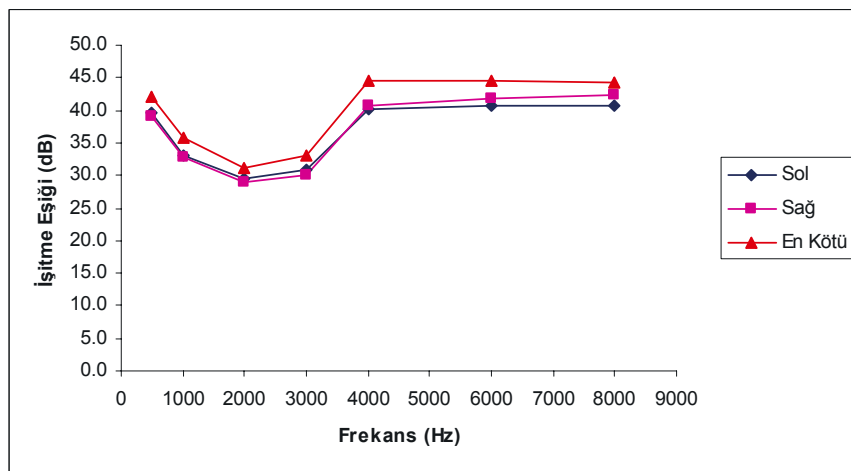
Şekil 7.1: Nakliyat işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi



Şekil 7.2: Kuyu Vinç işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi

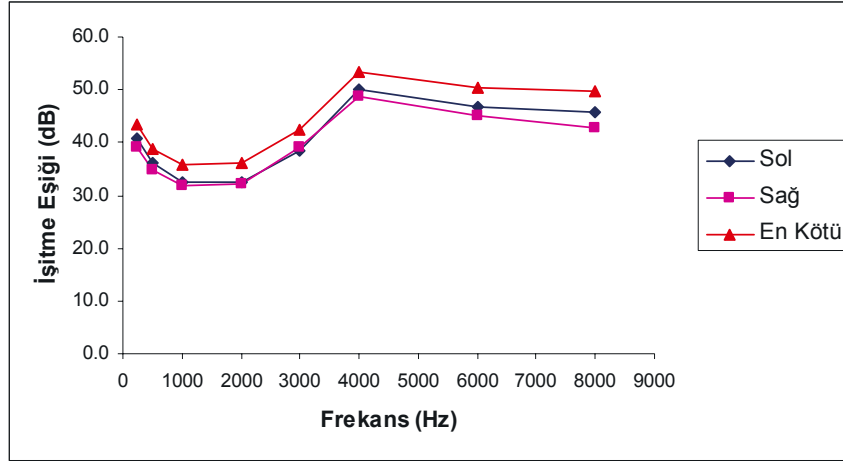


Şekil 7.3: Sinyal işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi

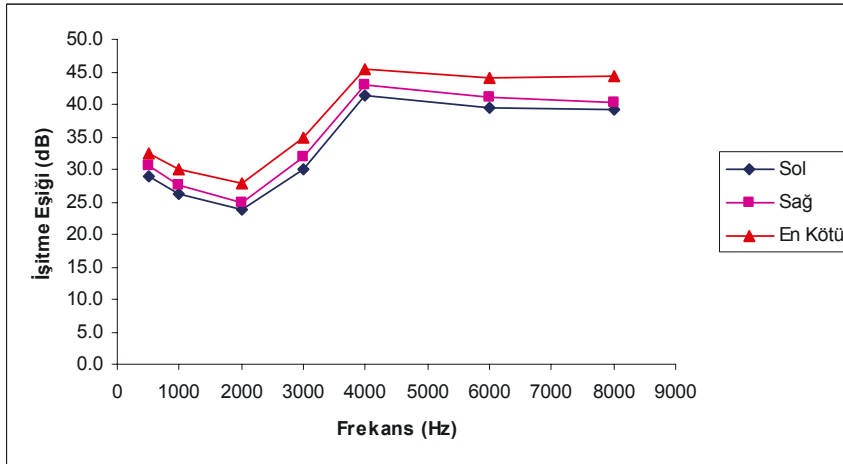


Şekil 7.4: Mekanizasyon ve Pres işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi

Şekil 7.1 – 7.10’den da görüleceği gibi, sol kulak, sağ kulak ve en zayıf kulak ortalama işitme eşik değerleri başlangıç frekanslarından 2.000 Hz frekansına kadar sabit şekilde düşüş gösterirken 3.000 Hz’den 4.000 Hz’e doğru hızlı bir artış göstermekte ve 4000 Hz’de en büyük değerine ulaşmaktadır. 4.000 – 8.000 Hz arasında ise yatay bir seyir izlemektedir. Bu sonuçlar, çalışmada elde edilen odiyometrik verilerin literatür bilgileri ile uyumlu olduğu göstermektedir.

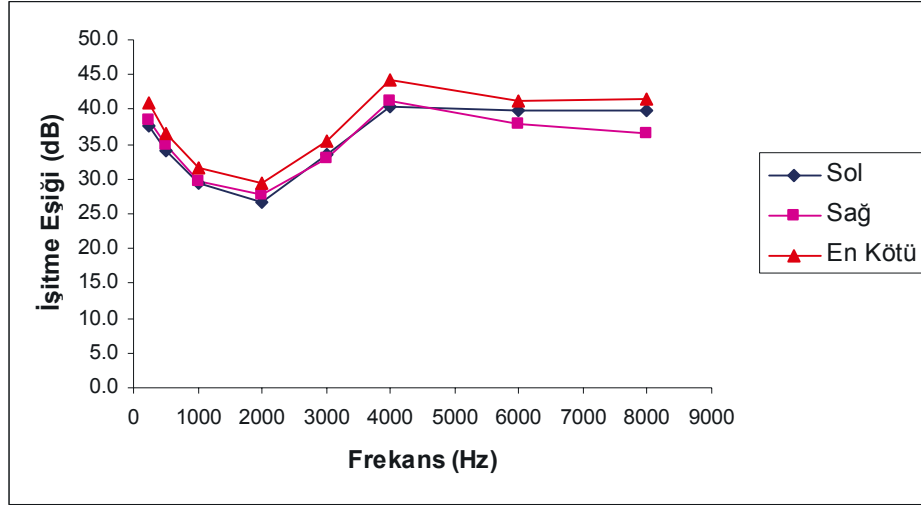


Şekil 7.5: Sondaj işçisi ortalama işitme eşik değeri frekansla değişimi

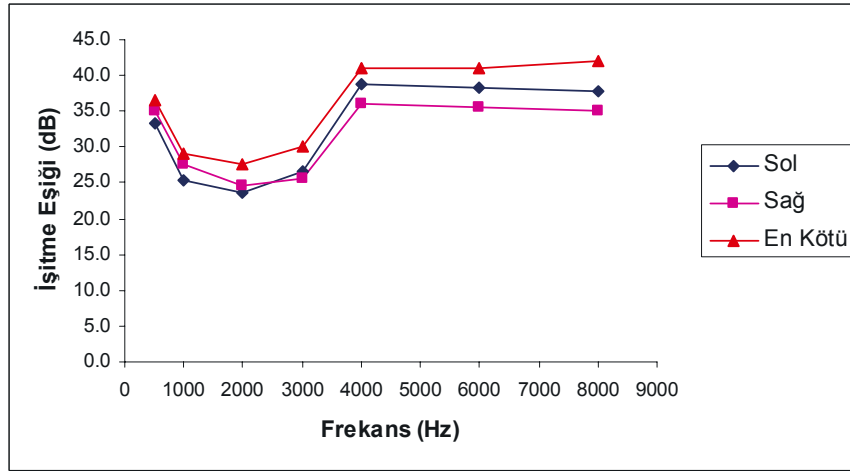


Şekil 7.6: Tulumba işçisi ortalama işitme eşik değeri frekansla değişimi

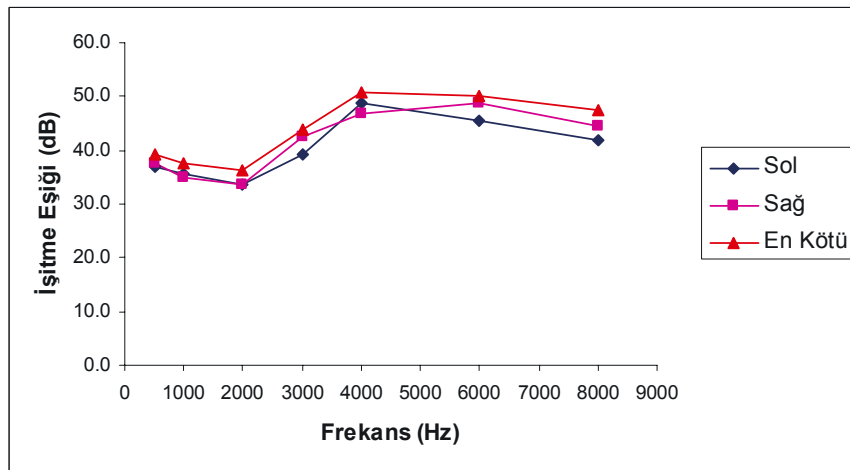
İşitme kaybının gürültüye bağlı olarak gelişip gelişmediğinin anlaşılması için Amerikan Oftalmoloji ve Otolaringoloji Akademisi Baş ve Boyun Cerrahisi tarafından bir tanımlama yapılmıştır (Hong, 2005). Buna göre, eğer 500, 1.000 ve 2.000 Hz frekans bileşimindeki ortalama işitme eşik değeri 4.000 Hz işitme eşik değerinden küçükse; veya 500, 1.000 ve 2.000 Hz frekans bileşimindeki sol ve sağ kulak ortalama işitme eşik değeri arasındaki fark 15 dB’den küçük ise gelişen işitme kaybının gürültüden kaynaklandığı kabul edilmektedir.



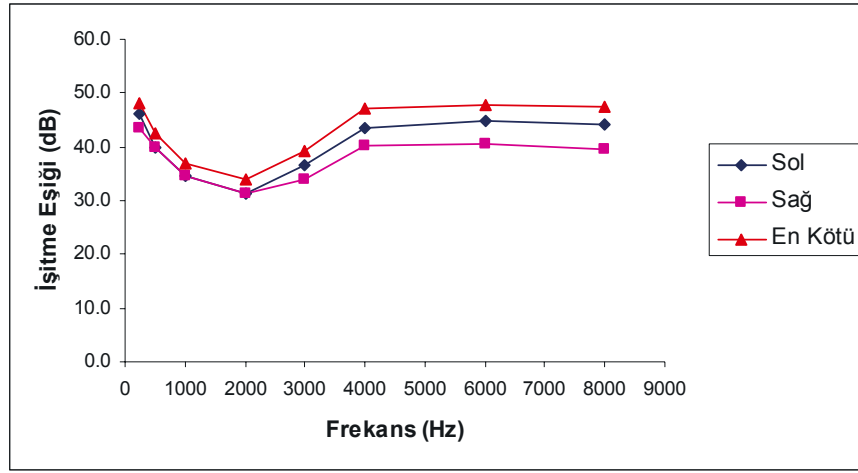
Şekil 7.7: Kompresör işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi



Şekil 7.8: Ana Pervane işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi



Şekil 7.9: Ağaç İşleri işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi



Şekil 7.10: Maden Makineleri Fabrikası işçisi ortalama işitme eşiği değerinin frekansla değişimi

Şekil 7.1 – 7.10’den da görüleceği gibi, bütün meslek gruplarına ait 500, 1.000 ve 2.000 Hz frekanslardaki ortalama işitme eşik değerleri 4.000 Hz ortalama işitme eşiği değerinden küçüktür. Ayrıca 500, 1.000 ve 2.000 Hz frekans bileşimindeki sol ve sağ kulak ortalama işitme eşiği değerleri de birbirine oldukça yakın görünmektedir. Her ikisi arasındaki fark hiç bir meslek grubunda 15 dB’den büyük değildir. Dolayısıyla bütün meslek grupları için tespit edilen işitme kayıplarının gürültüye bağlı olarak geliştiği söylenebilir.

7.4.1. Türkiye Taşkömürü Kurumu Çalışanlarında Gürültüye Bağlı İşitme Kaybının Sınıflandırılması

TTK’da çalışan 411 maden işçisinin işitme kayıpları işçilerin mesleklerine ve yaş gruplarına göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. İşitme kayıplarının tespit edilmesi için test sonuçlarının değerlendirilmesinde ISO-1999 ve TS-2607-ISO-1999 Standartları’nda önerilen 500, 1.000, 2.000 ve 4.000 Hz frekans bileşimi dikkate alınmıştır. Tespit edilen işitme kayıplarının değerlendirilmesinde WHO’nun önerdiği sınıflandırma kullanılmıştır. Değerlendirmeler en iyi ve en zayıf kulağa göre ayrı ayrı yapılmıştır.

İşçilerin en iyi kulağa göre uğradıkları işitme kayıplarının mesleklere göre sınıflandırılması Tablo 7.6’da verilmiştir.

Kuyu Vinç, Sinyal, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj, Tulumba, Kompresör, Ana Pervane ve Ağaç İşleri gruplarında 60 dB’den büyük işitme kayıpları saptanmamıştır.

Nakliyat işçilerinin ise % 6,2'sinde ileri derecede işitme kaybı olduğu (> 60 dB) tespit edilmiştir. Aynı şekilde Maden Makineleri Fabrikası'nda çalışan işçilerin % 1'i ileri derecede işitme kaybına sahiptir.

Kuyu Vinç işçilerinin % 53,2'sinde, Sinyal işçilerinin % 41,5'inde Tulumbacıların % 46,4'ünde tespit edilen işitme kayıpları normal (< 25 dB) düzeydedir. Aynı meslek grupları için tespit edilen hafif derecede işitme kaybı (26 – 40 dB) oranları ise sırasıyla % 46,8, % 58,5 ve % 50,0'dir. Ayrıca Tulumba işçilerinin % 3,6'sında ileri derecede işitme kaybı olduğu belirlenmiştir.

Nakliyat işçilerinin % 7,7'sinin işitme düzeyleri normaldir. % 78,5'inde hafif derecede işitme kaybı, % 7,6'sında ise orta derecede işitme kaybı olduğu tespit edilmiştir.

Sondaj işçilerinin % 17,6'sın da işitme düzeyleri normaldir. % 61,8'inde hafif derecede işitme kaybı, % 20,6'sında ise orta derecede işitme kaybı olduğu tespit edilmiştir.

Toplam 52 Mekanizasyon ve Pres işçisinden %15,4'ünün işitme düzeyi normal olup, % 78,8'inde hafif derecede ve % 5,5'inde ise orta derecede işitme kaybı belirlenmiştir.

Maden Makineleri Fabrikası'nda çalışan 100 işçinin % 9'unun işitme düzeyi normaldir. % 77'sinde hafif, %13'ünde ise orta derecede işitme kaybı vardır.

Tablo 7.6: En iyi kulağa göre işitme kaybı sıklığı

Meslek Grupları	İşitme Kaybı (%)			
	≤ 25 dB	26 – 40 dB	41 – 60 dB	> 60 dB
Nakliyat	7,7	78,5	7,6	6,2
Kuyu Vinç	53,2	46,8		
Sinyal	41,5	58,5		
Mekanizasyon ve Pres	15,4	78,8	5,8	
Sondaj	17,6	61,8	20,6	
Tulumba	46,4	50,0	3,6	
Kompresör	28,6	61,9	9,5	
Ana Pervane	33,3	66,7		
Ağaç İşleri	12,5	75,0	12,5	
Maden Makineleri Fabrikası	9,0	77,0	13,0	1,0

İşçilerin en zayıf kulağa göre uğradıkları işitme kayıplarının mesleklerine göre sınıflandırılması Tablo 7.7'de verilmiştir.

Tablo 7.7: En zayıf kulağa göre işitme kaybı sıklığı

Meslek Grupları	İşitme Kaybı (%)			
	≤ 25 dB	26 – 40 dB	41 – 60 dB	> 60 dB
Nakliyat	6,2	73,8	13,8	6,2
Kuyu Vinç	12,8	85,1	2,1	
Sinyal	14,6	83,0	2,4	
Mekanizasyon ve Pres	1,9	61,6	36,5	
Sondaj	2,9	55,9	29,4	11,8
Tulumba	17,9	64,2	17,9	
Kompresör	14,3	57,1	28,6	
Ana Pervane	6,7	80,0	13,3	
Ağaç İşleri	12,5	50,0	25,0	12,5
Maden Makineleri Fabrikası	1,0	60,0	35,0	4,0

En zayıf kulağa göre yapılan değerlendirmede Kuyu Vinç, Sinyal, Mekanizasyon ve Pres, Tulumba, Kompresör ve Ana Pervane gruplarında 60 dB’den büyük işitme kayıpları saptanmamıştır.

Nakliyat işçilerinin % 6,2’sinde ileri derecede işitme kaybı olduğu (> 60 dB) tespit edilmiştir. % 73,8 ve % 13,8’inde sırasıyla hafif ve orta derecede işitme kaybı olduğu, % 6,2’sinin ise işitme düzeyinin normal olduğu tespit edilmiştir.

Sondaj işçilerinin % 2,9’unun işitme düzeyi normal düzeydedir. Aynı meslek grubu için ileri derecede işitme kaybı oranı ise % 11,8’dir. Hafif ve orta derecede işitme kaybı oranları ise sırasıyla % 55,9 ve % 29,4 olarak belirlenmiştir.

Ağaç işleri işçilerinin % 12,5’inde ileri derecede işitme kaybı tespit edilmiştir. İşitme düzeyi normal olanların oranı da yine % 12,5’dir. Ayrıca % 50’sinde hafif, % 25’inde ise orta derecede işitme kaybı olduğu görülmektedir.

Kuyu Vinç işçilerinin % 12,8’inde, Sinyal işçilerinin % 14,6’sında, Tulumbacıların % 17,9’unda ve Kompresör işçilerinin % 14,3’ünde tespit edilen işitme kayıpları normal (< 25 dB) düzeydedir. Aynı meslek grupları için belirlenen hafif (26 – 40 dB) derecede işitme kaybı oranları ise sırasıyla % 85,1, % 83,0, % 64,2 ve % 57,1 olarak bulunmuştur. Orta (40 – 60 dB) derece işitme kayıpları oranları ise yine aynı meslek grupları için sırasıyla % 2,1, % 2,4, 17,9 ve 28,6’dır.

Mekanizasyon ve Pres işçilerinin en zayıf kulağa göre % 1,9’unun işitme düzeyi normaldir. % 61,6’sında hafif derecede ve % 36,5’inde ise orta derecede işitme kaybı olduğu belirlenmiştir.

Maden Makineleri Fabrikasında çalışan 100 işçiden sadece % 1'inin işitme düzeyi normaldir. % 60'ında hafif, % 35'inde ise orta derecede işitme kaybı vardır. İşçilerinin % 4'ünde ileri derecede işitme kaybı olduğu (> 60 dB) tespit edilmiştir.

Yaşla birlikte gürültüye bağlı işitme kaybının arttığı bilinmektedir. TTK'da çalışan 411 maden işçisinin gürültüye bağlı işitme kaybı yaş gruplarına göre değerlendirilmiştir. En iyi ve en zayıf kulağa göre işitme kayıpları işçilerinin ait oldukları yaş gruplarına göre incelenmiş ve değerlerin dağılımı Tablo 7.8 ve 7.9'da verilmiştir.

İşçiler yaşlarına göre 30 yaşından küçük, 30 – 39, 40 – 49, 50 – 59 ve 60 yaşından büyük olmak üzere 5 farklı yaş grubuna ayrılmıştır.

411 işçinin % 11'i 30 yaşından küçüktür. En çok işçi 30 – 39 ve 40 – 49 yaş gruplarındadır. Bu gruplardaki işçilerin oranı sırasıyla % 31 ve % 42'dir. İşçilerin % 12'si 50 – 59 yaş grubuna ait iken sadece % 3'ünün yaşı 60'dan büyüktür.

En iyi kulak ortalama işitme eşiği değerine göre, yukarıda belirtilen gruplar için tespit edilen ortalama işitme eşiği değerleri 23,2 – 48,1 dB arasında değişmektedir. İşçilerin yaşları arttıkça ortalama işitme eşiği değerlerinin de buna paralel olarak arttığı görülmektedir.

Tablo 7.8: En iyi kulağa göre işitme kaybının yaşa bağlı dağılımı.

Yaş	İşitme Kaybı (%)				İşçi Sayısı	Ortalama İşitme Eşiği (Std), dB
	≤ 25 dB	26 – 40 dB	41 – 60 dB	> 60 dB		
< 30	73,9	26,1			46	23,2 (3,4)
30 - 39	41,7	58,3			127	26,7 (3,6)
40 - 49	2,9	95,4	1,7		173	33,0 (4,0)
50 - 59		60,8	39,2		51	39,3 (4,9)
≥ 60		14,3	85,7		14	48,1 (5,9)

30 yaşından küçük ve 30 – 39 yaş grubundaki işçilerde belirlenen işitme kaybı değerlerinin tümü 40 dB'den küçüktür. 30 yaşından küçük işçilerin % 73,9'unun işitme düzeyleri normal (< 25 dB) ve % 26,1'inin ise hafif (26 – 40 dB) derecededir. 30 – 39 yaş grubundaki işçilerin içinde işitme düzeyi normal olanların oranı % 41,7 iken, hafif derecede işitme kaybı tespit edilenlerin oranı % 58,3'dür.

40 – 49 yaş grubundaki işçilerin % 2,9'unda normal düzeyde işitme kaybı tespit edilmiştir. % 95,4'ü gibi büyük bir oranında ise hafif derecede işitme kaybı vardır.

Orta derecede işitme kaybı tespit edilenlerin oranı ise sadece % 1,7 olarak belirlenmiştir.

50 – 59 ve 60 yaşından büyük işçi gruplarının ise işitme kayıpları doğal olarak diğerlerinden daha büyüktür. Söz konusu gruplarda işitme düzeyi normal olan işçi bulunmamaktadır. 50 – 59 yaş grubundaki işçiler arasında hafif derecede işitme kaybı bulunanların oranı % 60,8, orta derecede işitme kaybı tespit edilenlerin oranı ise % 39,2 olarak belirlenmiştir. 60 yaşından büyük işçi grubundaki işçilerin büyük kısmında orta derecede işitme kaybı (% 85,7) tespit edilmiştir. Bu grupta hafif derecede işitme kaybı olanların oranı ise % 14,3 olarak belirlenmiştir.

En zayıf kulak ortalama işitme eşiği değerine göre, Tablo 7.9'dan da görüldüğü gibi, belirlenen yaş gruplar için tespit edilen ortalama işitme eşiği değerleri 27,5 – 61,9 dB arasında değişmektedir. İşçilerin yaşları arttıkça ortalama işitme eşiği değerlerinin de buna paralel olarak arttığı görülmektedir.

Tablo 7.9: En kötü kulağa göre işitme kaybının yaşa bağlı dağılımı.

Yaş	İşitme Kaybı (%)				İşçi Sayısı	Ortalama İşitme Eşiği (Std), dB
	≤ 25 dB	26 – 40 dB	41 – 60 dB	> 60 dB		
< 30	37,0	63,0			46	27,5 (3,9)
30 - 39	6,3	93,7			127	31,6 (3,9)
40 - 49		73,4	26,6		173	37,6 (4,3)
50 - 59		17,7	78,4	3,9	51	47,3 (6,3)
≥ 60			28,6	71,4	14	61,9 (5,4)

30 yaşından küçük ve 30 – 39 yaş grubundaki işçilerin tamamında tespit edilen işitme kayıpları 40 dB'den küçüktür. 30 yaşından küçük işçilerin % 37'sinin işitme düzeyleri normal (< 25 dB) ve % 63'ünün ise hafif derecededir. 30 – 39 yaş grubundaki işçilerin içinde işitme düzeyi normal olanların oranı % 6,3 iken, hafif derecede işitme kaybı belirlenenlerin oranı % 93,7'dir.

Yaşı 40'ın üzerinde olanlarda işitme düzeyi normal işçi bulunmamaktadır. 40 – 49 yaş grubundaki işçilerin % 73,4'ünde hafif derecede işitme kaybı tespit edilmiştir. % 26,6'sında ise orta derecede işitme kaybı vardır. 50 – 59 yaş grubu için hafif, orta ve ileri derecede işitme kaybı tespit edilenlerin oranları sırasıyla % 17,7, % 78,4 ve % 3,9'dur.

60 yaşından büyük işçi grubunda işitme düzeyi normal olan ve hafif derecede işitme kaybı tespit edilen işçi bulunmamaktadır. İşitme kaybı orta derecede olanların oranı % 28,6, ileri derecede olanların oranı ise % 71,4'tür.

7.4.2. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybını Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda çalışan işçilerin işitme kayıpları ile yaş ve gürültü düzeyi arasındaki ilişki istatistiksel yöntemlerden regresyon analizi ile araştırılmıştır.

Bilimsel olarak regresyon terimi bir değişkenle başka bir (ya da birden çok) değişken arasında ilişki kurma işini ve ilişkinin biçimini anlatır. İstatistiksel anlamda, iki değişken arasındaki ilişki, bunların değerlerinin karşılıklı değişimleri arasında bir bağıllık şeklinde anlaşılır (Montgomery ve Peck, 1992). Değişkenler arasındaki neden sonuç ilişkisinin matematiksel bir fonksiyonla ifade edilmesi regresyon analizinin konusunu oluşturmaktadır (Draper ve Smith, 1981).

İki değişken arasındaki ilişkinin ne tür bir fonksiyon tipine uyduğu, yaklaşık olarak serpilme diyagramı çizerek belirlenebilir (Şahinler, 2000). Serpilme diyagramında noktaların durumu ve genel seyri, iki değişken arasında ilişki olup olmadığını ve varsa ilişkinin ne tür bir fonksiyon tipine uyduğunun belirlenmesinde yardımcı olur. Serpilme diyagramı yalnız ilişkinin olup olmadığını ve fonksiyonun şeklini göstermekle kalmaz, ilişkinin derecesi hakkında da bilgi verir.

Regresyon analizinde değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığı da önemlidir. Dolayısıyla değişkenler arasındaki ilişki doğrusal olduğunda doğrusal regresyon modeli, doğrusal olmadığına ise doğrusal olmayan regresyon modelleri söz konusu olur. İki değişken arasındaki ilişki logaritmik, eksponansiyal, polinomial ve üstel fonksiyon şeklinde ise bu fonksiyonlar lineer fonksiyon şekline dönüştürülerek doğrusal regresyon modeli uygulanmaktadır (Kleinbaum ve Kupper, 1978).

Genel olarak basit doğrusal regresyon modeli Eşitlik (7.1) de verildiği gibidir.

$$Y = a + bX + e \quad (7.1)$$

Burada a ve b bilinmeyen regresyon katsayılarını, "e" ise gözlemlerde rassallığa bağlı olarak meydana gelen sapmaları (hata oranı) gösterirler. Regresyon analizinin

temel amacı regresyon katsayıları a ve b'nin, e hata oranını minimum yapacak şekilde tayin edilmesidir. Basit doğrusal regresyon denklemindeki katsayıları tahmin etmede En Küçük Kareler Yöntemi kullanılmaktadır (Alma ve Vupa, 2007).

Regresyon analizi yapıldıktan sonra elde edilen modelin yeterli olup olmadığının kontrolü regresyon analizinin en önemli bölümüdür. Elde edilen modelin doğru modele yeteri kadar yaklaştığını belirlemek ve en küçük kareler yöntemi ile yapılan regresyon analizinin tüm varsayımları sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek gerekmektedir. Regresyon analizinde modelin yeterliliğini belirlemek için “Korelasyon Analizi”, modelin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını test etmek için “Varyans Analizi (ANOVA)” ve modeldeki katsayıların ayrı ayrı önem kontrolleri için de “t testi” kullanılmaktadır (Şahinler, 2000).

Korelasyon analizi bağımsız değişken veya değişkenlerle bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi oran (derece, yüzde) olarak gösteren “Korelasyon Katsayısı”nın hesaplanmasına dayanmaktadır. R ile gösterilen korelasyon katsayısı ± 1 arasında değer almakta ve Eşitlik (7.2)'ye göre hesaplanmaktadır. Korelasyon katsayısının 1'e yaklaşması ilişkinin güçlü, 0'a yaklaşması ise zayıf olduğunu göstermektedir. Korelasyon katsayısının işareti ilişkinin yönünü yansıtmaktadır. Değişkenler birlikte artıyor veya azalıyorsa korelasyon katsayısı pozitif işaret alarak, ilişkinin pozitif yönde olduğunu gösterir. Negatif işaret alması ise, değişkenlerden biri artarken diğeri azalıyor demektir, ilişkinin negatif yönde olduğu anlaşılır. Korelasyon katsayısı 1'e çok yakın olduğunda seçilen bağımsız değişken veya değişkenlerin bağımlı değişkeni çok iyi açıkladıkları ve aynı zamanda seçilen fonksiyon tipinin de uygun olduğu ortaya çıkmaktadır.

$$R = \frac{\sum x.y}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (7.2)$$

Korelasyon katsayısının (R) karesi “Belirtme Katsayısı (R^2)” olarak tanımlanmaktadır. Belirtme katsayısı, doğrusal modelin uyum derecesinin en iyi ölçüsüdür. Söz konusu katsayı, bağımlı değişkendeki (Y) değişimin ne kadarının bağımsız değişken (X) veya değişkenler tarafından açıklandığını ifade eder (Bülbül ve Yalçınpınar, 2007). Bu durum, regresyon modelinin açıklayıcılık gücünün iyi bir göstergesidir.

Belirtme katsayısının serbestlik derecesine göre yeniden düzenlenmiş haline “Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R_d^2)” denir. Bu parametre modele giren bağımsız değişkenler ve gözlem sayısının (n) yeterliliği konusunda bilgiler verir. Eğer R^2 ve R_d^2 değerleri bir birine yakınsa gözlem sayısının yeterli olduğu, aksi durumda ise anlamlı katkıları olmayan değişkenlerin modele dahil edildiği anlaşılır.

Regresyon denkleminde dayanılarak X’in belirli değerleri için teorik Y değerleri hesaplanabilmektedir. Gerçek değerler ile teorik değerlerin toplamı bir birine eşit olmakla birlikte, değerler tek tek karşılaştırıldığında aralarında az ya da çok farklar olacaktır. Belirlenen farklar, tahmin hatalarından ileri gelmektedir. Bu hataların genel ve ortalama ölçüsüne “Tahminlerin Standart Hatası” denir ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum Y^2 - a \sum Y - b \sum X.Y}{n - 2}} \quad (7.3)$$

Serpilme diyagramında noktaların regresyon doğrusu etrafındaki dağılımlarının ortalama bir ölçüsü olarak standart hata, yapılan tahminlerde gerçeğe nazaran ne kadar sapma (hata payı) beklenildiğini gösterir. Standart hata büyüdükçe tahminler büyük hata payı içerir ve güvenilirliğini kaybeder.

Türkiye Taşkömürü Kurumu’na bağlı Yeraltı ve Yerüstü İşyerleri ile Maden Makineleri Fabrikasında çalışan 411 işçinin 500, 1.000, 2.000 ve 4.000 Hz frekans bileşimindeki ortalama işitme eşiği değerleri ile yaş ve etkisi altında kaldıkları günlük gürültü etkilenme düzeyi ($L_{EX, 8h}$) arasındaki ilişki regresyon analizi ile araştırılmıştır. İstatistiksel değerlendirmelerde SPSS-13.0 (Statistical Package for the Social Sciences) programı kullanılmıştır.

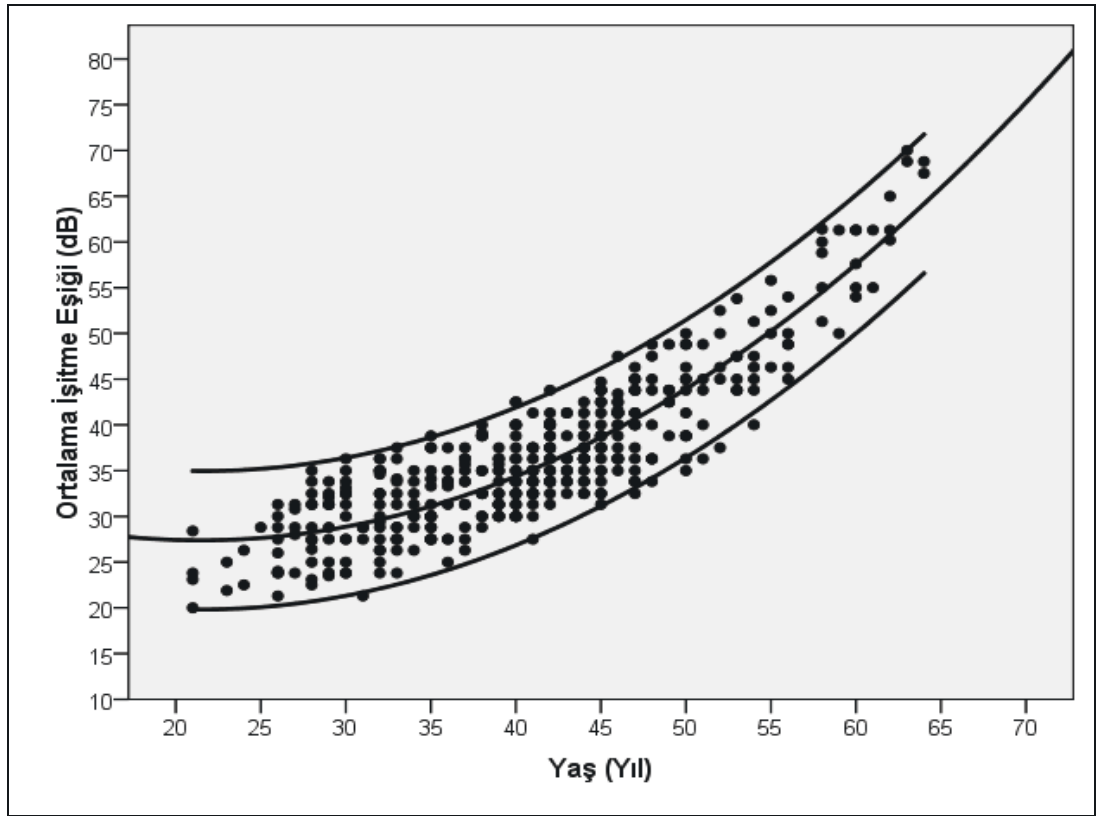
Gürültüye bağlı işitme kaybına etki eden faktörler arasında yaş ve etkilenme süresi önemli yer tutmaktadır. Bu iki faktör arasında da çok sıkı bir bağ vardır. Şöyle ki, yaş arttıkça etkilenme süresi de artmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada yaş ve etkilenme süresi eş anlamlı olarak kullanılmıştır.

İşçilerin yaşları ile ortalama işitme eşiği bir başka ifade ile işitme kaybı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için öncelikle elde edilen verilerin serpilme diyagramı üzerindeki dağılımı incelenmiştir. Bu dağılıma uygun olabileceği düşünülen Lineer, Logaritmik, Parabolik ve Üssel regresyon modelleri denenmiştir. Denenen regresyon

modellerinden, bazı istatistiksel ölçütlere (Belirtme Katsayısı ve Tahminin Standart Hatası) bağlı olarak en iyi sonucu veren model seçilmiştir.

Söz konusu modeller arasından belirtme katsayısı en yüksek ve standart hatası en düşük olan parabolik (polinomial) regresyon modeli en uygun model olarak seçilmiştir. Yaş bağımsız değişkenine (X) bağlı olarak ortalama işitme eşiği bağımlı değişkenindeki (Y) değişimi gösteren grafik Şekil 7.11’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, işçilerin 500, 1.000, 2.000 ve 4.000 Hz frekans bileşimindeki ortalama işitme eşiği değerleri ile yaşları (etkilenme süresi) arasında anlamlı bir ilişki vardır. Elde edilen regresyon denklemi Eşitlik (7.4)’de verilmiştir.

$$Y = 0.02X^2 - 0.87X + 36.71 \quad (7.4)$$



Şekil 7.11: Ortalama işitme eşiği ve yaş arasındaki ilişki

İşçilerin yaşları ile ortalama işitme eşiği bir başka ifade ile işitme kaybı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 7.10’da özet olarak verilmiştir.

Tablo 7.10’dan da görüleceği gibi, yaş ile ortalama işitme eşiği arasındaki ilişkide belirtme katsayısı $R^2 = 0,802$ olarak bulunmuştur. Bu değer bağımsız değişken olan

yaşın ortalama işitme eşiğindeki toplam değişimi açıklayabilme oranının yaklaşık % 80 olduğunu göstermektedir. Geri kalan % 20'lik açıklanamayan kısım hata terimi vasıtasıyla modele dahil edilmeyen faktörler nedeniyle oluşmuştur.

Düzeltilmiş belirtme katsayısı $R_d^2 = 0,801$ olarak bulunmuştur ve $R^2 = 0,802$ ile aralarında büyük bir fark yoktur. Bu durumda modeli oluşturmak için kullanılan gözlem sayısının yeterli olduğu söylenebilir. Ayrıca, korelasyon katsayısı $R = 0,895$ olarak hesaplanmıştır.

Gerek belirtme katsayısının gerekse korelasyon katsayısının 1'e yakın olması iki değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Regresyon analizi ile yapılan tahminlerde gerçeğe nazaran ne kadar sapma (hata payı) beklenildiğini gösteren standart hata miktarı ise 3,83 dB olarak bulunmuştur.

Tablo 7.10: Ortalama işitme eşiği ve yaş ile ilgili regresyon analizi sonuçları

Regresyon Modeli Özeti					
R	R ²	Düzeltilmiş R ²		Standart Hata	
0,895	0,802	0,801		3,825	
Varyans Analizi (ANOVA)					
Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Regresyon	24134,095	2	12067,047	824,647	0,000
Kalıntı	5970,256	408	14,633		
Toplam	30104,350	410			
Regresyon Denkleminin Katsayıları					
Katsayılar	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t - testi	Önem Düzeyi
	B	Standart Hata	Beta		
X	-0,871	0,155	-0,905	-5,628	0,000
X ²	0,020	0,002	1,783	11,093	0,000
Sabit	36,711	3,186		11,524	0,000

En küçük kareler yöntemi uygulanarak gerçekleştirilen regresyon analizinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığını test etmek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları da Tablo 7.10'da verilmiştir. Tablo incelendiğinde regresyon analizinin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0,001$) görülmektedir.

Regresyon denkleminin ikinci derece teriminin katsayısı 0,020, birinci derece teriminin katsayısı - 0,871 ve sabit terimi ise 36,711 olarak hesaplanmıştır. Her üç katsayı da istatistiksel olarak $p < 0,001$ önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Gürültü düzeyi ile bağımlı değişken işitme kaybı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için bağımsız değişken olarak detayları Bölüm 6’da verilen Nakliyat, Kuyu Vinç, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj Operatörü, Tulumbacı, Kompresör, Anapervane Operatörü, Ağaç İşleri İşçiliği ve Maden Makineleri Fabrikası İşçiliği olmak üzere 10 farklı homojen etkilenim grubu için tespit edilen ortalama günlük gürültü etkilenim düzeyi değerleri kullanılmıştır.

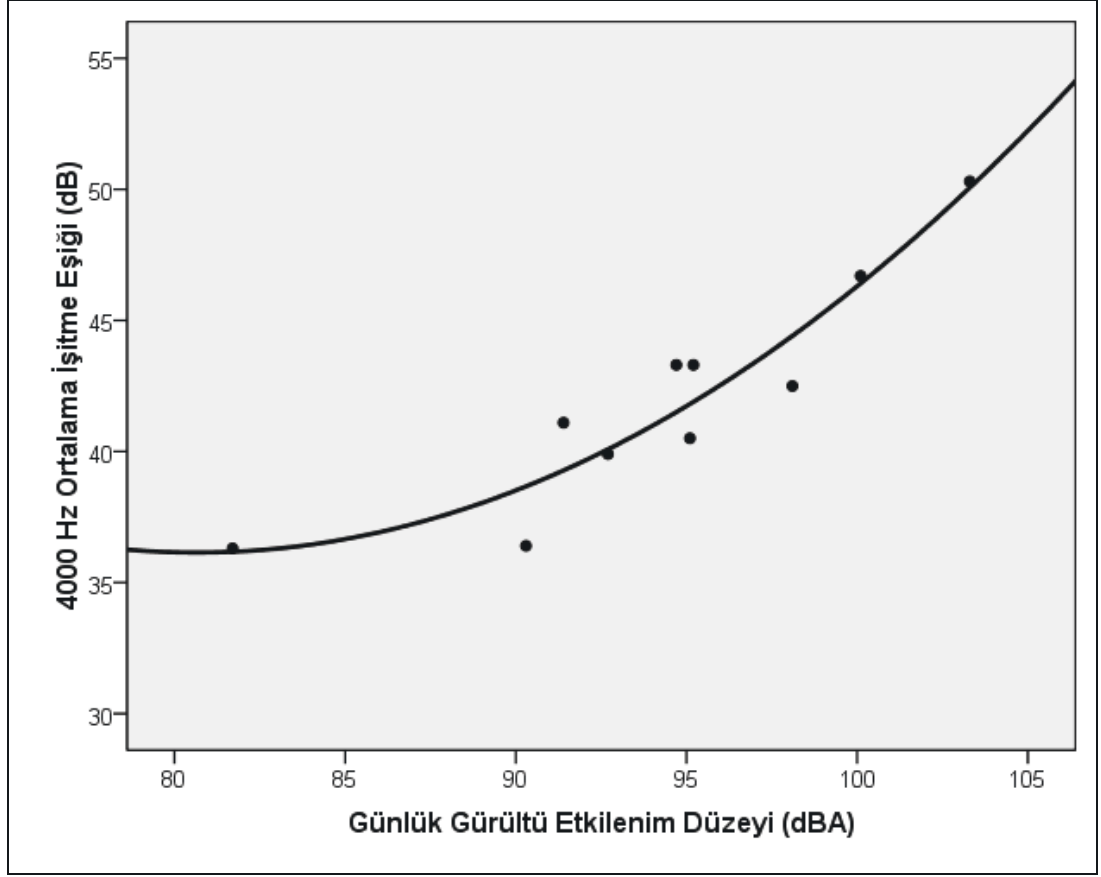
Daha öncede belirtildiği gibi gürültüye bağlı işitme kaybı en erken 4.000 Hz’de, daha sonra 3.000 ve 6.000 Hz ortaya çıkmaktadır. Genellikle en büyük kayıp kulağın en hasas frekans bölgesi olan 4.000 Hz’de görülür ve gürültüye bağlı işitme kaybının birincil göstergesi olarak kabul edilmektedir. Gürültüye bağlı işitme kaybının gelişebilmesi için belirli bir süre gerekmektedir. Devamlı gürültü etkisinde kalınması durumunda 4.000 Hz frekansdaki işitme kaybı 10 – 15 yıl içinde en üst düzeye ulaşmaktadır. Bu nedenle bağımlı değişken olarak 40 yaşından büyük, Nakliyat, Kuyu Vinç, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj Operatörü, Tulumbacı, Kompresör, Anapervane Operatörü, Ağaç İşleri İşçiliği ve Maden Makineleri Fabrikası İşçilerinin 4.000 Hz frekansındaki ortalama işitme eşiği değerleri kullanılmıştır.

Ortalama günlük gürültü etkilenim düzeyi ile ortalama işitme eşiği bir başka ifade ile işitme kaybı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için öncelikle elde edilen verilerin serpilme diyagramı üzerindeki dağılımı incelenmiştir. Bu dağılıma uygun olabileceği düşünülen Lineer, Logaritmik, Parabolik ve Üssel regresyon modelleri denenmiştir. Denenen regresyon modellerinden, bazı istatistiksel ölçütlere (Belirtme Katsayısı ve Tahminin Standart Hatası) bağlı olarak en iyi sonucu veren model seçilmiştir.

Söz konusu modeller arasından belirtme katsayısı en yüksek ve standart hatası en düşük olan parabolik (polinomial) regresyon modeli en uygun model olarak seçilmiştir. Günlük gürültü etkilenim düzeyi bağımsız değişkenine (X) bağlı olarak 4.000 Hz ortalama işitme eşiği bağımlı değişkenindeki (Y) değişimi gösteren grafik Şekil 7.12’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi 4000 Hz ortalama işitme eşiği değerleri ile günlük gürültü etkilenim düzeyi arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Elde edilen regresyon denklemi Eşitlik (7.5)’de verilmiştir.

$$Y = 0.027 X^2 - 4.38 X + 212.67 \quad (7.5)$$



Şekil 7.12: İşitme kaybı ve günlük gürültü etkilenme düzeyi arasındaki ilişki

Ortalama günlük gürültü etkilenim düzeyi ile 4.000 Hz ortalama işitme eşiği bir başka ifade ile işitme kaybı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 7.11’de özet olarak verilmiştir.

Tablodan da görüleceği gibi, günlük gürültü etkilenim düzeyi ile 4.000 Hz ortalama işitme eşiği arasındaki ilişkide belirtme katsayısı $R^2 = 0,884$ olarak bulunmuştur. Bu değer bağımsız değişken olan günlük gürültü etkilenim düzeyinin 4.000 Hz ortalama işitme eşiğindeki toplam değişimi açıklayabilme oranının yaklaşık % 88 olduğunu göstermektedir. Geri kalan % 12’lik açıklanamayan kısmı hata terimi vasıtasıyla modele dahil edilmeyen faktörler nedeniyle oluşmuştur.

Düzeltilmiş belirtme katsayısı $R_d^2 = 0,851$ olarak bulunmuştur ve $R^2 = 0,884$ ile aralarında büyük bir fark yoktur. Bu durumda modeli oluşturmak için kullanılan gözlem sayısının yeterli olduğu söylenebilir. Ayrıca, korelasyon katsayısı $R = 0,94$ olarak tespit edilmiştir.

Gerek belirtme katsayısının gerekse korelasyon katsayısının 1’e yakın olması iki değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Regresyon analizi

ile yapılan tahminlerde gerçeğe nazaran ne kadar sapma (hata payı) beklenildiğini gösteren standart hata miktarı ise 1,66 dB olarak hesaplanmıştır.

Tablo 7.11: Ortalama işitme eşiği ve günlük gürültü etkilenme düzeyi ile ilgili regresyon analizi sonuçları

Regresyon Modeli Özeti					
R	R ²	Düzeltilmiş R ²		Standart Hata	
0,940	0,884	0,851		1,658	
Varyans Analizi (ANOVA)					
Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Regresyon	146,680	2	73,340	26,681	0,001
Kalıntı	19,241	7	2,749		
Toplam	165,921	9			
Regresyon Denkleminin Katsayıları					
Katsayılar	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t - testi	Önem Düzeyi
	B	Standart Hata	Beta		
X	-4,378	2,194	-6,045	-1,995	0,086
X ²	0,027	0,012	6,944	2,292	0,056
Sabit	212,673	101,424		2,097	0,074

En küçük kareler yöntemi uygulanarak gerçekleştirilen regresyon analizinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığını test etmek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları da Tablo 7.11’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde regresyon analizinin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0,001$) görülmektedir.

Regresyon denkleminin ikinci derece teriminin katsayısı 0,027, birinci derece teriminin katsayısı – 4,378 ve sabit terimi ise 212,673 olarak hesaplanmıştır. Her üç katsayı da istatistiksel olarak $p < 0,001$ önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

8. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda gerçekleştirilen bu araştırmada, yeraltında üretim panoları, hazırlık galerileri, motor garajları, tulumba daireleri, tali vantilatörlerin bulunduğu galeriler, tumba istasyonları ve kuyu dibi tesislerinde; yerüstünde aspiratör ve kompresör daireleri, mekanizasyon-hızar atölyeleri ve kuyu başı tesislerinde, kömür yıkama tesislerinin farklı bölümlerinde ve Maden Makineleri İşletme Müdürlüğü atölyelerinde gürültü ölçmeleri yapılmıştır. Söz konusu bu işyerlerinde 2004 – 2007 yılları arasında değişik zaman dilimlerinde yaklaşık 2.800 adet gürültü ölçümü yapılmıştır.

Armutçuk Taşkömürü İşletme Müessesesi, yeraltı işyerlerinde yapılan 123 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçlarına göre ortalama gürültü düzeyleri ise 74,2 – 106,5 dBA arasında değişmektedir. Gürültü ölçümlerinin yaklaşık % 87'sinde 80 dBA, % 70'inde ise 87 dBA' dan büyük değerler elde edilmiştir. Yerüstü işyerlerinde yapılan 123 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçlarına ortalama gürültü düzeyleri 83,2 – 103,3 dBA arasında değişmektedir. Gürültü ölçümlerinin yaklaşık % 95'inde 80 dBA, % 79'unda ise 87 dBA'dan büyük değerler belirlenmiştir. Armutçuk Lavuarı'ndaki 94 adet gürültü ölçümünün sonuçlarına göre ortalama gürültü düzeyleri ise 87,9 – 102,2 dBA arasında değişmektedir. Ölçümlerin % 100'ünde 80 dBA, % 84'ünde ise 87 dBA'den büyük değerler ölçülmüştür.

Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi yeraltı işyerlerinde 186 adet gürültü ölçümü yapılmış olup, değerlerin istatistiksel analiz sonuçlarına göre ortalama gürültü düzeyleri 69,3 – 104,3 dBA arasında değişmektedir. Ölçümlerin yaklaşık % 88'inde 80 dBA, % 77'sinde ise 87 dBA'dan büyük değerler belirlenmiştir. Yerüstü işyerlerinde yapılan 167 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçlarına göre ortalama gürültü düzeyleri 84,2 – 104,2 dBA arasındadır. Ölçüm sonuçlarının tamamı 80 dBA, % 95'i ise 87 dBA'dan büyüktür.

Üzülmaz Taşkömürü İşletme Müessesesi yeraltı işyerlerinde yapılan 132 adet gürültü ölçüm sonucunun istatistiksel analizi, ortalama gürültü düzeylerinin 75,0 – 106,7 dBA arasında değiştiğini göstermiştir. Ölçümlerin yaklaşık % 88’inde 80 dBA, % 70’inde ise 87 dBA’dan büyük değerler belirlenmiştir. Yerüstü işyerlerinde yapılan 133 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçlarına göre ortalama gürültü düzeyleri 83,5 – 103,2 dBA arasındadır. Gürültü ölçümlerinin tamamında 80 dBA, % 89’unda ise 87 dBA’dan büyük değerler elde edilmiştir.

Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi yeraltı işyerlerinde 219 adet gürültü ölçümü yapılmıştır. Değerlerin istatistiksel analiz sonuçlarına göre yeraltı işyerlerinde ortalama gürültü düzeyleri 74,3 – 103,9 dBA arasındadır. Değerlerin yaklaşık % 90’ı 80 dBA’dan, % 74’ü ise 87 dBA’dan büyüktür. Yerüstü işyerlerinde 188 adet gürültü ölçümü yapılmıştır. Yerüstü işyerlerinde ortalama gürültü düzeyleri 87,5 – 104,5 dBA arasında değişim göstermiş olup, ölçümlerin tamamı 80 dBA’dan, % 94’ü ise 87 dBA’dan büyüktür. Çatalağzı Lavuarı’nda yapılan 216 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları, söz konusu işyerlerinde ortalama gürültü düzeylerinin 71,3 – 97,8 dBA arasında değiştiğini göstermiştir. Gürültü ölçümlerinin % 85’i 80 dBA’dan, % 63’ü ise 87 dBA’dan büyüktür.

Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi yeraltı işyerlerinde ölçülen gürültü değeri 160’tır. Değerlerinin istatistiksel analiz sonuçlarına göre ortalama gürültü düzeyleri 72,3 – 104,2 dBA arasında değişmektedir. Gürültü ölçümlerinin yaklaşık % 86’ında 80 dBA, % 76’sında ise 87 dBA’dan büyük değerler belirlenmiştir. Yerüstü işyerlerinde yapılan 129 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçlarına göre ortalama gürültü düzeyleri ise 86,1 – 102,1 dBA arasındadır. Ölçümlerin yaklaşık % 98’inde 80 dBA, % 80’ninde ise 87 dBA’dan büyük değerler saptanmıştır. Kömür yıkama tesisinde yapılan 96 adet gürültü ölçümü sonucu elde edilen değerlerin ortalamaları 88,9 – 95,4 dBA arasında değişmektedir. Ölçümlerin % 100’ünde 80 dBA, % 86’sında ise 87 dBA’dan büyük değerler elde edilmiştir.

Maden Makineleri Fabrikası’ndaki atölyelerde yapılan 293 adet gürültü ölçüm değerlerinin istatistiksel analiz sonuçlarına göre ortalama gürültü düzeyleri 70,4 – 117,3 dBA arasında değişmektedir. Elde edilen değerlerin yaklaşık % 87’si 80 dBA, % 61’i ise 87 dBA’dan büyüktür.

TTK’nda çalışan işçilerin gürültü etkilenim düzeylerinin belirlenmesi için işçiler ilk olarak yeraltı ve yerüstü olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. Yeraltında çalışan işçilerde kendi aralarında 11 farklı grupta sınıflandırılmıştır. Yerüstünde çalışan işçiler ise ilk olarak, 5 Müesseseye bağlı yerüstü işyerlerinde çalışanlar ve Maden Makinaları Fabrikası’nda çalışanlar olarak iki gruba ayrıldıktan sonra kendi aralarında sınıflandırmaya tabi tutulmuşlardır. Yerüstünde çalışanlar 9, Maden Makinaları Fabrikasında çalışanlar ise 5 farklı meslek gruplarına ayrılmışlardır.

Her bir homojen etkilenim grubu için yapılan gürültü ölçümlerinden hareketle “Günlük Gürültü Etkilenim Düzeyleri ($L_{EX,8h}$)” nin belirlenebilmesi için oluşturulan grupların gerçekten homojen olup olmadıkları ve elde edilen gürültü düzeyi (L_{Aeq}) değerlerinin normal dağılma uygunluğu test edilmiştir. Sonuçlar değerlerin normal dağılıma uygun olduğunu göstermiştir.

Yeraltı homojen etkilenim grupları arasında en küçük ve en büyük günlük gürültü etkilenim düzeyleri 73,9 dBA ve 103,3 dBA olarak sırasıyla Barutçu ve Sondaj işçisi için elde edilmiştir. Yeraltında çalışan meslek grupları arasında Pano Ayak Üretim, Hazırlık ve Nakliyat en çok işçinin istihdam edildiği gruplardır. Toplam yeraltı iş gücünün yaklaşık % 78’i bu iş kollarında çalışmaktadır. Söz konusu homojen etkilenim grupları için elde edilen günlük gürültü etkilenim düzeyleri sırasıyla 89,7 dBA, 101,3 dBA ve 93,3 dBA’dır. Yeraltı Homojen Etkilenim Grupları Gürültü Yönetmeliği’nde belirtilen 87 dBA etkilenim sınır değerine göre sınıflandıracak olursa; Pano Ayak Üretim, Hazırlık, Nakliyat, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj ve Tulumbacı için belirlenen % 95 güven aralığı alt limit değerleri 87 dBA’dan daha büyüktür. Dolayısı ile söz konusu grupların çalışma ortamındaki gürültü düzeyleri uygun değildir. İşveren bu gruplarda çalışan işçilerin zorunlu olarak kulak koruyucusu kullanmalarını sağlamak durumundadır. Barutçu, Tarama ve Söküm, Kuyu Vinç ve Motor Lokomotif Tamircisi için belirlenen % 95 güven aralığı üst limit değerleri 87 dBA’dan daha küçüktür. Söz konusu gruplar için gürültü etkilenim koşullarının uygun olduğu söylenebilir.

Yerüstü homojen etkilenim grupları arasında en düşük ve en büyük günlük gürültü etkilenim düzeyleri 80,8 dBA ve 100,1 dBA olarak sırasıyla Kuyu Vinç ve Ağaç İşleri işçisi için elde edilmiştir. Yerüstünde çalışan meslek grupları arasında Nakliyat, Kuyu Vinç, Mekanizasyon ve Pres ve Lavuar en çok işçinin istihdam edildiği gruplardır. Toplam yerüstü iş gücünün yaklaşık % 80’i bu iş kollarında

çalışmaktadır. Söz konusu homojen etkilenim grupları için elde edilen günlük gürültü etkilenim düzeyleri sırasıyla 97,2 dBA, 80,8 dBA, 95,2 ve 87,3 dBA'dır. Yerüstü Homojen Etkilenim Grupları Gürültü Yönetmeliği'nde belirtilen 87 dBA etkilenim sınırı esas alınarak değerlendirilecek olursa; Ağaç İşleri, Nakliyat, Kuyu Sinyal, Mekanizasyon ve Pres, Kompresör, Ana Pervane ve Lavuar Yıkama grupları için belirlenen % 95 güven aralığı alt limit değerleri 87 dBA'dan daha büyük olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısı ile söz konusu grupların gürültü etkilenmesinin uygun olmadığı söylenebilir. Bu gruplarda çalışan işçilerin zorunlu olarak kulak koruyucusu kullanmaları sağlanmalıdır. Lavuar işçisi için % 95 güven aralığı alt limit değeri 87 dBA'dan küçük olmasına rağmen üst limit değer 87 dBA'dan büyüktür. Bu nedenle Lavuar işçisi için aşırı etkilenim söz konusu olabilir. Kuyu Vinç işçisi için belirlenen % 95 güven aralığı üst limit değerleri 87 dBA'dan daha küçüktür. Belirtilen gruplar için gürültü etkilenim koşullarının uygun olduğu söylenebilir.

Maden Makineleri Fabrikası homojen etkilenim grupları arasında en düşük ve en büyük günlük gürültü etkilenim düzeyleri 86,5 dBA ve 97,7 dBA olarak sırasıyla Kaynakçılık ve Mekanizasyon ve Pres işçisi için elde edilmiştir. Maden Makineleri Fabrikası'nda çalışan meslek grupları arasında Talaşlı İmalat, Mekanizasyon ve Pres ve Elektrikçi en çok işçinin istihdam edildiği gruplardır. Toplam iş gücünün yaklaşık % 77'si bu iş kollarında çalışmaktadır. Söz konusu homojen etkilenim grupları için elde edilen günlük gürültü etkilenim düzeyleri sırasıyla 91,6 dBA, 97,7 dBA ve 88,7 dBA'dır. Gürültü Yönetmeliği'nde belirtilen 87 dBA etkilenim sınır değerine göre Maden Makinaları Fabrikası homojen etkilenim gruplarını sınıflandıracak olursak, Talaşlı İmalat, Mekanizasyon ve Pres, Dökümcülük ve Elektrikçi için belirlenen % 95 güven aralığı alt limit değerleri 87 dBA'dan daha büyüktür. Dolayısı ile söz konusu gruplar için gürültü etkilenme durumu uygun değildir. İşverenin bu gruplarda çalışan işçilerin zorunlu olarak kulak koruyucusu kullanmalarını sağlaması gerekmektedir. Kaynakçılık için belirlenen % 95 güven aralığı alt limit değeri 87 dBA'dan küçüktür. Üst limit ise 87 dBA'dan çok az büyüktür. Bu nedenle kaynak işçisi için aşırı etkilenim söz konusu olabilir.

Türkiye Taşkömürü Kurumu'na bağlı yeraltı ve yerüstü işyerlerinde çalışan işçiler arasında gürültüye bağlı işitme kaybı görülme sıklığını tahmin etmek için farklı meslek gruplarına ait 411 işçinin odiyometrik test sonuçları analiz edilmiştir. İşçiler yaptıkları görevler ve yaşları dikkate alınarak uğradıkları işitme kaybının derecesine

göre sınıflandırılmıştır. Etkisi altında kaldıkları gürültü düzeyi ve yaş ile işitme kayıpları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Hava yolu saf ses odiyometrik testleri TTK bünyesinde bulunan uzman hekimler tarafından 2006 – 2007 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 125, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 ve 8.000 Hz frekanslarda her iki kulak için yapılmıştır. İşitme kayıplarının belirlenmesi için test sonuçlarının değerlendirilmesinde ISO-1999 ve TS-2607:ISO 1999 standartlarında önerilen 500, 1.000, 2.000 ve 4.000 Hz frekans bileşimi ve 25 dB ortalama işitme eşik değeri dikkate alınmıştır. Tespit edilen işitme kayıplarının değerlendirilmesinde WHO'nun önerdiği sınıflandırma kullanılmıştır.

411 Maden işçisine ait işitme testi ölçümleri Nakliyat, Kuyu Vinç, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj Operatörü, Tulumbacı, Kompresör ve Anapervane Operatörü, Ağaç İşleri İşçiliği ve Maden Makineleri Fabrikası İşçiliği olmak üzere 10 farklı gruba ayrılmıştır.

En iyi kulağa göre yapılan değerlendirmede, Kuyu Vinç, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj, Tulumbacı, Kompresör, Ana Pervane ve Ağaç İşleri gruplarında 60 dB'den büyük işitme kayıpları saptanmamıştır. Nakliyat işçileri arasında ise % 6,2'sinde ileri derecede işitme kaybı olduğu (> 60 dB) tespit edilmiştir. Aynı şekilde Maden Makineleri Fabrikası'nda çalışan işçilerin % 1'i ileri derecede işitme kaybına sahiptir. Kuyu Vinç işçilerinin % 53,2'sinde, Sinyal işçilerinin % 41,5'inde Tulumbacıların % 46,4'ünde tespit edilen işitme kayıpları normal (< 25 dB) düzeydedir. Aynı meslek grupları için saptanan hafif derecede işitme kaybı (26 – 40 dB) oranları ise sırasıyla % 46,8, %58,5 ve % 50,0 dır. Ayrıca Tulumbacıların % 3,6'sında ileri derecede işitme kaybı olduğu belirlenmiştir. Nakliyat işçilerinin % 7,7'sinin işitme düzeyleri normaldir. % 78,5'inde hafif derecede işitme kaybı, % 7,6'sında ise orta derecede işitme kaybı olduğu tespit edilmiştir. Sondaj işçilerinin % 17,6'sının işitme düzeyleri normaldir. % 61,8'inde hafif derecede işitme kaybı, % 20,6'sında ise orta derecede işitme kaybı olduğu tespit edilmiştir. 52 tane Mekanizasyon ve Pres işçisinin %15,4'ünün işitme düzeyi normal, % 78,8'inde hafif derecede ve % 5,5'inde ise orta derecede işitme kaybı olduğu belirlenmiştir. Maden Makineleri Fabrikası'nda çalışan 100 işçinin % 9'unun işitme düzeyi normaldir. % 77'sinde hafif, %13'ünde ise orta derecede işitme kaybı vardır.

En zayıf kulağa göre yapılan değerlendirmede Kuyu Vinç, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Tulumbacı, Kompresör ve Ana Pervane gruplarında 60 dBA'dan büyük

İşitme kayıpları saptanmamıştır. Nakliyat işçilerinin % 6,2'sinde ileri derecede işitme kaybı olduğu (> 60 dB) tespit edilmiştir. % 73,8 ve % 13,8'inde sırasıyla hafif ve orta derecede işitme kaybı olduğu, % 6,2'sinin ise işitme düzeyinin normal olduğu tespit edilmiştir. Sondaj işçilerinin % 2,9'unun işitme düzeyi normal düzeydedir. Aynı meslek grubu için ileri derecede işitme kaybı oranı ise % 11,8'dir. Hafif ve orta derecede işitme kaybı oranları ise sırasıyla % 55,9 ve % 29,4 olarak belirlenmiştir. Ağaç işleri işçilerinin % 12,5'inde ileri derecede işitme kaybı tespit edilmiştir. İşitme düzeyi normal olanların oranı da yine % 12,5'dir. Ayrıca % 50'sinde hafif, % 25'inde ise orta derecede işitme kaybı olduğu görülmektedir. Kuyu Vinç işçilerinin % 12,8'inde, Sinyal işçilerinin % 14,6'sında, Tulumbacıların % 17,9'unda ve Kompresör işçilerinin % 14,3'ünde tespit edilen işitme kayıpları normal (< 25 dB) düzeydedir. Aynı meslek grupları için tespit edilen hafif (26 – 40 dB) derecede işitme kaybı oranları ise sırasıyla % 85,1, % 83,0, % 64,2 ve % 57,1 olarak bulunmuştur. Orta (40 – 60 dB) derece işitme kayıpları oranları ise yine aynı meslek grupları için sırasıyla % 2,1, % 2,4, 17,9 ve 28,6'dır. Mekanizasyon ve Pres işçilerinin en zayıf kulağa göre % 1,9'unun işitme düzeyi normaldir. % 61,6'sında hafif derecede ve % 36,5'inde ise orta derecede işitme kaybı olduğu belirlenmiştir. Maden Makineleri Fabrikası'nda çalışan 100 işçinin % 1'inin işitme düzeyi normaldir. % 60'ında hafif, % 35'inde ise orta derecede işitme kaybı vardır. İşçilerinin % 4'ünde ileri derecede işitme kaybı olduğu (> 60 dB) tespit edilmiştir.

İşçiler yaşlarına göre 30 yaşından küçük, 30 – 39, 40 – 49, 50 – 59 ve 60 yaşından büyük olmak üzere 5 farklı yaş grubuna ayrılmıştır. 411 işçinin % 11'i 30 yaşından küçüktür. En çok işçi 30 – 39 ve 40 – 49 yaş gruplarındadır. Bu gruplardaki işçilerin oranı sırasıyla % 31 ve % 42'dir. İşçilerin % 12'si 50 – 59 yaş grubuna ait iken sadece % 3'ünün yaşı 60'dan büyüktür.

En iyi kulak ortalama işitme eşiği değerine göre, 30 yaşından küçük, 30 – 39, 40 – 49, 50 – 59 ve 60 yaşından büyük gruplar için tespit edilen ortalama işitme eşiği değerleri 23,2 – 48,1 dB arasında değişmektedir. İşçilerin yaşları arttıkça ortalama işitme eşiği değerlerinin de buna paralel olarak arttığı görülmektedir. 30 yaşından küçük ve 30 – 39 yaş grubundaki işçilerin tamamında tespit edilen işitme kayıpları 40 dB'den küçüktür. 30 yaşından küçük işçilerin % 73,9'unun işitme düzeyleri normal (< 25 dB) ve % 26,1'inin ise hafif derecededir. 30 – 39 yaş grubundaki işçilerin içinde işitme düzeyi normal olanların oranı % 41,7 iken, hafif derecede

işitme kaybı belirlenenlerin oranı % 58,3'dür. 40 – 49 yaş grubundaki işçilerin % 2,9'unda normal düzeyde işitme kaybı tespit edilmiştir. % 95,4'ü gibi büyük bir oranında ise hafif derecede işitme kaybı vardır. Orta derecede işitme kaybı tespit edilenlerin oranı ise sadece % 1,7'dir. 50 – 59 ve 60 yaşından büyük işçi gruplarının ise işitme kayıpları doğal olarak diğerlerinden daha büyüktür. Söz konusu gruplarda işitme düzeyi normal olan işçi bulunmamaktadır. 50 – 59 yaş grubundaki işçiler arasında hafif derecede işitme kaybı bulunanların oranı % 60,8, orta derecede işitme kaybı tespit edilenlerin oranı ise % 39,2 olarak belirlenmiştir. 60 yaşından büyük işçi grubundaki işçilerin büyük kısmında orta derecede işitme kaybı (% 85,7) tespit edilmiştir. Bu grupta hafif derecede işitme kaybı olanların oranı ise % 14,3 olarak belirlenmiştir.

En zayıf kulak ortalama işitme eşiği değerine göre, 30 yaşından küçük, 30 – 39, 40 – 49, 50 – 59 ve 60 yaşından büyük gruplar için tespit edilen ortalama işitme eşiği değerleri 27,5 – 61,9 dB arasında değişmektedir. 30 yaşından küçük ve 30 – 39 yaş grubundaki işçilerin tamamında tespit edilen işitme kayıpları 40 dB'den küçüktür. 30 yaşından küçük işçilerin % 37'sinin işitme düzeyleri normal (< 25 dB) ve % 63'ünün ise hafif derecededir. 30 – 39 yaş grubundaki işçilerin içinde işitme düzeyi normal olanların oranı % 6,3 iken, hafif derecede işitme kaybı tespit edilenlerin oranı % 93,7'dir. 40 – 49, 50 – 59 ve 60 yaşından büyük işçi gruplarında işitme düzeyi normal olan işçi bulunmamaktadır. 40 – 49 yaş grubundaki işçilerin % 73,4'ünde hafif derecede işitme kaybı tespit edilmiştir. % 26,6'sında ise orta derecede işitme kaybı vardır. 50 – 59 yaş grubu için hafif, orta ve ileri derecede işitme kaybı tespit edilenlerin oranları sırasıyla % 17,7, % 78,4 ve % 3,9'dur. 60 yaşından büyük işçi grubunun ise işitme kayıpları doğal olarak diğerlerinden daha büyüktür. Söz konusu grupta işitme düzeyi normal olan ve hafif derecede işitme kaybı tespit edilen işçi bulunmamaktadır. Orta derecede işitme kaybı bulunanların oranı % 28,6, ileri derecede işitme kaybı tespit edilenlerin oranı ise % 71,4 olarak belirlenmiştir.

Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda çalışan işçilerin işitme kayıpları ile yaş ve gürültü düzeyi arasındaki ilişki istatistiksel yöntemlerden regresyon anaizi ile araştırılmıştır.

İşçilerin yaşları ile ortalama işitme eşiği bir başka ifade ile işitme kaybı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için yapılan regresyon analizinin sonuçlarına göre yaş ile ortalama işitme eşiği arasındaki ilişkide belirtme kaysayısı $R^2 = 0,802$ olarak bulunmuştur. Bu değer bağımsız değişken olan yaşın ortalama işitme eşiğindeki

toplam değişimi açıklayabilme oranının yaklaşık % 80 olduğunu göstermektedir. Geri kalan % 20'lik açıklanamayan kısım hata terimi vasıtasıyla modele dahil edilmeyen faktörler nedeniyle olmuştur.

Gürültü düzeyi ile işitme kaybı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için bağımsız değişken olarak Nakliyat, Kuyu Vinç, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj Operatörü, Tulumbacı, Kompresör, Anapervane Operatörü, Ağaç İşleri İşçiliği ve Maden Makineleri Fabrikası İşçiliği olmak üzere 10 farklı homojen etkilenim grubu için tespit edilen ortalama günlük gürültü etkilenim düzeyi değerleri kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak 40 yaşından büyük, Nakliyat, Kuyu Vinç, Sinyalci, Mekanizasyon ve Pres, Sondaj Operatörü, Tulumbacı, Kompresör, Anapervane Operatörü, Ağaç İşleri İşçiliği ve Maden Makineleri Fabrikası İşçilerinin 4.000 Hz frekansındaki ortalama işitme eşiği değerleri kullanılmıştır.

Ortalama günlük gürültü etkilenim düzeyi ile 4.000 Hz ortalama işitme eşiği bir başka ifade ile işitme kaybı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için yapılan regresyon analizinin sonuçlarına göre günlük gürültü etkilenim düzeyi ile 4.000 Hz ortalama işitme eşiği arasındaki ilişkide belirtme kaysayısı $R^2 = 0,884$ olarak bulunmuştur. Bu değer bağımsız değişken olan günlük gürültü etkilenim düzeyinin 4.000 Hz ortalama işitme eşiğindeki toplam değişimi açıklayabilme oranının yaklaşık % 88 olduğunu göstermektedir. Geri kalan % 12'lik açıklanamayan kısmı hata terimi vasıtasıyla modele dahil edilmeyen faktörler nedeniyle olmuştur.

KAYNAKLAR

- Ahmed, H. O., Dennis, J. H., Badran, O., Ismail, M., Ballal, S. G., Ashoor, A. and Jerwood, D.**, 2001. Occupational noise exposure and hearing loss of workers in two plants in Eastern Saudi Arabia, *Ann. Occup. Hyg.*, **45(5)**, 371–380.
- Alberti, W.**, 2001. The anatomy and physiology of the ear and hearing, in *Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control*, pp.52-78, Eds. Goelzer, B., Hansen, C.H., Sehrndt, G.A., Publication Series from the Federal Institute for Occupational Safety and Health, Document published on behalf of the World Health Organization- Dortmund, Berlin.
- Alma, Ö.G. ve Vupa, Ö.**, 2007. Regresyon analizinde kullanılan en küçük kareler ve en küçük medyan kareler yöntemlerinin karşılaştırılması, 5. *İstatistik Kongresi ve Risk Ölçümleri ve Yükümlülük Toplantısı*, Antalya, 20-24 Mayıs, s.570-582.
- Ankara, H., Yerel, S. Ve Konuk, A.**, 2007. Açık ocak madenindeki kamyonların özdeşliklerinin iki örnek kolmogorov-smirnov (k-s) testi ile belirlenmesi. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, **19(1)**, 105-108.
- Ayçiçek, A. ve Sınmaz, D.**, 2003. Endüstriyel gürültüye maruz kalan işçilerde odyolojik test sonuçları, *Kulak Burun Boğaz Klinikleri*, **5(1)**, 11-15.
- Baranek, L.L. and Ver, I.L.**, 1992. Noise and Vibration Control Engineering; Principles and applications. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Barber, A.**, 1992. Handbook of Noise and Vibration Control. Elsevier Advanced Technology, Oxford.
- Barrientos, M.C., Lendrum, D.C. and Steenland, K.**, 2004. Occupational Noise; Assessing the Burden of Disease from Work-Related Hearing Impairment at National and Local Levels. *World Health Organization*

Protection of the Human Environment. Environmental Burden of Disease Series, No. 9. Geneva.

- Barron, R.F.**, 2003. Industrial Noise Control and Acoustics. Marcel Dekker Inc. New York.
- Bauer, E.R., Babich, D.R. and Vipperman, J.R.**, 2006. Equipment Noise and Worker Exposure in the Coal Mining Industry. *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Information Circular 9492.* Pittsburgh,.
- Benke, G., Sim, M., Fritschi, L., Aldred, G., Forbes, A. ve Kauppinen, T.**, 2001. Comparison of occupational exposure using three different methods: hygiene panel, job exposure matrix (JEM), and self reports, *Applied Occupational Health & Environment*, **16(1)**, 84-91.
- Bernard, M. ve Castel, J.C.**, 1987. A new method for the evaluation of occupational noise exposure. *Preventique*, **13**, 51-54.
- Bircan, H., Karagöz, Y. ve Kasapoğlu, Y.**, 2003. Ki-kare ve kolmogorov smirnov uygunluk testlerinin simulasyon ile elde edilen veriler üzerinde karşılaştırılması. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, **4(1)**, 69-80.
- Brüel and Kjaer**, 1984. Measurement Sound. Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, Denmark.
- Brüel and Kjaer**, 1993. Sound Intensity. Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, Denmark.
- Brüel and Kjaer**, 1994. Measurement Microphones. Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, Denmark.
- Brüel and Kjaer**, 1998a. Basic Concepts of Sound, BA 7666-11. Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, Denmark.
- Brüel and Kjaer**, 1998b. Basic Frequency Analysis of Sound, BA 7660-06. Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, Denmark.
- Brüel and Kjaer**, 2001. Environmental Noise. Brüel&Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, Denmark.

- Burdorf, A. and Martie Van Tongeren, M.V.,** 2003. Variability in workplace exposures and the design of efficient measurement and control strategies, *Annals of Occupational Hygiene*, **47(2)**, 95-99.
- Burns, W. and Robinson, D.W.,** 1970. Hearing and noise in industry. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Bülbül, S. ve Yalçınpınar, Z.,** 2007. Teknik analizde regresyon yaklaşımı, 5. *İstatistik Kongresi ve Risk Ölçümleri ve Yükümlülük Toplantısı*, Antalya, 20-24 Mayıs, s.789-802.
- CCOHS,** 1999. Noise Control in Industry; A basic guide. Canadian Center for Occupational Health and Safety, Canada.
- Cheremisinoff, N.P.,** 1996. Noise Control in Industry; A Practical Guide. Noyes Publications, New Jersey.
- Corn, M. ve Esmen, N.,** 1979. Workplace exposure zones for classification of employee exposures to physical and chemical agents, *American Industrial Hygiene Association Journal*, **40**, 47-57.
- Crocker, M.J.,** 2007. General introduction to Noise and Vibration Effects on People and Hearing Conservation in *Handbook of Noise and Vibration Control*, pp.303-307, Eds Crocker, M.J., John Wiley & Sons, New York.
- Cunniff, P.F.,** 1977. Environmental Noise Pollution. John Wiley & Sons Inc., London.
- Çırpar, Ö.,** 2003. Gürültüye bağlı işitme kaybı ve mastoid pnömatozasyon arasındaki ilişki, *Tıpta Uzmanlık Tezi*, Kırıkkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kırıkkale.
- Çobanoğlu, Z.,** 1994. Gürültü, *T.C. Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No. 19*, Ankara.
- Dalgıç, N.A.,** 1991. Gürültünün Ankara Esenboğa Hava Limanı'ndaki işçilerin sağlığı üzerindeki etkilerinin araştırılması, *Tıpta Uzmanlık Tezi*, Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ankara.
- Daniel, E.,** 2007. Noise and hearing loss: A review, *Journal of School Health*, **77(5)**, 225-231.

- Daniell, W.E., Susan S.S. and McDaniel, M.M.,** 2002. Noise exposure and hearing conservation practices in an industry with high incidence of workers compensation claims for hearing loss, *American Journal of Industrial Medicine*, **42**, 309–317.
- Davies, H.W.,** 2002. Exposure to occupational noise and risk of cardiovascular disease: a retrospective cohort study, *PhD Thesis*, The University of Britihs Columbia, Canada.
- Devren, M.,** 1999. Gürültüye bağlı işitme kayıplı olguların odyolojik bulguları ve psiko-sosyal yönden karşılaştırılması, *Doktora Tezi*, Trakya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Donoghue, A.M.,** 2004. Occupational health hazards in mining: an overview, *Occupational Medicine*, **54**, 283-289.
- Draper, N.R. ve Smith, H.,** 1981. Applied Regression Analysis. John Willey and Sons, Inc., New York.
- Eaton, S.,** 2001. Occupational Noise Surveys. *Workers Compensation Board of BC, Engineering Department Report, No. 7.24-01142*, Vancouver.
- Ekerbiçer, H.Ç.,** 1997. Paşabahçe Cam Sanayi ve Ticaret A.Ş. Kırklareli Fabrikası'nda gürültüye bağlı işitme yitiklerinin değerlendirilmesi, *Tıpta Uzmanlık Tezi*, Trakya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Edirne.
- Ergür, A.İ.,** 2004. Endüstriyel gürültü ve gürültü kontrolü, *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Ertem, M.,** 1995. Diyarbakır Sümerbank halı ve iplik fabrikası işçilerinde iş ortamının neden olduğu işitme kayıpları ve işçilerin akciğer fonksiyonlarının incelenmesi, *Tıpta Uzmanlık Tezi*, Dicle Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Diyarbakır.
- Esmen, N.A., Kennedy, K.J., Hall, T.A., Phillips, M.L. ve Marsh, G.M.,** 2007. Classification of worker exposures, *Chemico-Biological Interactions*, **166**, 245-253.
- EU-2003/10/EC,** 2003. Directive of the European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (Noise), *Official Journal of the European Union*, Brussels.

- Fahy, F. J. and Walker, J. G.**, 1998. Fundamentals of Noise and Vibration. E & FN Spon, London.
- Firth, H., Herbison, P. ve McBride, D.**, 2006. Dust and noise exposures among farmers in Southland, New Zealand, *International Journal of Environmental Health Research*, **16(2)**, 155-161.
- Franks, J.R.**, 2001. Hearing measurement, in *Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control*, pp.182-232, Eds. Goelzer, B., Hansen, C.H., Sehrndt, G.A., Publication Series from the Federal Institute for Occupational Safety and Health, Document published on behalf of the World Health Organization-Dortmund, Berlin.
- Genceli, M.**, 2006. Tek değişkenli dağılımlarda normallik testleri. *Sigma, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, **4**, 69-91.
- Gökçen, İ.**, 2000. Ankara’da metal işkolunda bir fabrikada çalışan işçilerde gürültü etkilerinin değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Green, G.S.**, 1986. Noise Propagation in Mine Roadways and Longwall Faces. *PhD Thesis*, University of Nottingham, Nottingham.
- Grzebyk, M. and Thiery, L.**, 2003. Confidence intervals for the mean of sound exposure levels, *American Industrial Hygiene Association Journal*, **64**, 640-645.
- Gürültü Kontrol Yönetmeliği**, 1986. Çevre ve Orman Bakanlığı, 11 Aralık 1986, Resmi Gazete, Sayı 19308, Ankara.
- Gürültü Yönetmeliği**, 2003. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 23 Aralık 2003, Resmi Gazete, Sayı 25325, Ankara.
- Hansen, C.H.**, 2001. Fundamentals of acoustics, in *Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control*, pp.23-52, Eds. Goelzer, B., Hansen, C.H., Sehrndt, G.A., Publication Series from the Federal Institute for Occupational Safety and Health, Document published on behalf of the World Health Organization-Dortmund, Berlin.
- Hassall, J.R., Zaveri, K. and Phil, M.**, 1979. Acoustic Noise Measurements. Brüel & Kjaer, Denmark.

- Helzner, E.P.**, 2004. The epidemiology of hearing loss in older adults, *PhD Thesis*, University of Pittsburgh, USA.
- Hong, O.**, 2005. Hearing loss among operating engineers in American construction industry, *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, **78**, 565–574.
- I-INCE-97-1**, 1997. Technical assessment of upper limits on noise in the workplace, International Institute of Noise Control Engineering, *Noise/News International*, **5**, 203-216.
- IPCS**, 2005. Principles of characterizing and applying human exposure models, *World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (IPCS), Harmonization Project Document No. 3*, Geneva.
- IPPC**, 2002. Horizontal Guidance for Noise, Part 2 - Noise Assessment and Control. Integrated Pollution Prevention and Control, Bristol.
- Irwin, J. D. and Graf, E. R.**, 1979. Industrial Noise and Vibration Control. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- ISO-1999**, 1990. Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment, *International Standard Organisation*, Geneva.
- ISO-9612**, 1997. Acoustics- Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment, *International Standard Organisation*, Geneva.
- Jacobsen, F., Poulsen, T., Rindel, J.R., Gade, A.C. and Ohlrich, M.**, 2006. Fundamentals of Acoustics and Noise Control. Ørsted•DTU, Technical University of Denmark, Note No. 31200.
- Jensen, P., Jokel, C.R. and Miller L.N.**, 1978. Industrial Noise Control Manual. *NIOSH Technical Report, Publication No. 79-117*, Cincinnati, Ohio.
- John J.M.**, 2000. Occupational Hearing Loss, *American Journal of Industrial Medicine*, **37**, 112-120.
- Johnson, D.L., Papadopoulos, P., Watfa, N. and Takala, J.**, 2001. Exposure criteria, Occupational exposure levels, , in *Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control*, pp.79-102, Eds. Goelzer, B., Hansen, C.H., Sehrndt, G.A., Publication Series from the Federal

Institute for Occupational Safety and Health, Document published on behalf of the World Health Organization-Dortmund, Berlin.

- Joy, G.J. and Middendorf, P. J.,** 2007. Noise exposure and hearing conservation in U.S. coal mines - a surveillance report, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, **4:1**, 26 – 35.
- Kalveram, K.T.,** 2007. General introduction to human hearing and speech, in *Handbook of Noise and Vibration Control*, pp.271-276, Eds Crocker, M.J., John Wiley & Sons, New York.
- Karakaş, İ.,** 1997. FMC Nurol Savunma Sanayi Anonim Şirketi'nde gürültünün çalışanlar üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etkilerinin boyutları, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Katircioğlu, O.,** 1998. Bir tekstil fabrikasında gürültüye bağlı işitme kaybı ve etkileyen faktörlerin araştırılması, *Tıpta Uzmanlık Tezi*, Pamukkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Denizli.
- Kavanagh, K.T.,** 1992. Evaluation of occupational hearing loss and presbycusis using a microcomputer, *Journal of the American Academy of Audiology*, **3(3)**, 215-220 .
- Kavanagh, K.T.,** 2001. Evaluation of hearing handicaps and presbycusis using World Wide Web-based calculators, *Journal of the American Academy of Audiology*, **12**, 497-505.
- King, R.P. and Davis, J.R.,** 2003. Community noise: health effects and management, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, **206**, 123-131.
- Kleinbaum, D.G. ve Kupper, L.L.,** 1978. Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods. University of North California, Massachusetts.
- Kromhout, H., Symanski, E. and Rappaport, S.M.,** 1993. A comprehensive evaluation of within and between worker components of occupational exposure to chemical agents, *Annals of Occupational Hygiene* **37(3)**, 253–270.

- Kuronen, P., Toppila, E., Starck, J. and Pkknen, R.,** 2004. Modelling the risk of noise-induced hearing loss among military pilots, *International Journal of Audiology*, **43(2)**, 79-84.
- Leech, J.F. and Squires, M.,** 1999. Noise, in *Clay's Handbook of Environmental Health 18th Edition*, Taylor & Francis Group, LLC, NewYork.
- Leidel, N.A., Busch, K.A. and Lynch, J.R.,** 1977. Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, **Publication No. 2002-126**. Cincinnati.
- Lester, H., Malchaire, J., Arbey, H.S. and Thiery, L.,** 2001. Strategies for noise surveys, in *Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control*, pp.141-182, Eds. Goelzer, B., Hansen, C.H., Sehrndt, G.A., Publication Series from the Federal Institute for Occupational Safety and Health, Document published on behalf of the World Health Organization-Dortmund, Berlin.
- Liu, D.H.F. and Roberts, H.C.,** 1999. Noise Pollution. CRC Press, LLC, New York.
- Lyles, R.H., Kupperf, L.L. and Stephen M. Rappaport, S.M.,** 1997. A lognormal distribution-based exposure assessment method for unbalanced data, *Annals of Occupational Hygiene*, **41(1)**, 63-76.
- Mäkinen, M., Kangas, J. ve Kalliokoski, P.,** 2000. Applicability of homogeneous exposure groups for exposure assessment in the chemical industry, *Int. Arch. of Occup. and Environ. Health*, **73**, 471-478.
- Malchaire, J. ve Piette, A.,** 1997. A comprehensive strategy for the assessment of noise exposure and risk of hearing impairment, *Ann. Occup. Hyg*, **41(4)**, 467-484.
- Malchaire, J.,** 2001. Sound measuring instruments, in *Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control*, pp.125-140, Eds. Goelzer, B., Hansen, C.H., Sehrndt, G.A., Publication Series from the Federal Institute for Occupational Safety and Health, Document published on behalf of the World Health Organization-Dortmund, Berlin.
- May, J.J.,** 2000. Occupational hearing loss, *American Journal of Industrial Medicine*, **37**, 112-120.

- McBride, D.I.**, 2004. Noise-induced hearing loss and hearing conservation in mining, *Occupational Medicine*, **54**, 290-296.
- McReynolds, M.C.**, 2005. Noise-induced hearing loss, *Air Medical Journal*, **24(2)**, 73-78.
- Methner M. M., McKernan, J.L. and Dennison J. L.**, 2000. Occupational health and safety surveillance task-based exposure assessment of hazards associated with new residential construction, *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, **15(11)**, 811-819.
- Michael, P.L. and Michael, K.L.**, 2006a. Noise Measurement in *Occupational Hearing Loss 3th Edition*, pp.617-640, Eds., Sataloff, R.T. and Sataloff, J., CRC Press Taylor & Francis Group, New York.
- Montgomery D.C. ve Peck, E.A.**, 1992. Introduction to Linear Regression Analysis. John Willey and Sons, Inc., Canada.
- Morioka, I., Miyashita, K. and Takeda, S.**, 1997. Noise-induced hearing loss in working environment and its background, *Journal of Occupational Health*, **39**, 5-17.
- MSHA**, 1995. Comparison of Noise Exposure Measurements Conducted With Sound Level Meters and Noise Dosimeters under Field Conditions. *Mine Safety and Health Administration (MSHA), Informational Report, No. 1230*, Arlington, Virginia.
- MSHA**, 2000. A Guide to Conducting Noise Sampling. *Mine Safety and Health Administration (MSHA), Instruction Guide Series, IG 32*, Arlington, Virginia.
- MSHA**, 2000a. Compliance to MSHA's. Occupational Noise Exposure Standard. *Mine Safety and Health Administration (MSHA)*, Arlington, Virginia.
- Mulhausen, J.R. ve Damiano, J.**, 1998. A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures, Second Edition. American Industrial Hygiene Association, Fairfax, VA.
- Neitzel, R., Seixas, N.S., Camp, J. and Yost, M.**, 1999. An assessment of occupational noise exposures in four construction trades, *American Industrial Hygiene Association Journal*, **60**, 807-817.

- Nelson, D.I., Nelson, R.Y., Barrientos, M.C. ve Fingerhut, M.,** 2005. The global burden of occupational noise-induced hearing loss, *American Journal of Industrial Medicine*, **48**, 446–458.
- NIOSH,** 1976. Survey of hearing loss in the coal mining industry. *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Publication No. 76–172.* Cincinnati, Ohio.
- NIOSH,** 1998. Criteria for A Recommended Standard; Occupational Noise Exposure. *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Publication No. 98-126.* Cincinnati, Ohio.
- NIOSH,** 2002. Exposure Assessment Methods: Research Needs and Priorities. *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Publication No. 77-173.* Cincinnati.
- Norton, M.P.,** 1989. Fundamentals of Noise and Vibration Analysis for Engineers. Cambridge University Press, Cambridge.
- Olsen, E., Laursen, B. ve Vinzents, P.S.,** 1991. Bias and random errors in historical data of exposure to organic solvents, *American Industrial Hygiene Association Journal*, **52**, 204-211.
- OSHS,** 1994. Noise-Induced Hearing Loss of Occupational Origin. *Occupational Safety and Health Service (OSHS), A Guide for Medical Practitioners,* Wellington, New Zealand.
- Özgülven, N.,** 1986. Endüstriyel Gürültü Kontrolü. TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını, No.118, Ankara.
- Öztürk, A.,** 2004. Döküm işkolunda gürültü, gürültüye bağlı işitme kayıpları ve bunları etkileyen etmenlerin değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi,* Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Pathak, K.,** 1996. Modeling and Prediction of Environmental Noise Levels Near Mechanized Surface Mines and Quarries. *PhD Thesis,* Imperial Collage, London.
- Pearson, J.C.G. and Sprent, P.,** 1968. Trends in hearing loss associated with age or exposure to noise, *Applied Statistics*, **17(3)**, 205-215.

- Pelton, H. K.**, 1993. Noise Control Management. John Wiley & Sons Inc., Hoboken New Jersey.
- Prince, M.M.**, 2002. Distribution of risk factors for hearing loss: implications for evaluating risk of occupational noise-induced hearing loss, *J. Acoust. Soc. Am.*, **112 (2)**, 557-567.
- Rainsford, C.J.**, 1982. Propagation of Noise in Underground Roadways. *PhD Thesis*, University of Nottingham, Nottingham.
- Ramachandran, G.**, 2005. Occupational Exposure Assessment for Air Contaminants. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, New York.
- Rappaport, S.M.**, 1991. Assessment of long term exposures to toxic substances in air, *Annals of Occupational Hygiene*, **35(1)**, 61–121.
- Rappaport, S.M., Kromhout, H. ve Symanski, E.**, 1993. Variation of exposure between workers in homogeneous exposure groups, *American Industrial Hygiene Association Journal*, **54**, 654–662.
- Rappaport, S.M., Lyles, R.H. and Kupper, L.L.**, 1995. An exposure assessment strategy accounting for within- and between-worker sources of variability, *Annals of Occupational Hygiene*, **39(4)**, 469–495.
- Ribak, J., Hornung, S., Kark, J., Froom, P., Wolfstein, A.**, 1985. The association of age, flying time, and aircraft type with hearing loss of aircrew in the Israeli Air Force. *Aviation Space Environ Med*, **56**, 322–327.
- Royster, L.H., Berger, E.H. ve Royster, J.D.**, 1986. Noise Surveys and Data Analysis in *Noise and Hearing Conservation Manual*, pp.97-176, Eds., Berger E.H., Ward W.D., Morill J.C., Royster L.H., American Industrial Hygiene Association, Akron, Ohio.
- Sataloff, J., Sataloff, R.T., Menduke, H., Yeng, R. ve Gore, R.**, 1984. Hearing loss and intermittent noise exposure, *Journal of Occupational Medicine*, **26(9)**, 649-656.
- Sataloff, R.T. ve Sataloff, J.**, 2006a. The Physics of Sound in *Occupational Hearing Loss 3th Edition*, pp.3-17, Eds., Sataloff, R.T. and Sataloff, J., CRC Press Taylor & Francis Group, New York.

- Sataloff, R.T. ve Sataloff, J.**, 2006b. Classification and Measurement of Hearing Loss in *Occupational Hearing Loss 3th Edition*, pp.47-69, Eds., Sataloff, R.T. and Sataloff, J., CRC Press Taylor & Francis Group, New York.
- Schimek, M.G.**, 1999. Smooting and Regression : Approaches, Computation, and Application. John Willey and Sons, Inc. New York.
- Seixas, N., Sheppard, L. and Neitzel, R.**, 2003. Comparison of task-based estimates with full-shift measurements of noise exposure. *American Industrial Hygiene Association Journal*, **64**, 823-829.
- Seixas, N.S.**, 2004. Noise and Hearing Damage in Construction Apprentices. *NIOSH Technical Report, OH 03912*, Washington.
- Shaikh, G.H.**, 1999. Occupational noise exposure limits for developing countries, *Applied Acoustics*, **57**, 89-92.
- Solecki, L.**, 2003. Preliminary evaluation of occupational hearing loss risk among private farmers, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, **10**, 211-215.
- South, T.**, 2004. Managing Noise and Vibration at Work; A Practical Guide to Assessment, Measurement and Control. Elsevier, Amsterdam.
- Soydal, U.**, 2006. Ankara’da bir kamyon ve otobüs fabrikasında 08-16 saatleri arasında çalışan işçilerde işitme kayıpları ve gürültünün fizyolojik ve psikolojik etkilerinin değerlendirilmesi, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Stewart, M., Pankiw, R., Lehman, M.E. and Simpsont, T.**, 2002. Hearing loss and hearing handicap in users of recreational firearms, *Journal of the American Academy of Audiology*, **13(3)**, 160-168.
- Stewart, P. ve Stenzel, M.**, 2000. Exposure assessment in the occupational setting, *Applied Occupational Health & Environment*, **15(5)**, 435 – 444.
- Strasser, H. ve Irle, H.**, 2001. Noise: measuring, evaluation, and rating in ergonomics, in *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*, pp.516-523, Eds., Karwowski, W., Taylor & Francis Group, LLC, New York.

- Suter, A.H.**, 2007. Development of standards and regulations for occupational noise, in *Handbook of Noise and Vibration Control*, pp.377-382, Eds Crocker, M.J., John Wiley & Sons, New York.
- Şahinler, S.**, 2000. En Küçük Kareler Yöntemi ile Doğrusal Regresyon Modeli Olusturmanın Temel Prensipleri. *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **5(1)**, 57-73.
- Şimşekli, C.**, 1990. Erzurum ve çevresinde gürültülü işyerlerinde çalışan işçilerin işitme yönünden değerlendirilmesi, *Tıpta Uzmanlık Tezi*, Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Erzurum.
- Teschke, K., Marison, S.M., Jin A., Fenske, R.A. ve Netten, C.V.**, 1994. Strategies for determining occupational exposures in risk assessments: a review and a proposal for assessing fungicide exposures in lumber industry, *American Industrial Hygiene Association Journal*, **55**, 443-449.
- Thiery, L. ve Meyer, B.M.**, 1988. Hearing loss due to partly impulsive industrial noise exposure at levels between 87 and 90 dB(A), *J.Acoust. Soc. Am.*, **84(2)**, 651-684.
- Tielemans, E., Kupper, L.L., Kromhout, H., Heederik, D. and Houba, R.**, 1998. Individual-based and group-based occupational exposure assessment: some equations to evaluate different strategies, *Annals of Occupational Hygiene*, **42(2)**, 115-119.
- Tielemans, E., Marquart, H., De Cock, J., Groenewold, M. and Hemmen, J.V.**, 2002. A proposal for evaluation of exposure data, *Annals of Occupational Hygiene*, **46(3)**, 287-297.
- Toppila, E., Pyykko, I. and Starck, J.**, 2001. Age and noise-induced hearing loss, *Scand. Audiol.* **30**, 236-244.
- Toppila, E., Pyykko, I., Starck, J., Kaksonen, R., Ishizaki, H.**, 2000. Individual risk factors in the development of noise-induced hearing loss, *Noise Health*, **2**, 59-70.
- TS EN ISO-9612**, 2003. Akustik-çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün ölçülmesi ve değerlendirilmesi için prensipler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

- TS-2607 ISO 1999, 2005.** Akustik – iş yerinde maruz kalınan gürültünün tayini ve bu gürültünün sebep olduğu işitme kaybının tahmini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-2607, 1977.** Akustik – işitme yeteneğinin korunması amaçları için iş yerinde oluşan gürültünün değerlendirilmesi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Tunç, Ö., 1999.** Ankara şeker makinası fabrikası çalışanlarının gürültü ve kaynak buharına (dumanına) sunuk kalmalarına bağlı etkilenmelerinin değerlendirilmesi, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Viljoen, D.A., Nie, V. and Guest, M., 2006.** Is there a risk to safety when working in the New South Wales underground coal-mining industry while having binaural noise-induced hearing loss, *Internal Medicine Journal*, **36**, 180-184.
- Vupa, Ö. ve Alma, Ö.G., 2007.** Kolmogorov-smirnov ve ki-kare uygunluk testlerinin farklı durumlar için karşılaştırılması, *5. İstatistik Kongresi ve Risk Ölçümleri ve Yükümlülük Toplantısı*, Antalya, 20-24 Mayıs, s.583-587.
- Vural, G., Poyraz, M., Dügel, G. ve Sabır, H., 1999.** Endüstriyel Gürültünün İşitme Duyusuna Etkisi. İSGÜM, Ankara.
- Wada, H., 2007.** The ear; its structure and function related to hearing in *Handbook of Noise and Vibration Control*, pp.277-285, Eds Crocker, M.J., John Wiley & Sons, New York.
- Werner, M.A. ve Attfield, M.D., 2000.** Effect of different grouping strategies in developing estimates of personal exposures: specificity versus precision, *Applied Occupational Health & Environment*, **15(1)**, 21-25.
- WHO, 1986.** Hearing impairment caused by noise, early detection of occupational disease, *World Health Organization*, Geneva.
- WHO, 2001.** Occupational and community noise, *World Health Organization, Fact Sheet, No. 258*, Geneva.
- WHO, 2006.** Primary ear and hearing care training resource; Advance level, *World Health Organization*, Geneva.

Yost, W.A., 2007. Hearing thresholds, loudness of sound and sound adaptation in *Handbook of Noise and Vibration Control*, pp.286-292, Eds Crocker, M.J., John Wiley & Sons, New York.

Ziel, A., 1976. Noise in Measurements. John Wiley & Sons Inc., New York.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Abdullah FİŞNE

Adres: İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü,
34469 Maslak İSTANBUL

Lisans : İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 1999

Yüksek Lisans : İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 2002

Yayın Listesi:

- **Fişne, A.**, Ökten, G. and Çelebi, N. 2005. Radon Concentration Measurements in Bituminous Coal Mines. *Radiation Protection Dosimetry*, **113 (2)**, 173-177.
- Kuzu, C., **Fişne, A.** and Ercelebi, S.G. 2008. Operational and geological parameters in the assessing blast induced airblast-overpressure in quarries. *Applied Acoustics*, 70(3), 404-411.
- **Fişne, A.**, Okten, G., Occupational noise exposure assessment for underground coal mine workers in Turkey. 21th World Mining Congress & Expo, 7 – 12 September 2008, Krakow, Poland, 225 – 230.
- **Fişne, A.**, Ökten, G. Assessment of Occupational Noise Exposure for Underground Mine Workers in Turkey, International Conference on Environment: Survival and Sustainability, 19-24 February 2007 Nicosia – Northern Cyprus. 288p. (Abstract).
- **Fişne, A.**, Ökten, G., Hüdaverdi, T. and Kuzu, C. Investigation of noise exposure levels for mechanized coal mine workers in Turkey. The 36th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Inter-Noise 2007, 28-31 August 2007 Istanbul, Turkey.
- **Fişne, A.**, Hüdaverdi, T. and Kuzu, C. Assessment of noise levels in Istanbul metro tunnel drivage. The 36th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Inter-Noise 2007, 28-31 August 2007 Istanbul, Turkey.
- Hüdaverdi, T., Kuzu, C. and **Fişne, A.** Analysis of blast induced vibrations in aggregate mining. The 36th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Inter-Noise 2007, 28-31 August 2007 Istanbul, Turkey.
- Hüdaverdi, T., Kuzu, C., **Fişne, A.** And Ökten, G. Prediction and prevention of airblast levels. The 36th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Inter-Noise 2007, 28-31 August 2007 Istanbul, Turkey.
- **Fişne, A.** ve Ökten, G., 2007. “Maslak BP İstasyonu'ndan Sızan Petrol Ürünlerinin

Tünel Havası Üzerindeki Etkileri”, Ulaşımında Yeraltı Kazıları 2. Sempozyumu, 15 – 17 Kasım 2007, İstanbul/Türkiye.

- **Fisne, A.,** Öztürk, C. A., Ökten, G., 2006. Fire Dam Construction for Underground Openings, ISRM 4th Asian Rock Mechanics Sym., 8-10 November, Singapore, ISBN : 981-270-437-X.
- Öztürk, C. A., **Fisne, A.,** and Nasuf, E., 2006. Rock Burst Characterization for Underground Constructions, ISRM 4th Asian Rock Mechanics Sym., 8-10 November, Singapore, ISBN : 981-270-437-X.
- **Fişne, A.,** Ökten, G. & Hüdaverdi, T., 2006. Yeraltı Madenciliğinde Ani Gaz ve Kayaç Püskürmesine Eğilimli Zonların Belirlenmesi, VIII. Ulusal Kaya Mek. Semp., 2-3 Kasım, İstanbul. 395 - 401.
- Hüdaverdi, T., Kuzu, C. & **Fişne, A.,** 2006. Melen Projesi Osmankuyu Tünelinde Gerçekleştirilen Atımların Değerlendirilmesi, VIII. Ulusal Kaya Mek. Semp., 2-3 Kasım, İstanbul. 403 - 407.
- Okten, G., **Fisne, A.** Accident in Mining Industry in Turkey. 20th World Mining Congress & Expo, “Mining and Sustainable Development”, 7 – 11 November 2005, Tehran, IRAN. 849 – 852.
- **Fişne, A.,** Ökten, G. 2004. Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Yeraltı Maden Ocaklarında Radon Gazı Yayılımının İncelenmesi. Türkiye 14th Kömür Kongresi, 2-4 Haziran, Zonguldak, Türkiye.
- **Fişne, A.,** Öztürk, C.A., Ökten, G., 2004. Hazard Assesment of A Coal Mine for Radon Concentration. Advances in Mineral Resources Management and Environmental Geotechnology, 7-9 June, Greece, 767-770.
- Öztürk, C.A., **Fişne, A.,** Nasuf E., 2004 Indicator Variogram for Solving The Estimation Problem. Advances in Mineral Resources Management and Environmental Geotechnology, 7-9 June, Greece 771-775.
- Nasuf, E., Öztürk, C.A., **Fişne, A.,** 2004. Türkiye ve Dünyada Mermer Organizasyonları. Madencilik Bülteni, Memer Özel Sayısı. 1 Nisan, s. 72-76.
- Çelebi, N., **Fişne, A.,** Ökten, G. Risk assessment of radon exposures in Zonguldak bituminous coal basin in Turkey., IAEA-CN-103, Book of Abstracts, International Conference on Isotopic and Nuclear Analytical Techniques for Health and Environment, 10–13 June 2003, Vienna, Austria, 135p.
- Öztürk, C. A., Erkan M., **Fişne A.,** Nasuf E. 2003. The Organizations of Aggregate and their Functions in Turkey and the World. 3rd National Crush Stone Symposium. 3-4 December, İstanbul, Turkey (in Turkish).
- Kuzu, C., **Fişne, A.** 2001. Application of Sublevel Caving with High-pressure Air Blasting into Dipping Hard Coal Seams at Zonguldak Colliery. Proc. of the 10th Int. Symp. on MPES, New Delhi, 19-21 November 2001: 427-431
- **Fişne, A.,** Ökten, G. 2002. Dust problem and control methods for open pits transport roads. 13th National Coal Congress, 29-31 May, Zonguldak, Turkey, p. 31-44.