

ERGONOMİK AÇIDAN GÜRÜLTÜ
PROBLEMİ VE
KÜTAHYA İLİNDE İŞLETMELER (TEKSTİL)
DÜZEYİNDE ANALİZİ
Emre Özel
Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Mart - 2006

ERGONOMİK AÇIDAN GÜRÜLTÜ PROBLEMİ VE KÜTAHYA İLİNDE
İŞLETMELER (TEKSTİL) DÜZEYİNDE ANALİZİ

Emre Özel

Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Mustafa Türengül

Mart – 2006

KABUL VE ONAY SAYFASI

Emre Özel'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Ergonomik Açıdan Gürültü Problemi ve Kütahya İlinde İşletmeler (Tekstil) Düzeyinde Analizi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

17/03/2006

Üye : Prof. Dr. Alim IŞIK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ömer Kadir MORGÜL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRENGÜL

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun/...../..... gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ERGONOMİK AÇIDAN GÜRÜLTÜ PROBLEMİ VE KÜTAHYA İLİNDE İŞLETMELER (TEKSTİL) DÜZEYİNDE ANALİZİ

Emre Özel

Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2006

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mustafa Türengül

ÖZET

Teknolojinin hızla ilerlemesi ile gelişen makineler ve bunların kullanımı esnasında ürettikleri sesler yani endüstriyel gelişmenin bir yan ürünü olan endüstriyel gürültü, endüstriyel gelişmeye paralel olarak önemli bir sorun haline gelmiştir. Endüstriyel gelişim sürecinde bulunan ülkemizde de ortaya çıkan birçok sosyal problem arasında, işçi sağlığını ve iş güvenliğini tehdit eden gürültü kirliliği problemi ilk sıralara çıkmıştır. Bu gerçek, işgörenlerde rahatsız olmaktan başlayıp, işin zorlaşmasına hatta sağlık yönünden kalıcı kayıplara kadar artan olumsuz etkiler oluşturmuştur.

Bu çalışmada; konunun temelini anlaşılabilmesi için, ses ve gürültü ile ilgili temel kavramlar ve gürültüyü değerlendirmede kullanılan ölçütler üzerinde durulmuş, gürültünün iş yerlerinde ne kadar büyük bir problem olduğunun gözler önüne serilmesi açısından da çalışanlar ve verimlilik üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca, mevcut standartlardan yararlanılarak, Kütahya Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren üç adet tekstil fabrikasında, farklı çalışma zamanı ve çalışma alanlarında gürültü ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına bağlı olarak da gürültü haritaları çıkartılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre; tekstil fabrikalarındaki çalışanlar üzerinde etkili olan gürültü düzeyinin ortalama 96.4 dBA olduğu ve bu ortamlarda, korumasız olarak sekiz saatlik çalışma yapılmasının işçi sağlığı açısından sakıncalı bulunduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ergonomi, gürültü haritası, gürültü ölçümü, Kütahya, tekstil fabrikaları.

NOISE PROBLEM IN AN ERGONOMICAL ASPECT AND ITS ANALYSIS ON THE LEVEL OF ENTERPRISE (TEXTILE) IN KUTAHYA CITY

Emre Özel

Industrial Engineering, M.S. Thesis, 2006

Thesis Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mustafa Türengül

ABSTRACT

Machines developed in the course of technological advancement and the noise they cause, which is industrial noise that is also the by product of industrial development, have become an important problem during the course of industrial development. In our country, which is flourishing in industrial development, there have occurred many social problems at the top of which is noise pollution that threatens worker health and occupational safety. This phenomenon leads to problems in workers ranging from emotional irritation to making the job harder and harder, and even to permanent health problems.

Within this study, basic terms about noise and the criteria to determine noise were presented so as to clarify the fundamental of noise; its affects on workers and productivity were shown in order to reveal what a big burden it is in work place. Moreover, making use of available standards, we did noise measurements in three textile factories in Kütahya Organised Industrial Zone in different working times and zones. On the strength of the results of these measurements, we made noise maps.

According to the research results; it has been determined that noise exposures on the workers in these textile factories are 96.4 dBA on average, and that working for eight hours in these environments without protection means is detrimental to workers' health.

Keywords: Ergonomics, noise map, noise measurement, Kütahya, textile factories.

TEŐEKKÜR

Bu çalışmada bana yardımcı olan başta danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mustafa Türengöl'e, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen Bölüm Baőkanımız Prof.Dr. Alim Işık'a, bana her konuda destek ve yardımcı olan aileme ve sevgili İlknur Özmen'e, ölçümlerin yapılmasına imkan sağlayan Akdemir Tekstil, Saraçoğlu Tekstil ve Erefe Tekstil'in değerli sahiplerine, çalıőanlarına ve emeiği geçen herkese teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Ergonomi Nedir?	2
1.2. Çalışma Ortamı ve Ergonomik Faktörler	2
1.3. Çalışmanın Önemi ve Amacı	3
2. LİTERATÜR ÖZETİ	5
3. SES VE GÜRÜLTÜ FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ	8
3.1. Ses ve Gürültü Tanımları	8
3.2. Sesin Sayısallaştırılması	9
3.2.1.Çeşitli düzeyler	9
3.2.2.Sesin frekansları	13
3.2.3. Zamanla değişim	16
3.3.Fiziko-Akustik	17
3.3.1. Kulağın fiziksel yapısı ve işitme olayının gerçekleşmesi	18
3.3.2. İşitsel algılama	19
3.4. Ergonomik Açıdan Gürültünün Değerlendirilmesi	24
3.4.1. Gürültünün insan üzerine etkileri	24
3.4.1.1. Gürültünün sebep olduğu fiziksel etkiler (İşitme üzerine etkileri)	25
3.4.1.2. Gürültünün işitme sistemi dışındaki insan sağlığına etkileri	30
3.4.1.3. Gürültü ve performans	31
3.4.2. Gürültü düzeyleri ve çalışma sürelerinin belirlenmesi	34
3.4.3. Gürültünün (sesin) ölçülmesi	39
3.4.3.1. Gürültü ölçümünün temel amaçları	39
3.4.3.2. Temel ölçüm parametreleri	40

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.4.3.3. Numune alma metodu	48
3.4.3.4. Hassas ölçümler için diğer hususlar	48
3.4.4. Endüstride gürültünün kontrolü	49
3.4.4.1. Gürültünün mühendislik uygulamalarıyla kontrolü	49
3.4.4.2. Gürültünün yönetsel önlemlerle kontrolü	57
3.4.4.3. Gürültünü yasal önlemlerle kontrolü	58
4. MATERYAL VE METOT	59
4.1. Materyal	59
4.2. Metot	64
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	67
5.1. Çalışanlar İle İlgili Bulgular	67
5.2. İş Yerleri Çalışma Koşulları ile İlgili Bulgular ve Tartışma	70
5.2.1. Akdemir Tekstil'e ait bulgular ve tartışma	71
5.2.2. Saraçoğlu Tekstil'e ait bulgular ve tartışma	75
5.2.3. Erefe Tekstil'e ait bulgular ve tartışma	78
5.3. İşçilerin Gürültü Maruziyetine İlişkin Bulgular ve Tartışma.....	83
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR DİZİNİ	91
EKLER	
1. Anket Soruları	
2. Akdemir Tekstil Fabrikası Ses Düzeyi Ölçüm Sonuçları	
3. Saraçoğlu Tekstil Fabrikası Ses Düzeyi Ölçüm Sonuçları	
4. Erefe Tekstil Fabrikası Ses Düzeyi Ölçüm Sonuçları	
5. L_{eq} - L_n İlişkisinin Analizi	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Bir ses kaynağının belirli uzaklıklardaki şiddeti	10
3.2. Harmonik, periyodik ve karmaşık seslerin yaratacağı ses basıncı değişimleri ve bu fonksiyonların frekans dağılımları	15
3.3. Zamanla değişen ses düzeyinin, eş değer sürekli ses düzeyi (L_{eq}) ile gösterilmesi .	17
3.4. Kulağın anatomik yapısı	18
3.5. İşitme olayının kaba gösterimi	19
3.6. Kulağın işitme aralığı	19
3.7. Arı sesler için eş yükseklik eğrileri	20
3.8. Sone Phon ilişkisi	21
3.9. A, B ve C ağırlıklı ses düzeyleri için çevrim eğrileri	22
3.10. İnsan üzerindeki ses yükünü oluşturan faktörler	24
3.11. Gürültünün insan üzerine etkileri	24
3.12. Geçici sağırılığın gürültü etkisinde meydana gelmesi	26
3.13. Gürültü sonrası geçici eşik kaymasındaki değişim	26
3.14. Ani sesler için kulak tarafından kabul edilebilir maksimum ses basınç düzeyleri...	27
3.15. İşitme sistemindeki tüy hücrelerinde gürültüye bağlı dejenerasyon oluşması	28
3.16. Gürültüye bağlı işitme kaybının gürültüde kalma yılıyla ilişkisi	29
3.17. Yaş, gürültü şiddeti ve süreye bağlı olarak sürekli sağırılık riskinin belirlenmesi ...	30
3.18. Dokuma işçilerinin çalıştıkları ortamda 10-15 dB'lik bir gürültü azaltılmasının işçilerin verimine etkileri	33
3.19. Arka plan gürültüsü için düzeltme diyagramı	45
3.20. Ses alanları	47
3.21. Gürültü kontrolü ve fabrika içi yerleşim	51
3.22. Bir oda içerisinde sesin yayılması ve ses sönümleyicilerin etkisi	53
3.23. Sandviç tipi ses yalıtıcı plakalar	54
3.24. Kısmi bariyerlerde gölge alanı elde edilmesi	54
3.25. Gürültü kontrol yöntemlerinin uygulanması	57
4.1. Dokuma fabrikalarının üretim akışı	61
4.2. Dokuma tezgahı kesiti	62
4.3. Akdemir Tekstil Ölçüm Noktaları	63
4.4. Saraçoğlu Tekstil Ölçüm Noktaları	63

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.5. Erefe Tekstil Ölçüm Noktaları	63
5.1. Gürültünün diğer çalışma ortamı faktörleri arasındaki yeri	69
5.2. Çalışanlara göre ortamdaki gürültü sebeplerinin toplamdaki dağılımları	69
5.3. Eşdeğer ses düzeylerinin ölçüm noktalarına ve ölçüm zamanlarına göre değişimi.	71
5.4. Akdemir Tekstil eş değer ses düzeyi (L_{eq}) haritası	74
5.5. Akdemir Tekstil maksimum düzeyler (L_{max}) haritası	74
5.6. Eşdeğer ses düzeylerinin ölçüm noktalarına ve ölçüm zamanlarına göre değişimi	75
5.7. Saraçoğlu Tekstil eş değer ses düzeyi (L_{eq}) haritası	77
5.8. Saraçoğlu Tekstil maksimum düzeyler (L_{max}) haritası	77
5.9. Eşdeğer ses düzeylerinin ölçüm noktalarına ve ölçüm zamanlarına göre değişimi	78
5.10. Erefe Tekstil eş değer ses düzeyi (L_{eq}) haritası	80
5.11. Erefe Tekstil maksimum düzeyler (L_{max}) haritası	80
5.12. Akdemir Tekstil Fabrikasında yüzde ses düzeyleri ve eşdeğer ses düzeyi ilişkileri	82
5.13. Saraçoğlu Tekstil Fabrikasında yüzde ses düzeyleri ve eşdeğer ses düzeyi ilişkileri	82
5.14. Erefe Tekstil Fabrikasında yüzde ses düzeyleri ve eşdeğer ses düzeyi ilişkileri.....	82
5.15. Fabrikalardaki dokuma işçilerinin gürültü maruziyet düzeyleri	83
6.1. Hacimlerin tavanlarına asılan dikey ve yatay sönümleyiciler	87
6.2. Yüzer taban izolasyonu	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Çeşitli ses ve gürültü kaynaklarının tipik ses güçleri ve ses gücü düzeyleri	12
3.2. Ses basıncı düzeyi, ses basıncı ve ses şiddeti ilişkisi	13
3.3. Yaygın gürültü kaynaklarının desibel değerleri	23
3.4. İş yerlerindeki çalışanları korumak için Avrupa Birliği tarafından çıkarılan yeni ve mevcut gürültü yönetmelikleri	36
3.5. OSHA standartlarına göre değişik düzeydeki sürekli gürültülerin etkisi altında kalınabilecek süreler	37
3.6. Doz-TWA ilişkisi	38
3.7. A- ağırlık eğrisi dikkate alınarak merkez frekanslar için düzeltme faktörü değerleri	43
4.1. Dokuma tezgahları ve üretim kapasiteleri	60
5.1. Dokuma işçilerinin yaş dağılımları	67
5.2. Dokuma işçilerinin çalışma süreleri	68
5.3. Dokuma işçilerinin gürültüyle ilgili yakınmalarının yüzdeler payları	70
5.4. Kulak koruyucu kullanmayan işçilerin kullanmama nedenleri	70
5.5. X-koordinatındaki ölçüm noktalarının, eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması (Akdemir Tekstil)	72
5.6. Y-koordinatındaki ölçüm noktalarının, eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması (Akdemir Tekstil)	72
5.7. X-koordinatındaki ölçüm noktalarının, eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması (Saraçoğlu Tekstil)	76
5.8. Y-koordinatındaki ölçüm noktalarının, eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması (Saraçoğlu Tekstil)	76
5.9. X-koordinatındaki ölçüm noktalarının, eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması (Erefe Tekstil)	79
5.10. Y-koordinatındaki ölçüm noktalarının, eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması (Erefe Tekstil)	79
5.11. Fabrikaların eş değer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması	81
6.1. Dokuma işçilerinin yirmi yıl çalışması sonucunda yaklaşık işitme kaybı riski görülme yüzdeleri	85
6.2. Dokuma Tezgahlarında Gürültü Denetimi	87
6.3. Bazı malzemelerin ses yutma katsayıları	88
6.4. Standartlara uyum için çalışılabilecek süreler	90

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
dB	Desibel
dBA	A- ağırlıklı Desibel
L_I	Ses şiddeti düzeyi
L_W	Ses gücü düzeyi
L_p	Ses basıncı düzeyi
L_{eq}	Eşdeğer sürekli ses düzeyi
$L_{eq,A}$	A- ağırlıklı eş değer ses düzeyi
L_{max}	Maksimum ses basınç düzeyi
L_{min}	Minimum ses basınç düzeyi
$L_{ex,8h}$	Sekiz saatlik L_{eq} ölçüm sonucu
L_n	Yüzde ses basınç düzeyi
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
SLM	Ses düzeyi ölçer (Sound level meter)
Hz	Hertz
S	Yavaş yanıt süresi (Slow)
F	Hızlı yanıt süresi (Fast)
TWA	Sekiz saatlik ortalama ağırlıklı ses düzeyi (Time weighted average)
TTS	Geçici eşik kayması (Temporary threshold shift)
PTS	Kalıcı eşik kayması (Permanent threshold shift)
ILO	Uluslararası Çalışma Örgütü
OSHA	Uluslararası Güvenlik ve Sağlık Yönetimi (Occupational Safety & Health Administration)
NIOSH	Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü (The National Institute for Occupational Safety and Health)
EPA	Çevre Koruma Ajansı (The Environmental Protection Agency)
ANSI	Amerika Ulusal Standart Enstitüsü (American National Standards Institute)
NRR	Ses azaltma değeri (Noise reduction rate)

1. GİRİŞ

1.1. Ergonomi Nedir?

Dünyada endüstri devrimi ile birlikte insanlarda sağlık-hastalık-iş arasında bir ilişki olduğu düşüncesi ağırlık kazanmaya başlamış ve bu alanda araştırmalara önem verilmiştir. Bu araştırmaların oluşturduğu bilim dalına da başta Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere olmak üzere pek çok ülkede “Ergonomi” adı verilmiş, Almanya ve bazı Avrupa ülkelerinde ise bu yeni bilim dalına ergonomi adının yanı sıra bazen eşdeğer anlamda, bazen de biraz daha kapsamlı bir anlamda “İşbilim” denilmiştir [1].

Günümüzde, üretim sistemlerinde giderek daha fazla makina kullanılmaktadır. Mekanizasyon ve otomasyondaki bu artış iş hızını da arttırmakta ve zaman zaman çalışmayı daha az enteresan kılmaktadır. Diğer taraftan, hala emek yoğun üretim sürmekte ve yoğun fiziksel sıkıntılarla karşılaşmaktadır [2].

Teknolojik gelişmeler doğrultusunda, insana duyulan gereksinim azalır gibi görünmesine rağmen, insan işinin niteliği artmaktadır. Diğer deyimle, üretim içindeki insanın daha yetenekli, becerikli olması gerekmektedir [3]. Ayrıca, her alanda makine veya robotla üretimler söz konusu olamayacağı için de insan faktörü yine ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla insan merkezli yönetim ve üretim anlayışına doğru hızlı bir yönelme görülmektedir [4].

Bu noktada, çalışanların yeteneklerinden ve becerilerinden en üst seviyede yararlanabilmek için, insan faktörünü kendisine odak noktası seçen ergonomi bilimine başvurulmaktadır. Bugüne kadar ergonomi için çok fazla tanım yapılmıştır. Bu tanımlardan Uluslararası Ergonomi Derneği (IEA) tarafından onaylanmış resmi tanım aşağıdaki gibidir:

Ergonomi, İnsanlar arasındaki etkileşim ve sistemin diğer öğelerini anlama ile ilişkili, bilimsel disiplin, kişilerin mutluluğunu ve tüm sistemin performansını en iyi hale getirmek için, teori, ilke, veri ve metotlar uygulayan bir meslek (uğraş)’tir [5].

Bir başka tanıma göre ergonomi; insanın fiziksel, psikolojik özelliklerini ve kapasitesini göz önüne alarak, insan-makina-çevre ilişkilerinin bilimsel açıdan düzenlenmesi ve bunların birbirleriyle uyumunun sağlanması çalışmalarınıdır [6]. Ergonomi tüm bu işlevlerini yerine getirirken, pek çok bilim dalı ile ilişki kurar ve hatta onlara dayanır. Bu bilim dalları;

- Anatomi, fizyoloji, patoloji, hijyen, beslenme-diyet vb. (Sağlık Bilimleri),
- Konstrüksiyon, takım tezgahları, imal usulleri vb (Mühendislik Bilimleri),
- Pedagoji, psikoloji, sosyoloji, iktisat, hukuk vb. (Sosyal Bilimler),

alanlarına aittir [1].

Ergonomi; diğer alanlardan, onun disiplinler arası yaklaşımı ve uygulamalı doğası (özelligi) ile ayrılır. Onun uygulamalı doğasının (özelliginin) sonucu olarak; iş, iş yerleri veya çevre diğer yöntemlerden daha çok insana uygun hale getirilir [5].

İşin insana uyumu aşağıdaki öğelerden oluşur:

- Çalışılan yerin ve üretim araçlarının analizi ve düzenlemesi (çalışma ortamı, makinalar vb.),
- İş çevresinin analizi ve düzenlenmesi (ses, aydınlatma, iklim, titreşimler vb.),
- İş organizasyonunun analizi ve düzenlemesi görevleri, işin içeriğinin, çalışma ve mola zamanlarının belirlenmesi [7].

1.2. Çalışma Ortamı ve Ergonomik Faktörler

Ergonomide, çalışma ortamının incelenmesindeki temel amaç, çalışanların sağlık ve güvenliklerinin sağlanmasının yanında, bu yapılırken de onların fiziksel özelliklerini, fizyolojik ve psikolojik yeteneklerini en etkin biçimde devreye sokabilecekleri bir çalışma ortamı tesis ederek, verimlerini ve yapılan işin kalitesini arttırmaktır.

Çalışma ortamı faktörleri; fiziksel faktörler, kimyasal faktörler ve psikolojik faktörler olmak üzere üç ana grupta incelenebilir. Bu faktörlerin hepsi önemli olmakla birlikte, uygulamadaki olumsuzlukların yoğunluğu nedeniyle fiziksel faktörler ayrı bir önem arz etmektedir. Gürültü, titreşim, aydınlatma ve çalışma ortamı iklimi gibi çeşitli alt faktörlerden oluşan fiziksel faktörlerin yanında, kimyasal ve psikolojik faktörler de çalışanların sağlıklarını, güvenliklerini ve çalışma verimliliklerini büyük ölçüde etkiler [8].

Fiziki çevre şartları belirli sınırlar içinde kaldığı sürece, insan bünyesi ona uyum sağlar. Bu sebeple ergonomist, iş sağlığı açısından “işitme organlarını sağırlaştırın ses yoğunluğu, mevzii ya da genel rahatsızlık yaratan sıcak ...” gibi tehlikeli olan bazı sınırları belirlemek zorundadır. Söz konusu çevre şartları, insanla iş arasındaki ilişkiyi doğrudan etkiler. Örneğin; ani bir gürültü işitme organını sakatlamasa dahi, insanı daha yorgun hale sokar. Bu nedenle

ergonomist, yapılan işin özelliğine göre çevre şartlarını optimal sınırlar içinde tutmaya çaba sarf etmelidir.

İnsan, makina ve ortamdan gelen sürekli bir bilgi akımı altında çalışır. İnsanın, bu bilgileri algılaması ve buna bir cevap hazırlamasında çalışma ortamı faktörleri direk olarak kişiyi etkileyebilir ve bilgileri yanlış algılamasına neden olabildiği gibi, cevap verme hızının yavaşlamasına ve hatta kişinin yanlış kararlar vermesine de neden olabilir. Bu yüzden çalışma ortamı faktörleri, ergonomide çok önem arz eder.

İş yerindeki fiziki çevre koşulları içerisinde gürültü, iş görenin iş yükünü etkileyen önemli bir faktördür. Dünyadaki teknolojik gelişme, yaşamın pek çok alanında, özellikle de iş yerlerinde üretim ve hatta yönetim birimlerinde gürültünün artmasını beraberinde getirmiştir [1]. Ayrıca araştırmalar, meslek hastalıkları arasında en yaygın olanının, gürültü nedenli işitme kayıpları olduğunu ortaya çıkarmıştır [9].

1.3. Çalışmanın Önemi ve Amacı

Gerek gürültünün insan üzerindeki etkileri, gerekse ses yalıtımı ve akustik düzenleme gerektiren mekanlara olan ihtiyacın artması nedeniyle, ses ve gürültü konulu çalışmalar, günümüzde büyük önem kazanmıştır. Gürültü, endüstride yeni bir problem olmayıp öteden beri mevcuttur. Gürültülü endüstriyel bir çevrede çalışmaktan doğan sağlığın mesleki bir hastalık teşkil etmesi, gürültü konusunun önemini arttırmıştır. Sağrılık, genellikle gürültüye uzun zaman maruz kalma neticesinde ortaya çıktığı için, ortaya hemen çıkmayabilir. Bu nedenle, gürültü problemini, ondan korunma çareleri ile etkilerini öğrenmek, çok önemli bir konu haline gelmiştir. Özellikle, gelişen toplumlarda gürültünün neden olduğu etkiler, meslek haslıkları ve tazminat ödenmesi gereken hastalıklar arasında sayılmaya başlamasıyla, gürültü ile ilgili kayıt sistemlerinde önemli gelişmeler olmuştur. Dünyada, sadece işitme kaybından dolayı çalışanlara her yıl milyonlarca dolar tazminat ödendiği tahmin edilmektedir. Sadece British Columbia'da 1994-1998 yılları arasında, kalıcı işitme kaybından sıkıntı çeken 3207 çalışana 18 milyon dolar tazminat ödenmiştir. İlave olarak, işitme cihazları için de 36 milyon dolar ödenmiştir [10].

Görüldüğü gibi, endüstride gürültü sadece çalışanlarda sağlık problemleri açmakla kalmayıp, işverenlere ve ülke ekonomilerine de önemli yük getirmektedir. “Gürültü işin bir parçasıdır ve engellenemez” görüşünün hakim olduğu ülkemizde de yakın gelecekte bu konuda büyük sıkıntıların yaşanacağı açıktır. Bu nedenle öncelikle ses ve gürültü faktörleri, ergonomik açıdan gürültünün değerlendirilmesi gibi temel konular ayrıntılı olarak incelenmiş ve endüstride

gürültünün önemi göz önüne alınarak; bu çalışmada, Kütahya Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren dokuma fabrikalarındaki ses düzeylerinin belirlenmesi, standartlarla karşılaştırılması ve çalışanlar açısından riskli bölgelerin belirlenebilmesi için gürültü haritalarının oluşturulması amaçlanmış ve çalışanların maruz kaldığı gürültü düzeylerinin azaltılabilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

İnsanoğlunun gürültü ile tanışıklığı ve gürültü konusundaki ilgisi milattan önce 600'lü yıllara uzanır. O yıllarda bile, gürültü konusunda çeşitli önlemler alınmaya çalışılmıştır. Son yüzyıl içerisinde, sanayileşmenin hızlı bir şekilde gelişmesi, yeni teknolojik buluşlar, gürültü ve gürültüyü önleme konusundaki çalışmaların artmasına yol açmıştır. Gürültü konusunda yapılan araştırma ve incelemeler 1000-1940 yılları arasında 303 iken, 1941-1955 arasında 2029'a yükselmiştir. Bu da bize, gürültü konusundaki ciddi çalışmaların 1950'li yıllarda başladığını göstermektedir [11]. Bu konuda, son yıllarda yapılmış çalışmalara ve elde edilen sonuçlara aşağıda değinilmiştir.

Parkinson ve Phelps (1979), sesin fiziksel doğası, insan işitme mekanizmasındaki fiziksel etkileri ile işitme zarar riskinin değerlendirilmesi için ölçüm tekniklerini ve gürültü kontrol analizlerini ele almışlardır. Ayrıca, çimento sektöründeki mesleki gürültü maruziyetlerini araştırmışlardır.

Nanthavanij ve ark. (1997), üretim endüstrisinde gürültü haritaları oluşturmayı kolaylaştırmak ve hızlı sonuçlar elde edebilmek amacıyla, analitik bir yöntem üzerinde durmuşlardır. Bu yöntemde; geliştirmiş oldukları bir takım matematiksel modeller yardımıyla, iş yeri tabanındaki bir noktada farklı makinalardan gelen bileşik gürültü düzeylerini tahmin etmişlerdir. Sonuçta bu yöntem, bir bilgisayar yazılımı ile beraber daha hızlı gürültü haritası oluşturmak ve iş yerine ilave bir makina yerleştirmek istenildiğinde, yeni makinaların gürültü açısından ortama etkisini önceden görebilme imkanı doğurmuştur.

Barroso ve ark. (2000), üretim işletmelerinde üç yılın üzerindeki bir dönemde, mesleki gürültü maruziyeti ile ilgili gelişmeleri analiz etmişlerdir. Portekiz endüstrisinde, farklı sektörlerden 1753 işyeri içeren toplam 121 şirketten gürültü ölçüm verileri toplanmış ve analizler sonucunda, yasal düzenlemelerle izin verilen maksimum gürültü eşiği üzerindeki bir düzeye maruz kalan operatörlerin sayısında, zaman içerisinde çok az bir azalma olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Guasch ve ark (2001), büyük fabrikalarda her bir ses kaynağının, ses (akustik) gücünün normal çalışma koşulları içerisindeki ölçüm zorluklarını ortadan kaldırmak ve çevresel akustik etkisini belirleyebilmek amacıyla bir inversiyon modelleme kullanmıştır. Farklı kaynakların akustik güçleri arasındaki mümkün olan ilişkileri ortaya çıkarmak için, ölçüm verileri

üzerindeki simülasyon hataları yardımıyla ölçümler üzerinde dikkatli bir analiz gerçekleştirilmiş ve bu yöntem sıvı-gaz fabrikasında uygulanmıştır.

Kerr ve ark. (2002), çeşitli inşaat faaliyeti görevlerinde gürültü maruziyet verilerinin toplanması için göreve ve işe bağlı bir yöntem kullanmışlardır. Görev çeşitliliği için gürültü düzeyleri üç inşaat faaliyeti meslek grubu için (çatı ustası, düz işçi, marangoz) tasarlanmış bilgisayar tabanlı video oyunu formatında eğitim programı geliştirilmesinde kullanmışlardır. Sonuçta, bu program sayesinde çalışanların kendi mesleklerinde maruz kalmış oldukları gürültü düzeyleri üzerine bir perspektif katmış olacağını ve böylece işitme koruma eğitiminin etkinliğinin artırılabilceğini öngörmüşlerdir.

Grzebyk ve Tiery (2003), gürültü ölçümleri çok yönlü rassal örnekleme kullanılarak yapıldığında, dBA olarak belirtilen gürültü düzeyi örneklemlerinin ortalama ($L_{eq,T}$) değerleri için, normal dağılıma uyduğu varsayılarak, ortalama ses maruziyet düzeylerinin güven aralığının logaritmik yapısını da göz önüne alarak, Land'ın kesin yöntemine (exact procedure) bağlı olarak tahmin edilebileceğini belirtmiştir. Bu yöntem, ISO 9612 tarafından önerilen "yaklaşık güven aralığı" hesabı sonuçları ile kıyaslanmış ve yaklaşık yöntemin örnek sayısının (n) küçük ve standart sapmanın (S_L) 3 dBA'dan büyük olduğunda; yaklaşık yöntemin, güven aralığının üst limitlerini önemli derecede eksik tahmin ettiğini ispatlamıştır.

Şahin (2003), gürültünün, üretimin zaman ve miktar performansı üzerine etkisini araştırmak amacıyla, kanepeler üreten bir atölyede gürültü analizleri yapmıştır. Bunun için ilk olarak iş istasyonlarındaki yarı mamullerin miktar performansları belirlenmiş ve zaman etüdü çalışmasıyla işlemlere ait standart zamanlar hesaplanmıştır. Bu miktar performansları ve standart zamanlar, gürültü azaltıcı tedbirler alınmasının ardından hesaplanan standart zamanlarla ve yarı mamul miktar performansları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda, gürültünün azaltılması, iş görenlerin üretim performanslarını olumlu yönde etkilediği, önemli ölçüde zaman tasarrufu sağlayarak üretim miktarı artışına sebep olduğu saptanmıştır.

Wachasunder (2004), petrol rafineri tesislerindeki gürültü düzeylerinin, çalışanlar üzerine etkisini incelemiştir. Bu tesislerde, bazı operasyonların gürültü düzeylerinin 90 dBA'yı aştığını ve çevreyi etkilediğini gözlemlemiştir. Analizlerin sonunda, işitme bozukluklarının büyük miktarda gürültü maruziyetinden ve ayrıca çalışanların yaşlarından kaynaklandığını belirtmiştir.

Miyakita (2004), Japon çiftçilerinin ofis çalışanlarıyla karşılaştırıldığında gürültüye bağlı işitme kaybı risklerinin olup olmadığını araştırmış ve tarım alanında çalışanların mesleki gürültü düzeylerine ilişkin mevcut durumun değerlendirmesini yapmıştır. Yapılan bu çalışmayla, özellikle erkeklerin, yüksek frekans aralıklarında işitme kaybına sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, çay toplama ve işleme için gürültü maruziyet düzeylerinin (L_{eq}); 81.5 ile 99.1 dBA, şeker kamışı toplama için 83.2 ile 97 dBA düzeyleri arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Cagno ve ark. (2004), mesleki gürültü maruziyetlerinin değerlendirilmesi ($L_{EP,d}$) ve bu maruziyet düzeyleri için güven aralığının hesaplanabilmesi amacıyla bir olasılıklı model tanımlamışlardır. Bu güven aralığı, iş çevresinin farklı alanlarında veya farklı operatör görevlerinde alınması gereken, hem eşdeğer gürültü düzeyi hem de maruziyet süresi örneklerinin sayısının fonksiyonu içerisinde tanımlanmıştır. Tanımlanan bu model, üretimin bir grup çalışan tarafından denetlendiği bir gazete basım alanına uygulanmıştır.

3. SES VE GÜRÜLTÜ FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ

Teknolojik uygulamaların artışı ile, insan-makine sistemleri, günlük yaşam ve çalışma koşullarını önemli düzeyde değiştirmiştir. Büyük yararları olmasına karşın, geliştirilen ve üretilen makinalar, değişen olumsuz ortam koşullarına bir yenisini ekleyerek, fizyolojik ve psikolojik insan yorgunluğunu arttırmıştır. Teknolojik gelişimle ortaya çıkan ve insan iş başarısını olumsuz yönde etkileyen en önemli makina faktörlerinden birisi de gürültüdür [12]. Dünyada her gün milyonlarca insan, iş yerlerinde gürültüye ve bunun doğurabileceği risklere maruz kalmaktadır. Gürültü, üretim ve inşaat gibi endüstrilerde çok açık biçimde bir problem iken, diğer çalışma ortamlarının geniş bir alanında da bir sorun olabilir [13]. Bu nedenlerle, gürültünün ölçümü, gürültünün insana etkileri, gürültüden insanı koruma yöntemleri ergonomi ile ilgilenenlerin bilmesi gereken önemli konulardır. İşyerlerinde ergonomiden (işbilimden) sorumlu mühendisin görevi, daha öncede bahsedildiği gibi iş yaşamında olumsuz sonuçlar doğuracak gürültünün ortaya çıkmasını baştan önlemeye çalışmaktır. Bu konuda, gerekli mühendislik çalışmalarını yapabilmek için, ses-gürültü, duyma olayı vb. konular hakkında bazı temel bilgilerin bilinmesi gerekir [1].

3.1. Ses ve Gürültü Tanımları

Ses, dalgalar halinde yayılan bir enerji şeklidir. Ortamdaki parçacıkların titreşmesiyle oluşan dalgalar, havada basınç değişiklikleri oluşturur. Bu basınç değişiklikleri kulak tarafından elektrik sinyallerine çevrilir ve beyin tarafından “ses” olarak algılanır [14].

Gürültü ise kısaca, rahatsız edici ya da hoş gitmeyen, insanlarda sağlık açısından geçici veya sürekli olarak zarar meydana getiren ses olarak tanımlanabilir. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) gürültüyü, işitme kaybına yol açan, sağlığa zararlı olan veya başka tehlikeleri ortaya çıkaran tüm sesler olarak tanımlamaktadır [15]. Bilimsel bir tanım yapılmak istenirse gürültü, harmonik olan ve olmayan titreşimlerin bir araya gelmesine bağlı akustik bir olaydır. Bir başka deyişle gürültü, gelişigüzel bir yapısı olan ses spektrumudur [16].

Endüstriyel gürültü ise, iş yerinde çalışanların üzerinde fizyolojik ve psikolojik etkiler bırakan ve iş verimini olumsuz etkileyen sesler olarak tanımlanabilir [17].

Ses, nesnel bir kavramdır. Ölçülebilir bir kavram olmakla birlikte varlığı da kişiye bağlı olarak değişir. Fakat genel olarak istatistik yardımıyla oluşturulan standartlar ile sayısallaştırılmıştır. Gürültü ise, öznel bir kavramdır. Ses ve gürültü arasındaki ayırım kişilere

göre değişebilir. Bazı insanların kulağına müzik olarak gelen bir takım sesler, diğer insanlar için rahatsız edici olabilir ve gürültü olarak algılanır. Rahatsızlık duyma sınırı da insandan insana farklılık gösterebilir. Ancak, gürültünün insan sağlığını bozduğu ve olumsuz psikolojik etkiler ortaya çıkardığı bir gerçektir [18].

3.2. Sesin Sayısallaştırılması

Sesin sayısallaştırılmasında en basit biçimde üç bileşen kullanılabilir. Bunlar; çeşitli düzeyler, sesin frekansları ve zamanla değişimlerdir. Dolayısıyla bu bölümde bu üç bileşen ele alınıp incelenmiştir [19].

3.2.1. Çeşitli düzeyler

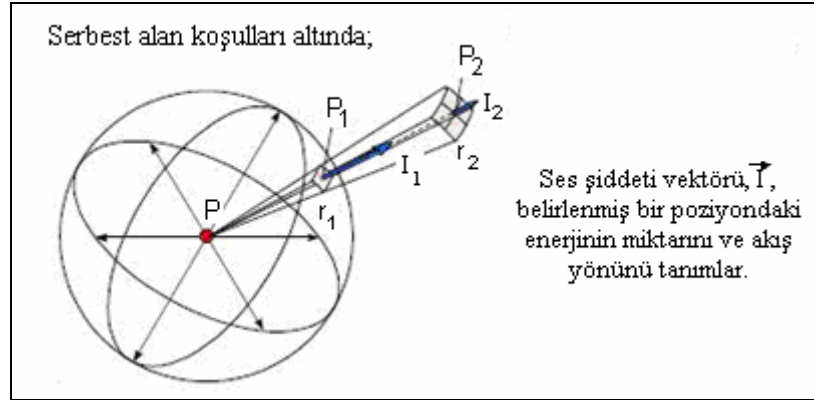
Ses şiddeti: ses dalgalarının ilerlediğı doğrultuya dik durumdaki birim alandan, birim zamanda geçen enerji miktarı olarak tanımlanabilir. Ses şiddeti, güç/alan, örneğin metrekarede saniyedeki joule (J/m²-s) ya da buna eşdeğer olan metrekarede Watt (W/m²) birimiyle ölçülür. Ses şiddeti, nesnel bir nicelik olup uygun ölçme aygıtlarıyla ve gözlemcinin işitme duyumundan bağımsız olarak ölçülebilir. Ölçümlerde ses şiddetleri 10⁻²⁰ Watt/m² ile 10⁻⁷ Watt/m² arasında yer alır. Yani, değişim aralığı 10¹³, dır.

Şekil 3.1'de enerji yayımlayan bir ses kaynağı görülmektedir. Bu enerjinin tümü, kaynağı çevreleyen bir alandan geçmek zorundandır. Şiddet, belli bir alandaki güç olduğundan, kaynağı çevreleyen alandaki normal uzaysal-ortalama şiddet ölçülüp, alanla çarpılarak kaynağın ses gücü bulunabilir [20]. Ses şiddetinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılabilir [21]:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c} \dots\dots\dots (3.1)$$

Burada;

- | | |
|--|---|
| I: Şiddet (J/s/m ² = W/m ²) | ρ: Havanın yoğunluğu (kg/m ³) |
| P: Ses Gücü (W) | c: Sesin havadaki hızı (m/s) |
| p: Basınç (Pa=N/m ²) | r: Etki alanı yarıçapı (m) |



Şekil 3.1 Bir ses kaynağının belirli uzaklıklardaki şiddeti [21]

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi, ses şiddeti serbest alan yayılımında (örneğin sadece hava bulunan hacim), kaynaktan uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Yayımlanan güç ise, uzaklıktan bağımsız olarak sabit kalır [20]. Akustik çalışmalarda, ses şiddetinin hesaplanmasında kullanılan ses gücü ve ses basıncı kavramları önemli rol oynamaktadır. Bu kavramlar aşağıda incelenmiştir:

Ses gücü: Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüne ses gücü (akustik güç) denir. Bir ses kaynağı, birim zamanda belirli miktarda ses enerjisi üretir (Joule /s), yani Watt olarak değerlendirilen (Watt=Joule/s) belirli ses gücüne sahiptir [21]. Ses güçleri, 10^{-12} Watt’dan 10^8 Watt’a kadar uzanır ve değişim aralığı 10^{20} ’dir.[19].

Ses basıncı: Ses basıncı, ses gücünün etkisidir. Ses, kulak zarıyla temasta olan havanın basıncının değişmesiyle algılandığından, bir ses kaynağının ses gücünden daha çok belli bir noktada yarattığı ses basıncı önemlidir [22]. Ses basıncı ile ses gücü arasındaki ilişki ısı ile sıcaklık arasındaki ilişki gibidir. Örneğin, bir elektrikli ısıtıcı, hangi çevrede olursa olsun aynı gücü yayımlar. Ancak, ortamın hacim özelliklerine bağlı olarak farklı noktalarda farklı derecede hissedilir [23].

Ses basıncı, N/m^2 şeklinde belirlenir. Kulağa gelen 1 kHz frekansa sahip ses dalgalarının kulak tarafından algılanabilmesi için basıncı en az $0.00002 N/m^2$ olmalıdır. Bu sınır, p_0 duyma eşiği olarak tanımlanır. İnsan kulağı, basıncı $0.00002 N/m^2$ ’den $20 N/m^2$ ’ye kadar olan hava dalgalarını çeşitli düzeyde algılar. Kulağın algılayabileceği en güçlü ve en zayıf seslerin basınçları arasındaki oran 10^6 , enerji yoğunlukları arasındaki oran ise bunun karesi, yani 10^{12} ’dir [1].

Akustik olayların kuramsal olarak incelenmesinde, ses şiddetini, ses gücünü ve akustik basıncı, sırasıyla W/m^2 , W ve Pa ile göstermek uygundur. Ancak, bu niceliklerin değerleri, yukarıda da değinildiği gibi, geniş bir alanda değişim göstermelerinin sonucu olarak, bu niceliklerin daha kullanışlı biçimde belirtilmesi için araştırmalar yapılmış ve bu araştırmalar neticesinde, insan kulağının sese yanıtının; iki farklı sesin yoğunluk farkı yerine, seslerin yoğunluğunun oranına daha çok bağımlı olduğu bulunmuştur (Weber-Fencher Kanunu). Bu sebeplerden ötürü, “düzey” ya da “seviye” olarak adlandırılan bir logaritmik ölçek tanımlanmıştır [24].

Ses düzeyleri (seviyeleri), aslında birimsiz nicelik olduğu halde, Alexander Graham Bell'in anısına değerlendirme birimi olarak “Bell” adı verilmiştir. Düzey olarak Bell'in kullanım pratikliği açısından çok büyük olduğu görüldüğünden bu birim ona bölünmüş, böylece, onda bir Bell anlamına gelen desibel (dB) birimi ($0.1 \text{ Bell} = 1 \text{ dB}$) akustikte düzey birimi olmuştur. Günümüzde, gürültü yayılım gücü dışında, hemen hemen bütün akustik düzeyler dB cinsindedir [23].

Düzey, genellikle L simgesi ile gösterilir ve ölçülen niceliği belirtmek için de L simgesi bir alt simge ile birlikte kullanılır. Örneğin, ses gücü düzeyi L_w ile belirtilir [24]. Desibel cinsinden ses gücü düzeyi aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır [25]:

$$L_w = 10 \log_{10}(W/W_0) \text{ (dB)} \dots\dots\dots (3.2)$$

Burada;

W = Ses gücü (Watt),

W_0 = Referans ses gücü olup (Watt), genellikle genç sağlıklı bir kulağın normal işitme eşiği olan 10^{-12} W değeri kullanılır.

Çizelge 3.1'de, bazı ses ve gürültü kaynaklarının harcadıkları ses güçleri ve ses gücü düzeyleri verilmiştir. Bu çizelgenin incelenmesi, ses ölçümlerinde desibel kullanmanın sağladığı kolaylığı açıkça göstermektedir. Çizelgede verilen ses gücü değerleri 10^{-9} W ile $5 \times 10^7 \text{ W}$ arasında değişirken, ses gücü düzeyleri sadece 30 dB ile 197 dB arasında kalmaktadır. Desibel kullanılması, çok küçük ya da çok büyük sayılarla uğraşmaktan bizleri kurtarmış ve geniş bir aralığa yayılan sayıları, çok küçük bir aralıkta toplanmış sayılarla anlatabilmesini sağlamıştır.

Çizelge 3.1 Çeşitli ses ve gürültü kaynaklarının tipik ses güçleri ve ses gücü düzeyleri [22]

Kaynak	Ses Gücü (W)	Ses Gücü Düzeyi (dB, ref. 10^{-12})
Fısıltı	10^{-9}	30
Normal Konuşma	10^{-5}	70
Bağırarak konuşma	10^{-3}	90
Kamyon kornası	10^{-1}	110
Pervaneli Uçak Motoru	1	120
Senfoni orkestrası	10	130
Dört pervaneli uçak	100	140
Dört jet motorlu uçak	5×10^4	167
Satürn roketi	5×10^7	197

P basıncı ile ifade edilen bir sesin, ses basınç düzeyi aşağıdaki eşitlikle belirtilir [26]:

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \log \left(\frac{p}{p_0} \right) \dots\dots\dots (3.3)$$

Burada;

L_p = Ses basıncı düzeyi (dB),

p = Ses basıncının ortalama kare değerinin karekökü (rms değeri) ,

p_0 = Referans ses basıncı değeridir ve $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ (Pa) = 0.0002μbar = 20μPa olur.

Ses basıncı düzeyinin tanımında basınçların değil de basınçların karelerinin oranının kullanılma nedeni, dB'nin genellikle güç oranları için kullanılması ve gücün basıncın karesiyle orantılı olmasıdır [22].

Ses şiddeti düzeyi ise dB olarak, daha önceki düzey tanımlarına benzer şekilde, aşağıdaki eşitlikle hesaplanır [27]:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \dots\dots\dots (3.4)$$

Burada;

L_1 = Ses şiddeti düzeyi (dB),

I = Ses şiddeti (W/m^2),

I_0 = Duyma eşiği şiddeti olup $10^{-12}W/m^2$ 'dir.

Havada ilerleyen sesler için, ses basınç düzeyi ve ses şiddeti düzeyi birbirlerinin yerine kullanılabilir. Desibel olarak ses basınç düzeyinin, ses basıncı ve ses yoğunluğu ile ilişkisi Çizelge 3.2'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.2 Ses basıncı düzeyi, ses basıncı ve ses şiddeti ilişkisi [27]

Ses Basınç Düzeyi (dB)	Ses Basıncı (Pa)	Ses Şiddeti (W/m^2)
140	200	100
130	63.2	10
120	20	1
110	6.32	10^{-1}
100	2	10^{-2}
90	0.632	10^{-3}
80	0.2	10^{-4}
70	6.32×10^{-2}	10^{-5}
60	2×10^{-2}	10^{-6}
50	6.32×10^{-3}	10^{-7}
40	2×10^{-3}	10^{-8}
30	6.32×10^{-4}	10^{-9}
20	2×10^{-4}	10^{-10}
10	6.32×10^{-5}	10^{-11}
0	2×10^{-5}	10^{-12}

3.2.2. Sesin frekansları

Arı seslerde ses frekansı; basınç dalgalarının birim zamandaki tekrar sayısıdır. Başka bir ifadeyle, saniyedeki titreşim sayısıdır [28]. Sağlıklı genç bir kişi için işitme frekans aralığı,

yaklaşık 20 Hz'den 20000 Hz'e uzanır (bazı kaynaklarda sınırlar 16 Hz ile 16000 Hz olarak verilmektedir). Sesin frekansı, onun diğer seslerden ayrılmasını sağlayan tonunu (tınısını) oluşturur [29].

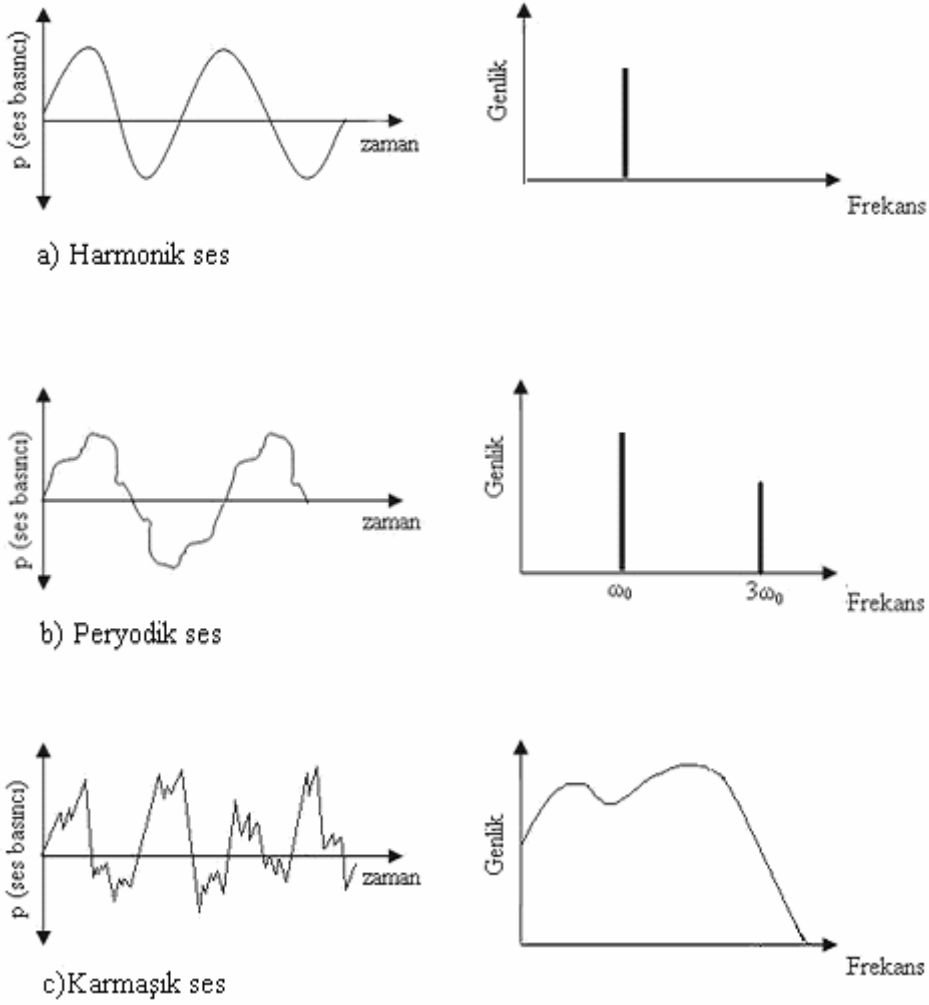
Sesin frekanslara göre, seslerin incelik ve kalınlık tanımlaması yapılabilir. Örneğin;

16-100 Hz arası	Çok kalın
100-400 Hz arası	Kalın
400-1400 Hz arası	Orta kalın
1400-3200 Hz arası	İnce
3200-16000 Hz arası	Çok ince seslerdir [20].

Sesler, harmonik ses basıncı değişimlerinin yarattığı sesler yani, arı sesler (saf ton), iki ya da daha çok arı sesin birleşmesinden oluşan sonucunda harmonik olmayan (periyodik) sesler ve ne harmonik ne de periyodik olmayan zamanla değişimi gelişi güzel olan karmaşık (kompleks) sesler olmak üzere üç grupta ele alınabilir. Harmonik sesler, tek frekanstan oluşmuş seslerdir ve bunlar çoğunlukla yapaydır. Genellikle, ses kaynaklarının çıkardığı sesler tek frekanslı değildir. Piyanodaki tek bir nota bile, karmaşık dalga biçimine sahiptir [20].

Peryodik sesler kendilerini oluşturan harmoniklere ayrılabilirdiği gibi, periyodik olmayan karmaşık sesler de sonsuz sayıda harmonik fonksiyonun toplamı şeklinde düşünülebilir. Böyle bir analize gidildiğinde, teorik olarak sıfırdan sonsuza kadar her frekanstaki fonksiyonun, verilen karmaşık bir fonksiyonu oluşturmada katkısının olabileceği görülür. Her frekanstaki fonksiyonun katkısı, frekansın fonksiyonu olarak çizilirse, sürekli bir eğri elde edilir. Bu tür eğrilere, frekans dağılımı eğrisi veya frekans spectrumu denir. Peryodik bir fonksiyonun frekans spectrumu çizilecek olursa, yalnız belli frekanslar için değerler bulunur [20].

Şekil 3.2'de üç tip fonksiyonun (harmonik, harmonik olmayan periyodik ve karmaşık) ses basınç değişimlerinin ve frekans dağılımı eğrilerinin nasıl olacağı görülmektedir.



Şekil 3.2 Harmonik, periyodik ve karmaşık seslerin yaratacağı ses basıncı değişimleri ve bu fonksiyonların frekans dağılımları [22]

Titreşim hareketlerinin, yayılışı sırasında bir devir süresi içinde gittiği uzaklığa dalga boyu denir. Noktasal gürültü ölçümlerinde dalga boyu önemli bir rol oynar. Dalga boyu aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir [28]:

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (3.5)$$

Burada;

λ = Dalga boyu (m),

c = Dalganın yayılma hızı (m/s),

f = Dalganın frekansı (Hz)'dir.

Oda sıcaklığı koşullarında, sesin havadaki yayılma hızı 344 m/s'dir. Ses titreşimlerinin dalga boyları ise yaklaşık, 0.002 m ile 20 m arasında değişir. Kalın seslerin dalga boyu uzun, ince seslerin dalga boyu ise daha kısadır.

3.2.3. Zamanla değişim

Gürültü araştırmalarında, zaman da önemli bir etmendir. Zaman içerisinde seslerin hem frekansları hem de şiddetleri büyük oranda değişir. Örneğin, zaman içerisinde ses incelik kalınlaşabilir ya da frekansı sabit kalan bir sesin düzeyi azalır çoğalabilir. Zamana bağlı gürültü tipleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

- Kararlı Gürültü (Sabit Gürültü): Gürültü düzeyi, ölçüm süresince önemli değişmeler göstermeyen gürültüdür.
- Kararsız Gürültü: Ölçme süresince, gürültü düzeyinde önemli ölçüde değişiklikler olan gürültüdür. Kararsız gürültü de aşağıda verildiği gibi, kendi arasında üçe ayrılır:
 - a)Dalgalı Gürültü: Ölçme süresince, gürültü düzeyinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklikler olan gürültüdür.
 - b) Kesikli Gürültü: Gözlem süresince düzeyi aniden ortam gürültü düzeyine düşen ve ortam gürültü düzeyi üzerindeki değeri bir saniye veya daha fazla sürede sabit olarak devam eden gürültüdür (Trafik gürültüsü gibi).
 - c)Vurma Gürültüsü (Anlık Gürültü): Her biri 1 saniyeden daha az süren bir veya birden fazla vuruşun çıkardığı gürültüdür (Çekiç gürültüsü gibi) [30].

Gürültü düzeyi ölçer ile yapılan ölçümlerde, ölçüm cihazında yavaş yanıt özelliği kullanılarak elde edilen ses basınç düzeylerinin değişim aralığı 5 dB ise, gürültünün hemen hemen kararlı olduğu varsayılır [31].

Zaman içerisinde değişen gürültü düzeyleri (kararsız gürültüler) genellikle, eşdeğer sürekli ses düzeyine dayanarak tanımlanır. Genellikle L_{eq} ile gösterilen eşdeğer sürekli ses düzeyi; verilen bir zaman aralığında, söz konusu ses ile aynı toplam enerjiye sahip, sabit düzeydeki sesin ses düzeyi olarak tanımlanır. Bu tanıma göre, eşdeğer sürekli ses düzeyi, bir sesin A ağırlıklı ses basıncının rms değerinin düzeyine eşittir (Şekil 3.3) [22]. Burada A

ağırlıklandırması; insanın değişik frekans bölgelerindeki sesleri farklı algılamasından kaynaklanan farklılıkların kalibrasyonu şeklinde tanımlanabilir ve ilerideki konularda daha geniş incelenecektir. L_{eq} , aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir [32]:

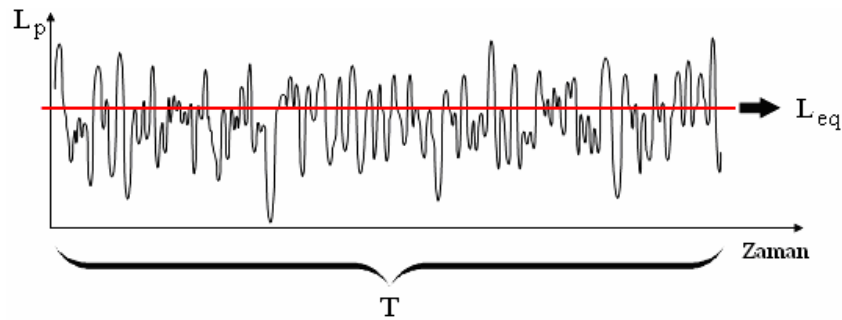
$$L_{eq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \dots\dots\dots (3.6)$$

Burada,

T = Ölçüm süresi

$p(t)$ = Ölçülen sesin A ağırlıklı ses basıncı (N/m^2)

p_0 = Referans ses basıncıdır (N/m^2) .



Şekil 3.3 Zamanla değişen ses düzeyinin eşdeğer sürekli ses düzeyi (L_{eq}) ile gösterilmesi

L_{eq} , gelişmiş ses düzeyi ölçerler veya entegre gerçek zamanlı analizörler ile direkt olarak ölçülebilir.

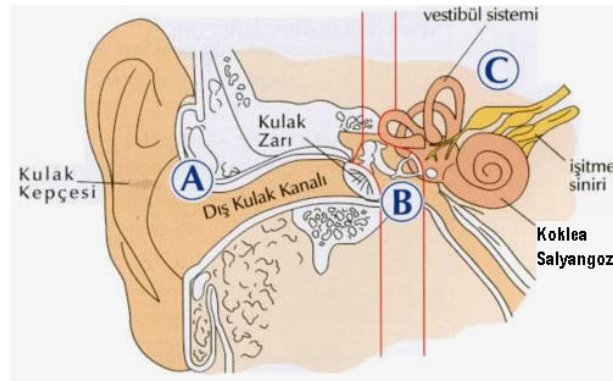
3.3. Fiziko-Akustik

Ses gücü, ses şiddeti ve ses basıncı düzeylerini belirten ses birimleri dışında, belirli bir ses veya gürültünün büyüklüğünü öznel etkilerine göre değerlendiren çeşitli birimler de geliştirilmiştir. Bu noktada, fiziko-akustik kavramı karşımıza çıkmaktadır. Fiziko-akustik, sesin fiziksel özellikleriyle bağlantılı olarak, sesin kişi tarafından nasıl algılandığının incelenmesidir

[25]. Bu bölümde, öncelikle kulağın fiziksel yapısı ve işitme olayının nasıl gerçekleştiği, sonrasında da işitsel algılama ele alınıp incelenmiştir.

3.3.1. Kulağın fiziksel yapısı ve işitme olayının gerçekleşmesi

Kulak, anatomik ve fonksiyonel olarak üç kısma ayrılır. Bunlar; dış, orta ve iç kulaktır. Bu üç kısım da, farklı bölümlerden oluşur. Bu kısımlar Şekil 3.4’de görüldüğü gibidir.



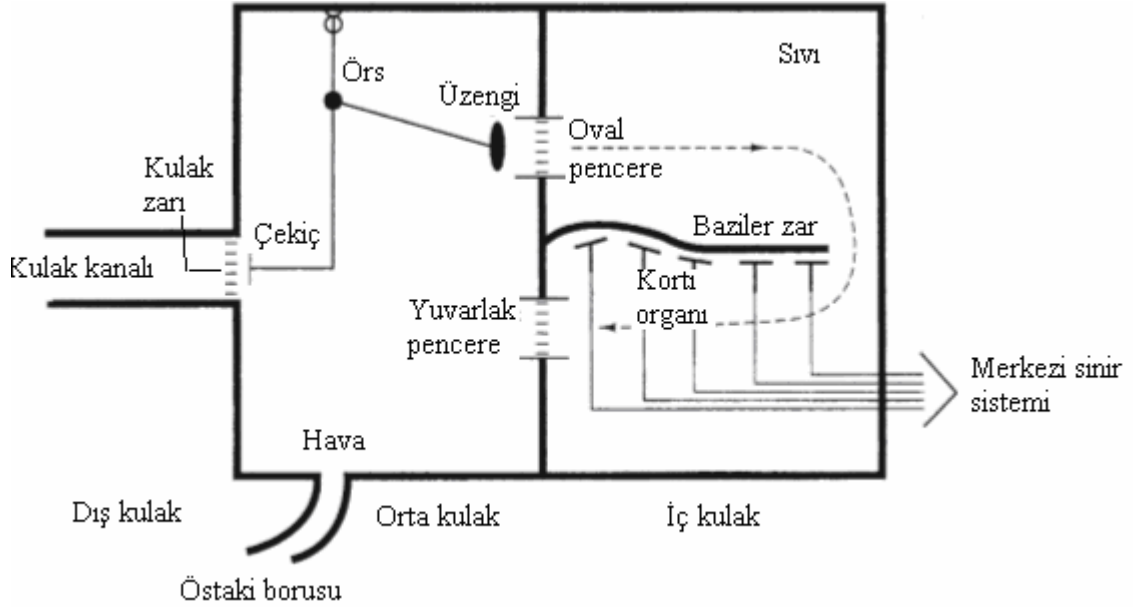
Şekil 3.4 Kulağın anatomik yapısı [33]

Dışarıdan gelen ses dalgaları, dış kulak tarafından toplanır ve kulak kanalından geçerek kulak zarına ulaşır. Gelen ses dalgaları, dalgaların yoğunluğuna ve frekansına bağlı olarak kulak zarını titreştirir. Kulak kepçesinin ve yolunun rezonans etkisi (titreşim), sesin kulak zarına geleneğe kadar ses şiddeti düzeyini 10-15 dB kadar artırır.

Kulak zarı aracılığı ile gelen ses, orta kulakta üç kemik vasıtasıyla (çekiç, örs, üzengi) oval pencereye gönderilir. Kulak kemikleri, kulak zarından gelen sesin yoğunluğunu, oval pencereye vardığında 22 kat arttırmış olur. Hem dış, hem de iç kulak hava ile doludur. Östaki borusu, yutak ile bağlanarak, orta kulaktaki hava basıncının dış basınca eşit olmasını sağlar. Bununla birlikte, iç kulak su gibi bir akışkanla (endolymph) doludur ve basınç ayarlamasına gereksinim duymaz.

İç kulaktaki koklea boyunca, ses dalgaları sıvı şeklinde oval pencereden, orta kulağı ve iç kulağı ayıran yuvarlak pencereye taşınır. Sıvının hareketi, koklea boyunca uzanan baziller zarın biçimini değiştirir. Bunun neticesinde, baziller zar üzerine yerleşmiş korti organındaki duyu hücreleri uyarılır. Korti organında oluşan itici güç (dürtü), yorumlanması için işitsel sinir (koklear) tarafından beyine gönderilir (Şekil 3.5) [25].

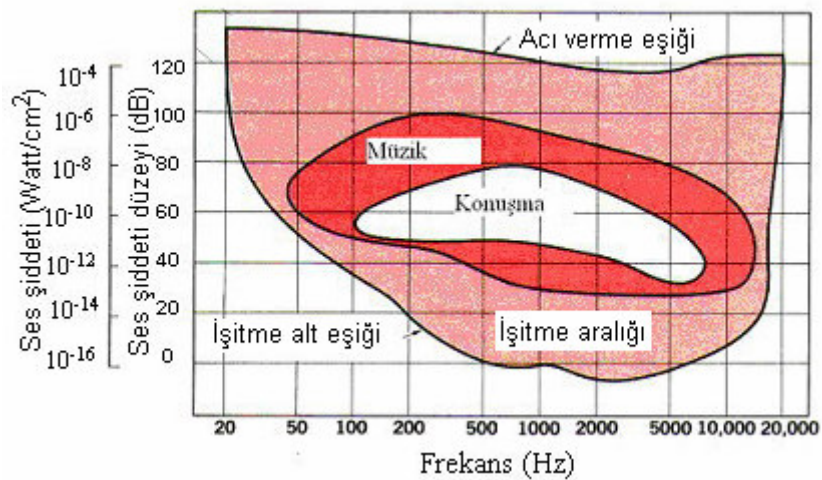
Gürültü kökenli işitme kayıpları, korti organındaki tüylü hücrelerin zarar görmesiyle yakından ilgilidir [19].



Şekil 3.5 İşitme olayının kaba gösterimi [25]

3.3.2. İşitsel algılama

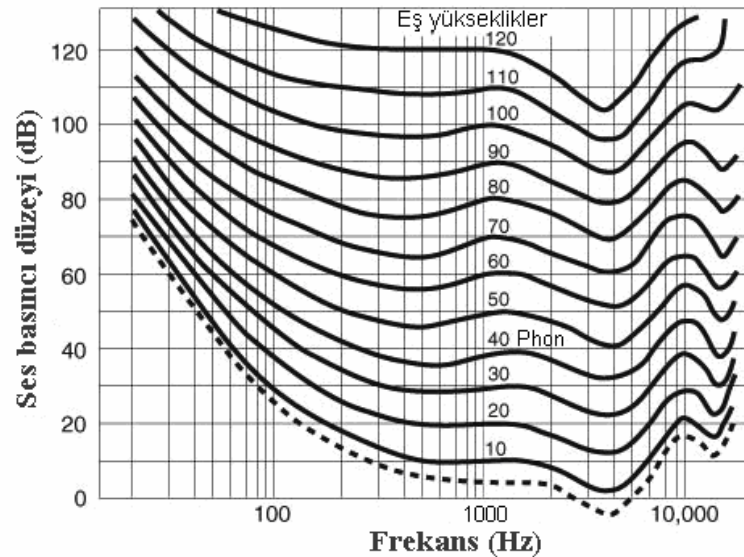
İnsan kulağının algılayabildiği, ses basıncı ve frekans alanı daha önce de belirtildiği gibi çok geniştir. Şekil 3.6'da, insanın işitsel algılama alanı görülmektedir.



Şekil 3.6 Kulağın işitme aralığı [34]

İşitsel duyulanma alanı, düşük ses basınç düzeylerinde işitme alt eşiği ile, yüksek basınç düzeylerinde de acı eşiği ile sınırlanmıştır. Algılanabilir en ince sesin frekansının sınırı 20 000 Hz olarak kabul edilir. Yüksek frekans sınırı, kişinin yaşına ve gürültüden etkilenmeye bağlıdır. Alçak frekans sınırı, genellikle 20 Hz dolayında kabul edilir. Frekansları bu sınırın altında olan dalgalar, işitsel duyulanmadan çok titreşim duyulanmasına yol açar [19].

Değişik frekanslardaki sesler, kişilerce değişik yükseklikte algılanır. Dolayısıyla; ses yüksekliği düzeyi, sesin frekansı ve yarattığı ses basıncı tarafından belirlenir. İstatistiksel sonuçlara dayanılarak, ses yüksekliği düzeyi ile ses basıncı ve frekans arasında bir ilişki bulunmuştur. Aynı yükseklikte duyulan, değişik frekanslardaki saf tonların ses basıncı düzeylerinin, frekansla değişimleri çizilerek eş yükseklik eğrileri elde edilmiştir. Herhangi bir eş yükseklik eğrisinin üzerindeki her nokta, aynı yükseklikteki sesleri göstermekte ve eğrinin 1000 Hz'i kestiği noktadaki ses basıncı düzeyinin sayısal değerine, o yükseklikteki sesin yükseklik düzeyi (ya da ses yüksekliği düzeyi) denilmektedir ve birimi phon (veya fon)'dur. Örneğin, 1000 Hz'de 40 dB ses basıncı düzeyine sahip bir arı sesin yaratacağı sesin yükseklik düzeyi, 40 phon'dur; kulağa bu yükseklikte gelen tüm seslere, hangi frekansta olursa olsunlar, 40 phon yükseklik düzeyi denir [22]. Şekil 3.7 eş yükseklik eğrilerini göstermektedir.



Şekil 3.7 Arı sesler için eş yükseklik eğrileri [35]

Ses basınç düzeyi 1000 Hz'de olan bir ses, daha düşük frekanslı ses ile karşılaştırıldığında, eş değer ses yüksekliği hissi yaratabilmesi için, düşük frekanslı sesin ses

basıncı düzeyi arttırılmalıdır. Örneğin, 50 Hz'deki saf bir sesin 1000 Hz'deki yaklaşık 60 dB kadar yüksek algılanabilmesi için, ses basınç düzeyinin yaklaşık olarak 100 dB olması gerekmektedir.

Weber-Fencher'in kuralına bağlı olarak, logaritmik ölçülere göre hesaplanan ses basıncı düzeyi (dB), insan duyulanmalarıyla uyumlu değildir. Örneğin, 10 dB'lik bir artma veya azalma, kişi tarafından gürültünün iki katına artması veya yarıya inmesi şeklinde algılanır. Ayrıca, 100 dB düzeyi asla 50 dB değerinin iki katı olarak değerlendirilmez. Bu nedenlerden ötürü, logaritmik ölçüt yerine Stevens kanunlarından türetilen duyulanma ile uyumlu lineer birim olan ve bir ses gürlüğü (yüksekliği) ölçütü olan Sone (veya son) birimi kullanılmaktadır. Sone'un başlangıç noktasında phon değeri 40 kabul edilmiştir [22 ve 36].

Ses yüksekliği son ile ses yükseklik düzeyi phon değerleri arasında doğrusal bir ilişki kurulmuştur. Bu ilişki aşağıdaki eşitlikteki gibidir [37]:

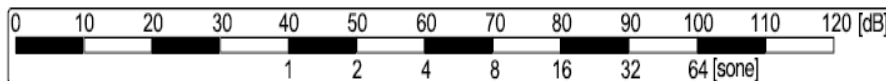
$$S = 2^{(P-40)/10} \dots\dots\dots (3.7)$$

Burada;

S= Ses yüksekliği (sone),

P= Ses yüksekliği düzeyi (phon)'dir .

Çeşitli ses basınç düzeyleri için, sone değerleri Şekil 3.8'de görüldüğü gibidir. Yukarıda belirtilen 10 dB'lik bir artış, örneğin 90dB'den 100 dB'e artış, son'un iki kat artmasına bağlı olarak (32'den 64'e), sesin iki kat daha yoğun hissedilmesine neden olmaktadır.

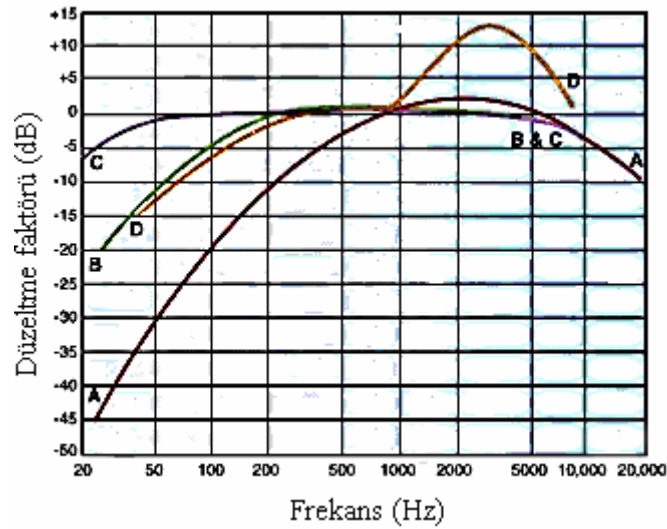


Şekil 3.8 Sone-Phon ilişkisi [36]

Şimdiye kadar arı seslerin ses yükseklikleri incelendi. Halbuki yüksekliği ölçülecek olan sesler, genelde, arı sesler olmayıp bir çok harmonikten oluşan karmaşık seslerdir. Örneğin, kulağa ulaşan bir sesin içerisinde hem 60 dB şiddetinde 64 Hz frekanslı bir ses, hem de 40 dB

şiddetinde 1000 Hz frekansındaki ses mevcut ise, her iki ses eş değer olarak kulağımızda birbirleriyle karışırlar. Filtresiz bir ölçü aleti ile ölçüm yapıldığı takdirde, 64 Hz frekanslı 60 dB'lik ses, değerlendirmede hak ettiğinin çok üstünde bir değerle hesaba katılır, halbuki kulağımıza etkisi 1000 Hz'deki 40 dB kadardır. Algılama ve hissetme açısından doğru değerlendirme yapılabilmesi için, 64 Hz'deki 60 dB şiddetindeki sesin 20 dB sönümlenmesi gerekmektedir. Böylece ses şiddeti, kulağımızın yaptığı gibi referans frekans 1000 Hz'deki 40 dB düzeyine indirgenmiş olur [1].

Ölçülen değerlerin daha kullanışlı olması için, Şekil 3.9'da da görüldüğü gibi dört adet ağırlık eğrisi (A, B, C ve D) geliştirilmiştir ve bunlar ses basınç düzeylerini ağırlıklı olarak belirlemeye yardımcı olur. Ses basınç düzeylerinin, bu eğrilere göre ağırlıklı olarak bulunmuş şekline "ses düzeyi" denir. Bu ağırlıklardan her biri, belirli frekansların seslerini almakta ve ağırlıklı olarak toplam ses düzeyini ölçülmesini sağlamaktadırlar. Farklı frekans ve dolayısıyla farklı şiddetteki seslerin insan kulağı tarafından algılanma derecesi de, bu araç tarafından saptanır. [20 ve 38].



Şekil 3.9 A, B ve C ağırlıklı ses düzeyleri için çevrim eğrileri [39]

Farklı ses basınç düzeyi aralıklarına uygulanmak üzere, ağırlık eğrileri aşağıdaki şekilde standardize edilmiştir.

- A ağırlık eğrisi: Hafif seslerin,
- B ağırlık eğrisi Orta yoğunluktaki seslerin,

- C ağırlık eğrisi Gürültülü seslerin,
- D ağırlık eğrisi Çok yüksek seslerin (Jet uçaklarının)

gürültüsünün ölçülmesi için tanımlanmıştır.

Gürültüye olan tepki ile iyi uyuşmasından dolayı, A ağırlık eğrisi, bütün ses düzeyleri için (L_{pA} , L_{eqA}) kullanılmaktadır. A-ağırlık eğrisi, duyma sisteminin duyarlı olduğu frekans aralığındaki seslerin bileşenlerini vurgulamakla birlikte (Şekil 3.9), bu aralık dışında kalan frekanslardaki seslerin toplam düzeye olan etkisini, duyma sisteminin özelliklerini de dikkate alarak azaltmaktadır [40 ve 41].

Çizelge 3.3’de, yaygın gürültü kaynaklarının insan tarafından algılanan ses basınç düzeyleri (dBA) verilmiştir.

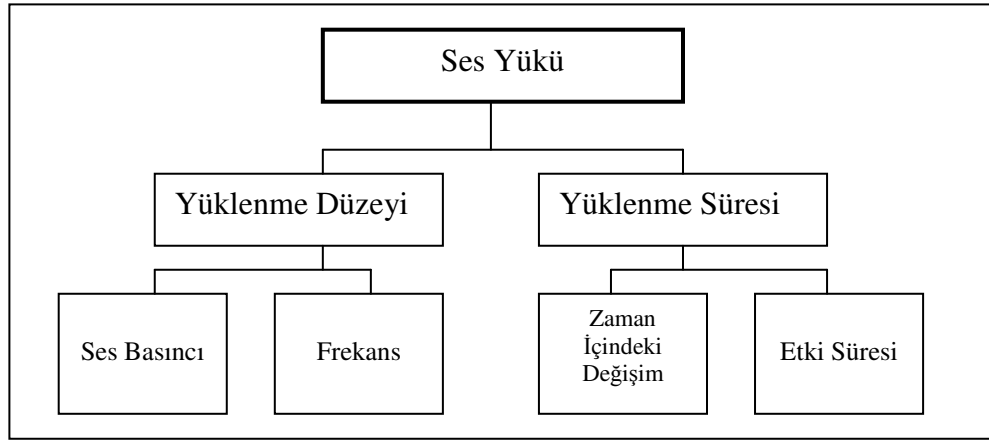
Çizelge 3.3 Yaygın gürültü kaynaklarının desibel değerleri [42]

Ses Basınç Düzeyi dB(A)	Gürültü Kaynağı
140.....	Jet uçağı (25 metre uzaklıkta)
130.....	Jet uçağı (100 metre uzaklıkta)
110.....	Havalı Tabanca
100.....	Motosiklet
90.....	Matbaa
80.....	Yoğun trafik
70.....	İş yeri bürosu
60.....	Yüksek sesle konuşma
50.....	Kütüphane
40.....	Yatak odası
30.....	Saat tıkırtısı
20.....	Fısıldamak

3.4. Ergonomik Açıdan Gürültünün Değerlendirilmesi

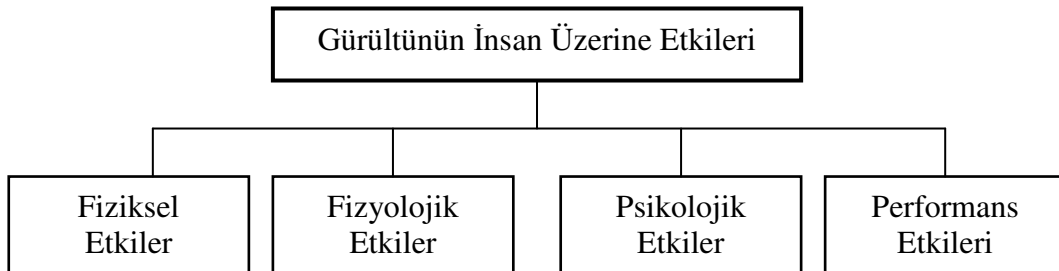
3.4.1. Gürültünün insan üzerine etkileri

Kentlerde ve endüstriyel işletmelerde sabahın çok erken saatlerinden, geç vakitlere kadar gürültü baskısı altında yaşayan modern çağın insanı, gürültü nedeniyle hiç aklına gelmeyen hastalıklara yakalanmakta ve bu gürültüler insan organizması üzerinde önemli etkilere sebep olmaktadır. İnsan üzerinde ses yükünü oluşturan faktörler Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10 İnsan üzerindeki ses yükünü oluşturan faktörler [43]

Şekil 3.10'da yer alan faktörlerdeki değişim, gürültünün insan üzerindeki etkisinde önemli rol oynar. Gürültünün insan üzerine etkileri Şekil 3.11'de görüldüğü gibi başlıca dört bölüm halinde incelenebilir.



Şekil 3.11. Gürültünün insan üzerine etkileri [44]

3.4.1.1. Gürültünün sebep olduğu fiziksel etkiler (İşitme üzerine etkileri)

İnsanlar genelde, aşırı gürültünün kendi işitme organlarına belli zararları olacağını bilirler. Ancak, ilk akla gelen gürültü düzeyi, kulak zarını patlatabilecek şiddetteki ani ve özel ses düzeyidir. Oysa işitme kayıpları, normal bir endüstri ortamında oluşabilen ve çoğunlukla da doğal sayılan seslerin uzun süreli etkisi ile sinsi bir şekilde oluşur. Endüstride, gürültünün zararlı etkisi kulak zarında bir zedelenme şeklinde olmaz. Devamlı gürültülü bir ortamda zedelenen kısımlar, korti organında bulunan ve organ boyunca yayılmış otuz beş bin kadar tüylü hücredir [45].

Gürültünün yol açtığı işitme kaybı öncelikle 4000 Hz frekansında görülür. Zamanla ilerleyen işitme kaybı, bu oktav bandında büyür ve daha küçük ve daha büyük oktav bantlarına doğru yayılır. Konuşmayı en etkin biçimde anlayabilmek için, 300-3000 Hz arasında ses frekansı gerekli olduğu için, gürültü kaynaklı işitme kaybından etkilenen bir kişi genelde işitme kaybını ciddi seviyelere ulaşmadan bu kaybı fark edemez [46 ve 47]. Bu nedenle, gürültü ortamlarda çalışanlarda, işitme kaybı olup olmadığını anlamak için, kulak durumunu konuşmayı ya da fısıltıyı duyup duymadığını test etmek yerine, odyometrik muayenenin yapılması gerekir. Odyometri; işitme duyusunun ölçülmesi işlemidir. Bu işlemi gerçekleştiren aletlere de odyometre denir [17 ve 48].

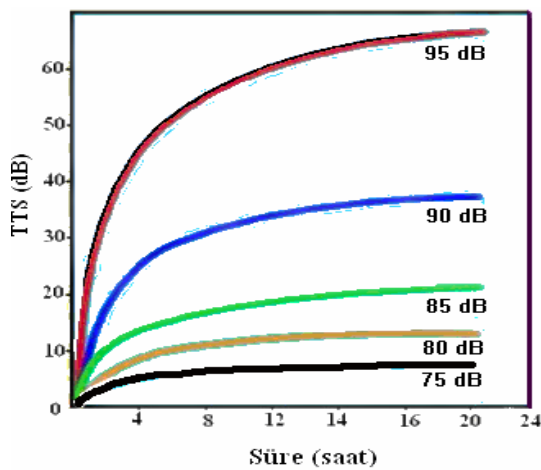
Herhangi bir oktav bandındaki işitme kaybının büyümesi aşağıdaki şekilde karakterize edilmiştir [46]:

- Normal (eşik kaybının 25 dB'e kadar yükselmesi)
- İyi huylu (eşik kaybının 26-40 dB arasında olması)
- Orta dereceli (eşik kaybının 41-55 dB arasında olması)
- Bir dereceye kadar ağır (eşik kaybının 56-70 dB arasında olması)
- Ağır (eşik kaybının 71-90 dB arasında olması)
- Çok derin (eşik kaybının 90 dB'den fazla olması)

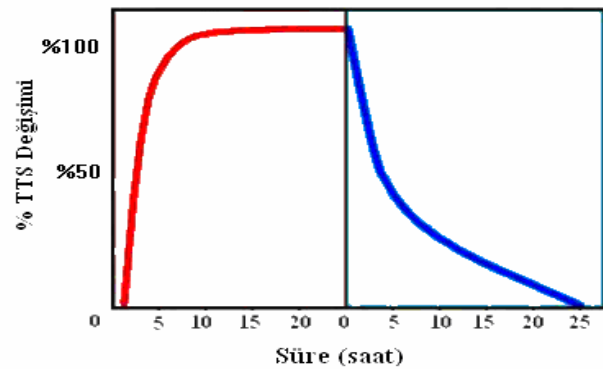
Çalışma ortamına yayılan ve şiddeti 60 dB(A)'nın üzerinde olan sesler, çalışanları çeşitli şekillerde rahatsız etmektedir. Sesin şiddeti arttıkça, çalışanların sağlıkları üzerindeki olumsuz etkileri de artmaktadır. Birçok uzman, 85 dB'den daha fazla sese maruz kalmanın zararlı olduğu konusunda hem fikirdir. Uzun süre şiddetli gürültü etkisinde bulunan kişilerde geçici ve kalıcı işitme kayıpları oluşmaktadır [44 ve 49].

i) Geçici işitme kaybı: Gürültülü bir işyerinde kısa bir süre geçirildikten sonra, duyma kabiliyetinde azalma olduğu ve kulaklarda çınlamanın meydana geldiği gözlenmiştir. Bu durum “geçici eşik kayması” (temporary threshold shift, TTS) olarak adlandırılır. Bu çınlama ve sağırılık hissi, gürültülü ortamdan kısa bir süre uzaklaşıldığında yavaş yavaş normale döner. Ancak, gürültüye daha uzun süre maruz kalındığında, işitmenin normal seyrine dönmesi daha uzun bir zaman alır. Bu bir takım sosyal problemlere yol açabilir [50].

Bir iş yerinde karşılaşılan gürültü, geniş bir frekans bandına dağılmış seslerden oluşur. Böyle durumlarda gürültüden dolayı duyma eşiğinin yükselmesi, yani duymanın zorlaması en çok kulağın en hassas olduğu 4 kHz civarında meydana gelir. Şekil 3.12’de, 75 dB’den 95 dB’e kadar uzunca süre gürültülü ortamda çalışan kişilerde, 4 kHz frekans bölgesinde ölçülen TTS değerlerinin değişimleri görülmektedir. Şekil 3.13’de görüldüğü üzere, gürültü maruziyeti durmasından sonra iyileşme ilk önce hızlıdır, fakat daha sonra iyileşme yavaşlayarak, en az maruz kalınan süre kadar bir süre geçtikten sonra tamamen iyileşme gözlenir. Örneğin, 100 dBA şiddetindeki gürültülü ortamda 240 dk çalışılması durumunda 4 kHz civarında meydana gelen eşik kaymasının iyileşmesi için geçen süre 1000 dk’dır. Bu 1000 dk oldukça uzun bir süredir. Bu süre sonunda işçinin 16 saatlik dinlenme süresi bitmiş ve bir sonraki iş vardiyası başlamış olacaktır. Sürekli sağırılık tehlikesi ile karşılaşmamak için, hiç değilse yeni vardiya başlangıcında bir evvelki iş gününün geçici sağırılığı ortadan kalkmış olmalıdır. Eğer, iyileşme bir sonraki maruziyetten önce tamamlanmazsa, kaybın bir kısmı kalıcı olabilir [1 ve 51].



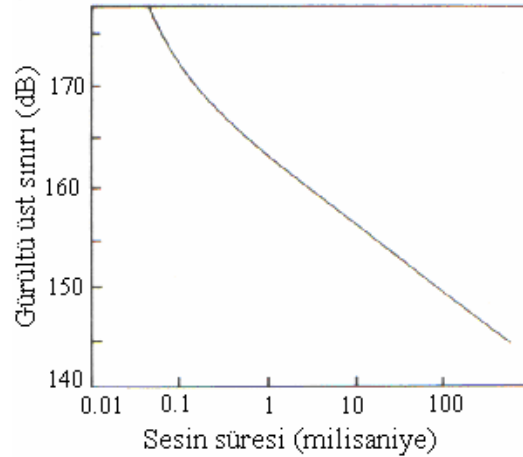
Şekil 3.12 Geçici sağırılığın gürültü etkisinde meydana gelmesi [52]



Şekil 3.13 Gürültü sonrası geçici eşik kaymasındaki değişim [52]

Gürültünün aralıklı veya sürekli olması geçici işitme kayıplarının ve sağrlık hissini normale dönme süresi üzerinde etkili olur. Johson, Nixon ve Stephenson (1977); 24 saat boyunca 85 dB(A) ses düzeyinde çalışan işçiler üzerinde yaptıkları çalışmalarda, sesin kesikli veya sürekli olmasının geçici işitme kaybına ve işitmenin normale dönme sürelerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmalar sonucunda, sürekli gürültünün daha yüksek geçici eşik kaymasına yol açtığı görülmüştür.

Aralıklı gürültünün oluşmasının bir çeşidi de, aniden büyük bir patlama şeklinde veya bir tabancadan, çekiçten vb. yükselen gürültü şeklinde de olabilir. Bu tip gürültülerin enerjisi aniden zirveye ulaşır, fakat yaklaşık 1 milisaniyede azalır. Bu tip uyarıcıların zararlı etkisi, ilk gerilim darbesinin yoğunluğuna ve azalma süresine bağlıdır. Coles ve diğerleri bu tip seslerin sonucu oluşan geçici ve kalıcı işitme kaybı ile ilgili oldukça fazla çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalarının sonucunda ani sesler için, kulak tarafından kabul edilebilir maksimum ses basınç düzeylerini belirten şekli (Şekil 3.14) ortaya çıkarmışlardır [53].

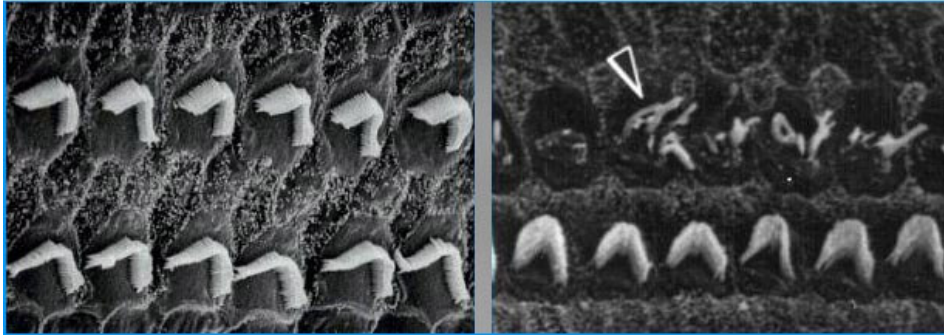


Şekil 3.14 Ani sesler için kulak tarafından kabul edilebilir maksimum ses basınç düzeyleri [53]

ii) Kalıcı işitme kaybı: Gürültüye uzun süre maruz kalınması durumlarında kulakta geri dönüşü mümkün olmayan değişiklikler oluşur. Buna kalıcı eşik kayması denir (Permanent Threshold Shift, PTS). Geçici sağrlık hali fark edilmezse, zamanla kalıcı sağrlığa dönüşür. Çok kuvvetli gürültülere, örneğin ağrı eşiğini aşan (130 dB) bir gürültüye çok kısa süre bile maruz kalırsa, bazı duyarlı kulaklarda sürekli sağrlık oluşabilmektedir. Sürekli sağrlıkta duyma hücrelerinde organik bozukluklar olduğundan, bu tür sağrlıkların iyileşme şansı

yoktur. Şekil 3.15, uzun süreli gürültü maruziyetine bağlı olarak iç kulak içerisindeki tüy hücrelerde meydana gelen bozulmayı (dejenerasyonu) açıkça göstermektedir.

Kulak patlatıcı gürültü, yüksek darbeli gürültü ve çok yüksek düzeydeki sabit gürültü hariç işitme organındaki kalıcı bozukluğun oluşması zaman alır ve aylarca, yıllarca veya on yıllarca gürültüye maruz kalındıktan sonra ilerler [31].



Şekil 3.15 İşitme sistemindeki tüy hücrelerinde gürültüye bağlı dejenerasyon oluşması [54]

Gürültünün işitme üzerindeki etkilerinde çoğunlukla inanılan tehlikeli bir kanı, kişinin gürültüye alışabileceği veya bağışıklık kazanabileceğidir. Bu düşünce tamamen yanlıştır. Gürültüye alışılmış gibi görünmesi, kişinin duyma kabiliyetinin bir kısmının zarar görmeye başladığının kanıtıdır. Diğer bir tehlikeli kanı ise, gürültü düzeylerinin kulaklarda bir çınlama oluşturmadıkları sürece tehlikesiz kabul edilmesidir. Yüksek gürültünün bu tip çınlamalar yapacağı doğrudur. Ancak, çınlama olmadığında gürültünün zararlı düzeyinin altında olduğu düşüncesi doğru değildir [55].

Endüstride, işitme kaybı şu şekilde formüle edilmiştir [17]:

$$\text{İşitme kaybı} = \dot{I} \times T \dots\dots\dots (3.8)$$

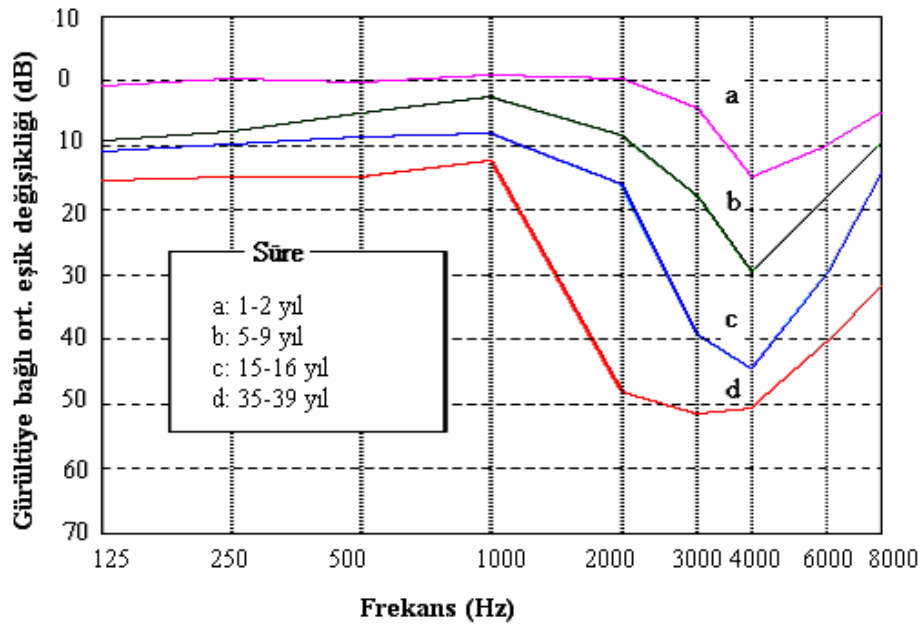
Burada;

\dot{I} = Gürültünün şiddeti (dBA),

T = Gürültüde kalınan süre 'dir.

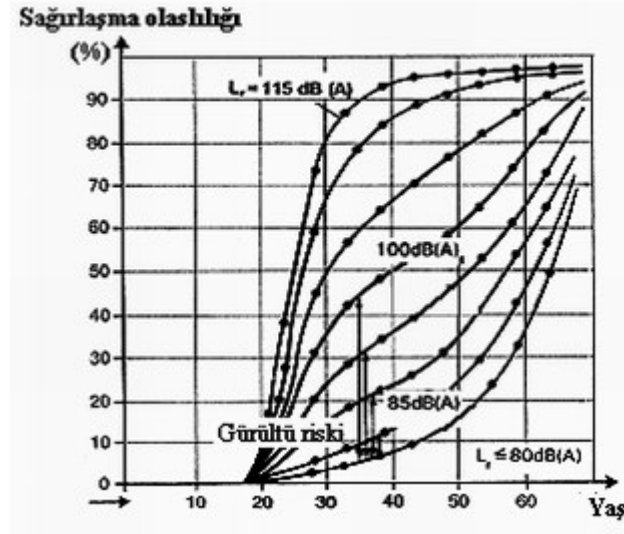
Bu ilişki, aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Gürültüye bağlı işitme kaybının, gürültüde kalma süresiyle ilişkisi: Geçici zararlar gibi kalıcı zararlar da, yaklaşık olarak 4 kHz dolaylarında duyarlılık azalmasıyla başlar ve gürültüden etkilenme süresi uzadıkça, değişim artarak alçak frekansları da kapsamaya başlar. Gürültüye bağlı işitme kayıplarının, gürültüde kalma süresi ile değişimi Scotland Dundee'deki 100 dB gürültüye maruz kalan jüt dokumacıları üzerinde yapılan araştırmalardan elde edilen Şekil 3.16'daki grafikte açık bir biçimde görülmektedir. Şekil 3.16'da görülen durum, eşik değişikliğinin 1000 Hz ile 5000 Hz arasında, yani konuşmanın anlaşılabilirliğinde en önemli rolü olan frekanslarda, maksimum durumda olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 3.16 Gürültüye bağlı işitme kaybının gürültüde kalma yılıyla ilişkisi [19]

Gürültü şiddeti, çalışma süresi ve sağlık riski ilişkisi: İş yerinde ses şiddetinin insan duyu organı açısından zararı ve tehlikesi kişiden kişiye farklılık gösterir. Kabaca, insanların % 90'ı gürültüye karşı normal bir davranış gösterirken, %5'i gürültüye dirençli, diğer %5'ise gürültüye çok hassastır. ISO DIN 1999'da verilen model veya Şekil 3.17 yardımıyla "Gürültüden doğan sürekli sağırılık (NIPTS)" için ortalama risk tespiti yapılabilir. Sağırılık 350-2800 Hz frekansları arasındaki sesleri duyma yeteneğinde 25 dBA ve daha fazlası kayba uğramak olarak tanımlanmaktadır. İş yaşamına başlama yaşı 18 olarak alındığında, çalışma ortamının gürültü düzeyinin 80 dB(A) ile 115 dB(A) arasında değiştiği ortamlarda çalışan işçilerden yüzde olarak ne kadarının ileriki yaşlarında duyma yeteneğini kaybedecekleri veya yukarıdaki tanımda belirlenen şekilde sağır olacakları Şekil 3.17'den okunabilir.



Şekil 3.17 Yaş, gürültü şiddeti ve süreye bağlı olarak sürekli sağırılık riskinin belirlenmesi [56]

İnsan, duyma yeteneğini yaşlandıkça doğal olarak bir ölçüde kaybeder. 80 dBA ortamında çalışan kişinin duyma kaybı daha ziyade yaşlılıktan ileri gelmektedir. Ancak gürültü değerlendirme düzeyi arttıkça, sağırlaşma oranı artmaktadır. Örneğin; 15 yıl 85 dBA gürültü düzeyine sahip işçiler, 33 yaşlarına geldiklerinde her on işçiden biri (%10'u), sağırlaşma riski taşırken, 100 dBA ortamında çalışanlarda 15 yıllık iş hayatı sonrası sağırlaşma riski ile karşı karşıya kalanların oranı % 42'dir. Bu acı sonuç, gürültünün iş görene ne kadar büyük ve ne çabuk zarar verebileceğinin açık bir ifadesidir [56].

3.4.1.2. Gürültünün işitme sistemi dışındaki insan sağlığına etkileri

İşitme duyusuna olan olumsuz etkileri yanında, gürültü insan sağlığına başka bakımlardan da zarar vermektedir. Bu olumsuz etkiler, fizyolojik ve psikolojik olarak iki gruba ayrılabilir:

Gürültüye bağlı olarak ortaya çıkan fizyolojik problemler: Günümüzde gürültü, kişilerde en önemli stres kaynaklarından biridir. Fakat, herhangi bir zamandaki gürültüye bağlı stresin diğer tüm stres faktörlerine katkısını ayırt etmek zordur. Kardiyovaskülerdeki ve endokrin durumlarındaki değişimler gibi stresin genel fiziksel göstergeleri, hiç şüphesiz, herhangi bir stres reaksiyonu ile beraber gürültü maruziyeti ile ilişkilidir. Yüksek gürültü düzeyleri, kişilerin kalp atışlarında (nabzında), solunum hızında, kan basıncında, kan dolaşımında, kas gerilmelerinde, metabolizmasında, görme keskinliğinde ve hatta derisinin

elektrik direncinde değişiklikler oluşturmaktadır. Bu etkilerin çoğu, gürültüden etkilenim sürse bile ortadan kalkabilmektedir. Ancak, yüksek düzeyde gürültünün etkisinde kalan kişilerde, yüksek kan basıncı oluştugu ve bu durumun kalıcı olduğu yapılan gözlemlerle kanıtlanmış bulunmaktadır. Bunlara ek olarak, gürültünün; migren, ülser, kalp krizi, dolaşım bozuklukları türünden rahatsızlıklara da neden olabileceği ileri sürülmekle birlikte, kulakta yaptığı tahribat dışında bu tür hastalıklarla doğrudan ilişkisi kanıtlanmış değildir. Bu sonuçların çoğu, gürültülü ortamda çalışan kişiler üzerinde yapılan gözlemlere dayanmaktadır [22 ve 46].

Gürültüye bağlı olarak ortaya çıkan psikolojik problemler: Bulunulan ortamda fonksiyonlar için belirlenmiş gürültü düzeylerini aşan gürültünün etkisinde kalan kişilerde, rahatsızlık, tedirginlik ve sinirlilik, zihinsel etkinliklerde yavaşlama, yorgunluk gibi etkiler yaratmakta, tedirginlik ve sinirlilik hali gürültünün etkisi kalktıktan sonra da devam edebilmektedir. Ani olarak yükselen gürültü düzeyleri, insanlarda korku yaratabilmekte, gürültüden etkilenim sürse bile daha sonra normale dönüş olabilmektedir [22].

Farklı ses düzeylerinin, insan üzerinde yaptığı etkiler de doğal olarak farklıdır Ses şiddetinin değişimi ve buna karşılık olarak insan vücudunda yarattığı etkileri aşığıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

- 30-65 dB (A) Arasındaki Ses Şiddeti: Bu şiddetteki bir gürültü, ilgili kişi tarafından ruhsal ve fiziksel olarak rahatsız edici olarak nitelendirilir.
- 65-90 dB(A) Arasındaki Ses Şiddeti: Bu gürültü şiddetinde çalışan kişide kişinin gürültüye alışmışlığından ve gürültüden etkilenme derecesinden bağımsız olarak psişik reaksiyonlar, dolaşım bozuklukları ortaya çıkmaktadır.
- 90-120 db(A) Arasındaki Ses Şiddeti: Bu şiddetteki bir gürültünün uzun sürmesi halinde kulakta kalıcı sağırlıklar ortaya çıkabilmektedir.
- 120 dB(A)'nın üzerindeki Ses Şiddeti: Bu yükseklikteki bir gürültü duyma duyusunu kısa bir süre içinde hasara uğratabilir [57].

3.4.1.3. Gürültü ve performans

İşitme duyusunun yanı sıra, insanların gürültüden fizyolojik ve psikolojik olarak da etkilendiğini, bu etkilerin sonucunda da tüm vücut dengelerinin bozulduğu yukarıda belirtilmişti. Beden ve ruh sağlığı bozuk bir kişinin işinden verim beklenemeyeceği bir gerçektir.

Genelde, devamlı ve yüksek düzeydeki gürültülü iş ortamları, iş verimini olumsuz yönde etkiler. Bu etkilenmeler genelde yanıltıcı, hata yaptırıcı ve usandırıcı etkilerdir. Zihinsel performans gerektiren işlerde gürültü, algılamayı güçleştirerek algılama süresinin artmasına, dikkat gerektiren işlerde ise, dikkatin dağılmasına dolayısıyla işin iyi ve zamanında yapılamamasına sebep olur. Özellikle, aşağıdaki iş türlerinde, verimli bir çalışmanın olabilmesi için gürültü 65 dB'in üzerine çıkmamalıdır [57]:

- Devamlı dikkat isteyen duyarlı el işlerinde,
- Göstergelerdeki işaretlerin az belirli ve sinyallerin sık verildiği gözetleme işlerinde,
- Çabukluk gereken işlerde,
- Düşüncenin ve dikkatin bir noktada toplanması gereken ussal işlerde

Birçok insanın çalışması sözlü iletişim ve konsantrasyona bağlıdır. Chapanis tarafından yapılan deneysel testler, ortak (işbirliği halinde) yapılan işlerde, performans süresinin konuşmaya izin verilen işlerde, izin verilmeyene göre on kat fazla olduğunu ortaya çıkarılmıştır [37].

Gürültü, iş yerlerindeki iletişimin kopmasına neden olabildiği gibi, işitme yeteneği azalan çalışanlar göstergelerdeki sinyalleri iyi algılayamayabilir, sesli yapılan uyarıları duymada problemler yaşar, veya konsantrasyon bozukluğu nedeniyle işe dikkatini veremez, renk ve şekillerin fark edilişi güçleşir bu sebeplerle de, iş kazaları artar, bu da işletme genelinde hem huzursuzluk yaratır, hem de neden olduğu ekonomik zararlarla işletme genelinde verimi düşürmüş olur.

Gürültü insanları moral olarak da olumsuz etkileyerek, çalışma bıkkınlığı, işe karşı isteksizlik, devamsızlıkların artması ve sıkıntı oluşturarak iş gücü verimini azaltır. Bu durumlar, korumasız bir şekilde çalışan kişilerde, düşük gürültüye maruz kalan kişilere göre daha çok ortaya çıkmaktadır [58].

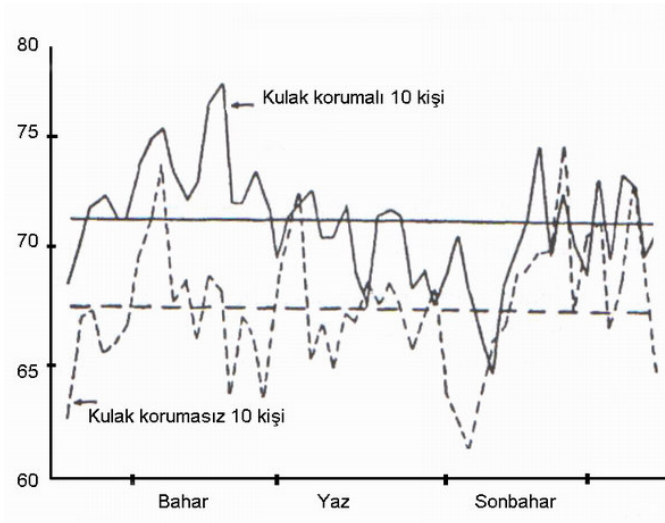
Gürültü kişiler üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, üretilen mal ve hizmetlerin kalitesinin düşmesine, üretim sürelerinin uzamasına yol açarak ekonomik kayıplara sebep olur.

Hawthorne deneylerinden birinde, gürültünün verimlilik üzerindeki etkisini araştırırken, 80 birim üreten bir üretim bölümünde 60 hata yapıldığı saptanmasına

karşın, aynı bölümde gürültüyü azaltıcı önlemler alındıktan sonra 110 birim üretim için hata sayısının 7'ye düştüğü görmüştür [57].

Gürültünün, zaman ve miktar performansı üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik olarak bir kanepeler üretim tesisinde yapılan çalışmada (Şahin, 2003), bu işletmede gürültü kontrol tedbirlerinin alındıktan sonra (kaynakta ve alıcıda), kanepeler iskeleti üretim işlemlerinin standart zamanlarında %15 ile %64 arasında zaman tasarrufu sağlandığını, bunun miktar performansına yansımalarının ise; yarı mamullerde %2 ile %188'lik, iskelet atölyesinin nihai ürünü olan kanepeler iskeleti günlük üretim adedine ise %45'lik miktar artışı şeklinde yansındığını belirlenmiştir.

Bir başka deneyde, Weston ve Adams, bir yıl boyunca tekstil fabrikalarında dokuma işçilerinin verimini ölçmüşlerdir. Kulak korumalı ve kulak korumasız 10 dokuma işçisi üzerinde 1 yıl süren araştırmalarında, kulak koruma aygıtı kullanan dokuma işçileri veriminde %12'lik bir artış sağlanmıştır. Deneye ilişkin sonuçlar Şekil 3.18'de verilmiştir.



Şekil 3.18 Dokuma işçilerinin çalıştıkları ortamda 10-15 dB'lik bir gürültü azaltılmasının işçilerin verimine etkileri [3]

Bu deneyler, gürültünün çalışanların verimliliğini ne kadar büyük ölçüde etkilediğini açıkça göstermektedir.

İşletmeler, verimi dolayısıyla da karı mümkün olduğunca en yüksek seviyeye taşımak isterler. Bu nedenle çalışanlarının en iyi performansta çalışabilmeleri için gerekli tedbirleri alıp, ergonomik bir iş yeri ortamı yaratmaya çalışırlar. Bu amaçla işletmelerde gürültü denetiminin,

kontrollerinin düzenli yapılması, gerekli önlemlerin alınarak gürültüyle savaşılmaya çalışılması gerekmektedir.

Ne kadar güvenli ve sağlıklı iş çevresi oluşturulursa, iş kazalarının, performans düşüklüklerinin, devamsızlıktan oluşan masrafların oluşma olasılığı o derecede azalır [59].

3.4.2. Gürültü düzeyleri ve çalışma sürelerinin belirlenmesi

Geçmişte, üretim sanayi gibi pek çok alanda, işverenler ve işçiler tarafından gürültü sorununa işin kaçınılmaz ve ayrılmaz bir parçası gözüyle bakılmıştır. Bu davranış biçimi, günümüzde de, hem yüksek gürültü düzeylerinin zararlı etkilerinin tam olarak bilinmemesinden, hem de yargılama ve yürütmedeki güçlüklerden ötürü, az ya da çok sürmektedir [19].

Endüstride gürültünün yarattığı ve bir önceki bölümde ayrıntılı olarak incelenen problemlerden sakınmak, gürültüye maruz kalan çalışanlarda oluşabilecek sağlık problemlerini en aza indirebilmek ve işletmelerde gürültü limitlerini koyabilmek için, farklı eyaletler, bölgeler, federal hükümetler çeşitli standartlar oluşturmuşlardır. Endüstrinin farklı kesimleri tarafından (madencilik, inşaat vb.) spesifik gürültü maruziyet standartları benimsenmiştir. Amerika'da gürültü maruziyet standardı yayımlanmış bazı organizasyonlar aşağıdaki gibidir;

- OSHA
- NIOSH
- EPA
- ANSI [60 ve 61].

Bu organizasyonlar tarafından yayımlanan standartlar birçok ülke tarafından da kabul görmüş veya kendilerine temel oluşturmuştur. Bu standartların çoğunda, iş yerinde önerilen maruz kalma limitleri, aşılmaması gereken maksimum değerler, zirve düzeyleri, gürültü dozu parametreleri yer almaktadır.

Gelişmiş ülkelerin birçoğunda kullanılan gürültü sınır değerleri, genellikle, bir günde ya da bir haftada belli bir düzeydeki gürültünün etkisinde kalınabilecek en uzun süre olarak verilmiştir. Standartlar, ülkeden ülkeye, hatta aynı ülke içerisinde de farklılıklar göstermektedir. Bir çok gelişmiş ülkede, hesaplanan maksimum kabul edilebilir gürültü düzeyleri 85 veya 90 dB(A)'dır [47].

Ülkemiz yasalarında, doğrudan gürültü konusuyla ilgili bir madde yoktur. Yalnız, 1475 sayılı İş Kanununa göre çıkarılan tüzüklerde gürültü sınırlamasına ilişkin maddeler yer almaktadır. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü'nün 22. maddesinde “Ağır ve tehlikeli işlerin yapılmadığı yerlerde gürültü derecesi 80 dB’i geçmeyecektir. Daha çok gürültülü çalışmayı gerektiren işlerin yapıldığı yerlerde, gürültü derecesi en fazla 95 dB olabilir. Ancak, bu durumda işçilere başlık, kulaklık veya kulak tıkaçları gibi uygun koruyucu araç ve gereçler verilecektir” denilmektedir. Bu maddede, “gürültü derecesinin”, “gürültü düzeyini”, desibelin ise dBA’yı kastettiği varsayılmazsa, maddenin hiçbir anlamı, dolayısıyla da yaptırımı olamaz. Bu durumuyla bile, uygulaması güç olabilecek bir madde ortaya çıkmaktadır. Günümüzde gürültü düzeyinin, etki altında kalma süresi kısaltmak koşuluyla, 95 dBA’nın üzerine çıkabileceği ve bunun 120dBA’ya kadar aşırı zararlı olmayacağı gösterilmiştir.

Ülkemizde, iş yerlerinde gürültü kontrolü amacıyla denetlemeler, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığına bağlı İşçi Sağlığı ve Güvenliği Merkezi (İSGÜM) tarafından yapılmaktadır ve halen 1973 yılında çıkarılan ve yukarıda bahsedilen tüzük maddesine göre değerlendirilmektedir. Bu maddenin gerek günümüz koşullarına pek uygun olmaması, gerekse denetimlerin eksikliği neticesinde, iş yerlerinde sakıncalı sonuçların ortaya çıkma olasılığı oldukça fazladır [62 ve 22].

Ancak, ülkemiz adına sevindirici bir nokta, 1986 yılında çıkarılan Avrupa Gürültü Yönetmeliğinin yerini alacak olan, 2003 yılında Avrupa Parlamentosu ve Komisyonu tarafından benimsenen, yeni yönetmeliğin ülkemizde de, Aralık 2003 yılında çıkartılan bir yönetmelikle, Aralık 2006’dan itibaren uygulanmaya başlatılacak olmasıdır. 1986 yılında çıkarılan yönetmelik ile, 2003 yılında çıkarılan bu yeni yönetmeliğin karşılaştırılması Çizelge 3.4’deki gibidir;

Çizelge 3.4 İş yerlerindeki çalışanları korumak için Avrupa Birliği tarafından çıkarılan yeni ve mevcut gürültü yönetmelikleri [63]

Gürültü Yönergesi	2003/10		1986/188	
	87 dB		Mevcut değil ^a	
Maruziyet sınır değeri	80 dB	85 dB	85 dB	90 dB
Zorunlu yükümlülükler	X		X	
İşitme Koruyucu sağlanması	X		X	
İşitme koruyucuların zorunlu giyilmesi		X		X
Gürültülü alanların işaretlenmesi		X		X
Gürültü Kontrol Programı		X		X
Sağlık gözetimleri: işitme kontrolü	(X) ^b	X	X	

^a 90 dB'de etkin değer genellikle sınır değer olarak adlandırılır.

^b Eğer değerlendirmeler ve ölçümler işitme riski gösterirse.

Bu yeni yönergenin uygulanması bakımından, günlük gürültü maruziyet düzeyleri ve maruziyet etkin değerleri $L_{EX,8h} = 87$ dBA, $L_{EX,8h} = 85$ dBA ve $L_{EX,8h} = 80$ dBA şeklinde gösterilmektedir. Buradaki $L_{EX,8h}$, 8 saatlik L_{eq} ölçüm sonucuna eşittir.

ABD'de 1970 yılında uygulamaya konulan OSHA standartları, en yaygın kullanılan standartlardan bir tanesidir. Bu standartta, 8 saat süre için 90 dBA tavsiye edilmektedir ve ortalama ses düzeyindeki her bir ilave 5 dB için, çalışma süresi yarıya inmektedir. ISO R 1999 standardında ise, 90 dBA düzeyinde her 3 dB'lik artışta, 8 saatlik günlük çalışma süresi yarıya inmektedir. Burada, üç ve beş dB'ler katlama faktörü (doubling faktör) olarak bilinir.

Yalnızca fiziksel olarak gürültü düzeyinin hesaplanması ve gürültünün buna göre değerlendirilmesi, iş biliminde gürültünün insana etkisi açısından tam doğru kabul edilemez. Kulağın zorlanmasında sadece gürültü düzeyi değil, aynı zaman içindeki dağılımı da önemlidir. Gürültü düzeyi yükseltip, daha kısa zaman içinde etki ettirilmesiyle aynı gürültü dozunda gürültünün fizyolojik etkisini (geçici sağırlaşma gibi) azaltmak olsalıdır. Ancak, etki süresini yarıya indirip, eş değer dozda ses şiddetini 3 dB arttırarak öyle bir ses şiddeti değerine ulaşılır ki, kulak için fizyolojik dayanma sınırı aşılmış olur ve akut tehlike ile karşı karşıya kalınır. 120 dB'in üstüki gürültü düzeyi, kişiyi kısa sürede etkilediğinden 90 dB'lik vardiyanın dozajı ile eşdeğer olsa bile ergonomik açıdan kabul edilmesi mümkün değildir [1].

OSHA tarafında tavsiye edilen değişik düzeylerdeki gürültünün etkisi altında bir günde çalışılabilecek süreler Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5 OSHA standartlarına göre değişik düzeydeki sürekli gürültülerin etkisi altında kalınabilecek süreler [22]

İzin verilen çalışma süresi, T, (saat/gün)	Gürültü Maruziyeti dBA (TWA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1	105
½	110
1/4	115

TWA (Time Weighted Average), değişik gürültü düzeylerinde değişik sürelerde çalışmanın eşdeğeri sayılabilecek bir büyüklüktür ve eşdeğer ses düzeyine (L_{eq}) eşittir.

Herhangi bir kişi için, gürültü maruziyet değerini belirlemek sanıldığı kadar kolay olmayabilir. Eğer, tüm çalışma süresi boyunca kişi aynı yerde çalışıyor ve de gürültü düzeyi o yerde sabitse, kişinin gürültü maruziyeti o yerdeki gürültü düzeyi ile aynı olduğu söylenebilir. Ancak, kişi gürültü düzeyinin değiştiği alanlarda çalışıyorsa veya buralara gidiyorsa ve çeşitli zamanlarda farklı aletler veya makinalar kullanıyorsa, gürültü maruziyeti, çalışma süresi boyunca maruz kalınan gürültü düzeyinin ortalaması (TWA alınarak) olarak hesaplanır [64].

Çizelge 3.5’de belirtilen maruziyet süreleri T, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir [65]:

$$T = 8 \times 0.5^{(90-L)/5} \dots\dots\dots (3.9)$$

Burada; L, A ağırlık cinsinden ses gücü, 5 ise katlama faktörüdür.

Günlük gürültü iki veya daha fazla periyot halinde, değişik düzeylerde ortaya çıkınca, ikisinin birleşik etkisi göze alınmalıdır. Her birinin ayrı bireysel etkisinden ziyade, aşağıdaki eşitlik ile değişik düzeylerdeki çeşitli zaman aralıkları hesaplanabilir [65]:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \dots\dots\dots (3.10)$$

Eşitlikte; D, günlük gürültü dozunu (%), C_1, C_2, \dots, C_n ; $L_{A1}, L_{A2}, \dots, L_{An}$; gürültü düzeylerine maruz kalınan toplam süreleri (saat), T_1, T_2, \dots, T_n ise $L_{A1}, L_{A2}, \dots, L_{An}$ gürültü düzeyleri için izin verilen toplam süreleri gösterir (Çizelge 3.5' den okunan değerler).

Eğer, gürültü maruziyet dozu, 1.00'ı (%100'ü) geçerse, gürültü maruziyeti OSHA limitleri dışına çıkmış olur [24].

Çalışanların maruz kaldığı gürültü düzeyini veren doz seviyesi, 8 saatlik ortalama ağırlıklı ses düzeyine (TWA) dönüştürebilir. Doz ölçerden okunan değeri TWA'ya çevirmek için Çizelge 3.6 kullanılabilir. Örneğin, % 40 üzerindeki doz seviyesinin TWA olarak değeri 83,4 dB'dir. Benzer şekilde %50 doz seviyesinin TWA olarak değeri 85 dB'dir.

Çizelge 3.6 Doz-TWA ilişkisi [65]

Doz seviyesi veya yüzde olarak gürültüye maruz kalma	TWA (dB)
10	73,4
20	78,4
30	81,3
40	83,4
50	85
90	84,2
100	90
110	90,7
.....

Eğer doz metreden okunan değerler bu tablodaki değerlerden daha küçük veya daha büyükse, TWA aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir [65];

$$TWA = 16.61 \times \log(D/100) + 90 \dots\dots\dots (3.11)$$

Burada;

TWA = 8 saatlik ortalama ağırlıklı ses düzeyi (dBA),

D = Doz seviyesidir (%).

Gürültü düzeyinin yüksek olduğu işletmelerde, çalışma sürelerinin ve vardiya düzenlerinin belirlenmesinde, bu hesaplamalar mutlaka yapılmalı ve gerekli düzenlemeler bu hesaplamalar doğrultusunda yerine getirilmelidir.

Gürültü düzeyinin 90 dBA'dan daha yüksek olduğu yerlerde, kulalık ve kulak tıkacı gibi koruyucu araçların kullanılması sonucunda, gürültünün 90 dBA düzeyinin altına düşmesi halinde, çalışma süresi yukarıda belirtilen sınırdan bırakılabilir. İnsan kulağı, kulak koruyucu kullanmaksızın, hangi koşullar altında olursa olsun, sürekli seslerde 135 dBA ve uyarıcı seslerde 150 dBA düzeyini geçen seslere maruz kalmamalıdır [8].

3.4.3. Gürültünün (sesin) ölçülmesi

3.4.3.1. Gürültü ölçümünün temel amaçları

Gürültü kontrolünde, gürültü ölçümleri önemli bir yer tutar. Bir iş yerinde, gürültünün sağlığa zararlı boyutlarda olup olmadığı, aslında ölçüm yapmadan da hissi olarak anlaşılabilir. Aşağıdaki sorulara verilen cevap, bir iş yerinde fazla miktarda gürültüye maruz kalınıp kalınmadığının bir göstergesidir:

- İşyeri boyunca yürüyüş yapıldığında, herhangi bir alandaki gürültü şehir trafik gürültüsünden fazla mı?
- İş yerindeki çalışanlar, yaklaşık 1 metre uzağındaki birisiyle konuşmak için seslerini yükseltmek zorunda kalıyorlar mı?
- Çalışma süresi sonunda evlerine dönen çalışanlar, araçlarındaki müziğin sesini duymak için, sabah işe gelirken dinledikleri ses seviyesinden daha yüksek düzeyde açıyorlar mı?
- Uzun süre işyerinde kalan çalışanlar, iş sonrasında, seslerin yüksek olduğu kalabalık alanlarda iletişim kurmakta zorlanıyor mu?

Eğer tüm bu sorulara verilen yanıt “evet” ise, o iş yerinde büyük ihtimalle bir gürültü vardır ve o iş yerinde uzmanlar tarafından uygun ölçme aletleriyle gürültü incelemeleri yapılması gerekmektedir [64].

Ayrıca, aşağıdaki durumlarda da, gürültü ölçümleri yapılması gerekmektedir:

- i) Bir iş yerinin bir alanından yayılan gürültüden, değişik bölümlerdeki (komşu alandaki) çalışanlar yakınıyorsa veya gürültü düzeyi kabul edilebilir düzeyin üstüne çıktığı düşünülüyorsa, onların şikayetleri araştırılmalı ve maruz kaldıkları gürültü düzeyi ölçülmesi gerekir.
- ii) Gürültü ölçümleri ayrıca, bir cihaz veya taşıtın vb. test değerlerine veya şartnamelere uygun olup olmadığını tespit etmek, yasal amaçlar için veri toplamak, seçilen bir bölgede ses düzeyi profili oluşturmak için de yapılır.

Bu araştırmalarda, araştırma için kullanılması öngörülen cihazlar, ses şiddetini ölçen cihazlar ile oktav band analiz cihazlarıdır [66].

Gürültünün etkin bir biçimde kontrol edebilmesi için, gürültü standart ölçüm yöntemlerine uygun olarak doğru bir şekilde ölçülmeli ve kabul görmüş kriterlere göre değerlendirilmesi yapılmalıdır. Gürültü ölçümleri iki kısımdan oluşur. Bunlar; alan ölçümleri ve kişisel ölçümlerdir. Alan ölçümleri genellikle kişisel ölçümlerden önce yapılır.

Alan ölçümlerinden önce, ölçümleri yapan kişi tarafından aşağıdaki hususların belirlenmesi önemlidir:

- Ölçümlerin amacı (gürültü yönetmeliklerine uyma, işitme kaybını engelleme, gürültü kontrolü, toplum sıkıntısını azaltmak vb.),
- Gürültü kaynakları ve gürültü kaynaklarının çalışma süreleri,
- Gürültünün zamansal örnekleri (sürekli, değişken, kesikli, impuls olması),
- Gürültüye maruz kalan kişilerin konumları [67].

3.4.3.2. Temel ölçüm parametreleri

a) Gürültü göstergeleri ve ölçüm yönteminin seçilmesi:

i) Ses düzeyinin ölçülmesi: Ses düzeyinin ölçülmesinde en yaygın kullanılan cihazlar; ses düzeyi ölçerler, entegre-ortalama alıcı ses düzeyi ölçerler ve gürültü dozu ölçerlerdir.

Ses düzeyi ölçüm cihazları ölçüm doğruluk derecesine göre üç sınıfta toplanabilir. Bunlar;

- Tip 0, - Tip 1, - Tip 2, - Tip 3'dür.

Bunlardan, Tip 0; hassas laboratuvar ölçümleri için planlanan en doğru iken, Tip 1; genel amaçlı ölçümler için çok daha geniş alanda kullanılır. Tip 2; kontrol amaçlıdır ve düşük fiyat önemli olduğunda kullanılır. Tip 3; geniş toleransları sebebiyle pratikte kullanılmaz ve çok gerçekçi olmayan sonuçlar ortaya çıkarır. Ölçüm sonuçlarının raporlanması gerekli ise cihazın en az Tip 1 sınıfı olması gerekmektedir [68].

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 (örneğin, yönelme katsayısının değişiminin incelenmesi) ya da kaynağın ses gücü düzeyinin bulunmasıdır. Endüstriyel gürültü kontrolü için, daha çok kaynağın bulunduğu ortamda ölçüm yapmak gerekmektedir [22].

Ses düzeylerinin ölçülmesinde kullanılan ve yukarıda ismi geçen ölçüm cihazlarından kısaca bahsedilecek olunursa;

- Ses düzeyi ölçer: Ses düzeyi ölçerler, belirli konumlardaki anlık ses basınç düzeylerini (veya ses şiddeti düzeylerini) gösterir. Endüstriyel alan değerlendirmelerinde, Tip 2 ses ölçüm cihazı, yeterli doğruluktadır. Ses düzeyi ölçüm cihazlarında genellikle, daha önce de belirtilmiş olan ve ses şiddeti düzeylerinin A, B, C ve D ağırlıklı olarak bulunmasını sağlayan elektronik devreler mevcuttur. Bu sayede anlık ses düzeyleri kolaylıkla belirlenebilir [22 ve 64].

Ses düzeyi ölçerler, zaman içindeki bir noktada sesin şiddetini verdiği için, gün boyunca maruz kalınan gürültünün şiddetini belirlemek için, iş yerinde farklı zamanlarda ve farklı yerlerde ölçüm yapılması gerekir. Uygun ses düzeyi ölçüm değerleri elde edildikten sonra, işyerindeki farklı alanlardaki ses düzeylerini gösteren "gürültü haritaları" oluşturulabilir.

Gürültü haritaları, gürültü tehlikesi olan alanları açık bir şekilde tanımlayarak, çok faydalı bilgiler sağlar. Gürültü düzeyi haritaları ve çalışanın gün boyu çalıştığı alanlar kullanılarak, bireysel gürültüye maruz kalma tahminleri geliştirilebilir. Bu ölçüm metodundan genellikle "alan gürültüsü gözlemi" olarak bahsedilir [37].

Karmaşık bir sesin ses yüksekliğini, kulağın algıladığı miktarda değerlendirdiği için, bu tür ölçümler gürültünün miktarı hakkında önemli bilgiler vermektedir. Ancak, bir sesin hangi frekanslarda ne kadar baskın olduğunu bu ölçümlerle belirlemek mümkün olmamaktadır.

- Entegre-Ortalama Alıcı Ses Düzeyi Ölçme Cihazları: Bu cihazlar, elde taşınması ve istenen konumlardaki gürültü düzeylerini ölçmesi bakımından ses düzeyi ölçüm cihazlarına benzer. Entegre ses düzeyi ölçüm cihazları, belirli yerlerdeki eşdeğer ses düzeyini (L_{eq}) tespit eder. Ses düzeyi sürekli değişse bile, tek bir ölçüm değeri verir. Bu haliyle de, doz metrelerle benzer [67].

- Gürültü dozu ölçüm cihazı: Gürültü doz metreleri yirmi yılı aşkın süredir, kurallar ve düzenlemeler ile, çalışanların gürültüye maruz kalmalarını dökümantasyonla ederek ve uygunluğunu güvence ettiği için yaygın olarak kullanılmaktadır. Gürültülü çalışma ortamında çalışan kişilerin belli bir zaman diliminde örneğin, 8 saatteki gürültüye maruz kalma düzeyini belirlemek amacıyla doz metre kullanılır. Çalışan belli bir tezgahta bulunmayıp, kararsız gürültüye maruzsa veya gürültü düzeyi değişiklik gösteren yerlerde çalışması söz konusu ise, çalışanın üzerine takılan kişisel doz metre ile gürültü düzeyi ölçümü yapılır. Doz metreler kişi üzerinde kulağa en yakın noktada bulundurulur. Doz metre yüzde olarak gürültü dozunu verdiği gibi, aynı zamanda gürültünün en yüksek seviyeye çıktığı (Max.peak) düzeyi de tespit eder [61 ve 69].

Bu tip ölçümlerden genelde “bireysel gürültü gözlemi” olarak bahsedilmektedir. Tam bir iş gününde çalışan bir personele takılan doz ölçüm cihazı, kişinin gün boyu maruz kaldığı ortalama gürültü düzeyini (eşdeğer gürültü düzeyi) ve gürültü dozunu verir. Çalışan çalışma süresinde %100 gürültü dozu alırsa, bu izin verilen maksimum ortalama gürültü maruziyeti anlamına gelir. Örneğin, sınır değeri olan 90 dBA’ya 8 saat maruz kalındığında %100 doz seviyesi oluşurken, gürültü düzeyindeki 5 dBA’lık bir artış olduğunda, 4 saatlik bir maruziyet sonunda %100 doz seviyesi oluşur. 95 dBA’da 8 saatlik bir gürültü maruziyeti sonunda gürültü dozu %200’e çıkar.

Gürültü standartları ülkelere göre değişiklik gösterebildiğinden, sınır değer ve katlama faktörünün (3 veya 5) ölçümler yapılmadan önce doz ölçüm cihazında ayarlanması gerekmektedir [37].

ii) Sesin frekanslarının ölçülmesi:

Ses düzeyi ölçerlerle yapılan ölçümler sadece sesin şiddeti hakkında bilgi verir, sesin frekansları hakkında bilgi vermez. Oysa gürültünün tam bir değerlendirmesinin yapılabilmesi için bu bilgi yeterli değildir. Sesi oluşturan harmoniklerin, frekans dağılımlarının da bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla frekans analizleri yapılır. Bu analizlerin yapılmasında kullanılan aygıtlar oktav-bant filtreleri (analizörü) diye adlandırılmaktadır.

Oktav bandı, gürültü enerjisinin frekansa göre değişimini ortaya çıkarmakta yararlanan ve alt ve üst frekans sınırlarının birbirinin iki katı olan frekans bandı ve bant genişliğinin merkez frekansının %70' ine eşit olduğu bandı gösterir [70].

Uluslar arası standart olarak kullanılan oktav frekansları aşağıdaki şekildedir:

31.5-63-125-250-500-1000-2000-4000-8000-16000

Yapılan analiz türüne göre, bant genişliğinin alt ve üst sınırları ayarlanır ve incelenen sinyali oluşturan harmoniklerden, yalnız istenen bant sınırları içinde kalanların geçmesine izin verilir. Böylece, yalnız bu harmoniklerin düzeyleri ölçülmüş olur. Bu işlem farklı frekans bantları için tekrarlanarak, her banttaki ses basıncı düzeyi ölçülmüş olur.

Bir ses analiz cihazı, hangi frekans bandının, A- ağırlıklı ses basıncı düzeyine en fazla katkısı olduğunu belirlemede kullanılabilir. Bu amaç için bir oktav bant analiz cihazı yeterli olabilir. Bir yağ brülörünün uğultusu, hareket halindeki trenin çıkardığı gürültü, uzaktan gelen silah sesleri, esas itibarıyla düşük frekanslı seslerden ibarettir. Öte taraftan, bir buhar kaçağının ıslığı, hava ile çalışan aletlerin vınlaması, bir anahtar destesinin şingirtisi daha çok yüksek frekanslı seslerde teşekkül eder. Endüstriyel makinaların meydana getirdiği sesler ise, çoğunlukla orta frekans sahalarında yer alır [66].

Frekans analizi sonucu elde edilen oktav bant analizi sonuçlarından, toplam ses düzeyinin bulunması için; A- ağırlık eğrisi dikkate alınarak merkez frekanslar için Çizelge 3.7'de gösterilen düzeltme faktörü değerleri, her bir merkez frekansın ölçülen ses basınç düzeyi değerleri ile toplanır.

Çizelge 3.7 A- ağırlık eğrisi dikkate alınarak merkez frekanslar için düzeltme faktörü değerleri [71].

Oktav Bant Merkez Frekanslar (Hz)	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Düzeltilme Faktörü	-39	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	-7

Düzeltilme faktörleriyle merkez frekanslarda ölçülen ses basınç düzeylerinin toplanması ile elde edilen değerlerin aşağıda verilen eşitlik içinde kullanılmasıyla, toplam ses düzeyi değerleri hesaplanabilir [71]:

$$L_t = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right) = 10 \log \left(10^{L_{31.5}/10} + 10^{L_{63}/10} \dots 10^{L_n/10} \right) \dots \dots \dots (3.12)$$

Burada;

L_t = Toplam ses düzeyi (dBA), L_i = Her bant için ses basınç düzeyi (dBA),

n = Oktav bandı sayısı'dır.

b) Zaman yüklemesi seçimi:

Ölçülmesi gereken çoğu ses düzeylerinde dalgalanmalar olmaktadır. Ses düzeyinin tam anlamıyla belirlenmesi için, bu dalgalanmaların mümkün olduğu kadar hatasız ölçülmesi gerekmektedir. Bununla beraber, eğer ses düzeyi çok hızlı bir şekilde inip çıkarsa, analog göstergeler çok kararsız değişimler göstereceğinden, anlamlı okumalar elde etmek mümkün olmayabilir. Bu sebepten ötürü, iki detektör yanıt karakteristiği standart hale getirilmiştir. Bunlar; hızlı (F, fast) ve yavaş (S, slow) yanıt süreleridir.

Hızlı yanıt, gürültüye 0.125 saniye aralıklarla cevap verir ve bu süre insan kulağının yanıt süresine daha yakın olduğu için, ses basınç düzeyi ölçümlerinin, insan işitme sistemini daha fazla temsil eder. Yavaş yanıt ise; gürültüye 1 sn aralıklarla yanıt verir. Yavaş yanıtın tek bir kullanım amacı vardır, o da çok hızlı dalgalanan gürültü düzeylerinin ortalama değerinin basit ses ölçüm cihazlarından (analog) daha kolay hesaplanmasını sağlamaktır. Birçok modern ölçü aletleri, belirlenmiş periyotlardaki ses basınçlarını bütünleştirebilmekte ve ortalama değerler verebilmektedir. Bu yüzden, entegre ses basıncı ölçüm cihazları kullanıldığında, yavaş yanıt süreleri tavsiye edilmez [29 ve 72].

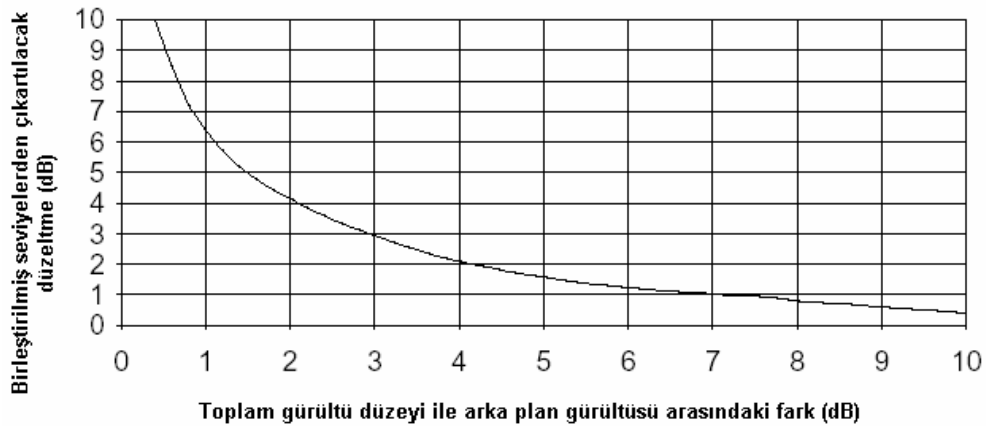
Yavaş cevap, gerçek basınç değerine daha yakın cevap verebilmektedir. Eğer ölçümlerin amacı, en yüksek ses düzeyini belirlemek değilse ve böyle bir şartname yoksa yavaş cevap kullanılır. Tersisi durumunda hızlı cevap kullanılmalıdır. Kararlı durumlardaki sesler için,

gerek hızlı cevapta gerek yavaş cevapta ölçüm sonuçlarının aşağı yukarı aynı olması gerekir [61].

c) Arka plan gürültüsü etkisinin belirlenmesi:

Yapılan ölçümün geçerli olması için istenmeyen kaynaklardan gelen gürültü (arka plan), inceleme altındaki kaynağın gürültüsünden en az 10 dB az olmalıdır. Bu durumda ölçüm hassasiyeti 0,5 dB'dir. Eğer ölçülen gürültü kaynağının gürültüsü ile arka plan gürültü arasındaki fark 3-10 dB ise, düzeltme diyagramı kullanılarak gerekli düzeltmeler yapılır [40].

Arka plan gürültüsünün dikkate alınacağı durumlarda kullanılan düzeltme diyagramı, Şekil 3.19'da verilmiştir.



Şekil 3.19 Arka plan gürültüsü için düzeltme diyagramı [42]

Bir gürültü ölçümünün arka plan gürültüsünden etkilenip etkilenmediğini belirlemek için, sırasıyla aşağıdaki adımlar izlenir:

- 1) Hem gürültü kaynağının hem de arka planın gürültüsü düzeyi birlikte ölçülür,
- 2) Kaynak kapatılarak arka plan gürültü düzeyi ölçülür,
- 3) 1. ve 2. adımlar arasındaki düzey farkı belirlenir,
- 4) Şekil 3.19'dan gerekli düzeltme miktarı seçilir,
- 5) Sadece kaynaktan kaynaklanan ses düzeyini ölçmek için 4. adımın düzeltmesi, 1. adımın düzeyinden çıkartılır [19].

d) Mikrofon konumlarının seçimi:

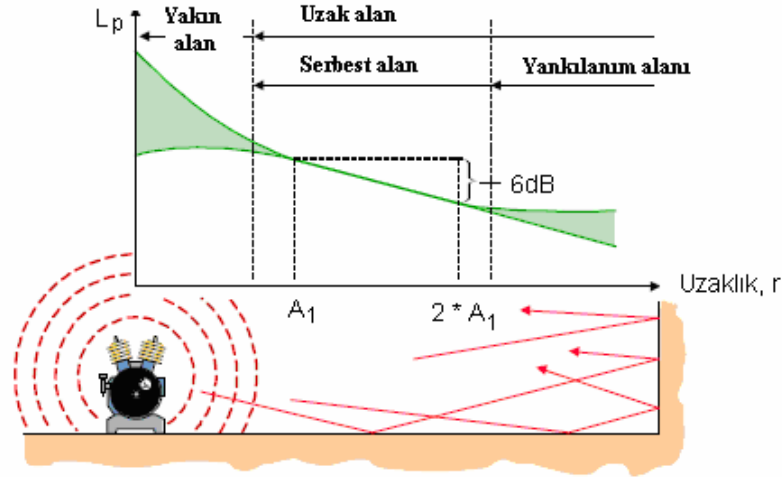
Mikrofon konumunu tanımlayan özel bir kod ya da standart yoksa, mikrofon konumları göz önüne alınan ses alanının ya da ses kaynağının, uygun örnekleri elde edilecek biçimde seçilir. Seçilen mikrofon konumlarının sayısı, çevre gürültü düzeyini, ya da kaynağın özgün karakteristiklerini istenen kesinlikte sağlayacak yeterlilikte olmalıdır. Çevre gürültü düzeyi ölçümünde ve kaynak ölçmelerinde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibidir:

Çevre gürültüsünün ölçülmesi: Ölçmeler, insan tarafından kullanılan bir alandaki gürültünün etkilerini araştırmak için yapıyorsa, mikrofonlar gürültüden etkilenen kişilerin kulaklarının bulunduğu konumda olmalıdır. Ölçme mikrofon yüksekliği genellikle, insanlar ayakta duruyorsa 1.55 ± 0.075 m, oturuyorsa 0.91 ± 0.005 m alınır [19 ve 32].

Eğer bir ses kaynağının etrafındaki eşseslilik eğrileri çizilecekse, mikrofon konumları arasındaki uzaklıklar ve mikrofon yerleri sayısı, ses alanının düzgünlüğüne ve haritada istenen kesinliğe bağlı olarak belirlenir [19].

Kaynak ölçmeleri: Herhangi bir ses kaynağının yaymış olduğu ses basıncı ya yankısız test odalarında ya da kaynağın bulunduğu ortamlarda yapılır. Uygulamada ise, çoğu ses ölçümü ne yankı yapmayan ne de yankı yapan odalarda yapılmaz, ama odalar bu iki özelliğin ortasında bir özelliğe sahiptir. Bu durum, bir kaynaktan yayılan gürültünü ölçülmesi gerektiği durumlarda doğru ölçüm noktalarının bulunmasını zorlaştırır. Tek bir kaynaktan yayılmayı belirlerken, çeşitli hataların yapılması mümkündür. Eğer ölçümler, makinaya çok yakınsa, ses basınç düzeyi, ses ölçüm cihazındaki çok az yer değişmesiyle önemli derecede değişir. Bu durum, makinadan yayılan en düşük frekansın dalga boyundan daha düşük uzaklıklarda ve ya makinanın en büyük boyutunun iki katından daha az olan uzaklıklarda oluşur. Bu alan, yakın alan olarak adlandırılır. Diğer bir hata ise, ölçümler çok uzak bir noktada yapılırsa oluşur. Burada, duvarlardan veya çevredeki objelerden gelen yansımalar, kaynaktan gelen ses düzeyi kadar kuvvetli olabilmektedir. Böyle durumlarda, doğru ölçümler mümkün olmamaktadır. Bu alan, yansıma alan olarak adlandırılır. Yankılanım alanı ile yakın alan arasındaki bölge ise serbest alan olarak isimlendirilir. Serbest alanda ses, yayılmasını etkileyecek yansıtıcı yüzeylerle karşılaşmadan açık havadaymışçasına ilerler. Bu bölgede, ses düzeyi kaynağa olan mesafenin iki katına çıkışında 6 dB azalma gösterir. Ses düzeyi ölçümleri, bu bölgede yapılması gerekmektedir. Tabi ki bu, bir dereceye kadar mümkündür. Ortam koşulları çok yansıtıcı veya oda çok küçük ise serbest alan oluşmaz. Bu durumda, bazı standartlar (örneğin ISO 3746),

yansıyan sesin etkisini hesaplamak için çevresel düzeltme tavsiye etmektedir. Bir düzlem boyunca oluşan ses alanları Şekil 3.20’de görülmektedir [29].



Şekil 3.20 Ses alanları [21]

e) Mikrofon yönlendirmesi

Ses alanında mikrofonun tipi ve onun yönlendirilmesi de ölçümlerin doğruluğunu etkiler. Ses düzeyi ölçerlerin iki tip mikrofonu vardır. Bunlar;

- 1) Mikrofonu geliş güzel gelen sesler için frekans yanıtı düz olanlar,
- 2) Mikrofonu dik gelen sesler için frekans yanıtı düz olanlardır.

Mikrofon, üreticinin kullanım kılavuzuna uygun olarak ses kaynağına göre yerleştirilmelidir. Kullanım kılavuzunun anlaşılabilir olmadığı yada yeterli bilgi içermediği hallerde, üreticiden gerekli bilgi elde edilebilir. Yansımanın olduğu bir çevrede, kaynaktan belli bir uzaklıkta gürültü ölçülürken, geliş güzel yanıtı düz olan mikrofonların kullanılması daha doğru olur [22 ve 73].

Ayrıca, ölçüm esnasında mikronun konumu vücudun duruşuna göre de önemlidir. Vücuda çok yakın tutulan mikrofon, yansıtıcı vazifesi gören vücuttan yayılan sesleri de hesaba kattığından ölçüm sonuçlarında yanlışlıklara yol açar. Araştırmalar göstermiştir ki, insan vücuduna bir metreden daha yakın uzaklıkta tutularak yapılan ölçümlerde, insan vücudundan yansıyan sesler ölçüm sonucunda 400 Hz frekansı civarında 6dB’lik hatalara yol

açabilmektedir. İnsan vücudundaki yansımalarından kaynaklanan hataları minimum düzeye indirmek için, ölçüm cihazlarını kol uzaklığında tutmak yeterli olmaktadır. En güvenli yol ise, bir tripod üzerine yerleştirilen bir ses ölçüm cihazı ile ölçümlerin yapılmasıdır [29].

3.4.3.3. Numune alma metodu

Farklı sürelerde alınan belli sayıda numune kullanılarak doğrudan bir ölçme metodu ile sonuçların tahmin edilmesi, korelasyon yapılmamış numunelerin sayısına bağlıdır. Numune ölçme süresi ve numune alma hızı, eş değer sürekli A- ağırlıklı ses basınç düzeylerinin tahmini için yeterli doğrulukta olacak şekilde seçilmelidir. Alışılmış ses basınç ölçerlerin göstergesi, ölçme periyodunda, T_{meas} , numune alma aralıklarında, Δt (numune alma hızı), görsel veya otomatik olarak okunur. Eş değer sürekli A-ağırlıklı ses basınç düzeyi, $L_{Aeq,Tmeas}$, aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır [31]:

$$L_{Aeq,Tmeas} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (10^{0.1 \times L_{pAi}}) \right] \dots \dots \dots (3.13)$$

Burada;

L_{pAi} : i numunesinin ses düzeyi (dBA),

n : Ölçüm zamanı içindeki toplam numune sayısı'dır.

3.4.3.4. Hassas ölçümler için diğer hususlar

Ergonomik açıdan işletmelerde önemli bir problem oluşturan gürültünün tespiti, analizi ve bu analizlere göre uygun kontrol yöntemlerinin seçilebilmesi, ölçümlerin doğru ve hassas olarak yapılmasına bağlıdır. Bunun için aşağıdaki kuralların uygulanması gereklidir:

- 1) Her şeyden önce ölçüm cihazında kullanılacak pillerin yeterli güçte olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- 2) Ölçümlerden önce ve sonra cihaz kalibre edilmelidir,
- 3) Kullanılan cihazın tipi, numarası vb. özellikleri bir yere not edilmelidir,
- 4) Ölçüm yapılan ortamın atmosferik özellikleri (sıcaklık, nem, dışarıda ölçüm yapılıyorsa; rüzgar hızı, yönü) saptanmalıdır,

- 5) Kullanılan cihazın özelliklerine ve ölçülecek gürültünün türüne göre doğru ayarlar seçilmelidir [22].

3.4.4. Endüstride gürültünün kontrolü

Gürültünün, kişinin hem ruh hem de fiziksel sağlığını olumsuz yöne etkilediği, özellikle belli bir düzeyi aşan gürültülerin, kulakta onarılamaz hasarların oluşmasına neden olduğu daha önce belirtilmişti. Özellikle gürültülü yerlerde çalışanlarda ortaya çıkan işitme kayıpları, günden güne artmaktadır. İşçinin ruh ve fiziksel sağlığını bozan gürültü, kuşkusuz çalışma verimini de büyük ölçüde düşürmektedir. Böyle bir ortamın kuşkusuz ergonomik olması beklenemez.

Çağımızda, artık sadece iş yerlerinin bir sorunu olmaktan çıkmış, sosyal yaşamda da büyük bir sorun haline gelmiş olan gürültüyle savaşmak gerekir. Bu amaçla; gürültü doğru biçimde ölçülmeli, değerlendirilmeli ve gerekli önlemler vakit geçirmeden alınmalıdır. Gürültünün, zararlarından etkilenen kişileri korumak için alınabilecek önlemlerin tümüne gürültü kontrolü adı verilir. Gürültü kontrolü, her zaman gürültüyü azaltmak anlamına gelmemektedir. Önemli olan, kişilerin, gürültünün olumsuz etkilerinden korunmasıdır. Bu tanıma göre, kişileri, gürültülü ortamdan uzaklaştırıcı önlemlerin de, gürültü kontrol kapsamında sayılacağı açıktır.

Gürültü kontrolü için, uygulamada genellikle üç ana yaklaşım olduğu bilinmektedir. Bu yaklaşımlar aşağıdaki şekilde açıklanabilir [8]:

- 1) Gürültünün mühendislik uygulamalarıyla kontrolü,
- 2) Gürültünün yönetsel (idari) önlemlerle kontrolü,
- 3) Gürültünün yasal önlemlerle kontrolü.

3.4.4.1. Gürültünün mühendislik uygulamalarıyla kontrolü

Mühendislik uygulamalarıyla yapılacak olan çalışmalar, gürültü kontrolündeki ana uygulamalardır. Bir işletmede gürültü kontrolü çalışmaları yapılırken ilk önce gürültü kaynakları ve bunların oluşturduğu gürültüler saptanmalıdır. Bu amaçla;

- İşletmede kullanılan makinalar ve işlevleri belirlenir,
- Kullanılan makinaların neden olduğu gürültü, ölçümlerle belirlenerek gürültü düzeyleri ve dağılımları belirlenir,

- Makinaların bulunduğu ortam özellikleri belirlenir,
- İşletmenin özellikleri ve kontrollerin işletmeye getireceği maddi yük belirlenir.

Mühendislik uygulamaları tasarım aşamasında başlar. Gürültünün engellenmesi için ilk etapta gürültüsüz veya minimum düzeyde gürültü çıkaran makinalar tasarlanmaya çalışılır. Ancak bu teknik olarak ve maddi olarak her zaman mümkün olmayabilir. Daha sonra mevcut gürültünün azaltılma çalışmaları gelir.

Mühendislik uygulamalarıyla gürültü kontrolü üç şekilde olur:

- Gürültüyü kaynağında kesmek,
- Ses enerjisinin yayıldığı yolda yani, gürültü kaynağıyla alıcı arasında gürültüyü azaltmak,
- Gürültüyü algılandığı noktada yani gürültüye maruz kalan kişide azaltmak [74].

a) Gürültünün kaynağında kontrolü:

Gürültünün kaynağında kontrolü genellikle en etkili yöntemlerden biri olmakla birlikte, uygulaması en güç yöntemleri içerir. Örneğin, bir presteki darbe gürültüsünün yok edilmesi olanaksız, azaltılması ise, genellikle tasarım sırasında gerekli önlemlerin çoğu alınmış olduğundan çok güçtür. Bunun yanında, makinanın bakımının zamanında ve eksiksiz yapılması gibi kolay ve bir dereceye kadar etkili yöntemler de gürültüyü kaynaқта azaltır [8].

Bir makinanın tasarımından sonra, kullanımı sırasında gürültüsünü azaltmaya yönelik genel ilkeler aşağıdaki gibidir:

- 1) Kaynağın yaydığı ses enerjisini azaltmak,
- 2) Kaynak ile sesi yayan yüzey arasında yalıtımı sağlamak,
- 3) Yüzeyin ses yaymasını azaltmak.

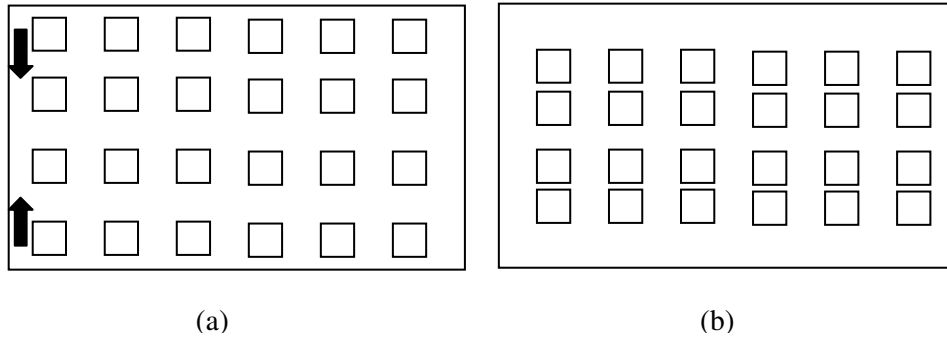
Bu amaçla işletmelerde;

- Planlama ile gürültü kontrolü (işlem ve tezgah seçimi, fabrika içi yerleşimi, ileriye dönük önlemler almak),
- Gürültü kaynağının örtülmesi,
- Bakım ve onarım çalışmaları,

- Susturucularla gürültünün kesilmesi,
- Titreşim yalıtımları çalışmaları,
- Kaynakta malzeme ve tasarım değişikliği yapılabilir [22].

Bunların yanında, daha az gürültülü metotlar kullanılarak gürültüyü kaynaktan azaltmış olabiliriz. Örneğin, perçinleme yerine, nokta, ark (elektrik) veya alev kaynağının tercihi, dişliler yerine kayışlı transmisyonların kullanılması vb. [66].

Planlama ile gürültü kontrolü, gürültü kontrolünde, genellikle az önem verilen bir yöntemdir. Oysa, gürültünün oluştuktan sonra azaltılmaya çalışılması yerine, baştan önlenmesi çok daha kolay ve etkilidir. Şekilde 3.21’de, planlama ile gürültü kontrolü yöntemleri içerisinde, fabrika içi yerleşimin önemi görülmektedir.



Şekil 3.21 Gürültü kontrolü ve fabrika içi yerleşim (a) gürültü bakımından uygun olmayan yerleşim, (b) gürültü bakımından uygun olan yerleşim [75]

Şekil 3.21 (a)’da görüldüğü gibi bir yerleşimde, en dışta yer alan iki sıra, duvarlardaki yansımalarından ötürü ortamdaki gürültünün daha yüksek olmasına neden olur. Şekil 3.21 (b)’de görüldüğü gibi, ikiyeşerli olarak duvarlardan uzağa yerleştirilen tezgahlardan ötürü ortamda oluşan ses düzeyi, ilk duruma göre daha düşüktür.

b) Gürültünün kaynakla alıcı arasında kontrolü:

Gürültünün kaynakta yeterli ölçüde azaltılamaması veya bunun ekonomik olmayışı durumunda, gürültünün yayılma alanında kontrolü düşünülmelidir. Bu tür kontrol için;

- 1) Kaynağın bulunduğu ortamın akustik özelliklerinin değiştirilmesi,
- 2) Kaynağın oda içindeki konumun değiştirilmesi,

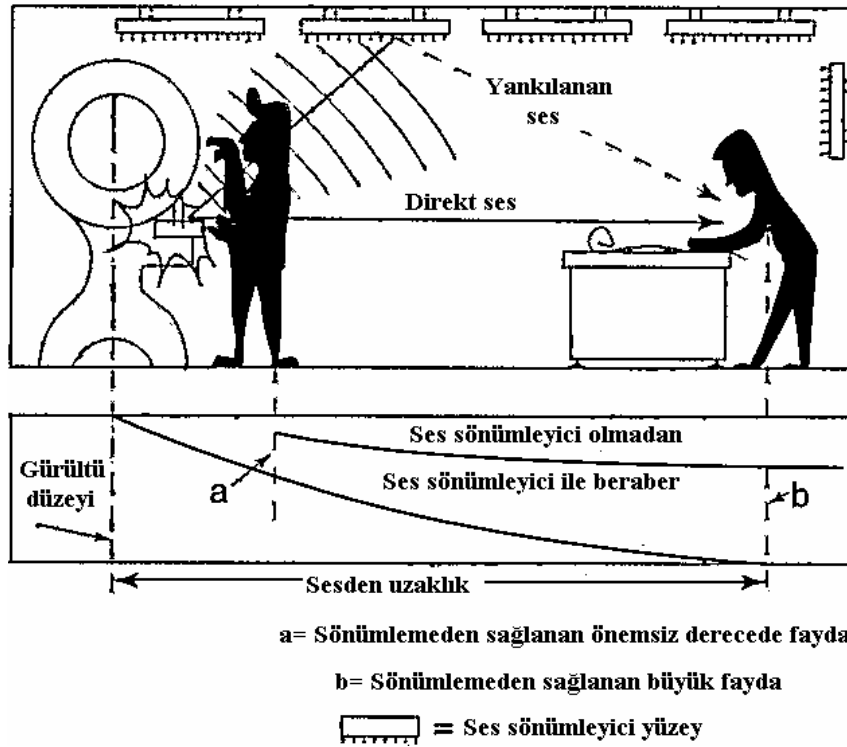
- 3) Ses bariyerlerinin kullanılması,
- 4) Gürültü kaynağı ile gürültüye maruz kalan kişi arasındaki uzaklığın artırılması,
- 5) Kaynağın yarı veya tam hücre içine alınması,

gibi önlemler alınabilir [76].

Bir oda içerisinde, iki tip sestem bahsedilebilir. Bunlar; direkt ses ve yankılanan sestir. Direkt ses, ses kaynağından çıkan seslerin, belirlenmiş bir alana her hangi bir yüzeye temas etmeden direkt olarak ulaşmasıdır. Yankılanan ses ise, kaynaktan çıkan sesin, alan içerisindeki yüzeylerden veya sınırlardan yansımasından sonra belirlenmiş bir alana ulaşmasıdır [26].

Bu noktadan yola çıkılarak, gürültünün kaynakla alıcı arasındaki yayılımlarının önlenmesinin temelini, sönümlemek ve yalıtım oluşturur.

Bir hacimden diğerine gürültünün iletilmesinin önlenmesi değil de, aynı hacim içerisindeki ses düzeyinin azaltılması isteniyorsa, o zaman sesi sönümleme yöntemlerine başvurulur. En iyi sönümleme elemanları, ses empedansları havanın ses empendansına yakın olan malzemelerden yapılanlardır. Yalıtım malzemelerinin tersine, cam yünü, plastik elyaf veya metalik elyaftan yapılmış, %98 oranında hava dolu gözeneklerden oluşan malzemeler, sönümleme malzemesi olarak uygundur. Sönümleme elemanlarının etkinliği, ses dalgalarının malzemeye nüfuz etme derinliğine dolayısıyla da sönümleyici tabakanın kalınlığına bağlıdır. En iyi sönümleme, sönümleme tabakasına gelen ses dalgalarının dalga boyunun $\frac{1}{4}$ 'ünden daha kalın seçilmiş sönümleme tabakaları ile sağlanır. Alçak frekanslarda oldukça kalın sönümleyici tabakalara gereksinim vardır. Ancak, kaynağa çok yakın bir noktadaki gürültü düzeyinin, oda akustiği değiştirilerek düşürülmesi, başlangıçtaki oda sabitinin (R = sesin yankılanma derecesinin bir ölçüsü) değeri ne olursa olsun, olanaksızdır. Oda akustiğinin değiştirilmesiyle gürültü kontrolü, kaynaktan uzaktaki bölgeler için söz konusudur (Şekil 3.22).

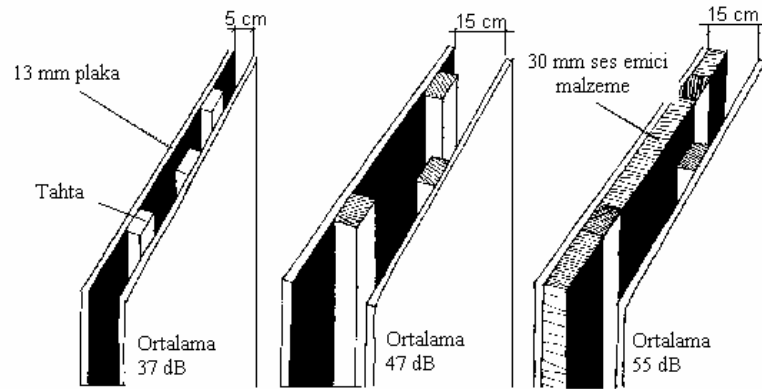


Şekil 3.22 Bir oda içerisinde sesin yayılması ve ses sönümleyicilerin etkisi [26]

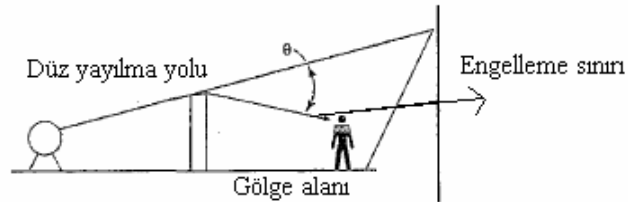
Yalıtma, gürültü kaynağıyla, etkilenen kişi arasında bir duvar çekmek olarak tanımlanabilir. İşletmelerde, tasarım, muhasebe, personel bürosu gibi zihinsel yükün hakim olduğu yerleri, yüksek gürültülü makinaların bulunduğu atölyeden ayırmak gerekir. Eğer bu ayırma işlemi, özel bir duvar konstrüksiyonu ile yapılmadıysa, istenen hacimleri gürültüden yeterince korumak mümkün olmaz. Özel önlemlerle gürültü hacimlerinin duvarları, ses dalgaları o hacmin dışını etkilemeyecek şekilde yalıtılmalıdır. Pratikte kapsül, duvar ve bariyer (şemsiye) diye adlandırılabilen farklı yalıtım konstrüksiyonlarına rastlanır. Kapsül, ses kaynağının tamamen kapalı, elastik bir gövde ile dış yüzeyine yakın bir mesafeden kaplanmasıdır. Sesi yalıtma özelliği, frekansa, birim alan ağırlığına, alanına ve elastisite modülüne bağlıdır. Örneğin, frekans iki katına çıktığında, kapsülün yalıtma özelliği 3-6 dB artar. Yalıtım malzemesi olarak, ses empedansı havanın empedansından daha farklı olan malzemeler uygundur. Ses empedansı, malzemenin yoğunluğu ile o malzeme içinde ses hızının çarpımı ile elde edilir. Aynı birim alan ağırlığında daha yüksek bir yalıtım sağlamak için, iki tabakalı kapsüller tercih edilir. Bariyer tipi yalıtım konstrüksiyonlarında, bariyerin etkisi, koruduğu kişinin bulunduğu konuma göre farklıdır. Ses dalgaları, özellikle de alçak

frekanslarda, şemsiyenin etrafında dolanabilirler. Bariyerle korunan kişi için en iyi konum, bariyerden yeteri mesafede ve akustik gölge alanı içidir (Şekil 3.24).

Şekil 3.23’de sandviç konstrüksiyon denilen yöntemle hem hafif, hem de etkili yalıtım elde etmek mümkündür [1].



Şekil 3.23 Sandviç tipi ses yalıtıcı plakalar [75]



Şekil 3.24 Kısımlı bariyerlerde gölge alanı elde edilmesi [26]

Gürültü kaynağı ile alıcı arasında gürültü kontrolü sağlamada diğer bir yöntem gürültü kaynağı ile gürültüye maruz kalan kişi arasındaki uzaklığın artırılmasıdır. Serbest bir hava içerisinde, bir nokta kaynağından çıkan ses basıncı düzeyi, uzaklığın iki katına çıkması durumunda 6 dB azalır.

Kapalı yerlerde ilerleyen ses basıncı düzeyi, bu değerden daha az olur. Bunun nedeni, duvarlardan ve döşemelerden yansıtılan sesin, toplam ses düzeyine olan etkisidir [77].

c) Gürültünün alıcıda kontrolü:

İlk iki yöntemin yeterli olmadığı durumlarda, gürültünün alıcıda kontrolü yöntemi düşünülmelidir. Gürültünün alıcıda kontrolü, gürültüyü yok etmek ya da azaltmak yerine daha çok gürültünün etkisi altındaki kişilerin korunmasına yöneliktir [8]. Bu amaçla;

- Operatörlerin çalışma saatleri azaltılmalı veya çalışma sürelerinin bir kısmı gürültüsüz yerde çalışacak şekilde organize edilmelidir. Organizasyonda bu uygulama gürültü şiddetinin yüksek olup, hiçbir önlemlerle koruma olanağı bulunamazsa zorunlu olur.
- Gürültülü bölümlerde çalışan operatörlere yüksek düzeydeki gürültünün işitme noksanlığı ve sinirsel bozukluklara sebep olması nedeniyle uygun kulak koruyucuları verilmeli ve çalışırken kullanılmaları sağlanmalıdır.
- Operatörlerin periyodik genel sağlık muayenelerinin yanında odiyometrik muayeneleri de yapılmalıdır.
- Gürültüyle savaş konusunda bu sayılan önlemler alınmıyor veya sonuç doyurucu olmuyorsa, yeterli dinlenme araları verilerek, çalışma süresi kısaltılarak veya işçiler değişmeli çalıştırılarak gürültüden daha fazla etkilenmeleri engellenmelidir [74].

İşitme koruyucu aletler, kulak zarına ulaşan sesin şiddetini azaltırlar. İki formu vardır. Bunlar; kulak tıkacı ve kulak maskesidir.

Kulak tıkacı: dış kulak yoluna uyan küçük koruyucudur. Etkili olmaları için total olarak kulak kanalını tıkamaları gerekir. Çeşitli tip ve ebatlarda olabilirler. Kulakta tutamayan kişiler için baş bandı ile kullanılabilirler.

Kulak maskesi: kulağı kaplayacak şekilde oturur ve kulak kanalının tüm çevresini bloke eder. Bunlar uyumlu bantlarla yerlerinde tutulur. Gözlük çevresini ve uzun saç çevresini kapatmazlar ve ayarlanabilir baş bandı kulak maskesini yerinde tutmak için yeterlidir.

Kulak tıkaçları rahat bir şekilde yerleştirilmeli ve böylece kulak kanalı tamamen kapanmalıdır. İyi uymayan kirli veya yırtılmış tıkaçlar kulak kanalı kapatmaz ve kişiyi rahatsız edebilir. Uygun, iyi oturmuş tıkaçlar sesi 15-30 dB azaltabilir. İyi tıkaçlar ve maskeler sesin azaltılmasında eşittirler. Ancak tıkaçlar düşük; maskeler yüksek frekanslarda etkilidir. Tıkaç ve maskenin birlikte kullanımı tek başlarına kullanıma nazaran 10-15 dB daha fazla koruma sağlar. 105 dB'den yüksek sesler için beraber kullanım düşünülmelidir [47].

Kulak tıkaçlarını, maskelerini veya her ikisinin kombinasyonu bulunduran iş görenlerin işitme sisteminde sağlanan tahmini gürültü düzeyi azalmasını hesaplamak için OSHA tarafından önerilen aşağıdaki yöntem izlenebilir [78]:

a) Tıkaçlar veya maskeler için;

- Takılan işitme koruyucu için, üretici firma tarafından laboratuvar testleri sonucunda belirlenen gürültü azaltma değerleri tespit edilir (Üretici firma tarafından, NRR olarak belirtilen ses azaltma değerleri ürün paketinde verilmelidir).

- A- ağırlıklı ölçümler kullanmak için, ses azaltma değerinden düzeltme faktörü olarak 7 dB çıkartılır,

- Kulak koruyucular, çalışma alanlarında laboratuvar ortamlarındaki test koşullarında sağlamış oldukları koruma düzeyi ile aynı derecede koruma sağlayamadığından (koruyucuların yanlış takılması vb. sebeplerden ötürü), iş yeri koşulları için ayarlama yapabilmek için, aşağıdaki gibi %50 güvenlik faktörü kullanılabilir:

$$\text{Tahmini maruziyet (dBA)} = \text{TWA (dBA)} - [(NRR-7) \times 0.50] \dots \dots \dots (3.14)$$

b) Çift koruyucu için (tıkaçlar ve maskeler);

- Koruyucuların, ses azaltma kapasiteleri belirlenir,

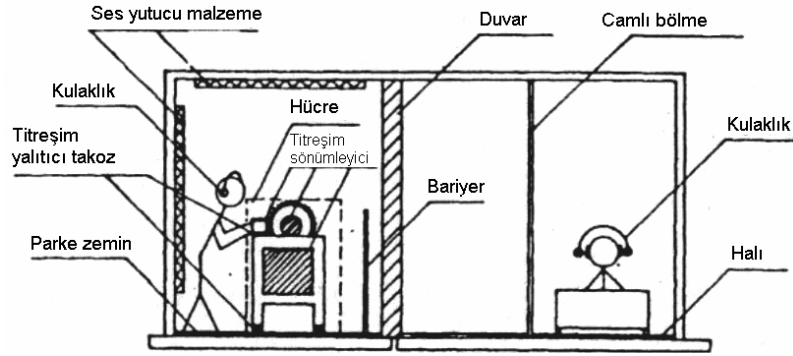
- Ses azaltma değeri yüksek olan koruyucudan (NRR_i) 7dB çıkartılır ve gerekirse 50% güvenlik faktörü uygulanır,

- Bir önceki aşamada hesaplanan değere, ikinci işitme koruyucunun hesaba katılması için 5 dB eklenir,

- Çıkan sonuç, aşağıdaki gibi TWA düzeyinden çıkartılır:

$$\text{Tahmini maruziyet (dBA)} = \text{TWA (dBA)} - [(NRR_i-7) \times 0.50] + 5 \dots \dots \dots (3.15)$$

Gürültünün mühendislik uygulamalarıyla kontrol yöntemlerinin üçünün de ne şekilde uygulanabileceği, Şekil 3.25’de gösterilmiştir.



Şekil 3.25 Gürültü kontrol yöntemlerinin uygulanması [3]

Yukarıda alınan önlemler birer mühendislik uygulamasıdır ve bu önlemlerinin tümünün birden uygulanmasının gereksizliği açıktır. Bu seçeneklerden hangisinin uygulanması gerektiğine, genellikle ekonomik olma durumuna göre karar verilmektedir [3].

3.4.4.2. Gürültünün yönetsel önlemlerle kontrolü

Gürültünün yönetsel önlemlerle kontrolü, mühendislik uygulamalarına geçmeden önce yapılan bir nevi tedbir çalışmaları ve değerlendirmeleridir. Yönetsel açıdan alınabilecek önlemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- 1) Fabrika binalarının ve atölyedeki gürültü kaynaklarının konumlarının yeniden düzenlenmesi,
- 2) İşçilerin çalışma alanlarının ve çalışma konumlarının yeniden düzenlenmesi,
- 3) Geçici işçi çalıştırılması,
- 4) Gürültülü makinaların çalışma sürelerinin düzenlenmesi,
- 5) Tıbbi muayeneler [8],
- 6) Çalışanlara, sürekli yüksek gürültüye maruz kalmanın zararlı etkileri hakkında bilgi verilmesi.

3.4.4.3. Gürültünün yasal önlemlerle kontrolü

Gürültü kontrolü ile ilgili olarak, her ülkenin, eyaletin veya bölgenin uymakla mükellef olduğu standartlar vardır. Daha önceki bölümlerde, Türkiye'deki, Avrupa Birliği Ülkeleri'ndeki ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki standartlar ve yönetmelikler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu standartlarda, işçilerin gürültüye maruz kalmaları sonucu, kendilerinde oluşabilecek sağlık ve güvenlik yönünden riskler, gürültüye maruz kalma limitleri, özellikle işitme ile ilgili risklerden korunmaları için alınması gereken önlemler vb. konular düzenlenmiştir.

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

Tekstil işletmelerinde gürültü değerlendirmeleri yapılabilmesi amacıyla, tekstil sektöründe faaliyet gösteren ve Kütahya Organize Sanayi Bölgesinde bulunan üç dokuma fabrikası materyal olarak seçilmiştir. Bu fabrikalar, Akdemir Tekstil Tic. Ltd. Şti., Saraçoğlu Tekstil San. Tic. Ltd Şti., Erefe Dokuma ve Kumaşçılık'dır. Yerleşim bakımından birbirine benzer özelliklere sahip olan bu fabrikalar, tezgah sayıları bakımından birbirlerine göre bazı farklılıklara sahiptir. Bu fabrikalara ilişkin tanımlayıcı bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

Akdemir Tekstil Tic. Ltd. Şti; 1996 yılında kurulan firma, 30000 metre kare açık, 5000 metre kare kapalı alanda, her türlü dokuma imalatı yapmaktadır. Ölçümlerin yapıldığı dokuma atölyesinde;

10 adet Somet (390 cm en) marka dokuma tezgahı,

6 adet Nouvo Pignone (190 cm) en marka dokuma tezgahı,

1 adet Kalite kontrol tezgahı mevcuttur.

Saraçoğlu Tekstil San. Tic. Ltd Şti.; 1996 yılında kurulan firma, 11000 metre kare açık, 4000 metre kare kapalı alanda, her türlü dokuma imalatı yapmaktadır. Ölçümlerin yapıldığı dokuma atölyesinde;

4 Adet Somet (360 cm en) marka dokuma tezgahı,

13 adet Somet (190 cm en) marka dokuma tezgahı,

4 Adet Pignone (190 cm en) marka dokuma tezgahı,

1 adet Kalite kontrol tezgahı mevcuttur.

Erefe Dokuma ve Kumaşçılık; 2000 yılında kurulan firma, 6927 metre kare açık, 4214 metre kare kapalı alanda, her türlü dokuma imalatı yapmaktadır. Ölçümlerin yapıldığı dokuma atölyesinde;

10 Adet Somet (360 cm en) marka dokuma tezgahı,

6 adet Picanol (190 cm en) marka dokuma tezgahı,

1 adet kalite kontrol tezgahı mevcuttur.

Atölyelerde; gabardin, lycra'lı kumaş, polestel kumaş, döşemelik, perdelik, masa örtüsü, yatak örtüsü dokuma işlemleri yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, Akdemir ve Saraçoğlu Tekstil'e ait olan konfeksiyon atölyesi mevcut olup, burada iş elbiseleri dikimi yapılmaktadır.

Fabrikalar, gerek yurtiçinden, gerekse yurtdışından gelen talepler doğrultusunda, siparişe dayalı üretim yapmaktadır. Ayrıca, ülkemizde tanınmış tekstil firmalarından Taç'ın hammadde ihtiyacını da karşılamaktadırlar.

Fabrikalarda, mevcut olan tezgahlar, dakikadaki ortalama devir sayıları ve 20 sıklıktaki ortalama üretim kapasiteleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Dokuma tezgahları ve üretim kapasiteleri

Dokuma tezgahı	Devir sayısı (devir/dk)	Üretim kapasitesi (m/gün)
Somet (190 cm en)	550	422.39
Somet (360 cm en)	380	218.88
Pignone (190 cm en)	550	422.39
Picanol (190 cm en)	350	252.00

Fabrikalar, stratejik olarak iş birliği içerisinde çalışmaktadırlar ve kapasitelerinin siparişleri karşılayamadığı durumlarda birbirlerinden yardım almaktadırlar. Genel olarak, fabrikalardaki üretim akışından ve dokuma prensibinden bahsetmeden önce, dokuma ile ilgili temel bilgilerin bilinmesinde yarar vardır. Bunun için aşağıdaki tanımlamalar yapılmıştır.

Dokuma; atkı ve çözgü adı verilen iki dizi ipliğin birbirleriyle dik yönde kesişmesi ve bağlantılar kurarak bir yüzey oluşturmalarıyla meydana gelir.

Atkı; dokumacılıkta enine olan iplikler, çözgü ise dokumacılıkta boyuna (uzunlamasına) olan ipliklerdir.

Haşıl; tek katlı veya mukavemeti az çözgü ipliklerine mukavemet kazandırmak amacıyla yapılan kimyasal işlemdir [79].

Tarak; kumaş sıklığını belirler ve atkı ipini kumaşa dahil eder. Tarağı hareket ettiren kısım ise tefedir.

Lamel; dokuma tezgahlarında, çözgü ipliklerinin kopma kontrolünü yapar.

Gücü teli, gücü çerçevesinin en önemli elemanıdır ve iki ucundaki çengeli ile gücü askısına takılan ve ortasında çözgü ipliğinin geçirilmesi için oval gözü olan teldir.

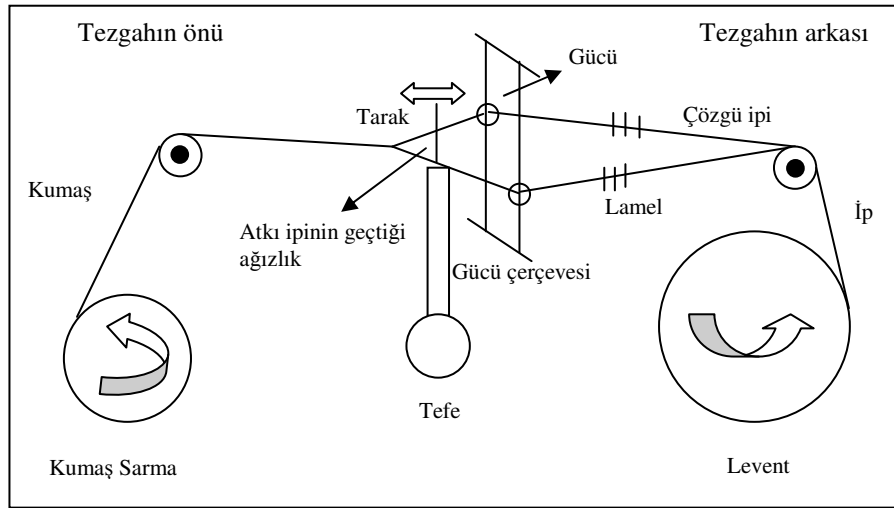
Dokuma fabrikalarındaki üretim akışı, Şekil 4.1’de belirtildiği gibidir.



Şekil 4.1 Dokuma fabrikalarının üretim akışı

Kumaş oluşturabilmek için, herhangi bir dokuma tezgahında beş temel dokuma işlemi vardır. Şekil 4.2’den de görüleceği gibi, çözgüler çözgü levendine sarılı iplikler tabakası olarak tezgaha verilir, bu işleme çözgü salma denir. Bu işlemin ardından, çözgü iplikleri gücü

çerçevesi üzerindeki değişik sıralarda düzenlenmiş gücü gözlerden geçirilir. Gücü çerçevesi belirli bir dokuma desenine göre alçalır veya yükselir, böylece çözgü iplikleri de çerçeveye birlikte alçalır veya yükselir ve ağızlık denilen üçgen biçimli tünel oluşur. Bu işleme ise ağızlık açma adı verilir. Daha sonra çözgü iplikleri dokuma sırasında salınım hareketi yapan tefeye rijit olarak bağlanmış tarağın telleri arasından geçirilir. Tefe tezgahın enerjisi ile aynıyken oluşan ağızlıktan atkı ipliğinin geçirilmesi işlemi atkı atma işlemidir. Tefe, tezgahın en önüne geldiği zaman atılmış atkıyı çözgü tabakaları arasındaki kumaş çizgisine iter. Böylece dokunmuş kumaş oluşur, bu işleme tefe vurma denir. Elde edilen dokunmuş kumaş başka levende sarılır ve bu işleme kumaş sarma denir [80].



Şekil 4.2 Dokuma tezgahı kesiti

Ölçümlerin yapıldığı fabrikalardaki tüm dokuma tezgahları atkı atma sistemine göre, kancalı dokuma tezgahıdır. Kancalı tezgahlarda atkı atma kanca ismi verilen atkı taşıyıcı çubuklarla gerçekleştirilir. Atkı tezgahın dışındaki harici bir bobinden sağlanır.

Fabrikalarda referans bir x-y koordinat sistemi üzerindeki ölçüm noktaları ve tezgah yerleşimleri Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5’de gösterilmiştir. Ölçüm noktaları seçiminde, fabrikalardaki tezgah yerleşimlerinin birbirleriyle benzer özelliklere sahip olması ve alan bakımından da çok büyük farklılıklar olmamasından dolayı alanlar aynı büyüklükteki gridlere bölünmüş (2 × 4.5 m’lik) ve her bir noktada ölçümler yapılmıştır.

GS: Geniş Somet

S: Somet

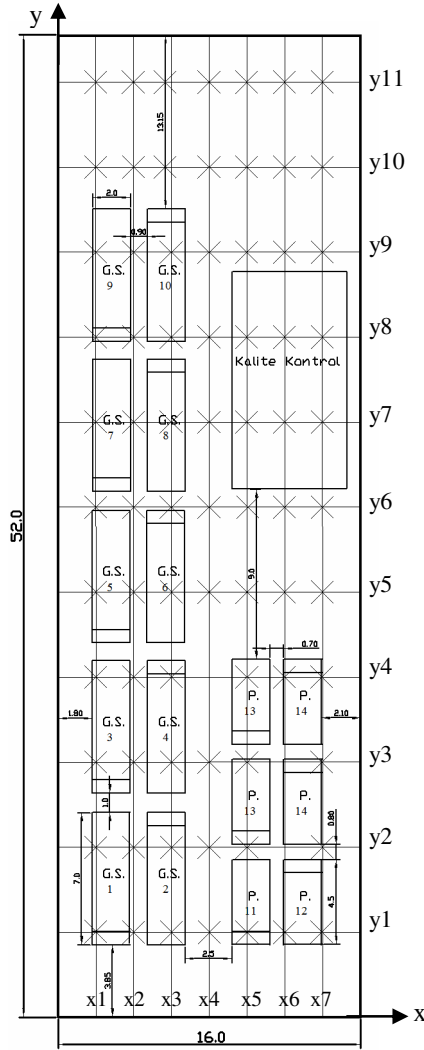
P: Pignone

Pi: Picanol

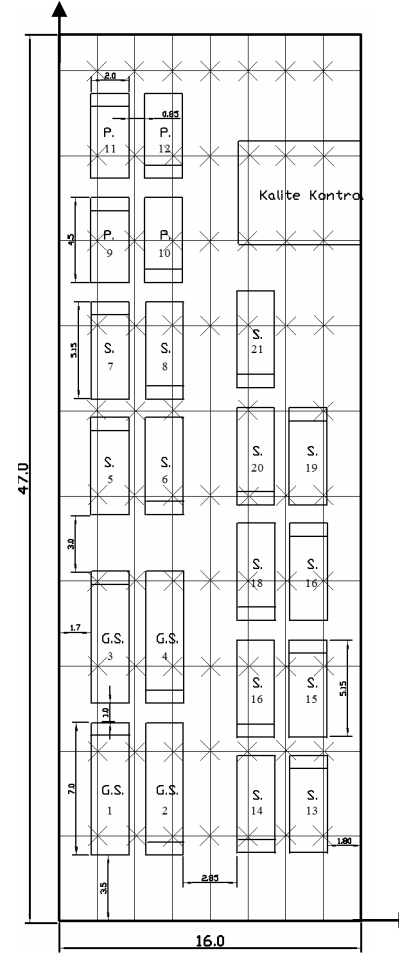
X: Ölçüm noktaları

Boyutlar: metre cinsindedir

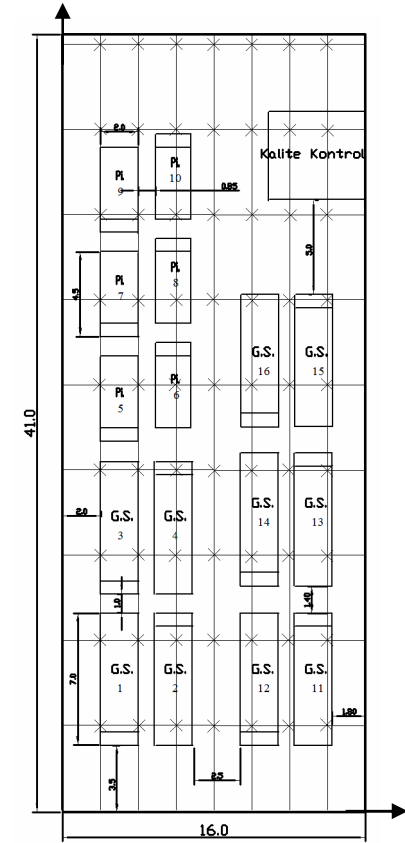
Ölçek: 1/400



Şekil 4.3 Akdemir Tekstil ölçüm noktaları



Şekil 4.4 Saraçoğlu Tekstil ölçüm noktaları



Şekil 4.5 Erefe Tekstil ölçüm noktaları

Ölçümlerde, tezgahların üzerine gelen noktalarda, dokumacının ulaşabildiği maksimum noktada ölçümler yapılmıştır. Burada, amaç tezgahlardan yayılan gücün saptanmasından çok çalışanların çalıştığı alanlardaki gürültü düzeylerinin saptanması olduğundan, ölçümlerde noktasal ölçüm kurallarında bahsedilen yakın alan, uzak alan vb. etkiler dikkate alınmamıştır.

Ayrıca, dokumacı işçilerin bir iş gününde çalışma süreleri boyunca maruz kaldıkları ortalama gürültülü düzeylerinin belirlenmesi amacıyla da her bir fabrikadan rassal olarak seçilen beşer adet dokumacıdan yararlanılmıştır.

4.2. Metot

Fabrikalardaki ölçümlerden önce, çalışanların genel özelliklerini, gürültü hakkındaki yakınmalarını ölçmek için Ek.1' de gösterilen anket formunda yer alan sorular, dokuma atölyelerinde çalışan işçilere yüz yüze görüşme yöntemiyle sorulmuştur. Anket; işçilerin yaş, cins, çalışma süreleri, gürültünün kendi işitme ve diğer sistemleri üzerindeki etkilerini içeren sorular içermektedir. Anketlere ilişkin veriler, MS Office Excel Paket Programı yardımıyla analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Anketin uygulanmasından sonra, fabrikalardaki belirlenen ölçüm noktalarında gürültü ölçümleri, Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan IEC 651, IEC 60651 ve IEC 1672 standartlarına uygun özellikteki, 2. Tip olan Rion NL-21 marka entegre ses seviyesi ölçeri ile yapılmıştır. Ölçüm cihazı, A ağırlığında; 28-138dB arasında ölçüm yapabilmekte ve 1/2-inç çapında mikrofona sahiptir.

Ölçümler, iş yerinin çalışma koşullarında iş akışını etkilemeyecek şekilde yapılmıştır. Ölçüm verisi olarak, L_{eq} , L_{max} , L_{min} , L_n (yüzde değerler, L05, L50, L90) değerleri alınmış ve ölçüm süresi olarak da, her bir noktada L_{eq} düzeyinin cihazda sabitlendiği süre kadar (30-60 sn) alınmıştır. Her bir noktadaki ölçümler, TS EN ISO 11201 ve TS 2607 ISO 1999 standartlarına uygun olarak süre-ölçme özelliği hızlı olacak şekilde, zeminden 1.55 m \pm 0.075m yükseklikte tutulmuş, ölçümlerin güvenilirliği açısından da her bir fabrikada üç farklı günde ölçüm yapılmıştır.

Dokumacı işçilerdeki kişisel gürültü maruziyetlerinin tespit edilmesi amacıyla, ANSI S1.25-1991 standardına uygun, 70-140dBA aralığında ölçüm yapabilen 2.Tip olan Tes 1355 marka doz metre kullanılmıştır. Bu cihaz, DPÜ. Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Ergonomi Laboratuvarında bulunmaktadır. Ölçüm sonuçlarının OSHA standartlarıyla

karşılaştırılabilmesi amacıyla da, katlama faktörü 5 dB ve eşik düzeyi 85 dBA seçilmiştir. Ölçüm cihazının kararlılığı 0.1 dB, mikrofon çapı 1/2-inç ve ağırlığı 350 g'dır.

Kişisel gürültü maruziyeti ölçümleri de, iş yerinin çalışma koşullarında iş akışını etkilemeyecek şekilde yapılmıştır. Cihaz, dokumacı işçilerin kemerine, mikrofon ise yakasına uygun şekilde takılmış ve 8 saat boyunca üstlerinde taşınmıştır. Dokumacıların, bu 8 saat süre içerisinde yaptığı işler genel olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Kullanılacak malzemeyi temin etmek,
- Kullanılacak aletleri hazırlamak,
- Dokuma tezgahına atkı bobinini yerleştirmek,
- Dokuma tezgahına levent yerleştirmek,
- Atkı/çözgü ve diğer duruşlarda tezgahı çalıştırma önceliğini belirlemek,
- Atkı/çözgü kopuğunu almak,
- Üretim esnasında tezgahlara ilişkin ufak aksaklıkları gidermek,
- Kumaş kalitesini kontrol etmek.

Dokuma atölyelerinde bu sıralanan işlerin yapımı sırasında yakaya bağlı mikrofon sayesinde cihazdan okunan % doz değerleri kaydedilmiş ve bu yüzde değerlerin TWA (zaman ağırlıklı ortalama, dBA) değerine dönüştürülebilmesi için de, eşitlik 3.11'den yararlanılmıştır.

Ölçümler öncesinde, ses düzeyi ölçer ve doz metre, 1000 Hz'de 94dB ve 114dB sinyal veren Extech marka, 407776 tip kodlu kalibratör ile kalibre edilmiştir. Kalibratörün, frekans için doğruluğu %5 ve düzey için ise ± 0.8 dB'dir. Ortamdaki sıcaklık ve nem, ölçüm cihazlarının doğru olarak ölçüm yapabileceği değerler arasındadır. Söz konusu kalibratör, DPÜ Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Ergonomi Laboratuvarı'ndan sağlanmıştır.

SLM ile x-y koordinatlarında yapılan ölçümlere bağlı olarak, gürültü haritaları (eş değer yükseklik eğrileri) oluşturulabilmesi için, Surfer paket programı kullanılmıştır. Verilerin, gerçek deneysel veriler olması ve ölçüm noktası sayısının fazlalığı, elde edilen eş değer yükseklik eğrilerinin gerçeği daha fazla yansıtmasını sağlamıştır. Program; x,y,z olarak girilen verilerden, enterpolasyon yardımıyla, ölçülmeyen noktalardaki ölçü büyüklüklerinin kestirimini yapar. Programda, çeşitli enterpolasyon yöntemleri mevcut olup, bu çalışmada, "Kriging Metoduyla Enterpolasyon" seçilmiştir. Bu metot oldukça esnek metotlardan biridir ve neredeyse veri setlerinin her birinin gridlenmesi için kullanışlıdır. Uygulamalarda, en çok kullanılması tavsiye edilen bir metottur ve çoğu veri setlerinin en iyi enterpolasyonunu üretir [82].

Ölçümler sonucu elde edilen gürültü düzeylerine ilişkin veriler istatistiksel analiz programı SPSS vasıtasıyla değerlendirilmiştir.

Ölçümler esnasında karşılan bir takım güçlükler aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Gürültü düzeyindeki geçici değişiklikler; ölçüm noktalarındaki gerçek gürültü düzeylerinde, atkı veya çözümlerindeki sürekli kopmaya bağlı olarak, tezgahların otomatikman durması sonucu gürültü düzeyinde geçici düşüş olmuştur. Gerçek değerlerin ölçülebilmesi için de dokumacılar tarafından atkı veya çözümlerinin alınması ve yeniden tezgahın çalışması beklenmiştir. Ölçüm yapılan noktaya yakın tezgahlardaki sık sık geçici duruşlar, toplam ölçüm sürelerinin uzamasına neden olmuştur.

- Ölçüm noktası sayısının yüksek olması; daha güvenilir ölçüm sonuçlarının sağlanması için seçilen nokta sayısının yüksek oluşu, ölçüm sürelerinin de uzun sürmesine neden olmuştur.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Çalışanlar İle İlgili Bulgular

Fabrikalardaki dokuma atölyelerinde çalışan dokumacıların yaş gruplarına göre dağılımı Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Dokuma işçilerinin yaş dağılımları (01.12.2005 tarihinde)

Fabrika Adı	Yaş Grupları	N	Yüzde (%)
Akdemir	18-23	2	11.76
	24-29	9	52.94
	30-35	2	11.76
	36-41	4	23.53
	Toplam	17	100.00
Saraçoğlu	18-23	3	18.75
	24-29	7	43.75
	30-35	3	18.75
	36-41	3	18.75
	Toplam	16	100.00
Erefe	18-23	7	43.75
	24-29	4	25.00
	30-35	3	18.75
	36-41	2	12.5
	Toplam	16	100.00
GENEL	18-23	12	24.49
	24-29	20	40.82
	30-35	8	16.33
	36-41	9	19.37
	TOPLAM	49	100

Akdemir Tekstil’de çalışan dokumacıların çoğunluğunu %52.94 ile 24-29 yaşındaki kişiler oluşturmakta, Saraçoğlu Tekstil’de de yine çoğunluğu %43.75 ile 24-29 yaş grubu oluşturmaktadır. Erefe Dokuma’da ise, çoğunluk 18-23 yaş grubuna aittir. Çizelgede de görüldüğü gibi, üç fabrikanın yaş grupları toplamında, genç çalışanların yoğunluğu göze çarpmaktadır.

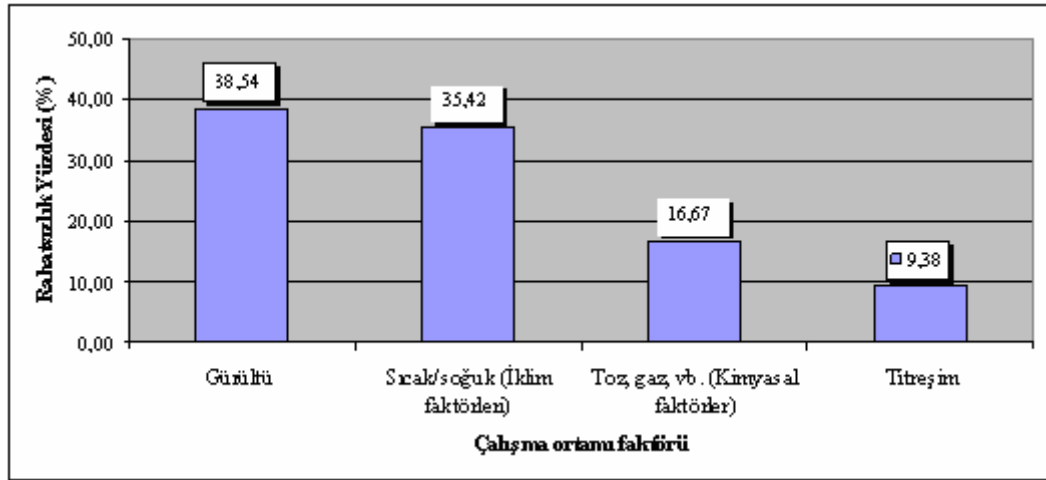
İncelenen fabrikalardaki, dokumacı personelin bu işyerlerindeki çalışma sürelerine (deneyimlerine) göre dağılımı Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 Dokuma işçilerinin çalışma süreleri (01.12.2005 tarihinde)

Fabrika Adı	Çalışma süresi	N	Yüzde (%)
Akdemir	1 yıldan az	3	17.65
	1-2 yıl	7	41.18
	2-3 yıl	5	29.41
	3-4 yıl	1	5.88
	5-6 yıl	1	5.88
	Toplam	17	100
Saraçoğlu	1 yıldan az	9	56.25
	1-2 yıl	2	12.5
	2-3 yıl	3	18.75
	3-4 yıl	2	12.5
	Toplam	16	100.00
Erefe	1 yıldan az	2	12.5
	1-2 yıl	2	12.5
	2-3 yıl	4	25
	3-4 yıl	3	18.75
	4-5 yıl	5	31.25
	Toplam	16	100.00
GENEL	1 yıldan az	14	28,57
	1-2 yıl	11	22,45
	2-3 yıl	12	24,49
	3-4 yıl	6	12,24
	4-5 yıl	5	10,20
	5-6 yıl	1	2,04
	Toplam	49	100.00

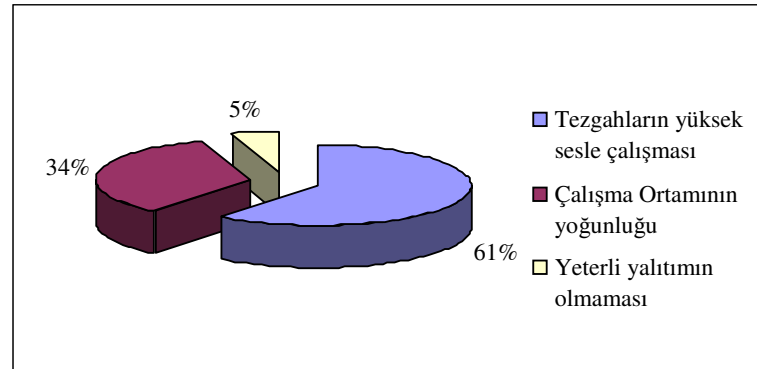
Mesleki çevre koşullarına maruz kalma süreleri bakımından, Akdemir Tekstil’de en uzun süreli çalışan personel 5.5 yıl süre ile sadece bir kişidir. Saraçoğlu ve Erefe Tekstilde ise, 5 yılın üzerinde çalışan dokuma işçisi bulunmamaktadır. Fabrikaların genelinde de, dokuma işçisi olarak çalışanların yaklaşık %51’lik bölümünü 2 yıldan daha az çalışanlar oluşturmaktadır.

Dokuma işçileri üzerinde yapılan anket sonuçlarına bağlı olarak, incelenen tekstil fabrikalarındaki dokuma atölyelerinde, ergonomik açıdan en çok karşılaşılan çalışma ortamı faktörleri Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Buna göre, çalışanların tümü (%100), gürültüden rahatsız olduğunu bildirmiş ve gürültünün diğer çalışma ortamı faktörleri içindeki yeri ise, toplamda %38.54 ile ilk sıradadır (Çalışanlar, birden fazla seçenek işaretleyebilmişlerdir).



Şekil 5.1 Gürültünün diğer çalışma ortamı faktörleri arasındaki yeri

Dokuma işçileri, çalışma ortamlarındaki gürültü düzeylerinin yüksek olmasını Şekil 5.2'den görüldüğü üzere, toplamda %61 ile dokuma tezgahlarının yüksek sesle çalışmasına bağlamaktadırlar.



Şekil 5.2 Çalışanlara göre ortamdaki gürültü sebeplerinin dağılımı

Genel olarak, dokuma işçilerinin gürültüye bağlı yakınmalarının yüzdeleri Çizelge 5.3'de gösterilmiştir. Anket sonuçlarına göre; dokuma işçilerinde gürültüye bağlı en büyük yakınmanın karşılıklı konuşmalarda zorluk olduğu ve bunu sırasıyla baş ağrıları, güçsüzlüğün-yorgunluğun takip ettiği görülmektedir (Çalışanlara birden fazla cevap verebilme izni verilmiştir).

Çizelge 5.3 Dokuma işçilerinin gürültüyle ilgili yakınmalarının yüzdelik payları

Yakınmalar	Yüzde (%)
Karşılıklı konuşmalarda zorluk	19.83
Baş ağrısı	19.01
Güçsüzlük, yorgunluk	18.18
Sinirlilik	12.40
Kulak çınlaması	7.44
Dikkatsizlik	7.44
Uyku bozukluğu	6.61
Ateş basması, terleme	5.79
Diğer (göğüs sıkışması, hareketlerde yavaşlama, baş dönmesi)	3.31

Ayrıca, gürültüye karşı kulak koruyucu kullanımı oranının anket sonuçlarına göre % 32 ve kulak koruyucusu kullananlar içerisinde koruyucunun gürültüyü kesmede yeterli olduğuna inananların oranı ise % 81.82'dir. Kulak koruyucu kullanmayan % 68 oranındaki işçiler, kullanmama sebeplerini Çizelge 5.4'deki nedenlere bağlamaktadırlar.

Çizelge 5.4 Kulak koruyucu kullanmayan işçilerin kullanmama nedenleri

Kulak koruyucu kullanılmama nedenleri	Yüzde (%)
Rahatsızlık yaratması	67.74
Ortamdaki uyarıcıları duymaya engel olması	29.03
Koruyucuların olmaması	3.23

Çizelge 5.4'de de görüldüğü gibi, dokuma işçileri, koruyucu kullanmama nedenleri arasından en çok rahatsızlık yaratması seçeneğini işaretlemişlerdir ve bu oran %67.74'dür. Bu rahatsızlıkları da sözlü olarak, kulaklıkların sıkması, bol gelmesi, çalışmayı engellemesi, kulağa basınç yapması vb. olarak belirtmişlerdir.

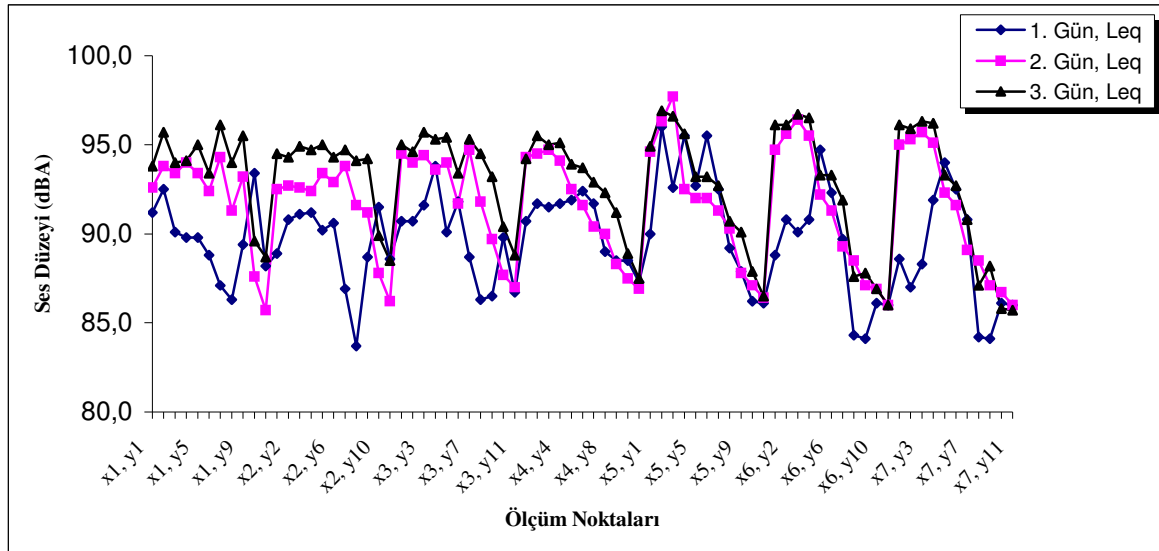
5.2. İş Yerleri Çalışma Koşulları ile İlgili Bulgular ve Tartışma

Çalışmada, ses düzeyi ölçer ve doz seviyesi ölçerlerle yapılan ölçümlerden elde edilen A ağırlıklı eşdeğer ses düzeyi değerleri (L_{eq}), yüzde gürültü değerleri (L_n) ve gürültü maruziyet

düzeyleri (TWA ve % doz) , her bir fabrika için ayrı başlıklar altında çizelge ve şekiller halinde sunulmuştur.

5.2.1. Akdemir Tekstil'e ait bulgular ve tartışma

Akdemir tekstilde, dokuma atölyesinde belirlenen noktalarda yapılan ölçümlerde, gürültü düzeylerinin, L_p , 81.4 dBA ile 100.7 dBA arasında değiştiği ve değişim aralığının da 19.3 dBA olduğu gözlenmiştir. Akdemir Tekstil'e ait ölçümlerin tümü Ek 2'de verilmiştir. Farklı günlerde yapılan ölçümlerden okunan eş değer ses düzeyi değerlerinin, noktalara göre değişimi Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Eşdeğer ses düzeylerinin ölçüm noktalarına ve ölçüm zamanlarına göre değişimi

Şekil 5.3.'de görüldüğü gibi, dokuma tezgahların yoğun olduğu bölgelerde L_{eq} değerleri yükselmiş, tezgahların uzak noktalarda ise düşmüştür. Çizelgede ayrıca, çoğu noktada L_{eq} değerlerinin birbirine yakın ve hatta çakıştığı görülmektedir. Ancak, eşdeğer ses düzeylerine göre, ölçüm zamanları arasında istatistiksel açıdan fark olup olmadığının analizi amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda, ses düzeylerinin ölçüm zamanlarına göre önemli farklılık gösterdiği görülmüştür ($F_{2, 212} = 57.737, P < 0.01^{**}$). Bu farklılığın oluşmasında, üründe değişiklik olmasa dahi, tezgahların devir sayılarındaki değişimler, ölçüm noktasına uzak dahi olsa tezgahlardan herhangi birinin çalışmıyor olması vb. faktörler etkili olmuştur. Ortalamaların karşılaştırılması amacıyla yapılan Duncan Testi neticesinde, farklı günlerde yapılan üç ölçümün de eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının %5 önem düzeyinde farklı gruplar oluşturduğu

gözlenmiştir. İstatistiksel analizlerde, ses düzeylerine göre L_{eq} değerlerinin bağımsız olduğu ve normal dağılıma uyduğu kabul edilmiştir.

Eşdeğer ses düzeyleri, %5 önem düzeyinde x koordinatlarına göre de farklılık göstermektedir. Duncan testine göre (Çizelge 5.5), x_7 ve x_6 koordinatlarında ölçülen L_{eq} ortalamaları birbirinden farksız ve I. alt grubu oluşturmakta, x_2 , x_4 ve x_6 koordinatları birbirinden farksız ve II. Alt grubu oluşturmakta, x_1 , x_2 , x_3 , x_4 ve x_5 koordinatları birbirinden farksız ve III. alt grubu oluşturmaktadır.

Ölçüm yapılan y koordinatındaki noktalar arasında da %1 önem seviyesinde, L_{eq} ortalamaları arasında Çizelge 5.6'dan görüldüğü gibi önemli farklılıklar vardır.

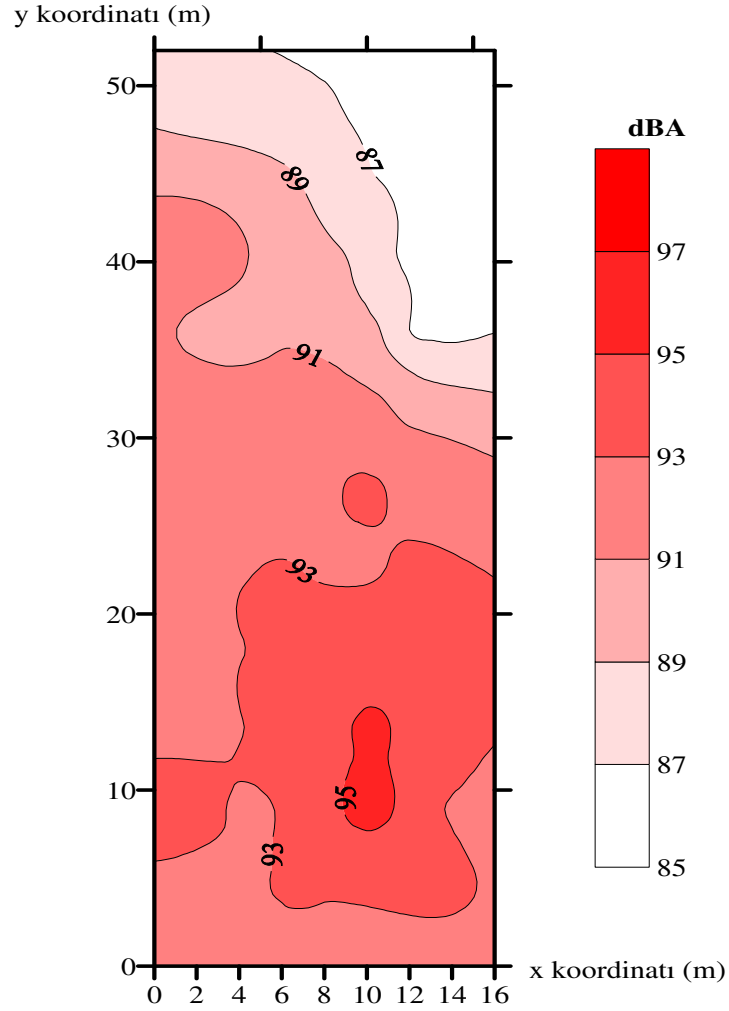
Çizelge 5.5 X-koordinatındaki ölçüm noktalarının eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması

Duncan ^{a,b}		Eşdeğer ses düzeyleri ($L_{eq,A}$)		
X noktaları	N	Grup		
		1	2	3
x7	33	90.4242		
x6	33	90.7091	90.7091	
x2	33		91.4667	91.4667
x4	33		91.5121	91.5121
x1	33			91.7636
x5	33			91.8333
x3	33			91.8606

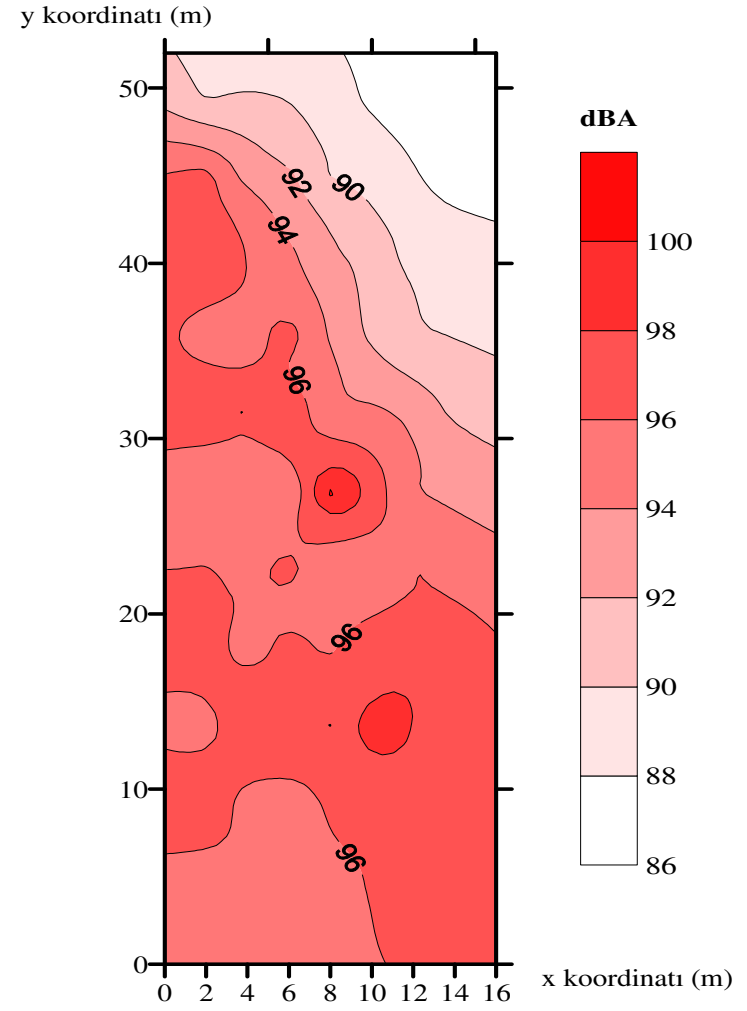
Çizelge 5.6 Y-koordinatındaki ölçüm noktalarının eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması

Duncan ^{a,b}		Eşdeğer ses düzeyleri ($L_{eq,A}$)				
Y noktaları	N	Grup				
		1	2	3	4	5
y11	21	86.8952				
y10	21		88.2048			
y9	21		89.2286			
y8	21		89.3000			
y7	21			91.6524		
y6	21			92.4476	92.4476	
y1	21				92.9381	92.9381
y5	21				92.9667	92.9667
y4	21					93.7810
y3	21					93.7810
y2	21					93.8429

Akdemir Tekstil’de, dokuma atölyesindeki gürültünün tüm alandaki dağılımının görülebilmesi, riskli bölgelerin açıkça belirlenebilmesi amacıyla, farklı günlerde ölçülen L_{eq} değerlerinin istatistiksel ortalaması ve noktadaki maksimum değerlerin alınmasıyla “Surfer” paket programında yapılan iki gürültü haritası Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’de gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Akdemir Tekstil eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) haritası

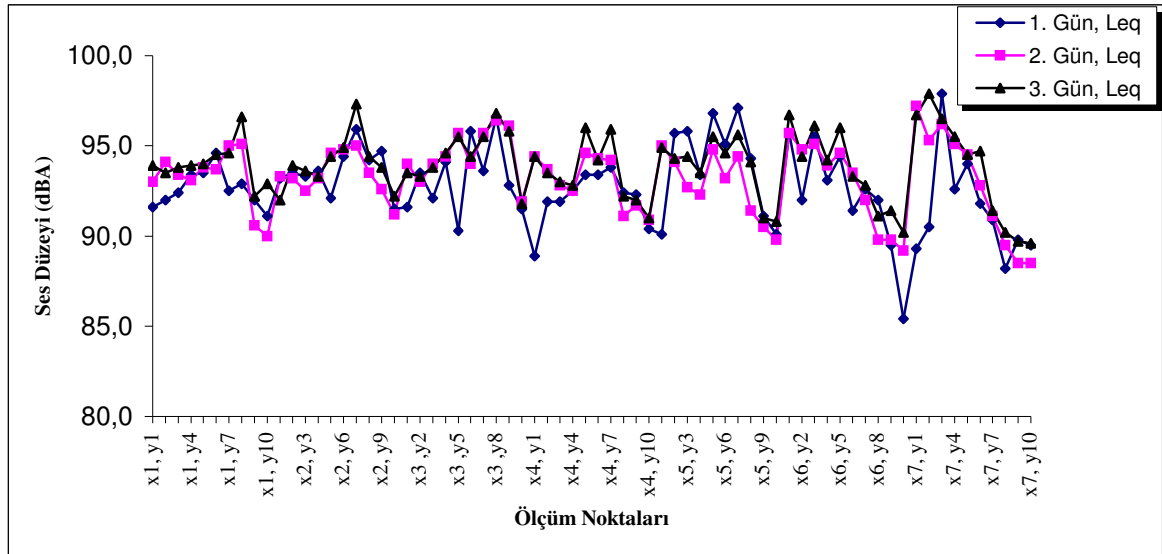


Şekil 5.5 Akdemir Tekstil maksimum düzeyler (L_{max}) haritası

Şekil 5.4 ve 5.5’de verilmiş olan gürültü haritaları incelendiğinde, dokuma tezgahlarının yoğun olduğu bölgeler daha koyu yani daha gürültülü, tezgahların olmadığı bölgelerde ise koyuluk giderek azalmaktadır. Yani, ses düzeyleri daha düşüktür. Dokuma tezgahlarının olduğu bölgelerde de, L_{eq} haritasından, Pignone (190 En) marka tezgahların bulunduğu alanda, daha çok gürültü olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, işçilerin yoğun olarak bulunduğu bölgelerde gürültü düzeyi 90 dBA’nın üzerindedir.

5.2.2. Saraçoğlu Tekstil’e ait bulgular ve tartışma

Saraçoğlu tekstilde, dokuma atölyesinde belirlenen noktalarda yapılan ölçümlerde gürültü düzeylerinin, L_p , 84.6 dBA ile 99.3 dBA arasında değiştiği ve değişim aralığının da 14.7 dBA olduğu gözlenmiştir. Akdemir Tekstil’e ait ölçümlerin tümü Ek 3’de verilmiştir. Farklı günlerde yapılan ölçümlerden okunan eş değer ses düzeyi değerlerinin, ölçüm noktalarına göre değişimi Şekil 5.6’da gösterilmiştir.



Şekil 5.6 Eşdeğer ses düzeylerinin ölçüm noktalarına ve ölçüm zamanlarına göre değişimi

Eşdeğer ses düzeylerine göre, ölçüm zamanları arasında, istatistiksel açıdan fark olup olmadığının analizi amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda, gürültü düzeylerinin ölçüm zamanlarına göre önemli farklılık gösterdiği görülmüştür ($F_{2,192}=8.126$, $P<0.01^{**}$). Burada da Akdemir Tekstilde olduğu gibi, üründe değişiklik olmasa dahi, tezgahların devir sayılarındaki değişimler, ölçüm noktasına uzak dahi olsa, tezgahlardan herhangi birinin çalışmıyor olması vb. faktörler etkili olmuştur. Ortalamaların karşılaştırılması amacıyla yapılan Duncan Testi

neticesinde, birinci ve ikinci günde yapılan ölçümler bir grup oluştururken, üçüncü günde yapılan ölçümler de ikinci alt grubu oluşturmaktadır.

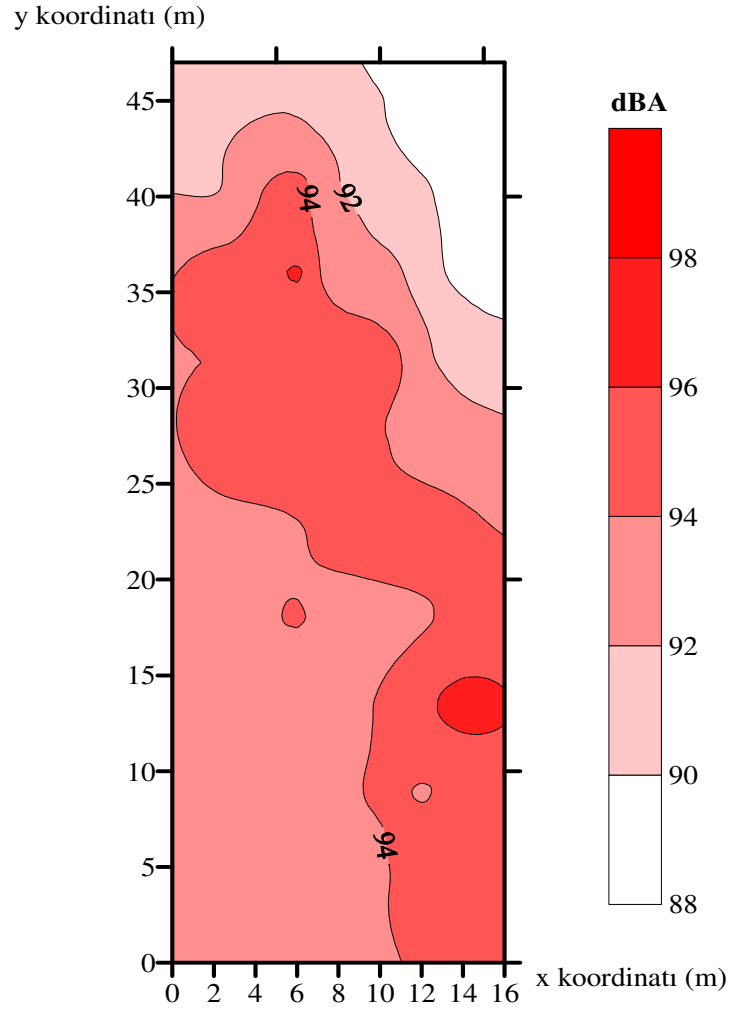
Eşdeğer ses düzeyleri, %5 önem düzeyinde, x koordinatlarına göre de, farklılık göstermektedir. Duncan testine göre Çizelge 5.7’de görüldüğü gibi, üç farklı alt grup oluşmaktadır. Ölçüm yapılan y koordinatı üzerindeki noktalar arasında da, %0.1 önem seviyesinde, eşdeğer ses düzeyleri arasında önemli farklılıklar vardır. Y-koordinatındaki L_{eq} düzeylerinin ortalamalarının karşılaştırılması ve oluşan alt gruplar Çizelge 5.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7 X-koordinatındaki ölçüm noktalarının, eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması

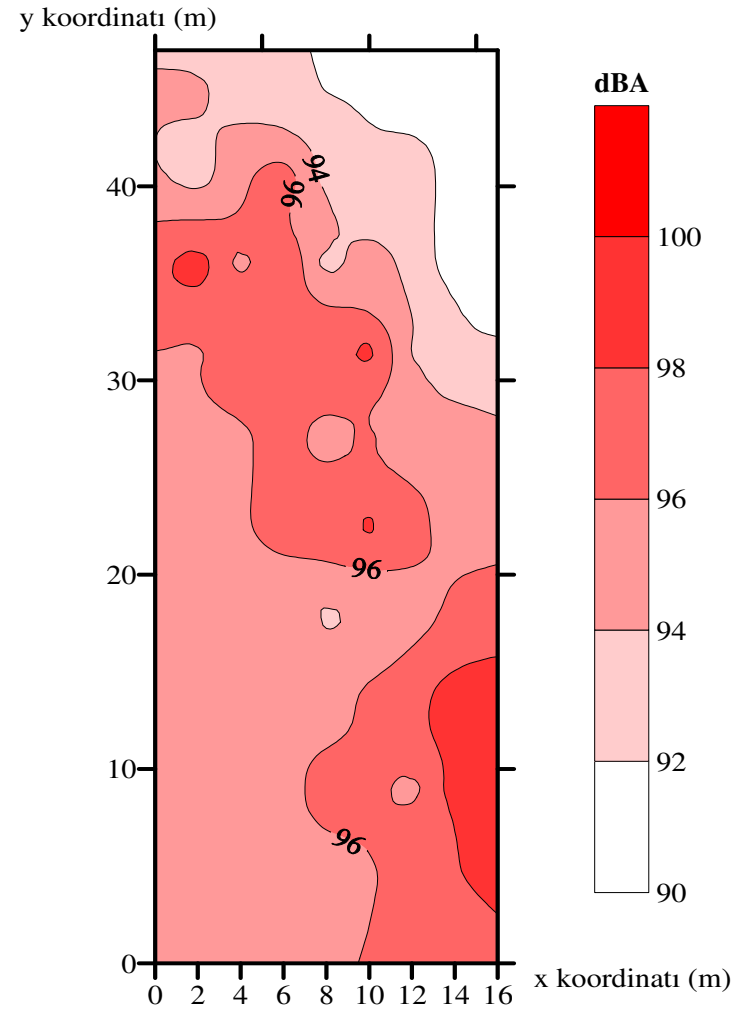
Duncan ^{a,b}		Eşdeğer ses düzeyleri ($L_{eq,A}$)		
X noktaları	N	Grup		
		1	2	3
x7	30	92.6300		
x4	30	92.8900	92.8900	
x6	30	92.9467	92.9467	
x1	30	93.2567	93.2567	93.2567
x5	30	93.5167	93.5167	93.5167
x2	30		93.6700	93.6700
x3	30			94.0700

Çizelge 5.8 Y-koordinatındaki ölçüm noktalarının, eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması

Duncan ^{a,b}		Eşdeğer ses düzeyleri ($L_{eq,A}$)			
Y noktaları	N	Grup			
		1	2	3	4
y10	21	90.4095			
y9	21		91.8048		
y8	21			92.9905	
y4	21			93.5476	93.5476
y1	21			93.5667	93.5667
y2	21			93.7190	93.7190
y6	21			93.9714	93.9714
y7	21			94.1381	94.1381
y3	21				94.2000
y5	21				94.4810



Şekil 5.7 Saraçoğlu Tekstil eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) haritası

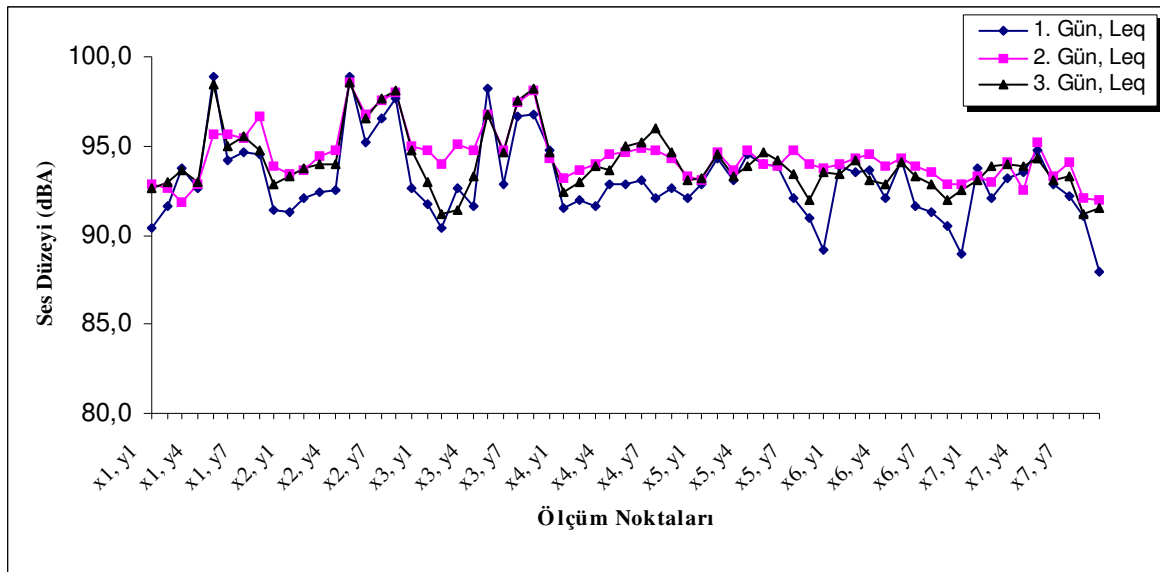


Şekil 5.8 Saraçoğlu Tekstil maksimum düzeyler (L_{max}) haritası

Saraçoğlu Tekstil dokuma atölyesine ait “Surfer” paket programı vasıtasıyla çizilen gürültü haritaları, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’de gösterilmiştir. Gürültü haritaları incelendiğinde, yine Pignone ve Somet (190 En) tezgahların bulunduğu alanların daha koyu olduğu gözükmemektedir. Ayrıca, Akdemir Tekstil’de olduğu gibi dokuma işçilerinin yoğun olarak çalıştığı alanlar 90 dBA’nın üzerindedir.

5.2.3. Erefe Tekstil’e ait bulgular ve tartışma

Erefe tekstilde, dokuma atölyesinde belirlenen noktalarda yapılan ölçümlerde ses düzeylerinin, L_p , 87.4 dBA ile 100.9 dBA arasında değiştiği ve değişim aralığının da 13.5 dBA olduğu gözlenmiştir. Erefe Tekstil’e ait ölçümlerin tümü Ek 4’de verilmiştir. Farklı günlerde yapılan ölçümlerden okunan eş değer ses düzeyi değerlerinin, noktalara göre değişimi Şekil 5.9’de gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Eşdeğer ses düzeylerinin ölçüm noktalarına ve ölçüm zamanlarına göre değişimi

Üç farklı günde yapılan ölçümler sonucu elde edilen eşdeğer ses düzeyleri ile ölçüm zamanları arasında, İstatistiksel açıdan önemli farklılık olduğu görülmüştür ($F_{2,172} = 13.597$, $P < 0.001^{***}$). Gerek Akdemir Tekstil, gerekse Saraçoğlu Tekstil’de olduğu gibi, bu fabrikalarla yakın özelliklere sahip (tezgahlar ve üretilen malzemeler açısından) Erefe Tekstilde de üründe değişiklik olmasa dahi, tezgahların devir sayılarındaki değişimler, ölçüm yapılan noktayla direkt ilişkisi olmayan tezgahlardaki durmalar vb. faktörler etkili olmuştur. Eşdeğer ses düzeyi

ortalamaların karşılaştırılması amacıyla yapılan Duncan Testi neticesinde, L_{eq} ortalamaları bakımından üç ölçüm birbirinden farklı ve üç farklı alt grup oluşturmaktadır.

X-koordinatları boyunca kaydedilen eşdeğer ses düzeyleri arasında, %5 önem düzeyinde, önemli farklılıklar olmadığı ($F_{6,172} = 0.795$, $P > 0.05$) ve Duncan Testi sonuçlarında da tüm x noktalarının ($x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$) tek bir grup oluşturduğu Çizelge 5.9'da görülmektedir.

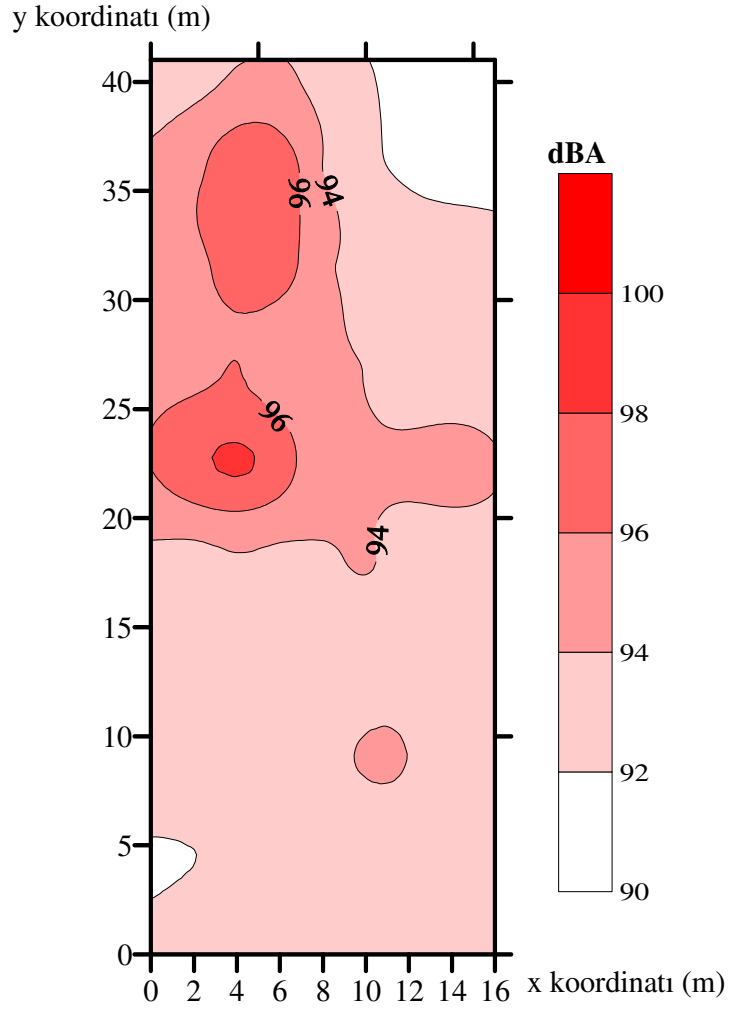
Çizelge 5.9 X-koordinatındaki ölçüm noktalarının, eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması

Duncan ^{a,b}		Eşdeğer ses düzeyleri ($L_{eq,A}$)	
X noktaları	N	Grup	
		1	
x3	27	93.4556	
x2	27	93.6074	
x7	27	93.7000	
x4	27	93.8741	
x6	27	93.8852	
x5	27	94.0741	
x1	27	94.2333	

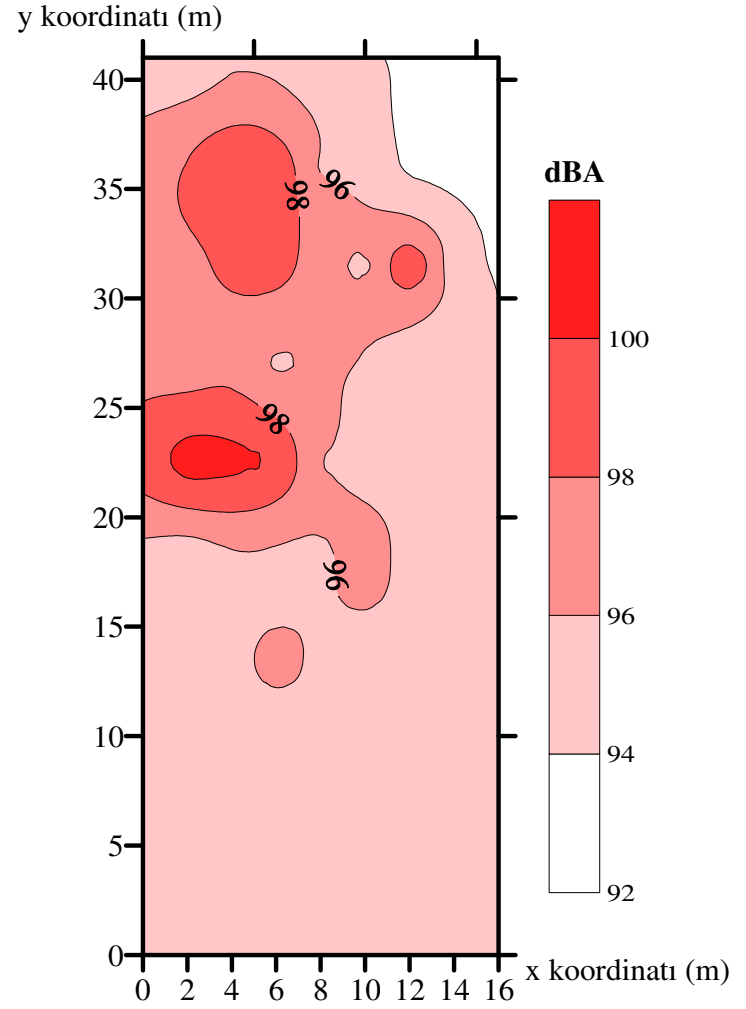
Ölçüm yapılan y koordinatı üzerindeki noktalar arasında, %0.1 önem seviyesinde, L_{eq} ortalamaları bakımından önemli farklılıklar vardır. Y-koordinatındaki L_{eq} ortalamalarının karşılaştırılması sonucu Çizelge 5.10'de gösterildiği gibi dört farklı alt grup oluşmuştur.

Çizelge 5.10 Y-koordinatındaki ölçüm noktalarının, eşdeğer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması

Duncan ^{a,b}		Eşdeğer ses düzeyleri ($L_{eq,A}$)			
Y noktaları	N	Grup			
		1	2	3	4
y9	21	92.6048			
y1	21	92.8952			
y2	21	93.0952			
y3	21	93.3762	93.3762		
y4	21	93.4143	93.4143		
y6	21		94.2238	94.2238	
y8	21		94.3286	94.3286	
y7	21			94.7190	
y5	21				95.8381



Şekil 5.10 Erefe Tekstil eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) haritası



Şekil 5.11 Erefe Tekstil maksimum düzeyler (L_{max}) haritası

Erefe Tekstil dokuma atölyesinin “Surfer” paket programı vasıtasıyla çizilen gürültü haritaları, Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de gösterilmiştir.

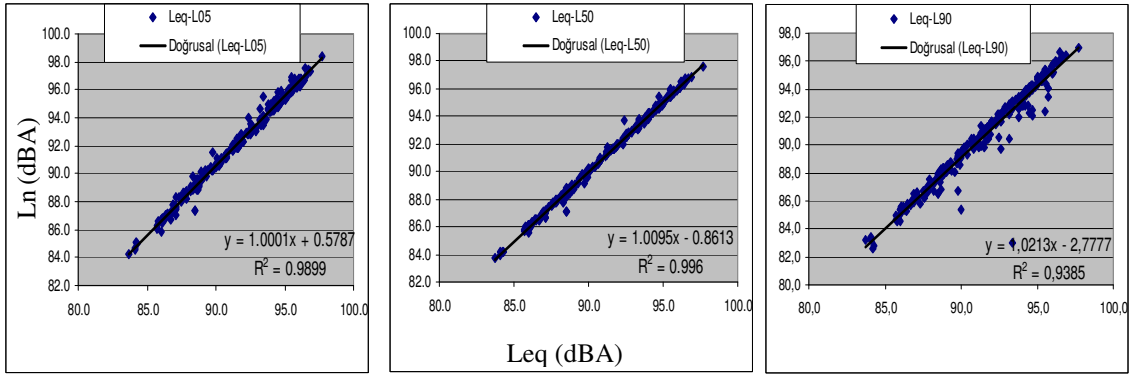
Erefe Tekstil’de belirlenmiş koordinatlarda ölçülen L_{eq} ve L_{max} değerlerinin enterpolasyon yardımıyla çıkartılan eş yükseklik eğrilerinden oluşan gürültü haritalarında da, Picanol marka (190 En) tezgahların olduğu alan, daha yüksek ses düzeylerine sahiptir ve haritalar diğer fabrikaların gürültü haritalarıyla karşılaştırıldığında, beyaz alanın daha küçük olduğu açıkça görülmektedir. Yani gürültünün genele göre düşük olduğu alan daha dardır. Bunda, Erefe Tekstil dokuma alanının diğerlerine göre daha küçük olması etkili olmaktadır. Ayrıca, Tüm alanda eşdeğer ses düzeyi ortalamaları 90dBA’nın üzerindedir.

Üç fabrikanın ses düzeylerinin karşılaştırılabilmesi amacıyla, bölünmüş parseller deneme desenine uygun olarak incelenmiş olan verilerin, varyans analizi ve Duncan Testi neticesinde, fabrikalar arasında ses düzeyleri açısından önemli farklılıkların olduğu ($P=0.000^{***}$) ve Çizelge 5.11’de görüldüğü gibi L_{eq} ortalamaları bakımından üç farklı alt grubun oluştuğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, eşdeğer ses düzeyi ortalamaları bakımından, Erefe Tekstil’in en gürültülü fabrika olduğu ve bunu sırasıyla Saraçoğlu ve Akdemir Tekstil’in izlediği görülmektedir.

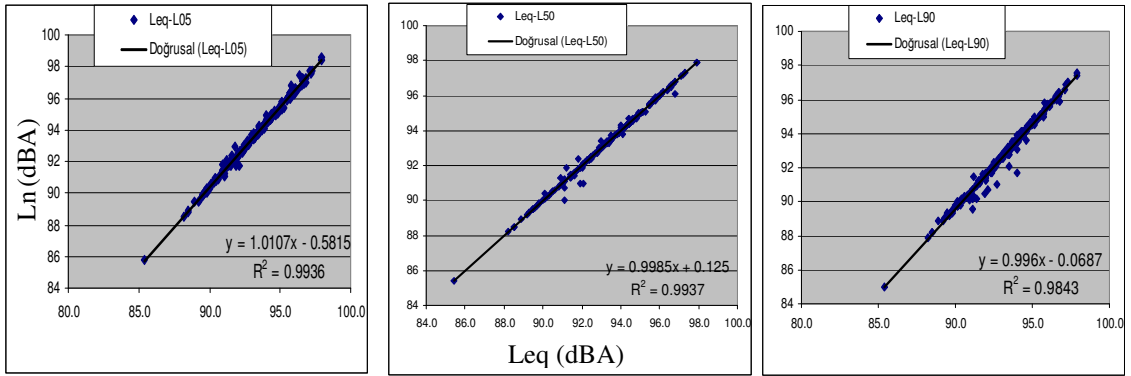
Çizelge 5.11 Fabrikaların eş değer ses düzeyi ortalamalarının karşılaştırılması

Duncan ^{a,b}		Eşdeğer ses düzeyleri ($L_{eq,A}$)		
Fabrika	N	Grup		
		1	2	3
Akdemir	231	91.3610	93.2829	93.8328
Saraç	210			
Erefe	189			

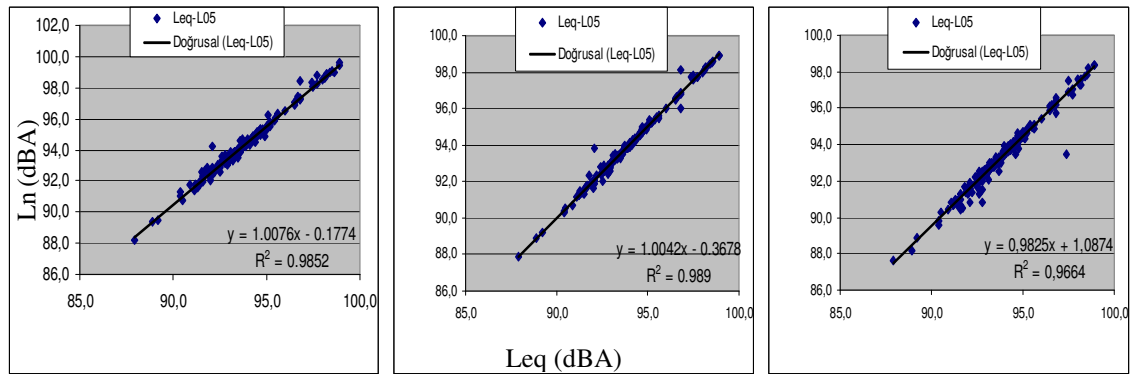
Ölçümlerde, kaydedilen diğer bir büyüklük ise, L_n (L_{05} , L_{50} , L_{90}) olarak bilinen yüzdelik değerlerdir. L_{05} , toplam zamanın %5’inin aşıldığını göstermektedir. Örneğin, x_1 , y_1 noktasında ölçülen L_{05} değeri olan 91.6 dBA, ölçüm süresi içerisinde kaydedilen toplam verilerin, %5’inin 91.6 dBA’dan büyük olduğunu göstermektedir. Ses düzeylerinin dağılımını görmek açısından, mühendislik uygulamalarında, L_n yüzde değerlerinin kaydedilmesi önemlidir. Atölyelerdeki eşdeğer ses düzeylerinin, yüzde değerleri ile ilişkisini görmek amacıyla yapılan regresyon analizi sonuçları Şekil 5.12, 5.13 ve 5.14’de verilmiştir.



Şekil 5.12 Akdemir Tekstil Fabrikasında yüzde ses düzeyleri ve eşdeğer ses düzeyi ilişkileri



Şekil 5.13 Saraçoğlu Tekstil Fabrikasında yüzde ses düzeyleri ve eşdeğer ses düzeyi ilişkileri



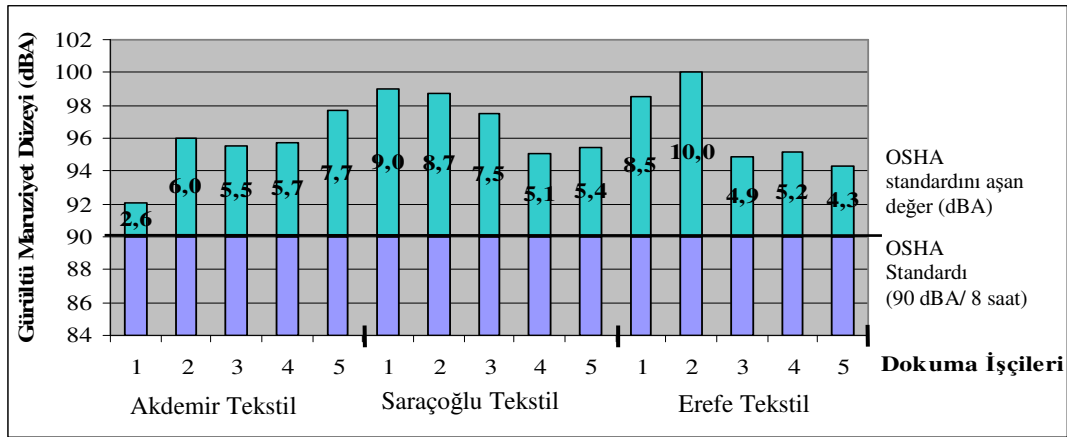
Şekil 5.14 Erefe Tekstil Fabrikasında yüzde ses düzeyleri ve eşdeğer ses düzeyi ilişkileri

Fabrikalara ait gürültü verilerinin analizi neticesinde, $L_{eq} > 85$ dBA için, L_{eq} ile L_n değerleri arasında güçlü birer lineer ilişki olduğu görülmüştür. Bu lineer ilişkinin varlığı, bu fabrikalardaki ses düzeylerinin kümülatif dağılımının, L_{eq} ölçüldükten sonra, yaklaşık olarak

hesaplanabileceğini işaret etmektedir. Regresyon analizinin önemliliğinin testi için yapılan varyans analizleri neticesinde, Ln değerlerinin (L05, L50, L90) değişimi üzerinde A- ağırlıklı eşdeğer ses düzeyinin etkisi önemlidir. Regresyon analizlerinin varyans analizlerine ilişkin tablolar Ek 5’de verilmiştir.

5.3. İşçilerin Gürültü Maruziyetine İlişkin Bulgular ve Tartışma

İnceleme yapılan fabrikalarda, dokuma işçileri mesai saatleri boyunca sürekli ayakta dolaşmaktadırlar ve tezgahlar arasında dolaşmaktadırlar. Ayrıca, çoğu zaman da bu işçiler tezgahlar üzerinde üretimin aksamaması ve kalitenin bozulmaması için çözümlerin ve lamellerin kontrolünü yapmaktadırlar. Bu nedenlerden dolayı, sadece çıkarılan gürültü haritalarına bakarak çalışanların gürültü maruziyet düzeylerinin tahmin edilmesi yanlış değerlendirme yapılmasına neden olabilir. Gerçek bir gürültü maruziyeti değerlendirmesi için doz metre ile kaydedilen ve daha sonra % doz seviyesinden zaman ağırlıklı ortalama düzeyine dönüştürülen ölçüm sonuçları ve bunların standartlarla karşılaştırılması Şekil 5.15’de verilmiştir.



Şekil 5.15 Fabrikalardaki dokuma işçilerinin gürültü maruziyet düzeyleri

Şekil 5.15’den görüldüğü gibi, her bir fabrikadan rassal olarak seçilen 5’er kişi mesai saatleri boyunca (8 saat; yemek ve çay saatleri dahil), 90 dBA’nın üzerinde gürültüye maruz kalmışlardır. İstatistiksel açıdan, %5 önem düzeyinde, gürültü maruziyeti ortalamaları bakımından fabrikalar arasında önemli farklılık bulunmamaktadır. Ancak, fabrikaların kendi içerisindeki çalışanlar arasında gürültü maruziyeti açısından önemli farklılıklar vardır. Bunda çalışanların sorumluluğu olduğu tezgahların ses gücü düzeylerinin farklılık göstermesi ve dolayısıyla buldukları alanlardaki gürültü düzeyi farklılıkları önemli rol oynamaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tekstil sektöründe yüksek gürültü düzeyinde çalışılması, hem sağlığı olumsuz yönde etkilemekte hem de yapılan işlerde iş verimini ve iş güvenliğini azaltmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de önemli sanayi sektörlerinden biri olan tekstil sektöründe, dokuma tezgahlarının ortama yaydığı seslerden kaynaklanan ses düzeyi değerleri belirlenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Genel olarak dokuma tezgahlarının tek başlarına çıkardığı ses düzeyleri operatör kulak düzeyinde, tezgahın yaşına ve ayarlarına bağlı olarak 500 Hz ile 4 kHz arasında 90-100 dBA arasında değişebilmektedir [83]. Bu çalışmada, üç tekstil işletmesinde yapılan ölçüm sonuçlarına göre, gerek tezgahlardan kaynaklanan gerekse ortamın akustik özelliklerinden kaynaklanan ortam ses düzeylerinin, tezgahların olmadığı bölgelerde 81.4 dBA ile tezgahların yoğun olduğu bölgelerde 100.9 dBA arasında değiştiği ortaya çıkmıştır. Bu fabrikalardaki eşdeğer ses düzeyi ortalamaları da, yaklaşık 91 dBA ile 94 dBA arasında değişmektedir. Ölçümler neticesinde çizilen gürültü haritalarının incelenmesi sonucunda, çalışma alanlarının neredeyse tamamının işçi sağlığı açısından riskli olduğu, ses düzeyi bakımından yüksek değerlerin, ufak tezgahların olduğu bölgelerde (190 cm enindeki tezgahlar) ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Fabrikalardan rassal olarak seçilen dokuma işçilerinin tümünde, gürültü maruziyet düzeyleri sekiz saatlik çalışma süresi için OSHA tarafından belirlenmiş maksimum gürültü düzeyinin üzerindedir ve en düşük maruziyet düzeyi 92.6 dBA olarak ölçülmüş ve bu değer kimi çalışanlarda 100 dBA’ya kadar çıktığı ölçüm sonuçlarından görülmüştür. Bu fabrikalarda çalışan dokuma işçilerinin gürültü maruziyetleri ortalaması da, bir günlük çalışma için 96.4 dBA olduğu görülmüştür.

Üç işletmede yapılan ölçüm, gözlem ve değerlendirmeler sonucunda, bu işletmelerde ses düzeylerinin çalışanların sağlığını bozabilecek üst sınır gürültü değerini aştığı, buna karşın işveren ve çalışanların konuyu yeteri kadar bilmedikleri ve gerekli önlemleri almadıkları söylenebilir. Çalışanlar içerisinde kulaklık kullanım oranının sadece %32 olması bunun en büyük göstergesidir.

Ölçümlerin yapıldığı fabrikalardaki dokuma işçilerinin yaklaşık %65’ini 18-29 yaş grubu oluşturmakta ve çalışma süreleri bakımından da 5.5 yılın üzerinde çalışan bulunmadığı

yani dokuma işçilerinin tümünün çalışma ortamı koşullarına çok uzun süreler maruz kalmadığı görülmüştür. Bu demek oluyor ki işçi sağlığı açısından gerekli önlemlerin alınması geç kalınmamıştır. Ancak, gerekli ve doğru önlemler alınmadığı takdirde bu işletmelerdeki ortalama 96.4 dBA'daki gürültü maruziyeti için, dokuma işçilerinin 20 yıl çalıştıklarında yüzde kaçının daha ileri yaşlarda duyma yeteneğini kaybedeceği ISO DIN 1999'da verilen model doğrultusunda, Çizelge 6.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 Dokuma işçilerinin yirmi yıl çalışması sonucunda yaklaşık işitme kaybı riski görülme yüzdeleri [55]

Yaş grubu	20 yıl çalışıldığında yaklaşık işitme kaybı oranı (%)
18-23	35-40
24-29	40-45
30-35	45-55
36-41	55-65

Çizelge 6.1'den, 18-23 yaş arasındaki dokuma işçileri, 20 yıl boyunca ortalama 96.4 dBA gürültüye maruz kalırlarsa, bu yaş grubundaki işçilerin %35-40'ı (4 kişi), yaşa da bağlı olarak, 300-2800 Hz bölgesinde 25 dB'lik işitme kaybına uğrayacaklardır. Yani, sağır olacaklardır. Gürültünün işitme kaybı dışındaki etkileri de göz önüne alındığında da, sonuçları daha da kötü olacaktır.

Ölçümlerin yapıldığı işletmelerde, bu kadar yüksek ses düzeylerinin çıkmasının başlıca nedenleri şunlardır:

- Çalışan tezgahların, fonksiyonları ve yapıları gereği yüksek ses düzeyine sahip tezgahlar olması,
- Tezgahların genelde yüksek devirlerde çalıştırılması,
- Üretilen kumaşın cinsine bağlı olarak, sık dokuma gerektirebilmesi sebebiyle tefe vurmanın daha sert olması,
- Çalışma ortamlarının hacmine bağlı olarak, tezgahların birbirine yakın yerleştirilmiş olması,
- Duvarların sert betondan olması nedeniyle, sesi neredeyse hiç sönümlemeden yansıtması,

- Tavanlarda sönümlenme malzemesi bulunmaması,
- Tezgahların zemin bağlantıları, tezgahların kitapçıklarında belirtilene uymaması.

Çalışanların gürültünün zararlı etkilerinden korunabilmesi için, bu üç fabrikada, gürültü kontrolü amacıyla bir takım önlemler alınması gerekmektedir. Gürültü kontrolünde önemli olan, kişilerin, gürültünün olumsuz etkilerinden korunmasıdır. Bu tanıma göre, kişileri, gürültülü ortamdan uzaklaştırıcı önlemlerin de, gürültü kontrol kapsamında sayılacağı açıktır. Gürültü kontrolü amacıyla alınabilecek tedbirler şu şekilde sıralanabilir:

Gürültünün mühendislik uygulamalarıyla kontrolü: Gürültü kontrolünde ilk sırayı yer alan bu uygulamada, gürültünün kaynağından kesilmesi, ses enerjisinin yayıldığı yolda yani, gürültü kaynağıyla alıcı arasında gürültünün azaltılması, gürültünün algılandığı noktada gürültüye maruz kalan kişide azaltılması gibi tedbirler alınması gerekmektedir.

İncelemelerin yapıldığı fabrikalarda, kuruluş aşamasında tezgah seçimi, yapılan işin türüne göre, atkı atma sistemine göre; kamçılı (rapier) tezgahlar seçilmiştir. Bu tezgahlar, mekiksiz tezgahlar olup, eski tarz mekikli tezgahlara göre daha sessiz çalışmaktadırlar. Ancak, diğer mekiksiz tezgahlara göre de (su jeti, hava jeti, mekikçik) daha çok gürültüye neden olmaktadır. Yapılan iş icabı, sırf gürültünün kesilebilmesi amacıyla bu tezgahlara geçilmesi mümkün değildir. Ayrıca diğer mekiksiz dokuma tezgahlarının yatırım maliyetleri ve enerji tüketimleri çok daha fazladır. Sonuçta, kaynaktan gürültü kontrolünün önemli bir aşamasını oluşturan daha az gürültülü iş yönteminin ve tezgahların seçilmesi işlemi, bu sebeplerden dolayı mümkün değildir.

Dokuma tezgahlarında en büyük gürültü, dokuma sıklığının artması ile tarağın fazla vurmasından ve çerçevelerden kaynaklanır. Bu sebeplerden kaynaklanan gürültünün kontrolü için, iyi bir planlama ile talebi karşılayacak biçimde tezgahlar daha düşük devirlerde çalıştırılarak ve yüksek sıklık gerektiren dokumaların yapıldığı tezgahların bir araya toplanması gerekmektedir. Böylece gürültü kontrolünün yapılacağı bölge küçültülmüş ve gürültüden etkilenen kişi sayısı azaltılmış olacaktır. Ayrıca, Çizelge 6.2'de dokuma tezgahlarının gürültüsünü düşürmeye yönelik değişiklikler ve elde edildiği öne sürülen ses düzeyi azalmaları verilmiştir.

Çizelge 6.2 Dokuma tezgahlarında gürültü denetimi [83]

Dokuma Tezgahında Yapılabilecek Değişiklikler	Ses Düzeyindeki Azalma
Bellibaşlı çarpma noktalarında plastik malzeme	2 dB (500 Hz-2000 Hz)
Vurma kolunu durdurmak için havalı damper ve plastik malzeme	5 dBA
Yaylı özel hamut	2 dBA
Vurma kolunun yerine özel mekanik düzenek	3 dBA

Gürültünün kaynakla alıcı arasında kontrolü için, duvarların, tavanların ve tabanların ses sönümleyici özelliği olan malzemelerle kaplanması yapılabilecek diğer bir yöntemdir. Böylece, aynı hacim içerisinde yansımalarından kaynaklanan ses dalgaları absorbe olacağından ses düzeyi azaltılmış olunur.

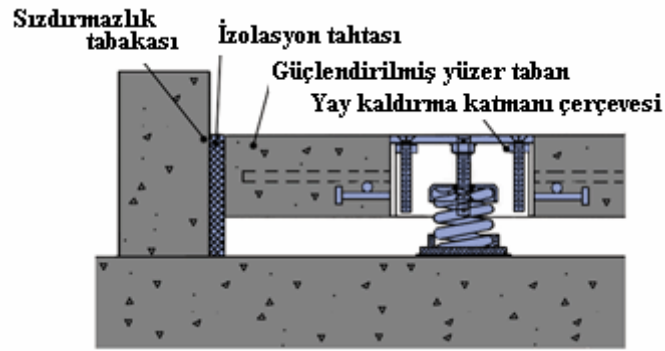
Duvarlara gelen sesin sönümlenmesi amacıyla, hem sönümleme hem de yalıtma özelliğine sahip özel plaka konstrüksiyonlar kullanılabilir. Bunun için de ses sönümleme özelliği yüksek olan cam yünü, plastik elyaf veya metalik elyaf içeren malzemeler tercih edilmelidir.

Gürültünün yoğun olduğu bu üç işletmede, tavanlara, sesin yayılmaması amacıyla, Şekil 6.1’de gösterildiği gibi sönümleyiciler asılmalıdır. Akdemir ve Saraçoğlu Tekstil’de tavanların alçak olması nedeniyle, bu tavanlara yatay ses sönümleyici, Erefe Tekstil’de ise dikey ses sönümleyiciler kullanılabilir.



Şekil 6.1 Hacimlerin tavanlarına asılan dikey ve yatay sönümleyiciler

Tabanlarda ise, gürültünün idari kısımlara geçmemesi, tezgahlardan yayılan seslerin tabanlardan yansıyıp daha çok hissedilmemesi ve titreşimlerin engellenmesi için tabanlar Şekil 6.2'deki gibi düzenlenmelidir ve tezgahlar bu yayların üzerine oturtulmalıdır.



Şekil 6.2 Yüzer taban izolasyonu

Şekil 6.2'deki güçlendirilmiş yüzer taban, seslerin taban boyunca ilerlemesini minimize etmek için kullanılır. Bu yüzer tabanda, dokuma tezgahlarının yaymış olduğu frekans bandı aralığında ses yutma özelliği yüksek olan aşağıdaki malzemeler kullanılabilir.

Çizelge 6.3 Bazı malzemelerin ses yutma katsayıları

Malzeme	Frekanslara göre ses yutma katsayıları (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Mineral Yünler (camyünü ve taş yünü) (50 mm kalınlıkta)	0.10	0.60	0.90	1.00	1.00	0.95
Poliüretan yumuşak köpük (50 mm kalınlıkta)	0.08	0.27	0.70	1.07	1.05	1.04
Melamin köpük (50 mm kalınlıkta)	0.15	0.27	0.63	0.91	1.03	1.06
Ahşap Yünü	0,50	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90

Gürültü kontrolünde çok sık kullanılan ve tezgahlar arasına konulan ses sönümleyici perdeler ve paneller iyi birer ses sönümleyici olmasına rağmen, bu üç dokuma atölyesinde çalışma ortamı hacimlerinin küçüklüğüne bağlı olarak çalışanların hareketlerini ve çalışma yöntemlerini engelliyebileceği için tavsiye edilmemiştir.

Gürültünün kaynakla alıcı arasında kontrolünde sıklıkla önerilen sönümleyiciler, hacmin ses yutma katsayısını arttırarak, bulunulan hacimde en fazla 10 dB'lik bir sönümleme sağlar. Ancak bu, gürültü kaynağından uzaktaki bir noktada hissedilir. Dokuma tezgahlarının oluşturduğu yüksek düzeydeki gürültüyü azaltmak ve tezgah başında çalışan işçiyi bu gürültüden korumak için tezgahın bulunduğu hacimlerin oda sabitini yükseltmek hemen hemen işe yaramaz. İş yerinde ses sönümlemesiyle elde edilen sonuçlar çok iyi olmasa da gürültünün yüksek frekanslı bileşenlerinin sönümlemesiyle, psikolojik yönden çok rahatsız eden karmaşık ses alanlarının ortaya çıkması önlenmiş olur.

Dokuma tezgahlarında, işçilerin çoğu zaman tezgahların başında bulunması zorunluluğu olduğundan, tezgaha yakın çalışan işçiler için bu önlemler yeterli değildir. Bu nedenle, çalışanlar kişisel koruyucular kullanmalıdır. Atölyelerde ölçümler sonucu elde edilen maksimum düzeylere göre çizilen gürültü haritaları incelendiğinde, ses düzeyleri bazı noktalarda yaklaşık 100 dBA'ya kadar yükselmektedir. Kaynakta ve kaynakla alıcı arasında gürültü kontrolüne hiç gidilmediği düşünülürse, bu noktalarda çalışanları etkileyen gürültüyü OSHA standartlara çekebilme için 10 dBA'lık bir düşüş sağlanması gerekmektedir. Genel olarak gürültünün işitme sistemine zarar vermeye başladığı nokta 85 dBA olarak kabul edildiğinden, sağlık açısından da, bu fabrikalarda kullanılan kişisel koruyucuların 15 dBA'lık bir azaltma sağlaması gerekmektedir. Bu değere emniyet payı da eklediğinde, maruz kalılabilecek düzeyi OSHA standartlarına çekebilme için; OSHA tarafından uygulanan hesaplama metodu göz önüne alınarak, ses düzeyini 27 dBA indirebilen (NRR= 27 dB), 85 dBA düzeyine çekebilme için de ses düzeyini 37 dBA indirebilen (NRR= 37 dB) kişisel koruyucular seçilmelidir.

Gürültünün yönetsel önlemlerle kontrolü: Gürültü düzeylerinin işçi sağlığı açısından yüksek olduğu Akdemir Tekstil, Saraçoğlu Tekstil ve Erefe Tekstil'de, yöneticilerin bir takım yönetsel düzenlemelere de gitmesi şarttır. Bu düzenlemeler aşağıdaki şekilde olabilir:

- Gürültü düzeyi çok yüksek olan kısımlarda, çalışanlarda zamana bağlı olarak kalıcı işitme kayıplarının oluşmaması için işçilerin çalışma alanları düzenlenmelidir,
- Geçici işçi çalıştırılması yoluna gidilmelidir,
- Tıbbi muayeneler yapılmalıdır,
- İşletme içi eğitim çalışmalarıyla, gürültünün insan sağlığına etkileri ve çalışanların sağlıklarını nasıl koruyacakları konusunda eğitilmeleri yararlı olacaktır,
- Kişisel koruyucuların kullanımı özendirilmeli, bu amaçla yasal yaptırımlar yanında çalışanları motive edici yöntemlerden yararlanılmalıdır.

Gürültünün yasal önlemlerle kontrolü: Gürültü önleyici düzenlemeler yapılmadığı takdirde, Aralık 2006'dan itibaren ülkemizde uygulanmaya başlanılacak olan Avrupa Birliği Gürültü Yönetmeliğine, OSHA standartlarına vb. standart ve yönetmeliklere uyulabilmesi için mesai saati sürelerinin kısaltılması gerekmektedir. Buna göre mesai saatleri bir gün için Çizelge 6.4'de görüldüğü şekilde kısaltılmalıdır.

Çizelge 6.4 Standartlara uyum için çalışılabilecek süreler

Fabrika İsmi	Kişisel Gürültü maruziyeti ölçüm sonuçları (dBA)	AB Gürültü Yönetmeliğine uyum için çalışılabilecek süre aralığı (saat/gün)	OSHA standartlarına uyum için çalışılabilecek süre aralığı (saat/gün)
Akdemir Tekstil	92.6-97.7	2.5-0.80	6-3
Saraçoğlu Tekstil	95.1-99.0	1.3-0.5	4-2
Erefe Tekstil	94.3-100.0	1.60-0.40	5-2

Sonuç olarak, insan sağlığına olumsuz etkileri bulunan ve iş veriminin önemli oranda azalmasına neden olan gürültü mümkün olan yollarla azaltılmalıdır. Ancak bu sayede gürültünün insan sağlığına olan olumsuz etkileri önlenebileceği gibi, üretim aşamalarının her safhasında ulaşılabilecek verim artırılmış olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Babalık, F.C., 2005, Mühendisler için Ergonomi, İşbilim, Nobel Yayınevi, 486s.
- [2] Orhun, H.H., Ergonomi, <http://www.populermedikal.com/ergonomi1.asp>, (Erişim: 10.08.2005)
- [3] Sabancı, A., 1999, Ergonomi, Baki Kitabevi, Adana, 592s.
- [4] Kalıncara, V., 1997, Ergonomi ders notları, Ankara Üniversitesi. (yayınlanmamış).
- [5] Dul, J. and Weerdmeester, B., 2001, Ergonomics for beginners, Taylor & Francis e-Library, 160p.
- [6] Tanyaş, M., 1995, Endüstri Mühendisliğine giriş, İrfan Yayıncılık, İstanbul, 65s.
- [7] Özok F.A., 1995, Ergonomi alanındaki son gelişmeler, MPM Yayınları, İstanbul
- [8] Su, A., B., 2001, Ergonomi, Atılım Üniversitesi Yayınları, Ankara, 245s.
- [9] Güner, Ç., Gürültünün sağlık üzerine etkileri, <http://saglik.tr.net/gurultu.shtml>, (Erişim: 10.08.2005)
- [10] Anonim, 2006a, Work related hearing loss http://www.stopgettingicksick.com/Conditions/condition_template.cfm/7494/697/1, (Erişim: 10.01.2006)
- [11] Türkoğlu, N., 1998, Konya sanayilerindeki iş yerlerinde gürültü kirliliği ve çalışanlar üzerindeki etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 77 s.
- [12] Ege, F., Sümer, K. ve Sabancı A., 2003, Tekstil fabrikalarında gürültü düzeyi ve etkileri, Mesleki sağlık ve güvenlik dergisi, 48s.
- [13] Anonim, 2005 b, An introduction to noise at work, European agency for safety and health at work, <http://osha.eu.int/publications/factsheets/56/en/index.htm>, (Erişim: 20.10.2005)
- [14] Aktürk, N., Ürküt, İ. ve Karaçay, T., 2004, Çevresel karayolu gürültüsü ölçümü ve modellenmesi, Gazi Üniversitesi, Proje Kodu: 06/2001-14, 63s.
- [15] Arslanbaş, D. ve ark., 2002, Endüstriyel çalışma ortamında gürültü kirliliği sorunları, Balıkesir Üniversitesi IV. Mühendislik Mimarlık Sempozyumu
- [16] Ayberk, S., 2000, Çevre kirliliği ve kontrol yöntemleri, İzmit Kocaeli Üniversitesi Yayınları
- [17] Gökçen, İ., 2000, Ankara'da metal işkolunda bir fabrikada çalışan işçilerde gürültü etkilerinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi Gazi Ün. Sağlık Bilimleri Enst. İşçi Sağlığı ve İş güvenliği A.B.D.67s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [18] Anonim, 2005 c, <http://www.bcm.org.tr/pdf/gürültü%20kirliliği.pdf>, Bursa Çevre Merkezi, (Erişim: 10.10.2005)
- [19] Karabiber, Z., 1992, Mimari akustikte ses ölçmeleri, Y.T.Ü Mühendislik Fakültesi baskı işliğı, 146s.
- [20] Akyazı, Ö., 1999, Gürültü yalıtım analizi ve bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, 78s.
- [21] Bruel & Kjaer, 1998, Basic concepts of noise, Lecture Note, Denmark, 32p.
- [22] Özgüven, N., 1985, Endüstriyel gürültü kontrolü, TMMOB Yayınları, 178 s.
- [23] Karabiber, Z., 1991, Mimari akustikle ilgili başıca tanım,terim formül ve büyüklükler, Y.T.Ü. Mühendislik Fakültesi baskı işliğı, 39s.
- [24] Baron., R., 2002., Industrial noise control and acoustic, Marcel Dekker Inc.
- [25] Kroemer, K. H.E., 2001, Office ergonomics, Taylor & Francis e-Library, 272 p.
- [26] Hirschorn, M., 2002, Noise control reference handbook, 35th Anniversary issue, 10p.
- [27] Wilson., C. E., 1996, Measurement techniques for sound level meters, Westwood, N.J., USA, 13p.
- [28] Anonim, 2005 d, Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliği taslağı, <http://www.cevreorman.gov.tr/taslak.htm>, 57 s. (Erişim: 10.10.2005)
- [29] Bruel & Kjaer, 1984, Measuring sound, Denmark, 42 p.
- [30] Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1998, Çevre - sağlık ilişkisi, Günaş Kitabevi, Ankara.
- [31] TS-2607, 2005, Akustik-iş yerinde maruz kalınan gürültünün tayini ve bu gürültünün sebep olduğu işitme kaybının tahmini, TSE, 21 s.
- [32] TS-11201, 2001, Akustik-Makina ve donanım tarafından yayılan gürültü, TSE, 17s.
- [33] Anonim, 2005 e , Kulağın anatomisi, <http://www.meders.com.tr/koklear/11.htm>, (Erişim: 05.05.2005)
- [34] Anonim, 2005 f, What noise?, <http://www.baywinds.com/new/WhatNoise.html>, (Erişim: 20.12.2005)
- [35] Anonim, 2005 g, , Sound testing standards, <http://www.silencertests.com/standards.htm>, (Erişim: 20.12.2005)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [36] Strasser H.and Irle H., 2001, Noise: measuring, evaluation and rating in ergonomics, International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors, Taylor & Francis, London and New York, 516-523.
- [37] Marsh, A., 1999, Quantifying noise, Online Information and Course Notes, The University of Western Australia
- [38] Doğan, Ü., 1987, Verimlilik analizleri ve verimlilik ergonomi ilişkileri, İzmir Ticaret Odası Borsası Yayınları, Yayın No:31
- [39] Somer, S., The.mysterious loudness.control, http://www.extron.com/technology/archive.asp?id=loudnesscontrol_ts, (Erişim: 20.12.2005)
- [40] Kaya, A., 1998 Trabzon ve çevresindeki fabrikalarda gürültü seviyelerinin incelenmesi ve gürültü kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., 184s.
- [41] Yücel, M., 2000, Çevre ve doğa koruma, Ç.Ü. Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana
- [42] Timerson, B. J., 1999, A guide to noise control in Minnesota, Minnesota Pollution Control Agency Publications, 30 p.
- [43] ÖNCER, M., 2000, İşyeri ortamında çalışanların performansını etkileyen fiziksel çevre Koşulları, Verimlilik Dergisi, 3: 133-152.
- [44] Güvercin, Ö. ve Aybek A., 2003, Taş kırma ve eleme tesislerinde gürültü sorunu, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 101-106.
- [45] ERKAN, N., 1997, Ergonomi, verimlilik, sağlık ve güvenlik için insan faktörü mühendisliği, Milli Prodüktivite Yayınları, 294 s.
- [46] Anonim, 2006 h, Noise background information, <http://www.ttsfo.com//sbcteis/feis/Appendices/Appendix%20H1.pdf>, (Erişim: 02.01.2006)
- [47] Özkırım, S. ve ark., 1999, Önemli bir çevre sorunu: Gürültü, Hacettepe Toplum Hekimliği Bülteni, Yıl:20, Sayı:2.
- [48] Özkale, H.,2001, Endüstriyel- gürültü kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üni., 53 s.
- [49] Anonim, 2005 ı, Gürültü, kulaklar ve işitmenin korunması, <http://www.tkbbv.org.tr/HastaBilgilendirme/Gurultu&Isitme.html>, (Erişim: 12.12.2005)
- [50] Anonim, 2004 i, <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework>, (Erişim: 16.12.2004)
- [51] Keefe, J., Noise exposure associated with marching and pep bands, Master thesis, Duke University, 58 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [52] Anonim, 1998 j, Noise induced hearing damage, http://www.safetyline.wa.gov.au/institute/level2/course18/lecture102/1102_02.asp, (Erişim: 12.12.2005)
- [53] Osborne, D. J., 1995, Ergonomics at work, Chichester : John Wiley Sons, 442 p.
- [54] Anonim, 2005 k, Occupational hearing loss, <http://www.hearinglossinformation.com/occupationalhearingloss.html>, (Erişim: 10.12.2005)
- [55] İnal, S. ve ark., 1991 Dökümhanelerde gürültü sorunu, 3.Ergonomi Kongresi, ODTÜ MPM Yayınları, Ankara
- [56] Babalık, F., 2003, İş yerinde gürültü ve sağırılık olasılığı, II. İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi, T.M.M.O.B. Makine Mühendisleri Odası Yayın No: E/2003/31.
- [57] Şimşek, M., 1994, Mühendislikte ergonomik faktörler, İstanbul Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, 317 s.
- [58] Berger, E. H., 2000, Noise Control and Hearing Conservation: Why do it?, American Industrial Hygiene Association.
- [59] Anonim, 2005 l, An introduction to noise at work, European agency for safety and health at work, <http://osha.eu.int/publications/factsheets/56/en/index.htm>, (Erişim: 20.10.2005)
- [60] Anonim, 2005 m, Noise exposure standards, <http://www.myfwc.com/boating/airboat/Section5.pdf>, (Erişim: 10.01.2005)
- [61] Anonim, 2005 n, Recommendations for a noise Standard, <http://www.cdc.gov/niosh/98-126a.html> (Erişim: 14.12.2005)
- [62] İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü, 1974, 114765 sayılı Resmi Gazete.
- [63] Lazarus, H., 2003, The new EC noise directive to protect employees at workplace, Federal Institute for Occupational Safety and Health, Friedrich-Hencel-Weg, Germany, 1-25.
- [64] Pathak, B., 1998, Tackling noise-are your workers slowly developing noise-induced hearing loss?, OH&S Canada, 42-47.
- [65] Anonim, 2005 o, Occupational noise exposure, <http://www.osha.gov>, standard number:1910.95, (Erişim: 10.10.2005)
- [66] A.B.D. Çalışma Bakanlığı Çalışma Standartları Bürosu, 1965, Gürültüden doğan tehlikeleri önleme (Çev. Emirhan, R.), İTÜ Türk Teknik Haberleşme Merkezi Yayını
- [67] Anonim 2005 p, http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/noise_measurement.html, (Erişim: 10.10.2005)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [68] Rasmussen, P., 1999, Acoustic measurement, The Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook, CRC Press.
- [69] Kardous, C.A, Willson, R.D. and Murphy, W.J., 2005, Noise dosimeter for monitoring exposure to impulse noise, www.sciencedirect.com
- [70] Resmi Gazete, 2005, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2002/49/EC, 01.07.2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete
- [71] Sarp, K. S., ve ark., 2001, Biçerdöverlerde gürültü ve etkileri, 8. Ulusal Ergonomi Kongresi, İzmir
- [72] Anonim, 2006 r, Noise sources and their measurement, <http://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-2.pdf>, (Erişim: 02.01.2006)
- [73] Anonim, 2006 s, Vehicle sound measurement, <http://www.dep.state.fl.us/legal/Rules/general/62-18.pdf>, (Erişim: 02.01.2006)
- [74] Çam, N., 1999, Tekstil sanayinde var olan gürültünün çalışanların verimliliğine etkileri, Verimlilik Dergisi, MPM yayınları
- [75] Anonim, 2005.t, A guide for workers and employers, <http://www.nonoise.org/hearing/noisecon/noisecon.htm#Damping%20with%20absorbants>, (Erişim: 10.06.2005)
- [76] Demir, M., Konaklama işletmelerinde Ergonominin işgören verimliliği üzerine etkileri, Endüstri ilişkileri ve insan kaynakları dergisi, http://isguc.org/arc_view.php?ex=143, (Erişim: 10.06.2005)
- [77] Hassal, J.R. and Zaveri, K., 1998, Acoustic noise measurements, Brüel & Kjaer
- [78] Anonim, 2005 u, Methods for estimating hpd attenuation, http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/hcp/attenuation_estimation.html, (Erişim: 10.10.2005)
- [79] Anonim, 2006 v, Dokuma sözlüğü, <http://www.dokuma.org/dokszlk.htm>, (Erişim: 10.01.2006)
- [80] Yıldırım, Ş., Su, Ş. ve Uzmay, İ., 2004, Yapay sinir ağları kullanarak dokuma makinalarında tığ mekanizmalarının kinematik analizi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
- [81] Anonim, 2006 y, <http://www.seismo.unr.edu/ftp/pub/louie/class/333/contour/surfer.htm>, (Erişim: 10.01.2006).
- [82] Belgin, E. ve Çalışkan, M., 2004, Çalışma yaşamında gürültü ve işitmenin korunması, Türk Tabipler Birliği Yayınları, Ankara, 46-47.

Ek. 1. Anket Soruları

D.P.Ü.

Fen Bilimleri Enst. Endüstri Müh. Bölümü Yüksek Lisans Tez Çalışması Anket Formu

Sanayi İşletmelerinin ve Buralarda Çalışanların Ergonomik Açidan Mevcut Durumu

1. Adınız ve Soyadınız
2. Cinsiyetiniz [] Bay [] Bayan
3. Yaşınız?
4. Çalıştığınız bölümü belirtiniz
5. Kullanmış olduğunuz alet ve makineler nelerdir?
.....
6. Ne kadar süredir bu iş yerinde çalışıyorsunuz? Ay / Yıl
7. Günde kaç saat iş ortamında bulunuyorsunuz? saat
8. Günlük işinizi yerine getirirken, aşağıdaki çalışma ortamı faktörlerinden hangisi veya hangileri ile sürekli karşı karşıya kalmaktasınız?
[] Gürültü [] Titreşim
[] Aydınlatma ile ilgili problemler (Yetersiz aydınlatma, yansıma vb.)
[] Toz, gaz, vb. (Kimyasal faktörler) [] Sıcak / Soğuk (İklim faktörleri)
[] Diğer
9. Çalışma ortamınızda, diyalog içinde olduğunuz kişilerle, birbirinizi duymak veya anlamak için yakın durmak (20 – 40 cm) zorunda kalıyor musunuz?
[] Evet [] Hayır
10. Günlük çalışma süreniz boyunca ne tip bir gürültüye maruz kalıyorsunuz?
[] Sürekli Gürültü (Çalışma süresi boyunca, düzeyinde önemli bir değişikliğin olmadığı gürültü)
[] Kesikli, Aralıklı Gürültü (Çalışma süresi boyunca, düzeyinde düşme ve yükselmelerin olduğu gürültü)
11. Çalışma ortamınızda gürültü mevcut ise, bu gürültünün sebebi sizce aşağıdakilerden hangileri olabilir?
[] Tezgahların yüksek sesle çalışması
[] Çalışma ortamının yoğunluğu
[] Çalışma ortamının küçük olması
[] Makina, teçhizatın yanlış yerleştirilmesi

- Bakım, onarım çalışmalarının eksikliği
 Yalıtımın olmaması
 Diğer

12. Çalıştığınız yerdeki gürültü sizi rahatsız ediyorsa, ne gibi şikayetleriniz vardır? (Birden fazla seçenek işaretleyebilirsiniz)

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Kulak çınlaması | <input type="checkbox"/> Güçsüzlük, yorgunluk |
| <input type="checkbox"/> Kulak akıntısı | <input type="checkbox"/> Ateş basması, terleme |
| <input type="checkbox"/> Sinirlilik | <input type="checkbox"/> Karşılıklı konuşmalarda zorluk |
| <input type="checkbox"/> Uyku bozukluğu | <input type="checkbox"/> Hareketlerde yavaşlama |
| <input type="checkbox"/> Dikkatsizlik | <input type="checkbox"/> Göğüs sıkışması |
| <input type="checkbox"/> Baş ağrısı | <input type="checkbox"/> Bulantı, kusma |
| <input type="checkbox"/> Baş dönmesi | <input type="checkbox"/> Diğer |

13. Gürültüye karşı herhangi kişisel bir koruyucu kullanıyor musunuz? (Kulak tıkacı, başlık, kulaklık vb.)

- Evet Hayır

Kullanıyor iseniz, ismini belirtiniz

14. Kullanmış olduğunuz koruyucu gürültüyü engellemede sizce yeterlidir?

- Evet Hayır

15. Herhangi bir kişisel koruyucu kullanmıyor iseniz, bunun sebebi nedir?

- Kişisel koruyucuların olmaması
 Rahatsızlık yaratması (sıkması, bol gelmesi, çalışmayı engellemesi)
 Koruyucuların temiz olmaması
 Ortamdaki uyarıcıları duymama engel olması
 Diğer.....

16. İş yerinizde gürültüyü bir problem olarak görüyorsanız, sizce ne gibi önlemler alınabilir. Kısaca açıklayınız.

.....
.....

17. Bu işyerine girmeden önce herhangi bir işitme probleminiz var mıydı?

- Evet Hayır

18. Şuan işitme ile ilgili bir sıkıntınız var mı?

- Evet Hayır

19. Ortamdaki gürültü sorunu ortadan kaldırılsa, daha verimli ve istekli çalışabileceğinize inanıyor musunuz?

- Evet Hayır

Ek. 2. Akdemir Tekstil Fabrikası Ses Düzeyi Ölçüm Sonuçları

Ö.N.	Koordinat	1. Ölçümler (dBA)						2. Ölçümler (dBA)						3. Ölçümler (dBA)					
		Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90
1	x1, y1	91.2	93.3	90.1	91.6	91.2	90.6	92.6	93.9	91.0	93.5	92.6	91.7	93.8	95.0	92.0	94.6	93.8	92.6
2	x1, y2	92.5	94.4	89.8	93.6	92.5	90.6	93.8	95.2	91.9	94.6	93.9	92.6	95.7	97.5	92.0	96.8	95.9	93.5
3	x1, y3	90.1	92.6	89.1	91.1	90.0	89.6	93.4	94.3	92.6	93.8	93.4	93.0	94.0	95.2	92.8	94.7	93.9	93.2
4	x1, y4	89.8	90.6	88.8	90.2	89.8	89.2	94.0	96.7	92.6	95.0	93.8	93.1	94.1	95.2	93.2	94.6	94.1	93.6
5	x1, y5	89.8	90.8	89.0	90.2	89.8	89.4	93.4	95.0	92.1	94.1	93.4	92.6	95.0	96.1	93.8	95.6	94.9	94.4
6	x1, y6	88.8	89.6	87.9	89.2	88.8	88.4	92.4	94.3	92.0	94.0	93.7	92.2	93.4	94.2	92.6	94.0	93.8	93.1
7	x1, y7	87.1	89.4	85.6	88.3	87.0	86.2	94.3	95.8	93.0	95.2	94.2	93.6	96.1	97.3	93.6	96.8	96.1	95.2
8	x1, y8	86.3	87.7	84.9	87.0	86.3	85.4	91.3	92.6	89.3	92.1	91.4	89.9	94.0	95.3	92.2	94.8	94.2	92.8
9	x1, y9	89.4	90.8	82.6	90.2	89.5	88.2	93.2	95.4	89.5	94.6	93.3	90.4	95.5	97.6	91.7	96.9	95.9	92.4
10	x1, y10	93.4	96.6	81.4	95.5	93.7	83.0	87.6	89.4	86.0	88.3	87.7	86.4	89.6	91.5	87.5	90.5	89.8	88.1
11	x1, y11	88.2	89.8	86.0	89.1	88.3	86.7	85.7	86.5	84.6	86.1	85.7	85.0	88.7	89.3	87.6	88.9	88.4	87.7
12	x2, y1	88.9	90.6	87.5	90.1	88.6	88.0	92.5	93.5	91.4	93.1	92.5	91.9	94.5	96.0	93.3	95.0	94.8	93.8
13	x2, y2	90.8	92.0	89.4	91.4	90.9	89.8	92.7	93.7	91.6	93.2	92.8	92.1	94.3	95.2	93.6	94.7	94.2	93.9
14	x2, y3	91.1	92.2	90.0	91.7	91.1	90.5	92.6	94.2	91.2	93.3	92.6	91.7	94.9	97.9	93.7	95.5	94.8	94.2
15	x2, y4	91.2	92.5	89.2	91.9	91.2	90.1	92.4	93.9	91.1	92.9	92.4	91.8	94.7	95.4	93.9	95.1	94.7	94.3
16	x2, y5	90.2	90.9	89.3	90.6	90.2	89.8	93.4	95.0	92.1	94.1	93.4	92.6	95.0	95.7	94.2	95.4	95.0	94.9
17	x2, y6	90.6	91.7	89.5	91.2	90.6	90.1	92.9	93.2	92.5	93.0	92.8	92.7	94.3	95.1	93.7	94.7	94.3	94.0
18	x2, y7	86.9	87.9	86.2	87.3	86.9	86.5	93.8	95.1	93.0	94.5	93.8	93.4	94.7	95.8	91.9	95.3	94.9	92.5
19	x2, y8	83.7	86.8	82.7	84.2	83.7	83.2	91.6	93.5	88.8	92.4	91.7	90.2	94.1	95.1	92.1	94.7	94.2	92.8
20	x2, y9	88.7	90.2	86.4	89.6	88.8	86.8	91.2	92.6	89.2	92.1	91.2	89.8	94.2	95.9	91.9	95.2	94.3	92.8
21	x2, y10	91.5	93.2	88.4	92.5	91.5	89.8	87.8	89.0	86.3	88.6	88.0	86.7	89.9	90.8	86.0	90.6	89.6	88.6
22	x2, y11	88.6	90.2	86.7	89.6	88.7	87.3	86.2	87.3	84.7	86.8	86.3	85.5	88.5	89.5	87.3	89.2	88.8	87.6
23	x3, y1	90.7	91.9	89.7	91.1	90.7	90.2	94.5	95.3	93.6	94.9	94.5	94.1	95.0	95.9	94.4	95.5	95.0	94.8
24	x3, y2	90.7	91.6	89.3	91.2	90.8	90.0	94.0	94.7	93.3	94.4	94.0	93.6	94.6	95.2	93.9	95.0	94.6	94.2
25	x3, y3	91.6	93.4	90.5	92.1	91.6	91.1	94.4	96.2	92.0	95.4	94.5	92.8	95.7	97.2	93.3	96.6	95.8	94.1
26	x3, y4	93.8	96.1	91.3	95.0	93.9	92.0	93.6	94.3	92.8	94.0	93.6	93.2	95.3	96.4	94.1	95.9	95.4	94.6
27	x3, y5	90.1	91.0	89.2	90.6	90.1	89.6	94.0	95.2	92.9	94.6	94.0	93.3	95.4	96.3	94.9	95.8	95.4	95.1
28	x3, y6	91.8	92.8	90.8	92.3	91.8	91.3	91.7	92.3	90.9	92.0	91.7	91.3	93.4	93.9	92.9	93.5	93.2	93.0
29	x3, y7	88.7	89.5	88.0	89.1	88.7	88.3	94.7	95.9	93.2	95.4	94.6	94.0	95.3	97.6	91.9	96.0	95.3	94.6
30	x3, y8	86.3	90.3	84.5	86.8	86.3	85.5	91.8	93.5	89.9	92.8	91.8	90.5	94.5	96.7	91.3	95.8	94.6	92.3

Ö.N.	Koordinat	1. Ölçümler (dBA)						2. Ölçümler (dBA)						3. Ölçümler (dBA)					
		Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90
31	x3. y9	86.5	88.1	85.4	87.1	86.5	85.8	89.7	90.9	88.0	90.4	89.7	88.7	93.2	94.4	91.4	93.9	93.3	92.2
32	x3. y10	89.8	92.4	85.8	91.5	89.9	86.7	87.7	88.8	86.2	88.4	87.8	86.7	90.4	91.6	88.7	91.1	90.4	89.3
33	x3. y11	86.7	88.3	85.1	87.3	86.7	85.7	87.0	87.9	85.9	87.5	87.1	86.2	88.8	89.9	87.5	89.4	88.8	88.0
34	x4. y1	90.7	91.6	89.9	91.1	90.7	90.4	94.3	95.0	93.5	94.6	94.3	94.0	94.2	94.8	93.3	94.5	94.2	93.8
35	x4. y2	91.7	93.2	90.9	92.2	91.7	91.3	94.5	95.2	93.8	94.8	94.5	94.2	95.5	96.2	94.8	95.8	95.5	95.2
36	x4. y3	91.5	92.3	90.4	91.9	91.5	90.8	94.7	95.5	93.8	95.2	94.7	94.2	95.0	95.8	94.1	95.5	95.0	94.4
37	x4. y4	91.7	92.7	90.6	92.3	91.7	91.0	94.1	94.8	93.3	94.5	94.1	93.7	95.1	95.8	94.3	95.5	95.1	94.6
38	x4. y5	91.9	93.0	90.8	92.4	92.0	91.3	92.5	93.3	91.8	92.8	92.5	92.2	93.9	94.8	93.2	94.4	93.9	93.5
39	x4. y6	92.4	93.2	91.3	92.8	92.4	91.9	91.6	92.3	90.1	91.9	91.6	91.1	93.7	100.7	92.9	93.9	93.5	93.2
40	x4. y7	91.7	92.4	90.9	92.1	91.7	91.3	90.4	91.4	89.6	90.8	90.4	90.0	92.9	94.1	92.2	93.3	92.9	92.5
41	x4. y8	89.0	90.3	87.8	89.8	88.7	88.1	90.0	91.0	88.7	90.6	90.1	89.1	92.3	93.7	90.9	92.9	92.4	91.5
42	x4. y9	88.5	87.6	85.6	87.4	87.1	86.5	88.3	89.3	86.8	88.9	88.4	87.5	91.2	92.3	89.2	91.9	91.4	89.9
43	x4. y10	88.5	87.6	85.6	87.4	87.1	86.5	87.5	88.6	86.0	88.0	87.6	86.7	88.9	89.9	87.5	89.5	89.0	88.0
44	x4. y11	87.3	89.0	85.3	88.3	87.4	85.8	86.9	87.9	85.3	87.4	87.0	86.1	87.5	88.9	85.6	88.3	87.5	86.3
45	x5. y1	90.0	91.7	84.4	90.5	90.2	85.4	94.6	95.4	93.7	94.9	94.6	94.3	94.9	96.2	94.0	95.3	94.9	94.3
46	x5. y2	96.0	97.5	94.3	96.8	96.0	95.1	96.3	96.8	95.3	96.6	96.3	95.9	96.9	97.5	96.2	97.3	96.9	96.5
47	x5. y3	92.6	93.7	89.2	93.4	92.7	89.7	97.7	99.1	96.5	98.4	97.6	97.0	96.6	97.3	95.8	97.0	96.6	96.2
48	x5. y4	95.5	97.1	92.0	96.7	96.0	95.4	92.5	93.3	91.8	93.0	92.7	92.1	95.6	96.3	94.8	95.9	95.7	95.3
49	x5. y5	92.7	93.5	92.0	93.1	92.7	92.3	92.0	92.6	91.2	92.3	92.0	91.7	93.2	94.2	92.5	93.8	93.2	92.8
50	x5. y6	95.5	97.1	94.4	96.2	95.4	94.9	92.0	92.6	91.3	92.3	92.0	91.7	93.2	94.2	92.6	93.6	93.2	92.9
51	x5. y7	92.5	93.2	91.7	92.8	92.5	92.2	91.3	92.3	90.5	91.7	91.3	90.9	92.7	94.4	92.0	93.2	92.7	92.3
52	x5. y8	89.2	91.0	88.0	90.2	89.2	88.6	90.3	91.3	89.3	90.8	90.4	89.8	90.7	91.6	89.4	91.3	90.7	90.0
53	x5. y9	87.9	88.6	87.3	88.2	87.9	87.6	87.8	88.8	86.1	88.4	87.8	87.0	90.1	91.4	88.8	90.7	90.1	89.4
54	x5. y10	86.2	87.3	84.6	86.8	86.2	85.6	87.1	88.0	85.9	87.6	86.7	86.3	87.9	89.5	86.4	88.7	88.0	87.0
55	x5. y11	86.1	87.3	84.5	86.8	86.1	85.5	86.4	87.5	84.7	87.0	86.6	85.3	86.5	87.6	85.2	87.1	86.6	85.7
56	x6. y1	88.8	89.6	88.1	89.1	88.8	88.4	94.7	96.6	91.8	95.9	95.4	92.1	96.1	96.8	95.5	96.5	96.1	95.8
57	x6. y2	90.8	92.3	84.1	91.4	91.0	89.7	95.6	96.2	94.1	96.0	95.7	94.4	96.1	96.7	95.4	96.3	96.1	95.8
58	x6. y3	90.1	92.0	89.0	90.8	90.0	89.4	96.4	97.1	95.7	96.7	96.3	96.0	96.7	97.9	96.0	97.4	96.7	96.3
59	x6. y4	90.8	91.6	89.8	91.2	90.8	90.4	95.5	96.2	95.0	95.9	95.5	95.2	96.5	97.7	96.4	97.5	96.8	96.7
60	x6. y5	94.7	96.1	93.9	95.3	94.6	94.2	92.2	93.1	91.5	92.9	92.1	91.7	93.3	94.1	92.5	93.6	93.3	92.9

Ö.N.	Koordinat	1. Ölçümler (dBA)						2. Ölçümler (dBA)						3. Ölçümler (dBA)					
		Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90
61	x6. y6	92.3	93.5	91.1	92.8	92.3	91.7	91.3	92.2	91.0	92.1	91.8	91.4	93.3	94.1	92.6	93.7	93.3	93.0
62	x6. y7	89.7	91.6	88.7	90.2	89.2	89.0	89.3	90.3	88.3	89.8	89.2	88.8	91.9	93.5	91.1	92.4	91.9	91.4
63	x6. y8	84.3	85.7	82.1	85.0	84.2	82.8	88.5	90.2	87.6	89.3	88.4	87.9	87.6	89.8	85.3	88.6	87.6	86.2
64	x6. y9	84.1	85.1	83.0	84.7	84.2	83.4	87.1	88.2	86.1	87.5	87.1	86.6	87.8	89.2	86.1	88.6	87.9	86.6
65	x6. y10	86.1	87.2	84.5	86.7	86.0	85.6	86.9	87.9	85.8	87.4	86.9	86.2	86.9	88.2	85.1	87.8	86.9	85.9
66	x6. y11	86.0	87.0	84.4	86.7	86.1	85.4	86.0	86.9	84.1	86.6	86.1	84.6	86.0	87.2	84.4	86.6	86.1	85.1
67	x7. y1	88.6	89.4	87.9	88.9	88.6	88.2	95.0	95.7	94.4	95.3	95.0	94.7	96.1	96.7	95.0	96.5	96.1	95.7
68	x7. y2	87.0	87.9	85.8	87.4	87.0	86.4	95.3	96.0	94.7	95.6	95.3	95.0	95.9	96.4	95.1	96.1	95.9	95.6
69	x7. y3	88.3	90.8	87.0	89.8	87.7	87.3	95.7	96.7	94.6	96.2	95.7	95.2	96.3	97.1	95.5	96.7	96.4	95.9
70	x7. y4	91.9	93.2	90.3	92.7	92.0	90.8	95.1	95.9	94.4	95.6	95.0	94.7	96.2	96.9	95.7	96.8	96.5	96.0
71	x7. y5	94.0	95.3	93.1	94.6	94.0	93.5	92.3	93.2	91.5	92.9	92.0	91.6	93.3	94.0	92.3	93.5	93.1	92.7
72	x7. y6	92.5	93.6	91.6	92.9	92.5	92.1	91.6	92.3	90.8	91.9	91.6	91.2	92.7	93.4	92.0	93.2	92.7	92.3
73	x7. y7	90.8	91.4	90.1	91.1	90.8	90.5	89.1	90.0	88.0	89.7	89.0	88.6	90.8	91.6	90.0	91.2	90.8	90.2
74	x7. y8	84.2	85.5	82.1	85.1	84.2	82.6	88.5	89.9	87.9	89.0	88.2	88.0	87.1	88.2	85.6	87.7	87.2	86.2
75	x7. y9	84.1	85.0	82.9	84.6	84.0	83.2	87.1	88.0	86.0	87.0	86.7	86.4	88.2	89.3	86.7	88.8	88.2	87.3
76	x7. y10	86.1	87.1	84.5	86.5	86.0	85.6	86.7	87.0	85.6	86.7	86.4	85.9	85.8	87.1	83.9	86.6	86.0	84.6
77	x7. y11	86.0	87.0	84.4	86.7	86.1	85.4	86.0	86.2	84.3	85.9	85.6	85.1	85.7	86.8	84.1	86.3	85.8	84.7

Ek. 3. Sarıoğlu Tekstil Fabrikası Ses Düzeyi Ölçüm Sonuçları

Ö.N.	Koordinat	1. Ölçümler (dBA)						2. Ölçümler (dBA)						3. Ölçümler (dBA)					
		Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90
1	x1, y1	91.6	93.4	90.7	92.1	91.6	91.1	93.0	93.8	92.2	93.5	93.0	92.5	93.9	95.3	91.9	94.3	93.9	93.4
2	x1, y2	92.0	93.3	91.2	92.4	92.0	91.6	94.1	95.0	93.4	94.6	94.1	93.7	93.5	94.4	92.6	93.9	93.5	93.0
3	x1, y3	92.4	93.3	91.6	92.8	92.3	91.9	93.4	94.3	92.7	93.9	93.4	93.0	93.8	94.7	92.9	94.2	93.8	93.3
4	x1, y4	93.4	95.8	90.8	93.9	93.3	92.8	93.1	94.3	92.1	93.8	93.1	92.5	93.9	94.8	93.0	94.3	93.9	93.4
5	x1, y5	93.5	94.4	92.8	93.8	93.5	93.2	93.8	94.6	93.2	94.2	93.8	93.5	94.0	94.9	93.1	94.4	94.0	93.5
6	x1, y6	94.6	95.5	93.2	95.2	94.7	93.6	93.7	94.3	93.1	94.0	93.7	93.5	94.5	95.4	93.6	94.9	94.5	94.0
7	x1, y7	92.5	93.3	92.0	92.8	92.5	92.3	95.0	95.7	94.4	95.3	95.0	94.7	94.6	95.5	93.7	95.1	94.6	94.1
8	x1, y8	92.9	93.9	91.8	93.3	93.0	92.5	95.1	95.8	94.4	95.5	95.1	94.8	96.6	99.0	93.7	97.1	96.6	96.1
9	x1, y9	92.0	93.1	90.7	92.6	92.0	91.2	90.6	91.3	90.0	90.9	90.6	90.3	92.2	93.1	91.4	92.6	92.2	91.8
10	x1, y10	91.1	91.5	89.2	91.2	90.0	89.6	90.0	90.6	89.5	90.3	90.0	89.8	92.9	94.3	91.9	93.3	92.9	92.5
11	x2, y1	93.2	93.6	92.6	93.5	93.2	92.8	93.3	94.0	92.7	93.7	93.3	93.0	92.0	94.2	89.5	92.4	92.0	91.6
12	x2, y2	93.5	95.2	91.8	94.3	93.7	92.1	93.2	93.9	92.5	93.5	93.2	93.0	93.9	94.8	93.0	94.3	93.9	93.4
13	x2, y3	93.3	94.6	92.6	93.7	93.4	92.9	92.5	93.3	91.8	93.0	92.5	91.9	93.6	94.5	92.7	94.0	93.6	93.1
14	x2, y4	93.6	94.5	92.7	94.0	93.6	93.1	93.2	94.2	92.5	93.6	93.2	92.9	93.3	94.2	92.4	93.7	93.3	92.8
15	x2, y5	92.1	92.9	91.5	92.6	92.1	91.8	94.6	95.8	94.0	95.0	94.6	94.3	94.4	95.2	93.4	94.8	94.4	93.9
16	x2, y6	94.4	95.2	93.9	94.7	94.4	94.1	94.8	95.5	94.3	95.1	94.8	94.5	94.9	95.6	93.9	95.3	95.0	94.7
17	x2, y7	95.9	96.5	95.3	96.3	95.9	95.6	95.0	95.9	94.1	95.4	95.0	94.5	97.3	98.0	96.7	97.7	97.3	97.0
18	x2, y8	94.2	94.7	93.6	94.5	94.2	94.0	93.5	94.9	92.4	94.2	93.5	92.8	94.4	95.3	93.5	94.8	94.4	93.9
19	x2, y9	94.7	95.5	94.0	95.1	94.7	94.4	92.6	93.4	91.8	93.0	92.6	92.1	93.8	94.7	92.9	94.2	93.8	93.3
20	x2, y10	91.5	92.5	90.9	92.1	91.5	91.2	91.2	92.2	91.1	92.1	91.9	91.5	92.2	93.1	91.4	92.6	92.2	91.8
21	x3, y1	91.6	93.0	90.8	92.4	91.4	91.1	94.0	95.1	93.1	94.5	94.0	93.5	93.5	94.4	92.6	93.9	93.5	93.0
22	x3, y2	93.5	94.4	92.0	94.0	93.5	92.8	93.0	94.0	91.8	93.7	93.4	92.8	93.3	94.2	92.4	93.7	93.3	92.8
23	x3, y3	92.1	92.7	90.3	91.7	91.0	90.7	94.0	95.2	90.5	94.9	94.2	91.7	93.8	94.7	92.9	94.2	93.8	93.3
24	x3, y4	94.1	95.4	93.2	94.8	94.1	93.5	94.4	95.3	92.8	95.0	94.7	93.8	94.6	95.5	93.7	95.1	94.6	94.1
25	x3, y5	90.3	92.0	89.3	90.7	90.3	89.8	95.7	96.6	94.7	96.2	95.7	95.1	95.5	96.4	94.5	96.0	95.5	95.0
26	x3, y6	95.8	96.9	95.0	96.3	95.7	95.4	94.0	94.8	92.7	94.5	94.0	93.1	94.4	95.3	93.5	94.8	94.4	93.9
27	x3, y7	93.6	94.5	93.0	94.1	93.6	93.3	95.7	96.7	94.4	96.3	95.7	95.0	95.5	96.4	94.5	96.0	95.5	95.0
28	x3, y8	96.6	98.0	95.7	97.3	96.5	96.0	96.4	98.2	95.8	97.5	96.3	96.0	96.8	97.7	95.7	97.3	96.8	96.3
29	x3, y9	92.8	93.4	92.1	93.2	92.8	92.4	96.1	97.1	95.1	96.6	96.1	95.6	95.8	96.7	94.8	96.3	95.8	95.3
30	x3, y10	91.5	92.0	91.0	91.7	91.5	91.2	91.9	92.4	91.3	92.2	91.9	91.5	91.8	92.7	91.0	92.2	91.8	91.4

Ö.N.	Koordinat	1. Ölçümler (dBA)						2. Ölçümler (dBA)						3. Ölçümler (dBA)					
		Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90
31	x4, y1	88.9	92.1	88.0	89.5	88.9	88.9	94.4	95.0	93.5	94.7	94.4	94.0	94.4	95.0	93.8	94.7	94.4	94.1
32	x4, y2	91.9	95.1	91.2	92.0	91.9	91.6	93.7	95.0	93.1	94.2	93.7	93.4	93.5	97.7	92.6	93.9	93.5	93.0
33	x4, y3	91.9	92.5	90.1	91.7	91.0	90.5	92.8	93.4	92.1	93.1	92.8	92.5	93.0	93.9	92.1	93.4	93.0	92.6
34	x4, y4	92.5	93.5	91.8	92.9	92.5	92.1	92.5	93.6	91.7	93.0	92.4	92.0	92.8	93.7	92.0	93.2	92.8	92.4
35	x4, y5	93.4	94.8	92.7	93.8	93.4	93.2	94.6	95.3	93.8	95.0	94.6	94.3	96.0	96.7	95.3	96.3	96.0	95.6
36	x4, y6	93.4	94.8	92.7	93.8	93.4	93.0	94.3	95.0	93.7	94.6	94.3	94.1	94.2	95.1	93.3	94.6	94.2	93.7
37	x4, y7	93.8	94.6	93.1	94.2	93.8	93.5	94.2	94.8	93.4	94.5	94.2	93.9	95.9	96.6	95.3	96.2	95.9	95.6
38	x4, y8	92.4	93.0	91.7	92.7	92.3	91.7	91.1	92.3	90.1	91.1	90.7	90.4	92.2	93.1	91.4	92.6	92.2	91.8
39	x4, y9	92.3	93.3	91.3	92.7	92.3	91.7	91.7	92.4	91.0	92.1	91.7	91.4	92.0	92.9	91.2	92.4	92.0	91.6
40	x4, y10	90.4	91.4	90.0	91.0	90.4	90.2	90.9	91.7	90.1	91.4	90.9	90.4	91.0	91.9	90.2	91.4	91.0	90.6
41	x5, y1	90.1	91.4	89.2	90.5	90.1	89.7	95.0	95.7	94.5	95.3	95.0	94.7	94.9	95.7	94.2	95.4	94.9	94.4
42	x5, y2	95.7	96.7	94.5	96.3	95.7	95.2	94.1	94.7	93.4	94.4	93.8	93.6	94.3	95.2	93.4	94.7	94.3	93.8
43	x5, y3	95.8	96.9	93.9	96.8	95.9	95.8	92.7	93.7	90.5	93.3	92.7	91.0	94.4	95.3	93.5	94.8	94.4	93.9
44	x5, y4	93.4	94.0	92.8	93.7	93.4	93.0	92.3	92.9	91.8	92.6	92.3	92.0	93.5	94.4	92.6	93.9	93.5	93.0
45	x5, y5	96.8	98.4	94.6	97.0	96.1	95.9	94.8	95.6	94.1	95.2	94.7	94.4	95.5	96.4	94.5	96.0	95.5	95.0
46	x5, y6	95.1	96.3	93.8	95.8	95.1	94.5	93.2	93.8	92.5	93.5	93.2	92.9	94.6	95.4	93.9	95.1	94.6	94.1
47	x5, y7	97.1	98.7	96.1	97.7	97.1	96.6	94.4	95.2	93.8	94.7	94.4	94.1	95.6	96.5	94.6	96.1	95.6	95.1
48	x5, y8	94.3	95.2	93.6	94.6	94.3	94.0	91.4	92.2	89.6	91.8	91.5	90.2	94.1	95.0	93.2	94.5	94.1	93.6
49	x5, y9	91.1	91.8	90.4	91.4	91.1	90.7	90.5	91.2	90.0	90.8	90.5	90.2	91.0	91.9	90.2	91.4	91.0	90.6
50	x5, y10	90.1	90.8	89.9	90.6	90.4	90.0	89.8	90.3	89.2	90.0	89.8	89.3	90.8	91.7	90.0	91.2	90.8	90.4
51	x6, y1	95.7	96.7	94.5	96.3	95.7	95.2	95.7	96.1	95.2	96.0	95.8	95.3	96.7	97.2	96.1	96.9	96.7	96.4
52	x6, y2	92.0	93.0	91.0	92.4	91.9	91.4	94.8	95.1	94.4	95.0	94.8	94.5	94.4	95.3	93.5	94.8	94.4	93.9
53	x6, y3	95.5	96.5	94.7	95.9	95.5	95.1	95.1	95.4	94.8	95.3	95.1	95.0	96.1	97.1	94.8	96.6	96.1	95.6
54	x6, y4	93.1	93.8	92.4	93.4	93.1	92.7	93.9	94.2	93.5	94.1	93.9	93.6	94.2	95.1	93.3	94.6	94.2	93.7
55	x6, y5	94.4	95.1	94.0	95.0	94.4	94.1	94.6	95.3	93.9	95.0	94.6	94.2	96.0	96.5	95.3	96.2	96.0	95.7
56	x6, y6	91.4	92.1	90.4	91.7	91.3	91.0	93.5	94.3	92.8	93.8	93.5	93.2	93.3	94.2	92.4	93.7	93.3	92.8
57	x6, y7	92.6	93.4	91.7	93.0	92.6	92.2	92.0	92.9	91.1	92.5	92.0	91.6	92.8	93.7	92.0	93.2	92.8	92.4
58	x6, y8	92.0	92.7	91.3	92.3	92.0	91.7	89.8	90.5	89.2	90.3	89.8	89.5	91.1	93.2	90.2	91.5	91.1	90.7
59	x6, y9	89.5	90.2	89.0	89.8	89.5	89.3	89.8	90.4	89.2	90.1	89.8	89.5	91.4	93.7	89.1	91.8	91.4	91.0
60	x6, y10	85.4	86.2	84.6	85.8	85.4	85.0	89.2	89.8	88.6	89.5	89.2	88.9	90.2	91.1	89.4	90.6	90.2	89.8

Ö.N.	Koordinat	1. Ölçümler (dBA)						2. Ölçümler (dBA)						3. Ölçümler (dBA)					
		Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90
61	x7, y1	89.3	90.1	88.6	89.6	89.3	89.0	97.2	97.9	96.5	97.6	97.2	96.9	96.7	97.6	95.6	97.2	96.7	96.2
62	x7, y2	90.5	91.4	89.7	90.9	90.5	90.1	95.3	95.6	94.4	95.4	95.1	94.8	97.9	98.9	96.8	98.4	97.9	97.4
63	x7, y3	97.9	99.3	95.7	98.6	97.9	97.6	96.2	96.9	95.4	96.5	96.2	95.8	96.5	97.2	95.8	96.8	96.5	96.2
64	x7, y4	92.6	93.5	91.7	93.0	92.6	92.2	95.1	95.9	94.5	95.4	95.1	94.7	95.5	96.4	94.5	96.0	95.5	95.0
65	x7, y5	94.0	95.0	93.0	94.6	94.3	93.9	94.5	95.2	93.5	94.9	94.5	94.1	94.5	95.4	93.6	94.9	94.5	94.0
66	x7, y6	91.8	93.1	90.8	92.9	92.4	91.6	92.8	93.4	92.0	93.0	92.7	92.5	94.7	95.2	94.0	94.9	94.7	94.4
67	x7, y7	90.9	92.2	89.0	91.8	91.3	90.1	91.1	92.5	89.9	91.8	91.2	90.2	91.4	92.3	90.6	91.8	91.4	91.0
68	x7, y8	88.2	89.2	87.5	88.5	88.2	87.9	89.5	90.1	88.8	89.9	89.5	89.2	90.2	91.1	89.4	90.6	90.2	89.8
69	x7, y9	89.8	90.5	89.0	90.2	89.8	89.4	88.5	89.0	87.8	88.8	88.5	88.2	89.7	90.6	88.9	90.1	89.7	89.3
70	x7, y10	89.5	90.2	89.0	89.8	89.5	89.3	88.5	89.2	87.7	88.9	88.5	88.2	89.6	91.8	88.5	90.0	89.6	89.2

Ek. 4. Erefe Tekstil Fabrikası Ses Düzeyi Ölçüm Sonuçları

Ö.N.	Koordinat	1. Ölçümler (dBA)						2. Ölçümler (dBA)						3. Ölçümler (dBA)					
		Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90
1	x1, y1	90.4	91.7	88.9	91.3	90.4	89.6	92.8	94.2	90.7	93.1	92.4	90.8	92.6	93.6	91.7	93.1	92.6	92.1
2	x1, y2	91.6	93.9	89.5	92.5	91.7	90.4	92.6	93.9	90.8	93.3	92.8	91.3	93.0	94.0	92.0	93.5	93.0	92.5
3	x1, y3	93.7	94.7	92.4	94.4	93.9	92.5	91.8	93.4	91.4	92.9	92.3	91.7	93.6	94.6	92.6	94.1	93.6	93.0
4	x1, y4	92.6	94.2	90.8	93.6	92.6	91.5	92.8	94.0	91.5	93.7	92.8	92.0	93.0	94.0	92.0	93.5	93.0	92.5
5	x1, y5	98.9	99.8	98.0	99.4	98.9	98.4	95.6	96.8	94.2	96.3	95.6	94.9	98.4	100.9	92.1	99.0	98.4	97.8
6	x1, y6	94.2	95.1	93.6	94.6	94.2	93.9	95.6	96.7	94.8	96.2	95.5	95.1	95.0	96.1	93.9	95.5	95.0	94.4
7	x1, y7	94.6	95.4	93.0	95.1	94.7	93.5	95.4	97.0	92.7	95.9	95.4	95.1	95.5	96.6	94.3	96.0	95.5	94.9
8	x1, y8	94.5	95.9	92.0	95.1	94.5	93.8	96.7	98.1	95.7	97.4	96.7	96.1	94.7	95.9	93.3	95.2	94.7	94.1
9	x1, y9	91.4	92.3	90.4	91.8	91.4	90.7	93.9	94.5	93.3	94.2	93.9	93.6	92.8	93.8	91.9	93.3	92.8	92.3
10	x2, y1	91.3	92.1	90.7	91.7	91.5	91.0	93.4	93.9	92.5	93.6	93.4	92.8	93.3	94.3	92.3	93.8	93.3	92.8
11	x2, y2	92.1	92.8	91.1	92.5	92.1	91.6	93.6	94.6	92.6	94.2	93.6	93.0	93.7	94.8	92.7	94.2	93.7	93.1
12	x2, y3	92.4	93.4	91.6	93.0	92.8	92.2	94.4	94.8	93.4	94.5	94.4	93.8	94.0	95.1	93.0	94.5	94.0	93.4
13	x2, y4	92.5	93.2	91.3	92.6	92.0	91.7	94.7	95.6	93.9	95.1	94.8	94.3	94.0	95.4	92.0	94.5	94.0	93.4
14	x2, y5	98.9	100.4	97.9	99.6	98.9	98.4	98.6	99.4	97.6	99.0	98.6	98.2	98.5	99.6	97.1	99.1	98.6	97.9
15	x2, y6	95.2	95.9	94.4	95.6	95.2	94.9	96.8	97.6	95.3	97.2	96.0	95.7	96.5	97.6	95.3	97.1	96.5	95.9
16	x2, y7	96.5	97.2	95.8	96.9	96.5	96.1	97.5	98.3	97.2	98.1	97.8	97.5	97.7	98.8	96.4	98.3	97.7	97.1
17	x2, y8	97.7	99.9	95.5	98.8	97.7	96.7	98.0	98.8	97.2	98.5	98.0	97.6	98.1	99.2	96.7	98.7	98.1	97.5
18	x2, y9	92.6	93.5	91.9	93.2	92.6	91.9	95.0	95.7	94.5	95.3	95.0	94.7	94.8	95.9	93.5	95.3	94.8	94.2
19	x3, y1	91.7	93.5	89.9	92.7	91.8	90.5	94.7	95.7	93.9	95.3	94.8	94.0	93.0	94.6	89.5	93.5	93.0	92.5
20	x3, y2	90.4	91.5	89.1	91.0	90.3	89.8	94.0	94.9	93.3	94.5	94.0	93.7	91.2	92.2	90.4	91.7	91.2	90.7
21	x3, y3	92.6	93.6	91.7	93.2	92.6	92.1	95.1	97.0	93.9	96.2	95.4	94.3	91.4	96.3	87.8	91.9	91.4	90.9
22	x3, y4	91.6	92.7	90.4	92.3	91.7	90.7	94.7	95.5	93.9	95.1	94.8	94.3	93.3	94.3	92.3	93.8	93.3	92.8
23	x3, y5	98.2	100.0	96.2	98.9	98.2	97.3	96.8	97.6	96.1	97.2	96.8	96.4	96.8	98.6	95.5	97.4	96.8	96.2
24	x3, y6	92.8	93.5	92.1	93.5	92.8	92.5	94.8	95.3	93.3	95.2	94.9	93.8	94.6	95.7	93.5	95.1	94.6	94.0
25	x3, y7	96.6	97.6	95.5	97.2	96.6	96.2	97.4	98.9	92.6	98.3	97.7	93.5	97.5	98.6	96.2	98.1	97.5	96.9
26	x3, y8	96.8	99.6	95.2	98.4	98.1	96.6	98.1	98.9	94.2	98.6	98.1	97.3	98.2	99.3	96.8	98.8	98.2	97.6
27	x3, y9	94.7	95.6	94.5	95.3	95.0	94.6	94.3	95.2	93.8	94.8	94.3	94.0	94.6	95.7	93.5	95.1	94.6	94.0
28	x4, y1	91.5	94.9	90.4	92.6	91.3	90.8	93.2	93.9	92.4	93.3	93.2	92.8	92.4	93.7	91.3	92.9	92.4	91.9
29	x4, y2	91.9	92.6	91.3	92.3	91.9	91.6	93.6	94.4	92.9	93.9	93.5	93.2	93.0	94.0	92.0	93.5	93.0	92.5
30	x4, y3	91.6	92.5	90.7	92.1	91.6	91.0	94.0	95.4	93.3	94.6	93.9	93.6	93.8	94.9	92.8	94.3	93.8	93.2

Ö.N.	Koordinat	1. Ölçümler (dBA)						2. Ölçümler (dBA)						3. Ölçümler (dBA)					
		Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90
31	x4, y4	92.8	93.6	91.1	93.3	92.9	91.5	94.5	95.1	93.8	94.9	94.5	94.2	93.6	94.6	92.6	94.1	93.6	93.0
32	x4, y5	92.9	94.1	92.8	93.2	92.7	92.4	94.6	95.7	93.9	95.2	94.5	94.1	95.0	95.9	94.0	95.5	95.0	94.4
33	x4, y6	93.1	94.3	91.7	93.9	93.4	92.1	94.9	95.3	94.0	94.9	94.8	94.3	95.2	96.3	94.1	95.7	95.2	94.6
34	x4, y7	92.1	94.3	91.3	92.4	92.0	91.6	94.7	95.6	94.4	95.2	94.9	94.5	96.0	96.9	93.9	96.6	96.0	95.4
35	x4, y8	92.6	94.1	92.4	93.2	92.9	92.5	94.3	94.9	93.7	94.6	94.3	94.0	94.6	95.7	93.5	95.1	94.6	94.0
36	x4, y9	92.1	94.4	91.8	94.2	93.8	91.9	93.3	94.6	92.4	93.9	93.3	92.9	93.1	94.1	92.1	93.6	93.1	92.6
37	x5, y1	92.8	94.0	91.5	93.3	92.8	92.2	93.1	93.9	92.4	93.5	93.2	92.6	93.2	94.5	92.3	93.7	93.2	92.7
38	x5, y2	94.3	95.5	93.4	94.9	94.2	93.8	94.6	95.6	93.7	95.2	94.6	94.1	94.5	95.6	93.4	95.0	94.5	93.9
39	x5, y3	93.1	93.9	92.2	93.6	93.1	92.8	93.6	95.4	92.7	94.6	93.6	93.0	93.3	94.3	92.3	93.8	93.3	92.8
40	x5, y4	94.5	97.9	92.6	95.1	94.5	94.0	94.7	95.6	93.6	95.0	94.7	94.2	93.8	94.7	92.3	94.3	93.8	93.2
41	x5, y5	94.0	94.9	92.9	94.5	94.0	93.7	94.0	95.0	93.2	94.7	94.1	93.9	94.6	95.7	93.5	95.1	94.6	94.0
42	x5, y6	93.8	95.9	92.3	94.4	93.9	93.0	93.9	95.1	93.0	94.4	93.8	93.5	94.2	95.3	93.2	94.7	94.2	93.6
43	x5, y7	92.1	93.2	91.3	92.8	91.9	91.5	94.8	95.5	94.3	95.1	94.8	94.5	93.4	94.9	91.3	93.9	93.4	92.8
44	x5, y8	90.9	92.2	90.0	91.8	90.7	90.4	94.0	95.5	93.3	94.5	93.9	93.6	92.0	93.4	90.3	92.5	92.0	91.5
45	x5, y9	89.2	89.8	88.6	89.5	89.2	88.9	93.7	94.4	92.5	94.1	93.8	92.9	93.5	94.5	92.5	94.0	93.5	92.9
46	x6, y1	93.9	94.9	93.0	94.4	93.9	93.4	94.0	94.9	92.8	94.5	93.9	93.4	93.4	94.9	91.7	93.9	93.4	92.8
47	x6, y2	93.5	94.0	92.8	93.8	93.5	93.2	94.3	95.0	93.6	94.6	94.3	93.9	94.2	95.3	93.2	94.7	94.2	93.6
48	x6, y3	93.6	94.2	93.0	93.9	93.5	93.2	94.5	95.6	93.6	95.0	94.5	94.0	93.1	95.2	91.3	93.6	93.1	92.6
49	x6, y4	92.1	93.5	91.5	92.6	92.1	91.8	93.8	94.6	92.9	94.3	93.8	93.4	92.9	93.9	92.0	93.4	92.9	92.4
50	x6, y5	94.2	94.9	93.4	94.6	94.3	93.8	94.3	95.2	93.3	94.8	94.2	93.7	94.1	95.2	93.1	94.6	94.1	93.5
51	x6, y6	91.6	92.6	90.9	91.9	91.6	91.3	93.9	94.9	93.1	94.5	93.8	93.4	93.3	94.3	92.3	93.8	93.3	92.8
52	x6, y7	91.3	92.1	90.5	91.6	91.3	90.9	93.5	94.1	93.0	93.8	93.5	93.3	92.9	100.1	90.2	93.4	92.9	92.4
53	x6, y8	90.5	91.4	89.9	90.8	90.5	90.3	92.9	93.6	92.3	93.3	92.8	92.6	91.9	92.9	91.0	92.4	91.9	91.4
54	x6, y9	88.9	89.7	87.9	89.4	88.9	88.2	92.9	93.2	92.0	93.0	92.6	92.3	92.5	93.5	91.6	93.0	92.5	92.0
55	x7, y1	93.7	95.3	92.9	94.7	94.0	93.3	93.3	94.2	92.4	93.9	93.3	92.8	93.1	94.7	90.8	93.6	93.1	92.6
56	x7, y2	92.1	92.8	91.3	92.5	92.1	91.6	93.0	93.6	92.5	93.3	93.0	92.7	93.8	94.9	92.8	94.3	93.8	93.2
57	x7, y3	93.2	94.0	92.8	93.8	93.5	93.0	94.1	94.7	93.5	94.3	94.1	93.8	94.0	95.1	93.0	94.5	94.0	93.4
58	x7, y4	93.5	93.8	92.9	93.5	93.3	93.1	92.5	93.3	91.9	92.9	92.5	92.2	93.8	94.9	92.8	94.3	93.8	93.2
59	x7, y5	94.7	95.5	94.0	95.1	94.7	94.4	95.2	95.9	94.3	95.5	95.2	94.8	94.3	95.5	93.2	94.8	94.3	93.7
60	x7, y6	92.9	93.8	92.1	93.5	92.8	92.4	93.3	94.0	92.7	93.6	93.3	93.0	93.1	94.1	92.1	93.6	93.1	92.6

Ö.N.	Koordinat	1. Ölçümler (dBA)						2. Ölçümler (dBA)						3. Ölçümler (dBA)					
		Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90	Leq	Lmax	Lmin	L05	L50	L90
61	x7, y7	92.2	93.0	91.1	92.6	92.3	91.4	94.1	94.8	93.5	94.6	94.0	93.8	93.3	94.3	92.3	93.8	93.3	92.8
62	x7, y8	91.1	91.7	90.5	91.4	91.2	90.8	92.1	93.2	90.2	92.9	92.0	90.8	91.2	92.2	90.4	91.7	91.2	90.7
63	x7, y9	87.9	88.5	87.4	88.2	87.9	87.6	92.0	92.2	91.1	92.0	91.6	91.3	91.5	92.5	90.7	92.0	91.5	91.0

Ek.5. L_{eq} - L_n İlişkisinin Analizi

a) Akdemir Tekstil Fabrikası Regresyon analizi varyans analizi tabloları

L05'in değişimi üzerinde L_{eq} 'nun etkisi;

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2492.106247	2492.106	22512.57	0.000
Fark	229	25.34994397	0.110698		
Toplam	230	2517.45619			

L50'nin değişimi üzerinde L_{eq} 'nun etkisi;

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2539.427469	2539.427	57255.28	0.000
Fark	229	10.15677302	0.044353		
Toplam	230	2549.584242			

L90'nın değişimi üzerinde L_{eq} 'nun etkisi;

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2599.101342	2599.101	3495.059	0.000
Fark	229	170.2958872	0.74365		
Toplam	230	2769.397229			

b) Saraçoğlu Tekstil Fabrikası Regresyon analizi varyans analizi tabloları

L05'in değişimi üzerinde L_{eq} 'nun etkisi;

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	933.4304	933.4304	32148.68	0.000
Fark	208	6.039237	0.029035		
Toplam	209	939.4696			

L50'nin değişimi üzerinde L_{eq} 'nin etkisi;

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	911.0032	911.0032	33021.07	0.000
Fark	208	5.738417	0.027589		
Toplam	209	916.7417			

L90'nın değişimi üzerinde L_{eq} 'nin etkisi;

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	906.3489	906.3489	13014.04	0.000
Fark	208	14.48594	0.069644		
Toplam	209	920.8349			

c) Erefe Tekstil Fabrikası Regresyon analizi varyans analizi tabloları

L05'in değişimi üzerinde L_{eq} 'nin etkisi;

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	690.1884	690.1884	12467.4	0.000
Fark	187	10.35221	0.055359		
Toplam	188	700.5406			

L50'nin değişimi üzerinde L_{eq} 'nin etkisi;

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	685.6389	685.6389	16860.43	0.000
Fark	187	7.604463	0.040666		
Toplam	188	693.2434			

L90'nın değişimi üzerinde L_{eq} 'nin etkisi;

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	656.2501	656.2501	5372.27	0.000
Fark	187	22.843	0.122155		
Toplam	188	679.0931			