

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜRÜLTÜ STRESİNİN İNDÜKLEDİĞİ  
OKSİDATİF DEĞİŞİKLİKLERİN ARAŞTIRILMASI**

**Hasan YEŞİLYURT**

**TIP FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMANLAR**

**Doç. Dr. Hakan MOLLAOĞLU**

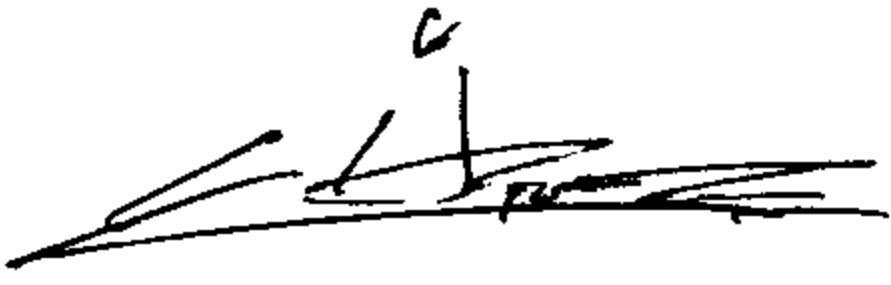
**Yrd. Doç. Dr. Reha DEMİREL**

**Tez No:2008-030**

**2008 - AFYON**

KABUL ve ONAY

Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Tıp Fizyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı  
çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından  
**Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.  
Tez Savunma Tarihi: 13.06.2008



Doç. Dr. Kağan ÜÇOK

ÜYE

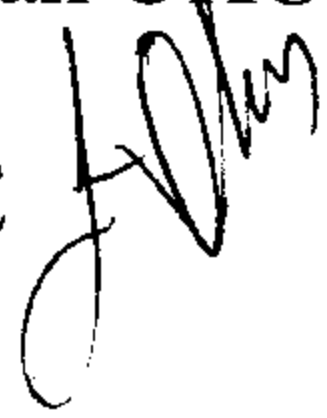


Doç. Dr. Hakan MOLLAOĞLU

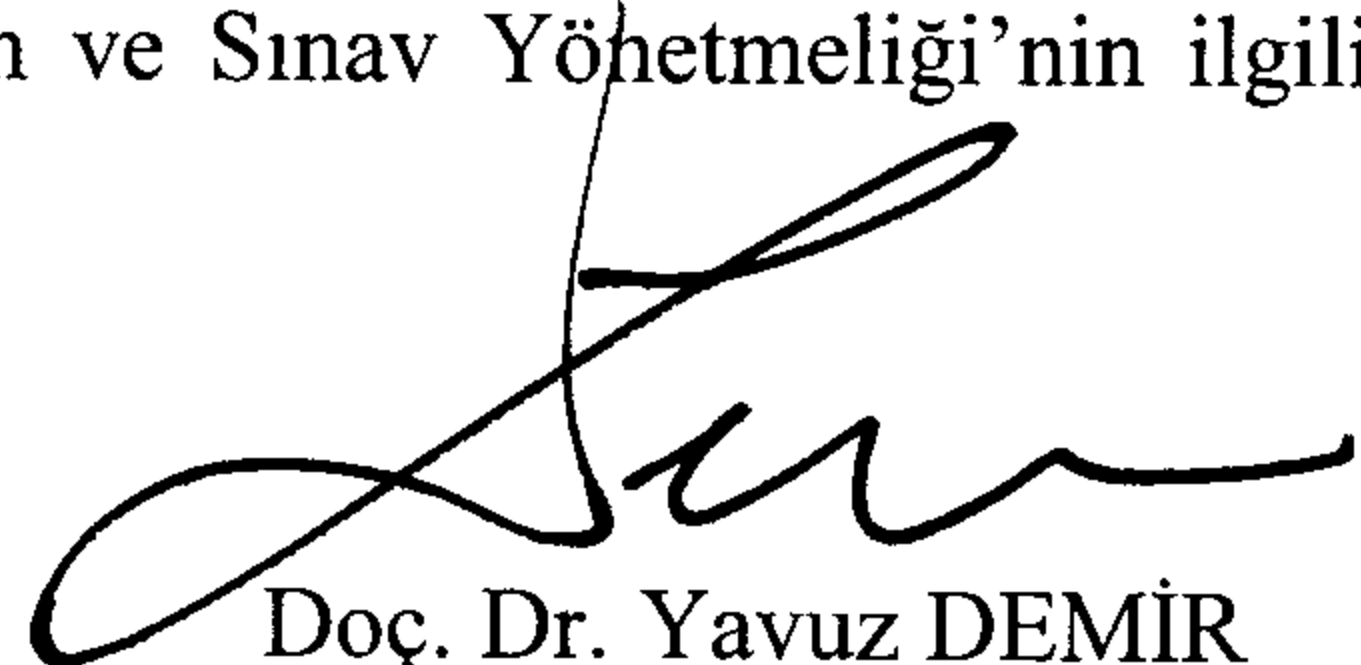
ÜYE

Doç. Dr. Erdoğan OKUR

ÜYE



Tıp Fizyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans programı öğrencisi Hasan YEŞİLYURT'un "Gürültü Stresinin İndüklediği Oksidatif Değişikliklerin Araştırılması" başlıklı tezi 13/06/2008 günü saat 10:00'da Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Yavuz DEMİR

Enstitü Müdürü

**ÖNSÖZ**

Tez çalışmamın tamamlanmasında en başta danışman hocalarım sayın Doç.Dr. Hakan MOLLAOĞLU ve sayın Yrd.Doç.Dr. Reha DEMİREL'e, katkılarından ve önerilerinden dolayı Anabilim Dalı başkanımız sayın Doç.Dr. Kağan ÜÇOK'a ve sayın Yrd.Doç.Dr. Abdullah AYÇİÇEK'e, gürültü oluşturma ve ölçüm düzeneğinin oluşturulmasında emeği geçen sayın hocamız Doç.Dr. Mevlüt DOĞAN'a teşekkür ederim.

Hasan YEŞİLYURT

**İÇİNDEKİLER**

Kabul ve Onay	II
Önsöz	III
İçindekiler	IV
Simgeler ve Kısaltmalar	VI
Tablolar	VII
<b>ÖZET</b>	<b>VIII</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>IX</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Gürültünün Tanımı ve Önemi	1
1.2. Ses ve Özellikleri	2
1.3. Gürültü ve Özellikleri	2
1.4. Ses ve Gürültü Parametreleri	2
1.5. Gürültü Kaynakları	3
1.5.1. Trafik Gürültüsü	3
1.5.2. Endüstri Gürültüsü	3
1.5.3. İnşaat Gürültüsü	4
1.5.4. Yerleşim Alanlarında Oluşan Gürültü	4
1.5.5. Havaalanında Oluşan Gürültüler	5
1.6. Gürültünün Ölçülmesi	5
1.6.1. Gürültü Ölçümünde Dikkat Edilecek Hususlar	6
1.6.2. Ölçüm Raporunda Bulunması Gerekli Veriler	7
1.7. Gürültü Düzenlemesi ve Kontrolü	7
1.8. Gürültünün Sağlık Üzerine Etkileri	9
1.9. Gürültüden Korunma	11
1.10. Gürültü ve Oksidatif Stres	11
<b>2. GEREÇ VE YÖNTEM</b>	<b>13</b>
2.1. Araştırmanın Türü	13
2.2. Deney Hayvanları ve Deney Ortamı	13
2.3. Deney Gruplarının Oluşturulması	13
2.4. Deney Düzeneği	13

2.5. Gerekli Kan Örneklerinin Eldesi	14
2.6. Numunelerin Korunması, Deney için Hazırlanması	14
2.7. Biyokimyasal Analizler	14
2.7.1. MDA Miktarının Tayini	14
2.7.2. NO Miktarının Tayini	14
2.7.3. GSH-Px Enzimi Aktivitesinin Tayini	14
2.8. Verilerin Değerlendirilmesi	15
<b>3. BULGULAR</b>	16
3.1. MDA Düzeyleri	16
3.2. NO Düzeyleri	16
3.3. GSH-Px Enzim Aktiviteleri	16
<b>4. TARTIŞMA</b>	18
<b>5. SONUÇ</b>	20
<b>KAYNAKLAR</b>	21

**SİMGELER ve KISALTMALAR**

CAT	: Katalaz
GSH-Px	: Glutatyon Peroksidaz
GSSG	: Okside glutatyon
GSH	: Redükte glutatyon
Hz	: Hertz
MDA	: Malondialdehit
NO	: Nitrik Oksit
SOD	: Süperoksit Dismutaz
W	: Watt

**TABLULAR**

<b>Tablo 1.1.</b>	Taşıtların Üst Gürültü Seviyeleri	3
<b>Tablo 1.2.</b>	Çeşitli Endüstriyel İşyerlerinde Gürültü Ölçümleri	4
<b>Tablo 1.3.</b>	Yerleşim Bölgeleri Gürültü Sınır Değerleri	4
<b>Tablo 1.4.</b>	Çeşitli Kullanım Alanlarının Kabul Edilebilir Üst Gürültü Seviyeleri	5
<b>Tablo 3.1.</b>	Sıçan Serumlarında MDA ve NO Düzeyleri ile GSH-Px Enzim Aktiviteleri	17

## ÖZET

**Gürültü Stresinin İndüklediği Oksidatif Değişikliklerin Araştırılması**

Ses katı, sıvı yada gaz bir ortamdan geçen, kulakla işitilebilen 20 ila 20.000 Hz frekansındaki titreşimlerdir. Gürültü rahatsız edici, istenmeyen ses olarak tanımlanır. Bu çalışmada, gürültünün sıçan serumundaki oksidatif stres parametreleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlandı.

Çalışmada Sprague-Dawley cinsi 20 erkek sıçan kullanıldı. Deney grubu (n=10) 20 gün süreyle gürültüye maruz bırakıldı. Kontrol grubu (n=10), gürültü uygulanmaksızın aynı deney düzeneğinde eşit süre bekletildi. Deney öncesinde ve bitiminde sıçanların kanı alınarak serumları ayrıldı. Serumda malondialdehit (MDA) ve nitrik oksit (NO) düzeyleri ile glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktiviteleri ölçüldü.

Gürültü uygulanan grupta deney bitiminde, öncesine göre MDA ve NO düzeyleri ile GSH-Px enzim aktiviteleri anlamlı düzeyde artış gösterdi. Kontrol grubunda ise deney öncesi ve sonrasında herhangi bir anlamlı fark bulunmadı.

Çalışmamızda gürültü uygulaması sonucunda lipid peroksidasyonunun göstergesi olan MDA düzeyinin artması, oksidatif stres oluştuğunu göstermektedir. Ayrıca çalışmamızda NO düzeyleri ile GSH-Px aktivitesi de gürültü uygulaması ile artmıştır. Sonuç olarak gürültü uygulaması ile oluşan oksidatif stres, başta lipid peroksidasyonu olmak üzere hücre düzeyinde çeşitli hasarlara neden olabileceği kanısındayız.

**Anahtar Kelimeler:** Gürültü, oksidatif stres, malondialdehit, nitrik oksit, glutatyon peroksidaz.



## SUMMARY

### **Investigation of Oxidative Changes Induced by Noise Stress**

Sound which is transmitted through a solid, liquid, or gas material is a vibration whose frequencies are at 20 to 20,000 Hz and can be detected by ears. Noise is described as disturbing and unwanted sound. In this study, it was aimed to investigate the effect of noise on oxidative stress parameters in rat sera.

Twenty male Sprague-Dawley rats were used in this study. Experimental group (n=10) was exposed to noise for 20 days. Control group (n=10) was held in the same experimental conditions without any noise exposure for the same duration. Blood samples of rats were collected prior to and at the end of the experiment and its sera were separated. Malondialdehyde (MDA), nitric oxide (NO) levels and glutathione peroxidase (GSH-Px) activity were measured in rat sera.

MDA and NO levels and GSH-Px activities were found to be increased significantly at the end of experiment in noise group. No parameters were significantly different between prior to and at the end of experiment in control group.

In this study, elevation of MDA level, an indicator of lipid peroxidation, by noise exposure indicates that there is oxidative stress in noise group. Also NO levels and GSH-Px activities were increased by noise exposure in noise group. We suggest that oxidative stress caused by noise exposure may lead to various degrees of damages in the cells such as mainly lipid peroxidation.

**Key Words:** Noise, oxidative stress, malondialdehyde, nitric oxide, glutathione peroxidase.

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Gürültünün Tanımı ve Önemi

Gürültünün insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri bilim adamları tarafından uzun zamandır tartışılmaktadır. Gürültünün canlı vücudunda stres oluşturarak birçok organ ve dokunun fonksiyonunu olumsuz yönde etkilediğine dair birçok bilimsel makale bulunmaktadır (1-5).

Gürültünün canlı vücudundaki olumsuz etkilerinden en önemlisi, şüphesiz işitme duyusu üzerinde gerçekleşmektedir. Gürültü, sesin düzeyine ve süresine bağlı olarak değişik düzeylerde işitme kaybına yol açabilmektedir. İşitme kaybına gürültülü yerde yaşamının etkili olduğu, hatta bu kişilerin gürültülü iş yerlerinde çalıştıkları zaman daha kolay işitme kaybına uğradıkları belirtilmektedir (4). İşitme kaybı sesin direkt olarak iç kulaktaki yaptığı hasarlanmaya bağlıdır. Ancak çevresel gürültü endüstriyel gürültünün aksine kulak dışında da kişinin iletişimini bozması vb nedenlerle rahatsız etmektedir (5).

Gürültünün olumsuz etkileri sadece işitme kaybı ile ilgili değildir. Gürültü, buna ek olarak canlı vücudunda birçok olumsuz etkiye de neden olmaktadır. Örneğin, hava alanı yakınlarında yaşayanlarda gürültü kirliliğinin hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklar üzerinde etkileri olduğu gösterilmiştir (1). Hatta gürültü kirliliğinin kanser insidansında artışa neden olabileceğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (2). Gürültünün uyku düzensizliği yaptığı, performansı azalttığı, kardiyovasküler rahatsızlıklara neden olduğu hipertansiyon vb, adrenalin ve noradrenalin ile kortizon seviyelerinde artışa neden olduğu, psikolojik rahatsızlıklara neden olduğu, baş ağrısı, anksiyete, bulantıya neden olduğu, çocukların öğrenmesini azalttığı, fiziksel ve kognitif yeteneklerinde azalmaya neden olduğu ve hipertansiyona yatkınlıklarının arttığı, motivasyonu azalttığı bilinmektedir (5).

Sıçanlar üzerinde yapılan çalışmalarda gürültünün beyinde nöro-transmitterler üzerinde azaltıcı etkisi olduğu saptanmıştır (3).

## 1.2. Ses ve Özellikleri

Ses, elastik katı, sıvı ya da gaz bir kaynaktan yayılan, 20 ila 20.000 Hz frekansındaki kulakla işitilebilen titreşimlerdir. Sesin iki temel karakteristiği frekans ve şiddettir. Sesin frekansı; ses dalgalarının birim zamanda titreşim sayısıdır ve Hertz (Hz) olarak ölçülmektedir. Birim zamanda bir birim alandan geçen ses enerjisi miktarı sesin yoğunluğudur ve birimi  $W/m^2$ 'dir. Kulak tarafından algılanabilinen en düşük ses yoğunluğu  $10^{-12} W/m^2$ 'dir ve bu işitme eşiğidir (6, 7).

## 1.3. Gürültü ve Özellikleri

Gürültü, istenmeyen ses olarak tanımlanır. Gürültü randomize bir sinyal olsa da karakteristik istatistiksel özellikleri vardır. Spektral dansite (frekans spektrumundaki güç dağılımı) gürültünün farklı tiplerini ayırt etmek amacıyla kullanılabilir. Spektral dansiteye dayanan bu sınıflamada, farklı tip gürültüler; beyaz gürültü, pembe gürültü, kırmızı (kahverengi) gürültü, mavi gürültü, mor (menekşe) gürültü, gri gürültü farklı renklerle adlandırılmıştır (8).

## 1.4. Ses ve Gürültü Parametreleri

Bazı ses ve gürültü parametreleri (9) aşağıda görülmektedir;

- **Ses gücü düzeyi ( $L_w$ ):** Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisi gücünün desibel olarak ölçülmüş halidir.  $L_w = 10 \log (W/W_0) [=] \text{ dB}$
- **Ses basıncı düzeyi ( $L_p$ ):** Sesi oluşturan hava basıncının değişme miktarıdır.  $L_p = 20 \log (P_{rms}/P_{ref}) [=] \text{ dB}$
- **Ses Düzeyi (Gürültü Düzeyi):** Ses basıncı düzeyinin belli bir eğriye göre ağırlıklı olarak bulunmuş şeklidir. A, B ve C ağırlık eğrileri vardır. İnsan kulağının frekansa bağlı olarak sese olan duyarlılığını en iyi A ağırlık eğrisi temsil eder. Genelde A ağırlık eğrisi kullanılır (dBA). Darbe Gürültüsünün değerlendirilmesinde bazen C ağırlık eğrisi tercih edilmektedir (dBC).

- **Eşdeğer Gürültü Düzeyi (Leq):** Verilen bir zaman aralığında, söz konusu ses ile aynı toplam enerjiye sahip sabit düzeydeki sesin ses düzeyidir. Leq, Leq(T), Leq,Th , LAeqT (ISO 1996)
- **Ses Etkilenim Düzeyi (SEL):** Ölçülen sesin enerjisine sahip, 1 saniye süren sabit düzeyli sesin ses düzeyidir. Çok kısa süren ve birden yükseldikten sonra alçalan sesin değerlendirilmesinde kullanılır ve dBA ile ölçülür (9).

## 1.5. Gürültü Kaynakları

Gürültü kaynakları başlıca trafik, endüstri, inşaat, yerleşim alanı ve hava alanı kaynaklı gürültülerden oluşmaktadır (10).

### 1.5.1. Trafik Gürültüsü

Trafik insanı olumsuz etkileyen en önemli gürültü kaynaklarından birisidir.

**Tablo 1.1.** Taşıtların Üst Gürültü Seviyeleri

Taşıt Türü Üst Gürültü Seviyesi	dBA
Otomobil	75
Otobüs (Kent içi)	85
Otobüs (Kent dışı)	80
Ağır müteharrik araç (sürücü kabininde ve kamyon 80 km/h durumunda)	85
Lokomotif içi (Dizel motorlu tam güçte ve yükte çalışırken hız 80 km/h)	85
Elektrikli tren lokomotifi yükte çalışırken	80
Vagonların içinde	70

### 1.5.2. Endüstri Gürültüsü

Endüstri faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü, daha çok o işyerinde çalışanları rahatsız etmektedir.

**Tablo 1.2.** Çeşitli Endüstriyel İşyerlerinde Gürültü Ölçümleri

<b>İşyerleri Gürültü Düzeyi</b>	<b>dBA</b>
Zincir ve İplik fabrikası	106.5
Kereste fabrikası	102.5
Döküm ve emaye fabrikası	96.5
Makina alet ve yedek parça fabrikası	99
Tekel, sigara fabrikası	101
Gazete, rotatif fabrikası	100.5
Kundura fabrikası	104.5
Tıp ve endüstri fazlaları fabrikası	98
Otomobil	97.7
Dokuma tezgâhı	101.5
Tarama tezgâhı	99.5
İplikhane, reiter makinası	96.5

### 1.5.3. İnşaat Gürültüsü

İnşaat gürültüsü diğer gürültü kaynaklarına göre, süreklilik göstermez, fakat olduğu zaman da önemli derecede rahatsız edicidir.

### 1.5.4. Yerleşim Alanlarında Oluşan Gürültü

Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne göre, gürültüye duyarlı alanlar ve gelecekte yapılacak planlamalar için temel kriter 35 dBA alınır.

**Tablo 1.3.** Yerleşim Bölgeleri Gürültü Sınır Değerleri

<b>Bölge Tanımı</b>	<b>Temel Kriter Leg: 35-45 dBA</b>
Bölge-Şehir Dışı Konut (Trafikten Uzak)	0
Bölge-Şehir Konutları Alanı (Trafik Akımına 100 m uzaklıkta)	+5 +10
Şehir Konut Alanı, Anayol, İşyerleri	+15
Bölge- Şehir Merkezi Konut Alanı Anayollar İşyerleri (Trafik Akımına 20 m uzaklıkta)	+20
Bölge- Endüstri Bölgesi veya ağır vasıta ve otobüsün geçtiği anayollar	+25

### 1.5.5. Havaalanında Oluşan Gürültüler

Günümüzde büyükşehirlerde uçaklar ve havaalanları gürültüye katkıda önemli bir yer tutmaktadır. Uçak gürültüsü diğer ulaşım araçlarına göre çok yüksek düzeylidir. Örneğin, bir jet uçağından yaklaşık 30 kw= 3.107mw kadar bir akustik güç yayılır (insan sesi 1mw'den daha azdır). Uçağın 150 m yükseklikten geçişinde gürültü düzeyi 105 dBA'ya ulaşmaktadır (10).

Çeşitli Kullanım Alanlarının Kabul Edilebilir Üst Gürültü Seviyeleri Tablo 1.4'de gösterilmiştir (11).

**Tablo 1.4.** Çeşitli Kullanım Alanlarının Kabul Edilebilir Üst Gürültü Seviyeleri

<b>Kullanım Alanı</b>	<b>Ses basıncı düzeyi (gündüz) dBA</b>
Tiyatro Salonları	25
Konferans Salonları	30
Otel Yatak Odaları	30
Otel Restoranları	35
Hastaneler	35
Yatak Odaları	35
Oturma Odaları	60
Servis Bölümleri (mutfak, banyo)	70
Derslikler, Laboratuvarlar	45
Spor Salonu, Yemekhaneler	60

### 1.6. Gürültünün Ölçülmesi

Gürültünün ölçülmesinde kullanılan parametreler (12) şunlardır;

- Eşdeğer Ses Düzeyi (Leq)
- En yüksek ses düzeyi (Lmax)
- En düşük ses düzeyi (Lmin)
- En yüksek tepe değeri (MaxP, Peak)
- Anlık ses düzeyi (SPL)
- Ses Etkilenim Düzeyi (SEL)
- Toplam Ölçüm Süresi

### 1.6.1. Gürültü Ölçümünde Dikkat Edilecek Hususlar

- Ölçüm yapmadan önce, ölçüm yapılacak ortamdaki gürültü kaynakları, yansıtıcı yüzeyler ve ölçüm konumu bir kroki üzerine işlenmelidir.
- Ölçüm donanım öğelerinin marka, tip ve seri numaraları kayıt edilmelidir. Ayrıca, kullanılan mikrofonun ölçüm özellikleri ya da karakteristiği bilinmelidir.
- Ses düzeyi ölçer, ölçüm yapan kişiden kol boyu uzaklıkta hareket ettirilmeden tutulmalıdır.
- Böylelikle ölçülen ses alanına vücudun etkisi en az düzeyde tutulmuş olacaktır.
- Mikrofon, yerden 1.5 metre yüksekte, yansıtıcı yüzeylerden uzakta bulunmalıdır.
- Ses Düzeyi Ölçer'in titreşimden, manyetik alanlardan, yüksek sıcaklıktan, tozlu ortamlardan uzak tutulmasına özen gösterilmelidir.
- Ölçüm konumu belirlenirken ilgili standartlara ve yönetmeliklere uyulmalıdır.
- Yağışlı ve 5 m/sn'den yüksek hızda rüzgar alan ortamlarda ölçüm yapılamaz.
- Ölçüm yapılan ortam hafif rüzgarlı bile olsa ölçümleri etkileyebilmektedir. Açık havada ve hava akışı içinde ölçüm alınırken, mikrofon üzerinde özel muhafazasının takılı olması gerekmektedir.
- Ses düzeyi ölçer ayaklık üzerine monte edilerek ölçümler yapılacaksa, zeminin titreşimsiz olmasına dikkat edilmelidir. Titreşim etkisinde kalan mikrofonlar, ölçülecek gürültü ile ilgisiz sinyaller üreterek hatalı ölçüme neden olabilmektedir.
- Gürültü ölçümünden önce ve ölçümler tamamlandıktan sonra ortamdaki arka plan gürültüsü ölçülerek kontrol edilmelidir.
- Eğer ölçülen düzeyler ile arka plan gürültüsü arasındaki fark 10 dB'den fazla ise herhangi bir işlem yapmaya gerek bulunmamaktadır.
- Bu fark 10 dB'den az ise, desibel çıkarma işlemi ile ölçülen düzeyleri arka plan gürültüsünden arındırmak gerekmektedir.

- Sözü edilen farkın 3 dB'den az olduğu durumlarda ise güvenilir ölçüm yapmak olanağı yoktur (12).

### **1.6.2. Ölçüm Raporunda Bulunması Gerekli Veriler**

Ölçüm raporunda bulunması gerekli veriler (12) şu şekilde sınıflandırılmıştır;

- Ölçüm Sonuçları
- Ölçüm Yöntem(ler)i
- Kullanılan Donanım Türleri
- Kullanılan Ölçüm İşlemleri Sıralaması
- Yapılan Hesaplamalar
- Atmosferik Koşullar
- Zemin Koşulları
- Ses Kaynağının Özellikleri
- Kalibrasyon Verileri
- Ölçüm Tarihi, Süresi, Başlangıç ve Bitiş Zamanları
- Yapılan Ölçüm Sayısı
- İncelenen Gürültü Kaynaklarının Tariflenmeleri
- Ölçümün Amacı
- Kullanılan Standartlar
- Kullanılan Donanımın Yapımcı, Model, Seri Numara Bilgileri
- Ses Kaynaklarının, Ölçüm Noktalarının ve İlgili Obje, Engel vb Öğelerin Konumlarını Gösteren Kroki (12).

### **1.7. Gürültü Düzenlemesi ve Kontrolü**

2872 sayılı Çevre Kanunu'na göre; Kişilerin huzur ve sükununu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde ilgili yönetmeliklerle belirlenen standartlar üzerinde gürültü ve titreşim oluşturulması yasaktır. Ayrıca ulaşım araçları, şantiye, fabrika, atölye, işyeri, eğlence yeri, hizmet binaları ve konutlardan kaynaklanan gürültü ve titreşimin yönetmeliklerle belirlenen standartlara indirilmesi için faaliyet sahipleri tarafından gerekli tedbirler alınır (13).



En son; Çevresel gürültüye maruz kalınması sonucu kişilerin huzur ve sükûnunun, beden ve ruh sağlığının bozulmaması için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamak amacıyla Çevre ve Orman Bakanlığı “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” yayınlamıştır (9).

Bu yönetmelik; özellikle nüfusun yoğun olduğu alanlarda, parklarda veya yerleşim bölgelerindeki diğer sessiz alanlarda, açık arazideki sessiz alanlarda, okul, hastane ve diğer gürültüye hassas alanlar da dahil olmak üzere insanların maruz kaldığı çevresel gürültüler ile çevresel titreşimin yapılarda oluşturduğu hasarlara ilişkin esas ve kriterleri kapsamaktadır.

Çevre ve Orman Bakanlığı bu yönetmeliğe göre;

a) Kişilerin huzur ve sükûnunu beden ve ruh sağlığını gürültü ile bozmayacak bir çevrenin geliştirilmesi gayesiyle, çevresel gürültüyü azaltacak program ve politikaları belirlemek, buna yönelik mevzuat ve mevzuatın uygulanmasını kolaylaştırıcı her türlü dokümanı hazırlamak, bu Yönetmeliğin uygulanmasında işbirliği ve koordinasyonu sağlamakla,

b) 2872 sayılı Çevre Kanunu çerçevesinde İl Çevre ve Orman Müdürlükleri ve yetki devri yapılan belediyelerle işbirliği ve koordinasyon içinde gürültü kaynaklarını denetlemek, bu Yönetmeliğin ihlalinin tespiti halinde idari yaptırım uygulamak, yetki devri yapılacak kurumlarda aranacak esasları belirleyip yetki devri yapmakla,

c) Bu Yönetmeliğin uygulanmasından yetkili ve sorumlu kılınan kurum ve kuruluşlar ile bu Yönetmelik gereği hazırlanacak akustik rapor, çevresel gürültü seviyesi değerlendirme raporu, gürültü haritası ve eylem planı hazırlayacak kurum ve kuruluş temsilcilerinin uzmanlaşmasını sağlayıcı programların içeriği ve programların uygulama prosedürünü belirlemekle,

ç) Akustik rapor, çevresel gürültü seviyesi değerlendirme raporu, gürültü haritası ve eylem planı hazırlayacak kurum ve kuruluşların sağlaması gereken esasları belirlemek, esasları sağlayanlara ön yeterlik/yeterlik belgesi vermek, ön yeterlik/yeterlik belgesi alan kurum ve kuruluşları denetlemek, belgelendirme esaslarına aykırı davranılması halinde gerekli yaptırımın uygulanmasını sağlamak ve gerekirse ön yeterlik/yeterlik belgesini iptal etmekle,

d) Bu Yönetmeliğin ekindeki Ek-VII Liste A’da yer alan işletmelere gürültü kontrol izin belgesi vermek, gürültü kontrol izin belgesini yenilemek, bu çerçevede

işletmeleri denetlemek, bu Yönetmelikte belirtilen esaslara aykırılık halinde gerekli yaptırımın uygulanmasını sağlamak ve gerekirse gürültü kontrol izin belgesini iptal etmekle,

e) Stratejik Gürültü Haritaları ve Eylem Planları ile ilgili olarak;

1) Yetkili ve sorumlu kurum ve kuruluşlarca hazırlanan gürültü haritaları ve eylem planlarına görüş vermekle,

2) Yetkili ve sorumlu kurum ve kuruluşlarca hazırlanarak Bakanlığa gönderilen gürültü haritaları ve eylem planları ile bu Yönetmeliğin ekindeki Ek-VI'da yer alan her türlü bilgi ve belgeye yönelik veri bankası oluşturmakla, yetkili ve sorumlu kılınmıştır.

### 1.8. Gürültünün Sağlık Üzerine Etkileri

Gürültünün sağlık üzerine etkileri başlıca işitme, fizyolojik, psikolojik ve performans etki başlıkları altında toplanmaktadır (10, 14-16).

- **İşitme Sistemine Etkileri (Fiziksel Etki):** Gürültünün işitme sistemine etkileri geçici ve kalıcı olarak iki ayrı bölümde incelenebilir. Geçici etkilerin en çok karşılaşılanı geçici işitme (duyma) eşiği kayması veya duyma yorulması olarak bilinen işitme duyarlılığındaki geçici kayıptır. Etkileşimin çok fazla olduğu ve işitme sisteminin eski özelliklerine kavuşmadan tekrar gürültüden etkilendiği durumlarda işitme kaybı kalıcı olmaktadır. Kalıcı işitme kaybı başlangıçta 4000 Hz ile 6000 Hz. arasında oluşur, ilerleme halinde ise bu aralık dışındaki hem alçak hem de yüksek frekanslara da yayılır. İşitme kaybının kalıcı ya da geçici olması ve kaybın derecesi, etkisinde kalınan gürültünün düzeylerine, frekans içeriklerine ve etkilenim süresine bağlı olarak hesaplanabilen yaşlanma ile oluşan işitme kaybı için düzeltme yapıldıktan sonra gerçek değerlendirme yapılabilmektedir.
- **Fizyolojik Etki:** Günümüzde gürültü, kişilerde en önemli stres kaynaklarından biridir. Ani olarak duyulan gürültü düzeyleri kişilerin kalp atışlarında (nabzında), solunum hızında, kan basıncında, metabolizmasında,

görme keskinliğinde ve hatta derisinin elektrik direncinde değişiklikler oluşturmaktadır. Bu etkilerin çoğu gürültüden etkilenim sürse bile, ortadan kalkmaktadır. Yüksek düzeyde gürültünün etkisinde kalan kişilerde, yüksek kan basıncı olduğu ve bu durumun kalıcı olduğu yapılan gözlemlerle kanıtlanmış bulunmaktadır. Uykusuzluk gürültünün neden olduğu rahatsızlıkların en önemlilerindedir. Ek olarak; gürültünün migren, ülser, kalp krizi, dolaşım bozuklukları türünden rahatsızlıklara neden olabileceği ileri sürülmekle birlikte, kulakta yaptığı tahribat dışında bu tür hastalıklarla doğrudan ilişkisi kanıtlanmış değildir.

- **Psikolojik Etki:** Bulunan ortamda, fonksiyonlar için belirlenmiş gürültü düzeylerini aşan gürültünün etkisinde kalan kişiler rahatsız, tedirgin ve sinirli olmakta, tedirginlik ve sinirlilik hali gürültünün etkisi kalktıktan sonra devam edebilmektedir. Belirlenen düzeylerin aşıldığı durumlarda yorgunluk ve zihinsel etkinliklerde yavaşlama gözlenmektedir. Ani olarak yükselen gürültü düzeyleri insanlarda korku yaratabilmekte, gürültüden etkilenim sürse bile daha sonra normale dönüş olmaktadır.
- **Performans Etki:** İş veriminin düşmesi, konsantrasyon bozukluğu, hareketlerin engellenmesi gibi etki şeklindedir. Etkisinde kalınan gürültü nedeniyle belli bir frekans aralığında oluşan kalıcı işitme kaybı diğer frekanslardaki seslerin duyulmasını ve algılanmasını engellemez, ancak bir takım fonksiyonların engellenmesine neden olabilir. Gürültünün iş verimliliği ve üretkenlik ile ilgili etkileri konusunda yapılan araştırmalar, karmaşık işlerin yapıldığı ortamların sessiz, basit işlerin yapıldığı ortamların ise biraz gürültülü olması gerektiğini göstermiştir. Ortamda yapılması istenen işler ve ortamın fonksiyonları verimli bir şekilde yürütülebilmesi için izin verilebilecek gürültü düzeylerinin sınırlarını belirlemek üzere uygulamada Gürültü Sınıflandırma (Avrupa Ülkeleri) ve Gürültü Ölçütü (ABD ve Kanada) adlarına ölçütler geliştirilmiştir; bunlara paralel olarak A- ağırlıklı düzeyler de önerilmiştir. Özetle, ortamda belli bir iş ya da fonksiyon için

belirlenen arka plan gürültüsünden fazla gürültü düzeylerinin etkisinde kalındığı durumlarda, iş verimliliği düşmektedir (10, 14-16).

### 1.9. Gürültüden Korunma

Gürültüden korunmak için alınabilecek önlemler;

- Hava alanlarının, endüstri ve sanayi bölgelerinin yerleşim bölgelerinden uzak yerlerde kurulması,
- Motorlu taşıtların gereksiz korna çalmalarının önlenmesi,
- Kamuoyuna açık olan yerler ile yerleşim alanlarında elektronik olarak sesi yükseltilecek müzik aletlerinin çevreyi rahatsız edecek seviyede olmasının önlenmesi,
- İşyerlerinde çalışanların maruz kalacağı gürültü seviyesinin en aza (Gürültü Kontrol Yönetmeliğinde belirtilen sınırlara) indirilmesi,
- Yerleşim yerlerinde ve binaların içinde gürültü rahatsızlığını önlemek için yeni inşa edilen yapılarda ses yalıtımı sağlanması,
- Radyo, televizyon ve müzik aletlerinin evlerde rahatsızlık verecek seviyede seslerinin yükseltilmemesi gerekmektedir (11).

### 1.10. Gürültü ve Oksidatif Stres

Gürültünün canlılar üzerindeki olumsuz etkilerinin büyük kısmı serbest oksijen radikallerinde artış yoluyla oksidatif stres mekanizmaları üzerinden gerçekleşmektedir (17). Gürültü etkisiyle serbest oksijen radikallerinin üretimindeki artış süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GSH-Px), gibi birçok antioksidan enzimin aktivitesinde artışa yol açmaktadır (18, 19). Ayrıca serbest radikallerin artışı, hücre membran lipidlerinde peroksidasyona neden olduğu için malondialdehit (MDA) gibi lipid peroksidasyon ürünlerinde artışa neden olmaktadır (20).

Gürültünün canlılar üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koyma amaçlı olarak yapılan çalışmaların çoğunluğu, işitme üzerindeki etkilerine bakılarak değerlendirilmiştir. Hâlbuki gürültü, serbest oksijen radikallerindeki artış yoluyla ya

da net olarak bilinmeyen birçok mekanizma yoluyla da sistemik etkilere neden olabilir. Gürültü etkisiyle serbest oksijen radikallerinde oluşan artış, kandaki antioksidan enzim aktivitelerini değiştirebilir. Yapılan çalışmalara bakıldığında, gürültünün oluşturduğu oksidatif stresin kandaki antioksidan enzimleri ne şekilde etkilediğine dair fazlaca çalışma bulunmadığı görülmektedir.

Çalışmada, gürültünün sıçan serumundaki oksidatif stres parametreleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlandı.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

### 2.1. Araştırmanın Türü

Deneysel araştırmadır.

### 2.2. Deney Hayvanları ve Deney Ortamı

Bu çalışmada ağırlıkları 200-220 gram arasında değişen 20 adet erkek sıçan kullanıldı. Kullanılan deney hayvanları, Sileyman Demirel Üniversitesi Deney Hayvanları Araştırma Laboratuvarı'ndan sağlanmış ve tüm uygulamalar Sileyman Demirel Üniversitesi Deney Hayvanları Araştırma Laboratuvarı'nda yapıldı. Hayvanlara standart sıçan yemi ve su verildi. Ortamda 12 saatlik gece ve gündüz ayarlı aydınlatma sağlandı. Isıtma ve havalandırması laboratuvar yöntemlerine ve hayvanların ihtiyaçlarına göre yapıldı.

### 2.3. Deney Gruplarının Oluşturulması

Deney hayvanları, kontrol (n=10) ve gürültü (n=10) grubu olmak üzere iki eşit gruba ayrıldı.

### 2.4. Deney Düzeneği

Gürültü grubundaki sıçanlara deney süresince yeterli yem ve su verildi, bu grup sıçanlar, 100 dBA şiddetindeki gürültüye günde 4 saat, 20 gün süreyle maruz bırakıldı. Kontrol grubundaki sıçanlara deney süresince yeterli yem ve su verildi, bu gruptaki sıçanlar sessiz bir ortamda aynı süre bekletildi.

## 2.5. Gerekli Kan Örneklerinin Eldesi

Deney öncesi ve bitiminde sıçanların kuyruk veninden alınan kan örnekleri cam tüplere konuldu. Bu örnekler 3000xg'de 5 dakika santrifüj edilerek serumları ayrıldı.

## 2.6. Numunelerin Korunması, Deney İçin Hazırlanması

Serum örnekleri soğuk zincire uygun biçimde taşınarak -25°C'lik derin dondurucuda biyokimyasal analizler gerçekleştirilinceye dek muhafaza edildi.

## 2.7. Biyokimyasal Analizler

Nitrik oksit ve malondialdehit düzeyleri ile glutatyon peroksidaz enzim aktiviteleri spektrofotometrik olarak ölçüldü.

### 2.7.1. MDA Miktarının Tayini

Deneyin prensibi: Wasowicz ve arkadaşlarının metodu ile çalışıldı (21).

**Kullanılan reaktifler;** 29 mmol/litre tiyobarbitürik asit (TBA) çözeltisi (pH'sı 2.8), 6 M HCl ve n-Butanol kullanıldı.

### 2.7.2. NO Miktarının Tayini

Nitrik oksit miktarı Griess reaksiyonu ile ölçüldü (22).

### 2.7.3. GSH-Px Enzimi Aktivitesinin Tayini

Metodun Prensibi: GSH-Px (EC 1.11.1.9) aktivitesi Paglia ve arkadaşlarının metoduna göre çalışıldı (23).

**Kullanılan Reaktifler;** 150 mM redükte GSH, 8 mM NADPH, 1 M NaN<sub>3</sub>, enzim [1.5 ml 3.2 M (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> +50 µl GSH redüktaz], 2 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, fosfat tamponu (pH=7.50 mM).

## 2.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Parametrik veriler ortalama±standart sapma olarak verildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi. Verilerin analizinde bağımlı ve bağımsız gruplarda t testi kullanıldı. Anlamlılık seviyesi olarak  $p<0.05$  kabul edildi.



### 3. BULGULAR

Kontrol ve gürültü grubundaki sıçanların, deney öncesinde ve sonrasında serumlarında MDA ve NO düzeyleri ile GSH-Px enzim aktiviteleri değerlendirildi.

#### 3.1. MDA Düzeyleri

Kontrol grubu sıçanların deney öncesi ve sonrası serum MDA düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı ( $p=0.138$ ). Kontrol ve gürültü grubu sıçanların deney öncesi MDA düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı ( $p=0.858$ ). Gürültü grubu sıçanların deney sonrası serum MDA düzeylerinde deney öncesine göre anlamlı bir artış gözlemlendi ( $p=0.004$ ). Kontrol ve gürültü grubu sıçanların deney sonrası MDA düzeyleri karşılaştırıldığında, gürültü grubunda deney sonrasında anlamlı bir artış gözlemlendi ( $p=0.014$ ).

#### 3.2. NO Düzeyleri

Kontrol grubu sıçanların deney öncesi ve sonrası serum NO düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı ( $p=0.266$ ). Kontrol ve gürültü grubu sıçanların deney öncesi NO düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı ( $p=0.269$ ). Gürültü grubu sıçanların deney sonrası serum NO düzeylerinde deney öncesine göre anlamlı bir artış gözlemlendi ( $p<0.001$ ). Kontrol ve gürültü grubu sıçanların deney sonrası NO düzeyleri karşılaştırıldığında, gürültü grubunda deney sonrasında anlamlı bir artış gözlemlendi ( $p<0.001$ ).

#### 3.3. GSH-Px Enzim Aktiviteleri

Kontrol grubu sıçanların deney öncesi ve sonrası serum GSH-Px enzim aktiviteleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı ( $p=0.241$ ). Kontrol ve gürültü grubu sıçanların deney öncesi GSH-Px enzim aktiviteleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı ( $p=0.613$ ). Gürültü grubu sıçanların deney sonrası serum GSH-

Px enzim aktivitelerinde deney öncesine göre anlamlı bir artış gözlemlendi ( $p=0.001$ ). Kontrol ve gürültü grubu sıçanların deney sonrası GSH-Px enzim aktiviteleri karşılaştırıldığında, gürültü grubunda deney sonrasında anlamlı bir artış gözlemlendi ( $p=0.003$ ).

**Tablo 3.1** Sıçan Serumlarında MDA ve NO Düzeyleri ile GSH-Px Enzim Aktiviteleri

<b>SERUM</b>	<b>MDA (<math>\mu\text{mol/L}</math>)</b>	<b>NO (<math>\text{mmol/L}</math>)</b>	<b>GSH-Px (U/L)</b>
I (n=10)	3.63 $\pm$ 0.59	45.71 $\pm$ 5.98	1298.52 $\pm$ 134.62
II (n=10)	3.69 $\pm$ 0.73	43.81 $\pm$ 9.98	1231.15 $\pm$ 129.44
III (n=9)	4.12 $\pm$ 0.56	50.03 $\pm$ 5.10	1375.46 $\pm$ 134.75
IV (n=10)	5.76 $\pm$ 1,68	179.72 $\pm$ 26.83	1629.35 $\pm$ 183.78
<b>Karşılaştırmalar</b>	<b>P değerleri</b>		
I – II	0.858	0.613	0.269
III – IV	0.014	<0.001	0.003
I – III	0.138	0.266	0.241
II – IV	0.004	<0.001	0.001

Kontrol grubu deney öncesi (I), gürültü grubu deney öncesi (II), kontrol grubu deney sonrası (III), gürültü grubu deney sonrası (IV).

#### 4. TARTIŞMA

Gürültünün yol açtığı işitme kaybında oksidatif değişiklikler ve yüksek gürültü seviyesinin yol açtığı oksidatif değişikliklere yönelik araştırmalar gibi gürültü ve oksidatif göstergelerle ilgili çeşitli araştırmalar literatürde yer almaktadır (24-26).

Organizmayı olumsuz yönde etkileyen birçok durumda serbest oksijen radikallerinin artışıyla karakterize oksidatif stres meydana gelmektedir. Hücrelerin membranlarında bulunan poliansatüre yağ asitleri (PUFA), okside edici serbest radikaller tarafından kolaylıkla etkilenebilmektedir. Poliansatüre yağ asitlerinin oksidatif hasarı lipid peroksidasyonu olarak da adlandırılmaktadır (27, 28). Lipid peroksidasyonu sonucunda MDA düzeyinde artış ortaya çıkmaktadır (29). Çalışmamızda, deney sonrasında gürültü uygulanan sıçanların serum MDA düzeylerinde anlamlı bir artış olmuştur. Serum MDA düzeyinin artması, gürültü uygulaması sonucu oksidatif stres oluştuğunu göstermektedir. Tekstil çalışanlarında yapılan bir çalışmada da MDA düzeylerinde kontrol grubuna göre anlamlı bir artış olduğu gösterilmiştir (30).

Glutatyon peroksidaz enzimi, redükte glutatyon (GSH)'un okside glutatyon (GSSG) haline dönüştüğü reaksiyonda hidrojen peroksiti suya indirger. Daha sonra glutatyon redüktaz enziminin katalizlediği reaksiyon ile NADPH harcanarak okside glutatyon tekrar redükte hale dönüştürülebilir (31, 32). Oksidatif stres sonucu artan hidrojen peroksitin GSH-Px enziminin aracılık ettiği bu reaksiyon ile suya dönüştürülmesini sağlamak amacıyla GSH-Px enzim aktivitesinde artış meydana gelmektedir. Çalışmamızda deney sonrasında gürültü uygulanan sıçanların serum GSH-Px enzim aktivitesinde anlamlı bir artış olmuştur. Serum GSH-Px enzim aktivitesinin artması, gürültü uygulaması sonucu ortamda artan serbest radikallerin GSH-Px enzimi ile uzaklaştırılmaya çalışıldığını göstermektedir.

Vücutta sürekli üretilen ve çözünebilen bir gaz olan NO, önemli bir fizyolojik medyatördür. Oksidatif stres sonucu nitrik oksit sentaz (iNOS) enzimi indüklenmekte ve bunun sonucunda NO düzeyi artmaktadır (33). Benzer şekilde çalışmamızda da deney sonrasında gürültü uygulanan sıçanların serum NO düzeylerinde anlamlı bir

artış olmuştur. Gürültü uygulaması ile oluşan oksidatif stres sonucu NO üretiminde artış meydana gelmiş ve serum NO düzeyi yükselmiş olabilir.

## 5. SONUÇ

Gürültü sonucu canlı organizmada oluşan olumsuz etkiler, birçok dokuyu etkilemektedir. Bununla beraber, başta oksidatif stres olmak üzere, organizmada oluşabilecek olumsuz değişikliklerden koruyucu birçok endojen savunma mekanizmaları ve eksojen antioksidan moleküller bulunmaktadır. Bu çalışmada gürültü uygulaması sonucunda lipid peroksidasyonunun göstergesi olan MDA düzeyinin artması, oksidatif stres oluştuğunu göstermektedir. Ayrıca çalışmamızda NO düzeyleri ile GSH-Px aktivitesi de gürültü uygulaması ile artmıştır. Sonuç olarak gürültü uygulaması ile oluşan oksidatif stres, başta lipid peroksidasyonu olmak üzere hücre düzeyinde çeşitli hasarlara neden olabileceği kanısını taşımaktayız.

Bundan sonra yapılacak ileri çalışmalarda, gürültünün farklı dokular ve parametreler üzerine etkileri değerlendirilebilir. Bunun yansısı, endojen savunma mekanizmalarının ve eksojen antioksidan moleküllerin etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla da çalışmalar yapılması yerinde olacaktır.

**KAYNAKLAR**

1. Jarup L., Dudley M.L., Babisch W., et al. (2005) Hypertension and exposure to noise near airports (HYENA): study design and noise exposure assessment. *Environ Health Perspect* **113**, 1473-78.
2. Visser O., Wijnen J.H.V, Leeuwen F.E.V. (2005) Incidence of cancer in the area around Amsterdam Airport Schiphol in 1988–2003: a population-based ecological study. *BMC Public Health* **5**, 127.
3. Ravindran R., Devi R.S., Samson J., et al. (2005) Noise-stress-induced brain neurotransmitter changes and the effect of ocimum sanctum (Linn) treatment in albino rats. *J Pharmacol Sci* **98**, 354-60.
4. Abbate C., Concetto G., Fortunato M.O., et al. (2005) Influence of environmental factors on the evolution of industrial noise-induced hearing loss. *Environmental Monitoring and Assessment* **107**, 351-61.
5. Stansfeld S.A., Matheson M.P. (2003) Noise pollution: non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin* **68**, 243-57.
6. The American Heritage® Dictionary of the English Language. (2000) Fourth Edition.
7. Sound Intensity. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/Hbase/sound/intens.html>. (Erişim: 12. 02. 2008)
8. Colors of noise. [http://en.wikipedia.org/wiki/Colors\\_of\\_noise](http://en.wikipedia.org/wiki/Colors_of_noise). (Erişim: 12. 02. 2008)
9. Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliği. Resmi Gazete; Sayı: 26809, Tarih: 07.03.2008.

10. Türkiye Çevre Atlası. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2004, 438-41.
11. Gürültü ve Gürültü Kirliliği, [http://www.cevreorman.gov.tr/gurultu\\_00.htm](http://www.cevreorman.gov.tr/gurultu_00.htm). (Erişim 17.02.2008)
12. Keskin B. Çevresel Gürültünün Ölçümü.  
<http://www.lab-cevreorman.gov.tr/hie/gurultu.pdf>. (Erişim: 16.2.2008)
13. 2872 sayılı Çevre Kanunu, Resmi Gazete; Sayı: 18132, Tarih: 11.8.1983.
14. Çetin E., Malas M.A. (2005) Fetal büyümeye etki eden çevresel faktörler. *SDÜ Tıp fakültesi dergisi* **12**, 65-72.
15. Ekinci C.E., Bulut T., Güler Ç. (2005) Elazığ Abdullahpaşa Mahallesi gürültü düzeyinin araştırılması. *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* **17**, 257-65.
16. Noise health effects. [http://en.wikipedia.org/wiki/Noise\\_health\\_effects](http://en.wikipedia.org/wiki/Noise_health_effects). (Erişim: 12. 02. 2008)
17. Manikandan S., Srikumar R., Parthasarathy N.J., et al. (2005) Protective effect of acorus calamus linn on free radical scavengers and lipid peroxidation in discrete regions of brain against noise stres exposed rat. *Biol Pharm Bull* **28**, 2327-30.
18. Endo T, Nakagawa T, Iguchi F., et al. (2005) Elevation of superoxide dismutase increases acoustic trauma from noise exposure. *Free Radical Biology & Medicine* **38**, 492-8.
19. Manikandan S., Devi R.S. (2005) Antioxidant property of alfa-asarone against noise-stress-induced changes in different regions of rat brain. *Pharmacological Research* **52**, 467-74.

20. Derekoş F.S., Dundar Y., Aslan R., et al. (2001) Influence of noise exposure on antioxidant system and TEOAEs in rabbits. *Eur Arch Otorhinolaryngol* **258**, 518-22.
21. Wasowicz W., Neve S., Peretz A. (1993) Optimized steps in fluorometric determination of thiobarbituric acid-reactive substances in serum: Importance of extraction pH and influence of sample preservation and storage. *Clin Chem* **39**, 2522-6.
22. Cortas N.K., Wakid N.W. (1990) Determination of inorganic nitrate in serum and urine by a kinetic cadmium-reduction method. *Clin Chem* **36**, 1440-3.
23. Paglia D.E., Valentine W.N. (1967) Studies on the quantitative and qualitative characterisation of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab & Clin Med* **70**, 158-69.
24. Henderson D., Bielefeld E.C., Harris K.C., et al. (2006) The role of oxidative stress in noise-induced hearing loss. *Ear & Hearing* **27**, 1-19.
25. Ohlemiller K.K., McFadden S.L., Ding D.L et al. (1999) Targeted deletion of the cytosolic Cu/Zn-superoxide dismutase gene (Sod1) increases susceptibility to noise-induced hearing loss. *Audiology & Neuro-Otology* **4**, 237-46.
26. Elsayed N.M., Gorbunov N.V. (2003) Interplay between high energy impulse noise (blast) and antioxidants in the lung. *Toxicology* **189**, 63-74.
27. Akkuş İ. (1995) Serbest radikaller ve fizyopatolojik etkiler. Mimoza Yayınları, Konya, 1-132.
28. Esterbauer H., Cheeseman K. (1991) Determination of aldehydic lipid peroxidation products: malondialdehyde and related aldehydes. *Free Radic Biol Med* **11**, 81-128.
29. Nielsen F., Mikkelsen B.B., Nielsen J.B., et al. (1997) Plasma malondialdehyde as biomarker for oxidative stress: reference interval and effects of life-style factors.



*Clin Chem* **43**, 1209-14.

**30.** Yıldırım I., Kılınç M., Okur E., et al. (2007) The effects of noise on hearing and oxidative stress in textile workers. *Industrial Health* **45**, 743-9.

**31.** Halliwell B, Gutteridge J.M.C (Eds). (1999) Free Radicals in Biology and Medicine. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Oxford University Pres.

**32.** Halliwell B. (1974) Superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase: solutions to the problem of lung with oxygen. *New Phyto* **73**, 1075-86.

**33.** Yoshikawa T., Tanigawa M., Tanigawa T., et al. (2000) Enhancement of nitric oxide generation by low frequency electromagnetic field. *Pathophysiology* **7**, 131-5.