

**T.C.**  
**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI**  
**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**ÇALIŞANLARIN GÜRÜLTÜ İLE İLGİLİ RİSKLERDEN  
KORUNMALARINA DAİR YÖNETMELİK  
HÜKÜMLERİNİN ÖRNEKLERLE VE SAHA  
UYGULAMALARIYLA AÇIKLANMASI**

**AYHAN ÖZMEN**

**(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)**

**ANKARA-2014**

**T.C.**

**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**ÇALIŞANLARIN GÜRÜLTÜ İLE İLGİLİ RİSKLERDEN  
KORUNMALARINA DAİR YÖNETMELİK  
HÜKÜMLERİNİN ÖRNEKLERLE VE SAHA  
UYGULAMALARIYLA AÇIKLANMASI**

**AYHAN ÖZMEN**

**(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)**

**Tez Danışmanı  
Serap ZEYREK**

**ANKARA-2014**

**T.C.**  
**Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı**  
**İş sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü**

**O N A Y**

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı **Ayhan ÖZMEN**, İş Güvenliği Uzmanı Sn. **Serap ZEYREK**'in danışmanlığında tez başlığı "Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik Hükümlerinin Örneklerle ve Saha Uygulamalarıyla Açıklanması" olarak teslim edilen bu tezin tez savunma sınavı 09.06.2014 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından "**İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**" olarak kabul edilmiştir.

**KOMİSYON BAŞKANI**

Dr. Serhat AYRIM

Müsteşar Yrd.

ÜYE

Kasım ÖZER

Genel Müdür

ÜYE

Doç. Dr. Yasin Dursun SARI

Öğretim Üyesi

ÜYE

Dr. Havva Nurdan Rana GÜVEN

Genel Müdür Yrd.

ÜYE

İsmail GERİM

Genel Müdür Yrd.

Yukarıdaki imzaların adı geçen kişilere ait olduğunu onaylarım.

Kasım ÖZER

Genel Müdür

## TEŞEKKÜR

İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi Müdürlüğü'nde İSG uzman yardımcısı olarak çalışmaya başladığım günden beri, mesleki açıdan yetişmemdeki ve uzmanlık tezi çalışmamı hazırlama aşamasındaki değerli katkılarından dolayı Genel Müdürümüz Sayın Kasım ÖZER'e, Genel Müdür Yardımcılarımız Sayın Dr. Rana GÜVEN'e, Sayın İsmail GERİM'e, Sayın Ahmet ÇETİN'e, İSGÜM Müdürümüz Sayın Halil POLAT'a, İSGÜM Müdür Yardımcılarımız Sayın Cemil AGAH'a ve Sayın Kağan YÜCEL'e, değerli yorumlarıyla tezime yön veren tez danışmanım Sayın Serap ZEYREK'e ve elbette bu süre içinde beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum ve her zaman değerli katkılarıyla yanımda olan tüm çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

## ÖZET

**ÖZMEN, Ayhan “Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik Hükümlerinin Örneklerle ve Saha Uygulamalarıyla Açıklanması” Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara 2014**

Bu çalışmanın amacı ‘Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik’ hükümlerinin detaylı bir şekilde açıklanmasıdır. Yapılan çalışmada gürültü maruziyetinin belirlenmesi, değerlendirilmesi, ölçülmesi için kullanılan metot ve stratejiler teorik ve uygulamalı örneklerle açıklanmış ve aynı zamanda işitme duyusu hasarını ve işitme kaybını önlemek amacıyla aynı yönetmelik hükümlerine göre alınması gereken tedbirler, uygulamalı saha örnekleriyle açıklanmıştır.

Ülkemizde ve dünyadaki çalışma alanlarında en yaygın maruz kalınan fiziksel ajanlardan birisi olan gürültünün: işitme kaybı, kardiyovasküler ve fizyolojik etkileri, ruh sağlığını bozması, çalışanın dikkatini ve iletişimini azaltarak iş kazasına sebep olması, iş performansını azaltması, vb. risklerinden doğru şekilde kaçınılması veya bu risklerin azaltılması durumunda, gürültünün zararlı etkileri ve meslek hastalığı yapma potansiyeli en aza indirilmiş olacaktır. Bu sebeple hazırlanmış ilgili yönetmelik başta işveren olmak üzere, çalışana ve/veya temsilcilerine ve sağlık personeline doğrudan, dolaylı olarak da makine üreticisi ve/veya yetkili sağlayıcılarına ve kişisel koruyucu donanım üreticisi ve/veya yetkili sağlayıcılarına sorumluluk yüklemektedir. Bu sorumlulukların yerine getirilmesinde uyulacak metot ve stratejiler ile çözüm önerileri; ‘risk değerlendirmesi prosedürü’, ‘çalışma alanı dizaynı’, ‘gürültü maruziyeti nasıl azaltılır?’, ‘kişisel koruyucu donanım: kulak koruyucuların seçimi ve özellikleri’, ‘sessiz iş ekipmanı alımı’ ve ‘işitme kaybı ve sağlık gözetimi’ başlıkları altında uygulamalı saha örnekleriyle açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Gürültü maruziyeti, kulak koruyucu, iş yeri dizaynı, işitme kaybı, sessiz iş ekipmanı.

## **ABSTRACT**

**ÖZMEN, Ayhan “An Explanation with Examples and Field Applications on Provisions of the Regulation About Protection of Workers From Risks Associated with the Noise” Ministry of Labour and Social Security, Directorate General of Occupational Health and Safety Thesis Occupational Health and Safety Expertise Ankara 2014**

The aim of this study is to explain provisions of the Regulation About Protection of Workers From Risks Associated With The Noise in detail. In the study, methods and strategies, which using for determination, assessment and measurement of noise, was described and also, in order to avoid hearing damage and hearing loss, measures, which must be taken pursuant to the provisions of the regulations, was described with examples of field application.

Noise, which is a physical agents, is one of the most common exposure parameters at workplace in our country and around the World. If risks, which arising from noise, such as hearing loss, effects on cardiovascular and physiological, disruption of mental health, causing occupational accidents reducing the attention of the employee and communication, reducing the performance of work, avoid or eliminate correctly, harmful effects and making occupational diseases potential of noise will be minimized. Therefore, prepared relevant regulation gives responsibility directly to employers, employees and / or their representatives and medical staff and indirectly to machine producers and / or their representative suppliers, personal protective equipment producers and / or their representative suppliers. For the fulfillment of this responsibility, implementation methods and strategies, and recommendations for solution was described with examples of the field applications in following subjects: ‘risk assessment procedure’, ‘workplace desing’, ‘how do we reduce noise exposure?’, ‘personel protective equipment: characteristics and selection of personel hearing protectors’, ‘purchasing quiet equipment’ and ‘hearing damage and health surveillance’.

**Keywords:** Noise exposure, hearing protector, workplace desing, hearing loss, quiet work equipment.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| O N A Y.....                                                                    | iii |
| TEŞEKKÜR .....                                                                  | i   |
| ÖZET .....                                                                      | ii  |
| ABSTRACT .....                                                                  | iii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                                   | v   |
| GİRİŞ VE AMAÇ .....                                                             | 1   |
| GENEL BİLGİLER .....                                                            | 3   |
| AKUSTİĞİN TEMELLERİ .....                                                       | 3   |
| GEREÇ VE YÖNTEMLER.....                                                         | 15  |
| GÜRÜLTÜ ÖLÇÜM CİHAZLARI.....                                                    | 15  |
| ÖLÇÜM YETERLİLİKLERİ .....                                                      | 17  |
| ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ.....                                                         | 32  |
| BULGULAR .....                                                                  | 48  |
| RİSK DEĞERLENDİRMESİ PROSEDÜRÜ .....                                            | 48  |
| ÇALIŞMA ALANI DİZAYNI .....                                                     | 64  |
| GÜRÜLTÜ MARUZİYETİ NASIL AZALTILIR?.....                                        | 72  |
| KİŞİSEL KORUYUCU DONANIM (KKD): KULAK KORUYUCULARIN SEÇİMİ VE ÖZELLİKLERİ ..... | 90  |
| SESSİZ İŞ EKİPMANININ ALIMI .....                                               | 107 |
| İŞİTME HASARI VE SAĞLIK GÖZETİMİ .....                                          | 117 |
| SAHA UYGULAMALARI .....                                                         | 129 |
| TARTIŞMA.....                                                                   | 139 |
| SONUÇLAR.....                                                                   | 143 |
| KAYNAKLAR .....                                                                 | 145 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                  | 148 |
| TABLolar.....                                                                   | 149 |
| ŞEKİLLER .....                                                                  | 150 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

|             |                                                                                         |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| $c_i$       | Her bir giriş miktarı ile ilgili duyarlılık katsayısı                                   |
| $c_1$       | iş gürültü seviyesi örnekleme ile ilgili duyarlılık katsayısı                           |
| $c_{1a,m}$  | görev $m$ nin gürültü seviyesi örnekleme ile ilgili hassasiyet katsayısı                |
| $c_{1b,m}$  | görev $m$ nin süresinin tahmini ile ilgili duyarlılık katsayısı                         |
| $c_2$       | ölçüm enstrümantasyon ile ilgili hassasiyet katsayısı                                   |
| $c_3$       | mikrofon konumu ile ilgili duyarlılık katsayısı                                         |
| dB          | desibel                                                                                 |
| dB (A)      | A-frekans ağırlıklı desibel                                                             |
| dB (C)      | C-frekans ağırlıklı desibel                                                             |
| dk          | dakika                                                                                  |
| $E_{A,8h}$  | A-ağırlıklı gürültü seviyesi maruziyeti 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş hali |
| EN          | European standard                                                                       |
| f           | frekans                                                                                 |
| Hz          | Hertz                                                                                   |
| $i$         | görev numune sayısı                                                                     |
| $I$         | görev örneklerinin toplam sayısı                                                        |
| IEC         | international electrotechnical commission                                               |
| ISO         | international organization for standardization                                          |
| $j$         | görev süresi gözlem sayısı                                                              |
| $J$         | Görev süresi toplam gözlem sayısı                                                       |
| $k$         | bir güven aralığı ile ilgili kapsama faktörü                                            |
| kHz         | kilohertz                                                                               |
| $L_{Aq}$    | logaritmik ses basıncı                                                                  |
| $L_p$       | logaritmik ses basıncı                                                                  |
| $L_{eq}$    | eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi                                                     |
| $L_{EX,8h}$ | A-ağırlıklı gürültü seviyesi maruziyeti 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş hali |



|                   |                                                                                                      |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_{EX,8h,m}$     | Günlük gürültü maruziyet düzeyine katkıda bulunan $m$ görevinin A-ağırlıklı gürültü maruziyet düzeyi |
| $L_{p,A,eqT,m}^*$ | görev $m$ için gerçek A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi tahmini                       |
| $L_{p,A,T}$       | $T$ süresi üzerinde ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi                                   |
| $L_{p,A,eqT,m}$   | Görev $m$ için ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi                                        |
| $L_{p,A,eqTe}$    | Etin bir çalışma günü süresi için ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi                     |
| $L_{p,Cpeak}$     | C-ağırlıklı pik ses basınç seviyesi                                                                  |
| $m$               | metre                                                                                                |
| $m$               | görev numarası                                                                                       |
| $M$               | görevlerin toplam sayısı                                                                             |
| $\mu Pa$          | mikropaskal                                                                                          |
| $n$               | iş numune sayısı                                                                                     |
| $N$               | iş örneklerin toplam sayısı                                                                          |
| $n_G$             | homojen bir maruziyet grubu için işçi sayısı                                                         |
| $p$               | ses basıncı                                                                                          |
| $Pa$              | paskal                                                                                               |
| $p_0$             | referans değeri $p_0 = 2 \times 10^{-5} Pa$                                                          |
| $p_A$             | A-ağırlıklı ses basınç                                                                               |
| $p_{Cpeak}$       | C-ağırlıklı pik ses basınç                                                                           |
| $s$               | saniye                                                                                               |
| $SPL$             | sound pressure level                                                                                 |
| $t$               | Şekil 2'de açıklanan ölçüm süresi                                                                    |
| $T$               | ortalama üzerinden alındığı süre                                                                     |
| $T_0$             | referans süresi $T_0 = 8 h$                                                                          |
| $T_e$             | etkili çalışma günü süresi                                                                           |
| $T_m$             | görev $m$ süresi                                                                                     |
| $T_{m,j}$         | görev $m$ nin örnek $j$ süresi                                                                       |
| $TS$              | Türk standartları                                                                                    |

|            |                                                                                                         |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $U$        | genişletilmiş belirsizlik                                                                               |
| $u$        | kombine standart belirsizlik                                                                            |
| $u_i$      | Her bir giriş miktarının belirsizlik standartı                                                          |
| $u_1$      | A-ağırlıklı ölçümleri bir dizi enerji ortalama standart belirsizlik eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi |
| $u_1$      | A-ağırlıklı eşdeğer bir dizi ölçümleri tahmini standart belirsizlik sürekli ses basınç seviyesi         |
| $u_{1a,m}$ | görev m nin gürültü seviyesi örnekleme nedeniyle belirsizlik standartı                                  |
| $u_{1b,m}$ | görev m nin süresi tahmini nedeniyle belirsizlik standartı                                              |
| $u_2$      | enstrümantasyon nedeniyle belirsizlik standartı                                                         |
| $u_{2,m}$  | enstrümantasyon nedeniyle görev yöntemi belirsizlik standartı                                           |
| $u_3$      | mikrofon konumu nedeniyle belirsizlik standartı                                                         |
| $W$        | watt                                                                                                    |
| $x$        | gün sayısı                                                                                              |
| $X$        | toplam gün sayısı                                                                                       |

## **GİRİŞ VE AMAÇ**

Dünyada ve ülkemizde, sanayinin gelişmesi ve makineleşmenin artması beraberinde birçok sağlık ve güvenlik riskini de arttırmıştır. Çalışma hayatının her dalında çalışanlar, yapılan işin doğasına göre sağlık ve güvenliklerini tehdit eden risk faktörlerine maruz kalmaktadırlar. Bu risk faktörlerinden biriside iş hijyeni fiziksel faktörü olan gürültüdür.

Çalışma alanlarında gürültünün varlığı meslek hastalığı, iş kazası, iş performansının düşmesi vb. gibi riskleri ortaya çıkarmaktadır. Bu risklerin başında işitme kaybı gelmektedir. Gürültünün neden olduğu işitme kaybı problemi, Avrupa Birliği'nde (AB) en yaygın görülen 10 meslek hastalığından biridir.<sup>[1]</sup> Gürültünün neden olduğu işitme kaybı ya da sağırılık Sosyal Güvenlik Kurumu'nun (SGK) meslek hastalıkları istatistiği listelerinde yer alan bir hastalık türüdür. Sanayi kollarına bakıldığında üretim, maden ve inşaat işlerinde çalışan erkeklerin kadınlardan daha fazla gürültüye maruz kaldıkları görülmektedir.

Endüstriden, İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü'ne (İSGÜM) yapılan ölçüm analiz taleplerinin %97'sinde gürültü ölçümü istenmiş ve gerçekleştirilen ölçümlerin yaklaşık %80'inin sonucu ciddi oranda gürültü maruziyetinin varlığını ortaya koymuştur.

Maruziyetin önlenmemesi ve sürekli maruziyet sonucu işitme kaybına uğrayan çalışanların hareket özgürlüğünü, yeniden işe alınmasını ya da etkinliklerindeki basit değişiklik potansiyellerini kısıtlamanın yanı sıra özel yaşam kalitesinin düşmesine ve çoğu zaman sosyal dışlanmaya neden olacaktır.

Maruziyet sadece işitme kaybı yönüyle ele alınmamalı, çalışma alanlarında gürültünün varlığı iletişimde yaşanacak zorluklardan dolayı iş kazası riskini de arttırmaktadır. Aynı zamanda gürültü psikososyal (ör: stres ve anksiyete) problemlere de neden olmaktadır.<sup>[9]</sup>

Ülkemiz hedeflerinden birisi de istihdamın kalitesini arttırmaktır. Gürültü nedeniyle işitme kaybı vakalarının azaltılması bu hedefin bir parçasını oluşturmaktadır ve bu amacın gerçekleşmesi için her sektörde (özellikle gürültülü sektörlerde) işverenler, çalışanlar, kamu otoriteleri, sağlık çalışanları, iş teftiş yetkisi bulunanlar ve tabi ki KOBİ ler birlikte ve verimli bir şekilde çalışmalıdırlar.

Bu doğrultuda hazırlanan ‘Çalışanların Gürültü ile ilgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik’ içerdiği hükümlerle çalışma hayatında yukarıda anlatılan risklerden korunmak için bir kılavuz vazifesi üstlenerek yine yukarıda anlatılan tüm paydaşları desteklemektedir.

Sonuç olarak, yönetmeliğin tam uygulanması koşuluyla, çalışanların, gürültünün zararlı etkilerinden azami seviyede korunacağı ispatlanmaya çalışılmıştır, yapılan bu çalışma yönetmelik hükümlerinin pratik olarak uygulanmasının nasıl yapılacağına dair ve özellikle mesleki gürültü maruziyetinden kaynaklanan risklerin engellenmesi (özellikle kaynağında ele alınarak), kişisel korunmanın daha fazlası olarak toplu korunmayı desteklemeye özen göstererek, bilgiler ve örnekler vermektedir. Ayrıca bu çalışma, kuruluşlara çalışanlarının sağlık ve güvenliği konusunda gelişmeler elde etmesi adına en uygun çözümlerin seçilmesi için yardımcı olabilir.

## **GENEL BİLGİLER**

### **AKUSTİĞİN TEMELLERİ**

#### **Giriş**

Akustik, ses bilimidir. İnsan hayatında ses, çevredeki en temel elementlerden biridir. Gürültü sesin özel bir tipidir ve en çok endüstriyel iş süreçleriyle ilişkilidir; en önemli tehlikesi çalışma ortamlarında karşımıza çıkmaktadır. Ses ve gürültüyü işitiriz ve bunların fiziksel doğalarına bakmadan içgüdüsel olarak adlandırırız.<sup>[5]</sup>

Devam eden bölümde gürültü ve sesi açıklamakta kullanılan terminolojiye ve aşağıdaki soruların yanıtlarına değinilmiştir.

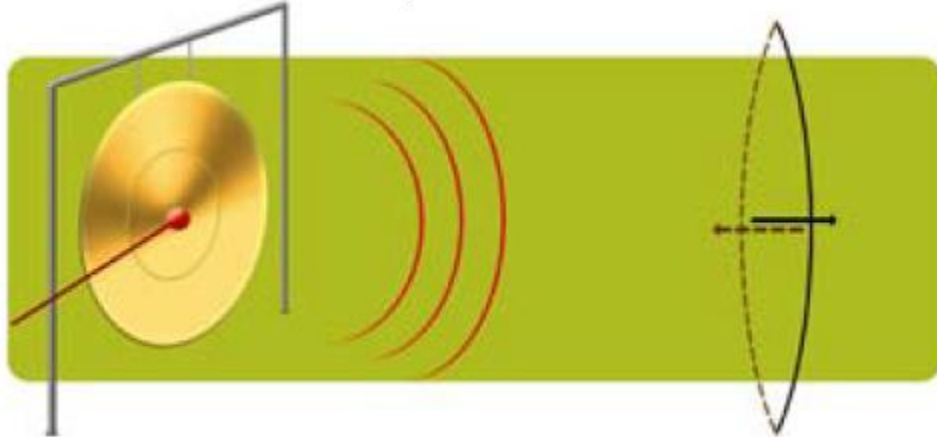
- Ses gerçekte nedir?
- Hangi parametrelerle ifade edilir?
- Ses ve gürültü arasındaki fark nedir?

#### **Ses ve Gürültü**

##### **1. Ses:**

Ses, dalga şeklinde hava parçacıklarının titreşimi ile yayılır. Sesin havada yayılması, ses alanı olarak tanımlanır. Hava parçacıklarının titreşimi sonucu ses oluşur. Bu titreşimlerin kaynakları, titreyen nesneler, makineler, hava akımı ya da darbeler olabilir.

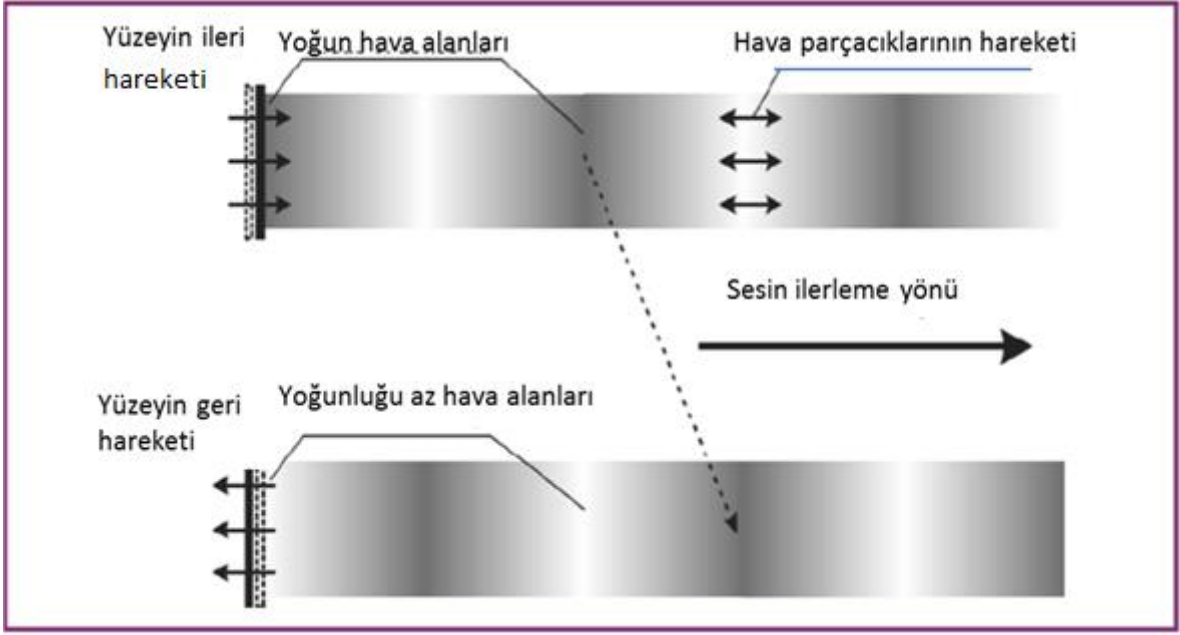
Sesin oluşum süreci bir 'gong' örneğiyle açıklanabilir (şekil 1). Gongun yüzeyine vurulduğunda ileri geri titreşmeye başlar (eşitli endüstriyel makineler ya da ekipmanları aynı şekilde titreşirler).



**şekil 1. Gong ve titreşen yüzeyi**

Gongun yüzeyi ileri doğru hareket ettiğinde önündeki hava parçacıkları iter ve bölgesel olarak hava yoğunluğunu arttırır (şekil 2). Geriye doğru hareket ettiğinde, hava parçacıklarını eker ve bölgesel olarak hava yoğunluğunu azaltır (şekil 2). Hava parçacıkları yüzeyle aynı yönde ileri geri titremeye başlar. Bu titreşimler giderek uzak hava parçacıklarına yayılır ve ses böylece oluşur. Bu etki durgun suya bir madde atıldığı zaman da aynı şekilde gözlemlenir. Madde su parçacıklarını hareket ettirerek dalga oluşturur.

Hava parçacıklarının titreşiminin yayılmasına ses dalgası denir. Hava parçacıklarının titreşiminin havada yayılma hızına 'ses hızı' denir ve 340 m/s dir. 1 saniye içerisinde ses dalgası 340 m uzağa ulaşmış anlamına gelir.



**Şekil 2. Sesin hareketi**

## 2. Gürültü:

İstenmeyen sese gürültü denir. Sıklıkla, gürültü işitme duyusuna zarar veren yüksek sesle ilişkilendirilir ve eğer sağlık etkileriyle düşünülürse, işitme duyusuna zarar verebilen yüksek ses olarak tanımlayabiliriz. Yüksek ses, insan sağlığını etkilemesine rağmen her zaman gürültü olarak algılanmayabilir, örneğin konser sırasında yüksek müzik gibi. Bazı durumlarda da ses, yüksek ya da potansiyel bir zararı olmasa da gürültü olarak tanımlanır. Bu tür sesler zihinsel yoğunlaşma gerektiren işler sırasında konsantrasyonu engelleyebilir.

- Gürültü büyük ölçüde subjektif bir kavramdır ve belirli bir anda herhangi bir istenmeyen ses olarak tanımlanabilir.
- Her gürültü bir sestir, oysaki her ses gürültü olmayabilir. Ancak, bu iki terim birbirinin yerine daha sonra bu bölümde kullanılacaktır.

Anlık ya da darbe gürültüsü, aniden meydana gelen yüksek gürültülerdir. Anlık ya da darbe gürültüsü, 1 saniyeden uzun sürmez ve sonrasında belli bir periyot sessizlik olur. Değişik tipteki darbe ve patlamalar sonucu anlık gürültü oluşur. Darbe gürültüleri çarpışan nesneler tarafından üretilen anlık gürültülerdir.

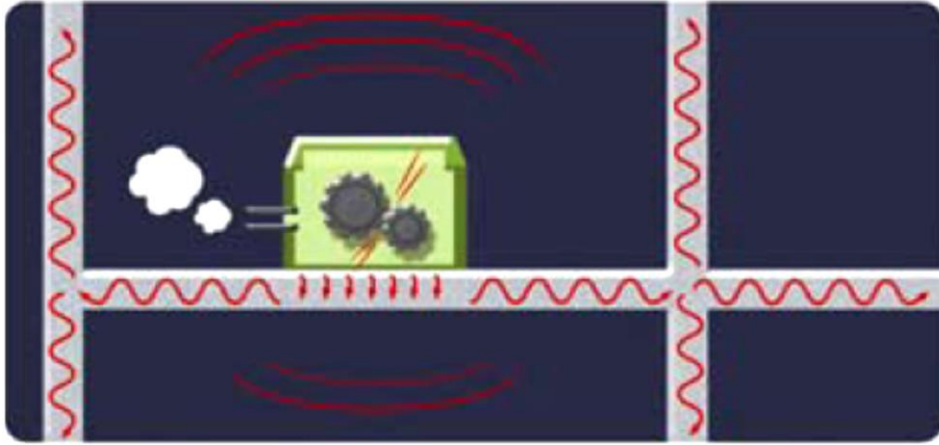
Örnek:

Balon patlaması, çekicin çarpması, çivi çakma ve silah atışı gürültü üretir.

### 3. Sesin havada, sıvıda ve diğer ortamlarda yayılışı:

Sesler, akustik dalgalar, sadece havada yayılmazlar aynı zamanda elastik ortamlarda da yayılırlar, su, beton ya da çelik gibi. Havada iletilen sese, hava doğuşlu (hava kaynaklı) ses denir. Katı bir yapı içerisinde iletilen sese, yapı doğuşlu (yapı kaynaklı) ses denir. Sıvı boyunca hareket eden sese, sıvı doğuşlu (sıvı kaynaklı) ses denir.<sup>[5]</sup>

Ses kaynağı bu yüzden değişik olabilir( hava, sıvı ya da katı) ve gürültü azaltım eylemleri ses kaynağının doğasına bağlı olarak farklı olabilir. Hava kaynakları egzoz çıkışları, patlamalar, vb. olabilir. Sıvı kaynakları bir boru içerisinde hareket eden sıvı, şelale, vb. olabilir. Katı kaynaklar, ağırlıklı olarak mekanik kontaklar tarafından oluşturulur: dişliler, çubuklar, çekiç, vb. olabilirler.



**Şekil 3. Gürültünün farklı yollarla yayılması**

Not: Sesin katılarda yayılma hızı, havada yayılma hızından daha yüksektir.

Örnek:

Sesin betonda yayılma hızı, 3800 m/s ve çelikte yayılma hızı 5100 m/s dir.



## Sesi Tanımlamada Kullanılan Temel Parametreler

### 1. Frekans:

Frekans saniye başına periyodik hareket döngülerin sayısıdır. Nesnelerin titreşiminin ve hava hareketinin, saniye başına döngü sayısı farklı olabilir. Frekans bir saniyede tamamlanan titreşim döngü sayısını ifade eder. Frekans 'f' sembolü ile gösterilir ve birimi hertz(Hz)'dir. Parçacık ne kadar hızlı titrerse, frekans da o kadar yüksek olur. Hertz den bin kat daha büyük frekans birimi kHz(kilohertz),  $1000 \text{ Hz} = 1 \text{ kHz}$ .

#### Örnek:

Frekansı bir hertz demek ( $f= 1 \text{ Hz}$ ), bir nesnenin ileri geri titreşimini 1 saniyede bitirdiği anlamına gelir. Aynı şekilde 100 Hz, bir nesnenin ileri geri 100 titreşimini bir saniyede tamamladığı anlamına gelir.

İnsanlar tarafından işitilebilen seslere, duyulabilir sesler denir. Duyulabilir seslerin frekansı 20 Hz – 20 kHz aralığındadır. Duyulabilir sesler;

- düşük frekansta işitilen sesler, bas ses (şekil 4)
- yüksek frekansta işitilen sesler, soprano (şekil 5) olarak ikiye bölünebilir.

#### Örnek:

Bas ses, bir dizel motoru veya bir transformatör tarafından yayılan düşük frekanslı seslerdir. Soprano ses, bir sineğin vızıltısı veya kaynayan bir çaydanlığın çıkardığı yüksek frekanslı seslerdir.



**Şekil 4. Düşük frekanslı sesler**



**Şekil 5. Yüksek frekanslı sesler**

## 2. Infrases ve ultrases:

20 Hz in altındaki frekanslarda seslere infrases denir. 20000 Hz in üzerindeki frekanslarda seslere ultrases denir. İnfrases ve ultrases duyulamazlar. İnsan kulağı tarafından duyulamazlar bile, bu frekans aralığındaki sesler insan vücudunu olumsuz etkileyebilir; baş ağrısı, yorgunluk, vb.<sup>[9]</sup>

## 3. Ses basıncı:

Ses basıncı 'p' (ya da akustik basınç), atmosfer basıncındaki basınç değişikliğidir ve bir dalga olarak hava boyunca yayılır. Etrafımızdaki havada bir basınç olduğu bilinmektedir ve buna atmosfer basıncı denir.

Ses havada yayılırken, düşük ve yüksek hava yoğunluklu bölgeler oluşturur. Hava yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde hava basıncı belirgin bir şekilde atmosfer basıncından yüksektir ve diğer durumda da hava yoğunluğunun az olduğu bölgelerde hava basıncı belirgin bir şekilde atmosfer basıncından düşüktür. Bu küçük basınç değişiklikleri ses yayılırken havada meydana gelmektedir. Sesin yayılmasıyla oluşan hava basıncındaki küçük değişiklik ses basıncı olarak bilinir ve 'p' sembolü ile gösterilir. Akustik basıncın birimi paskal(Pa) 'dır. İnsan kulağının ses basıncına tepki göstermesi sonucu sesler işittir. Ses kaynağındaki titreşimler büyüdükçe, oluşan ses basıncıda yükselir. Yüksek ses basınçlı sesler, gürültüdür.

Örnekler:

Bazı seslerin ses basınçları: fısıldama- 0,0003 Pa; buzdolabı- 0,005 Pa; konuşma- 0,01 Pa; elektrikli süpürge- 0,05 Pa; elektrikli testere- 5 Pa; pnömatik kırıcı- 10 Pa; uçak kalkışı(yanındayken)- 30 Pa. Atmosfer basıncı – 101.300 Pa' dır.

#### 4. Ses basınç seviyesi ve desibel:

Ses basınç seviyesi (SPL), bir referans ses basıncı ile ilgili olarak belirli bir ses için ses basıncının logaritmik bir ölçüsüdür. ' $L_p$ ' şeklinde gösterilir ve desibel(dB) cinsinden ifade edilir. Referans ses basıncı 20  $\mu$ Pa (mikropaskal)'dır. 1000 Hz frekansında, iyi işitmeye sahip insan için duyulabilir en sessiz ses 20  $\mu$ Pa ses basıncına sahiptir. İnsan kulağının duyabileceği en yüksek sesin basıncı 20 Pa'dır (bu şekilde yüksek basınca sahip sesler kulakta ağrı hissine sebep olur.). 20  $\mu$ Pa(0,00002 Pa)-20Pa aralığı çok geniş olduğu için uygun bir ses basınç ölçüm değeriyle tanımlanır. Desibel(dB), logaritmik bir büyüklüktür ve ses basınç seviyesi(SPL) olarak tanımlanır ve referans ses basıncı 20  $\mu$ Pa'nın kaç kat aşıldığının göstergesidir. 20  $\mu$ Pa ses basıncının, ses basınç seviyesi 0 dB'dir.<sup>[20]</sup>

Ses basınç seviyesi, sesin enerjisine bağlıdır. Sesin enerjisi ya da maruziyet süresi iki katına çıkarsa ses basınç seviyesi 3 dB artacaktır ve tersi durumda da aynı oranda azalacaktır. Eğer ses basınç seviyesi 10 dB artar ya da azalırsa, ses sırasıyla iki katı ya da yarısı gibi algılanır. İyi bir işitme duyusuna sahip bir kişi ses basınç seviyesindeki 1-3 dB'lik değişimi fark edebilir.

Not: İleriki kısımlarda dB(A) ve dB(C) haricinde sadece 'dB' olarak görülen değerler SPL(ses basınç seviyesi) olarak değerlendirilmelidir.

#### 5. Ses gücü ve ses gücü düzeyi:

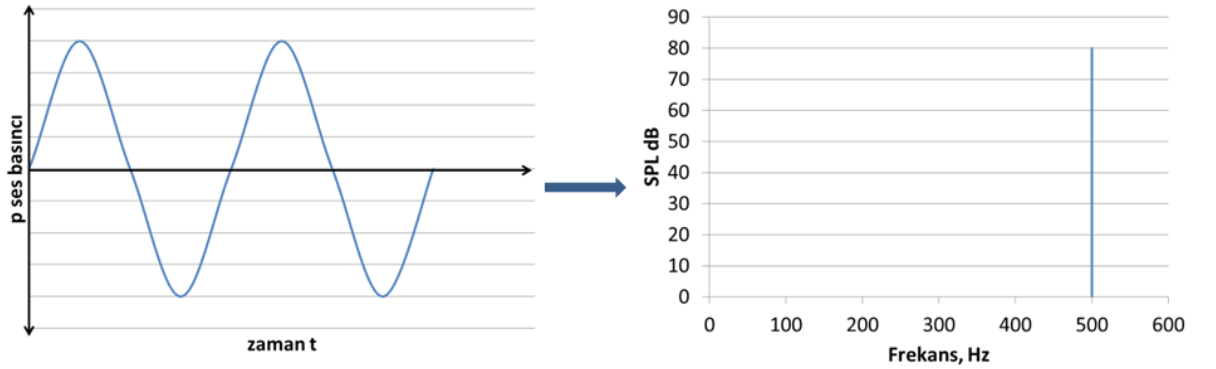
Ses gücü, bir periyotluk süre içerisinde ses kaynağının yaydığı enerji miktarıdır (örneğin bir saniyede). Ses gücü vat(W) ile ifade edilir. Ses gücü bir ses kaynağını tanımlamada kullanılan temel bir parametredir çünkü ses kaynağı çevresel şartlara bağlı olarak değişmez. Ses gücü temel alınarak, bir gürültü kaynağına yakın seçilen bir yerde, ses basınç seviyesini belirlemek genellikle mümkündür.

Örnek: Ses kaynağı-ses gücü: fısıldama-0,0000001 W; müzik gurubu-5 W; jet-100.000 W.

### Ses Frekansının Analizi

#### 1. Ton ve akustik spektrum:

Sinüzoidal titreşim tarafından oluşturulan sese, saf ton (arı ses) veya basit bir ses denir. Bir akustik spektrum, frekansın bir fonksiyonu olarak ölçülen yoğunluğun ya da ses basıncının dağılımıdır. Saf ton, yatay eksen, frekansı ve dikey eksen akustik basınç seviyesini temsil eden bir grafikte gösterilebilir (şekil 6). Bu tip grafiklere ses spektrumu denir. Gerçek durumlarda saf ton grafiklerine pek rastlanmaz. Etrafımızda çok farklı tonlarda sesler bulunur.



**Şekil 6. SPL değerinin frekansa göre gösterimi**

#### 2. Oktav ve 1/3 oktav bandı:

Bir oktav bandı, üst frekansı alt frekansın iki katı olduğu bir banttır. Her oktav bandının 3'e bölünmesiyle 1/3 oktav bandı oluşur. Uluslararası standartlara göre duyulabilen seslerin frekans aralığı 10 oktav banda bölünebilir. Oktav ve 1/3 oktav bandları genelde kendi merkez frekanslarıyla gösterilirler. Aşağıda, kullanılan oktav band merkez frekansları verilmiştir.

31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz ve 16 kHz.

**Tablo 1. Oktav bandları**

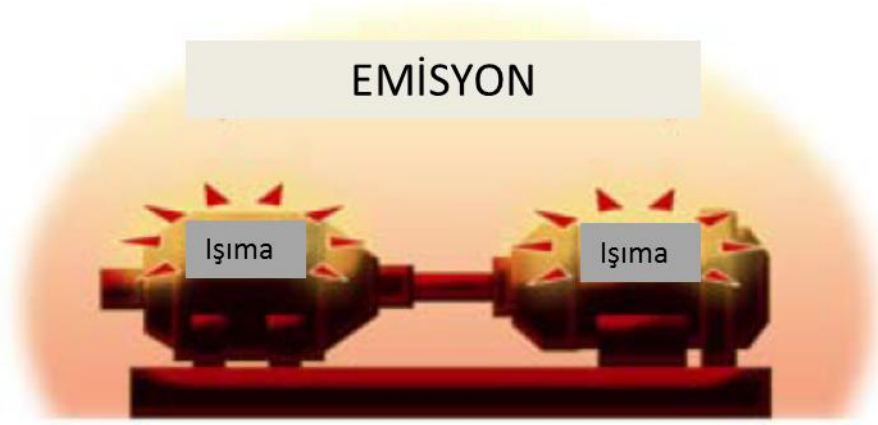
| 1/1 Oktav bandı | 1/3 Oktav bandı |
|-----------------|-----------------|
| 31,5            | 25              |
|                 | 31,5            |
|                 | 40              |
| 63              | 50              |
|                 | 62              |
|                 | 80              |
| 125             | 100             |
|                 | 125             |
|                 | 160             |
| 250             | 200             |
|                 | 250             |
|                 | 315             |
| 500             | 400             |
|                 | 500             |
|                 | 630             |
| 1000            | 800             |
|                 | 1000            |
|                 | 1250            |
| 2000            | 1600            |
|                 | 2000            |
|                 | 2500            |

Bir oktav band tabanlı ses spektrumuna bir oktav spektrumu ve bir 1/3 oktav band tabanlı spektruma da bir 1/3-oktav band spektrumu denir. Gürültü spektrum analizi aynı zamanda 1/3 oktav bandından daha dar frekans bandları kullanılarak da yapılabilir.

### **Ses Üretimi ve Sesin Yayılması**

#### **1. Işıma, emisyon ve imisyon:**

Gürültülü ekipman ses ürettiği zaman, ses enerjisi ışıması yapıyor diyebiliriz. Bu şekilde yayılan sese emisyon denir. Işıma, ses kaynağının titreşim enerjisini, ses enerjisine dönüştürür. Belirli bir kaynaktan ışıyan sesin miktarı emisyondur. Gürültü emisyonu, ses gücü seviyesi ya da ses basınç seviyesi ile tayin edilir.



**Şekil 7. Işıma ve emisyon**

İmisyon belirli bir bölgeye ulaşan sesin miktarıdır (ör: çalışma alanı, mikrofon veya insan kulağı, vb.), imisyona çeşitli ses kaynaklarından ve yansımalarından gelen gürültüler de dahildir. İmisyon genellikle ses basınç seviyesi olarak ölçülür.

## 2. Yönelim:

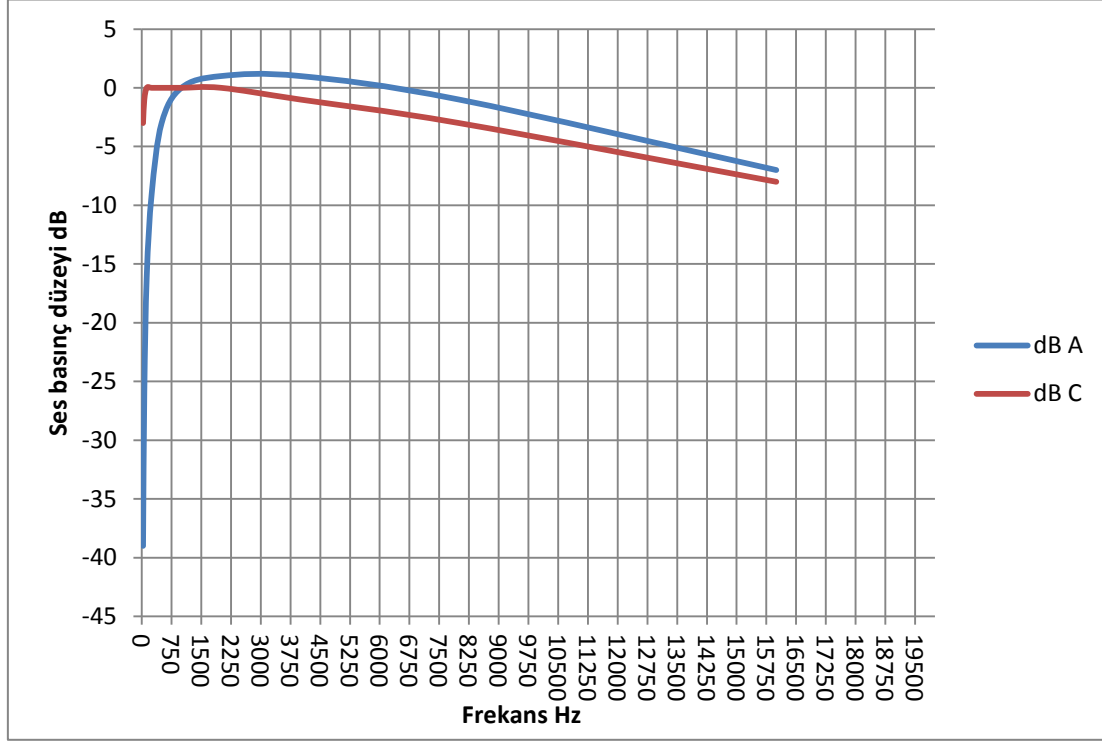
Yönelim, kaynağın belirli yönlerde ses ışıma kapasitesidir. Bir kaynaktan ses enerjisi çok farklı yönlerde ışıyabilir. Gürültülü ekipmanlar, her zaman belli bir yönde daha fazla ses enerjisi ışıması yaparlar, yani ses basınç seviyesi bu yönde diğerlerinden daha fazla olacaktır. (ör: Hoparlör etrafında gezildiğinde, diğer yönlerden daha fazla ön tarafında ses algılanır.) Bir ses kaynağının yönelim şekli, etrafında ses basınç seviyesi ölçümleri yaparak bulunabilir. Eğer bir ses kaynağı her yöne eşit ışıma yapıyorsa, buna 'tüm-yönlü' ses kaynağı denir. Ses kaynağının yönelimi üretilen ses frekansına bağlıdır. Düşük frekanslı ses kaynakları genelde tüm-yönlüdür.

## 3. Frekans ağırlıklandırma:

Frekans ve ses seviyesine göre, ses algısındaki farklılıklar oluşur, frekans ağırlıklı ses basınç seviyeleri, işitme kaybı riskinin değerlendirilmesi için kullanılır.

- Bir A-ağırlıklı ses basınç seviyesi, dB(A), düşük ses basınç seviyelerinin öznel algısı için en iyi benzetmedir.
- Bir C-ağırlıklı ses basınç seviyesi, dB(C), yüksek ses basınç seviyelerinin öznel algısı için en iyi benzetmedir.

- Basit bir ifadeyle, ağırlıklandırma ses basınç seviyelerinin bir düzeltme veya düzeltmeyi temsil eder ve her bir frekans bandına uygulanır.



**Şekil 8. Ağırlıklandırma eğrisi**

Aşağıda Tablo 2 oktav bandı merkez frekansındaki düzeltmeler verilmiştir.

**Tablo 2. Ağırlıklandırma düzeltmeleri**

| Oktav band merkez frekansları, Hz | A-ağırlıklı düzeltme dB | C-ağırlıklı düzeltme dB |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 31,5                              | -39                     | -3                      |
| 63                                | -26                     | -1                      |
| 125                               | -16                     | 0                       |
| 250                               | -9                      | 0                       |
| 500                               | -3                      | 0                       |
| 1000                              | 0                       | 0                       |
| 2000                              | +1                      | 0                       |
| 4000                              | +1                      | -1                      |
| 8000                              | -1                      | -3                      |
| 16000                             | -7                      | -8                      |

- A-ağırlıklandırma eğrisi düşük frekanslı sesler için büyük düzeltmeler yapar. Ses basınç seviyesi dB(frekans düzeltilmesiz) ve dB(A), bu yüzden düşük frekansa sahip seslerde, güçlü olan sesler için büyük miktarda değişecektir.

#### 4. Maruziyet ve maruziyet düzeyi

Bir kişi üzerinde gürültünün zararlı etkisinin değerlendirilmesinde 'A-ağırlıklandırılmalı ses maruziyeti' kullanılır<sup>[22]</sup> (TS 2607 ISO 1999). İşitme duyusuna gürültünün zararlı etkisi insan kulağı tarafından alınan ses enerjisine, gürültünün ses basınç seviyesine ve maruziyet süresine bağlıdır. Çalışan görevini yaparken, değişik zaman dönemleri için farklı ses basınç seviyelerine maruz kalabilir.

Maruziyet düzeyi desibel ( $L_{EX, 8h}$ ) ile ifade edilir ve gürültü maruziyeti ( $E_{A, 8h}$ ) yerine kullanılır. Yönetmelikte gürültü maruziyeti düzeyi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. Günlük gürültü maruziyet düzeyi ( $L_{EX, 8\text{saat}}$ ) [dB(A) re. 20  $\mu$ Pa]: TS 2607 ISO 1999 standardında tanımlandığı gibi en yüksek ses basıncının ve anlık darbeli gürültünün de dahil olduğu A-ağırlıklı bütün gürültü maruziyet düzeylerinin, sekiz saatlik bir iş günü için zaman ağırlıklı ortalamasıdır. Haftalık gürültü maruziyet düzeyi ( $L_{EX, 8\text{saat}}$ ): TS 2607 ISO 1999 standardında tanımlandığı gibi A-ağırlıklı günlük gürültü maruziyet düzeylerinin, sekiz saatlik beş iş gününden oluşan bir hafta için zaman ağırlıklı ortalamasıdır.<sup>[22]</sup>

#### 5. Tepe(anlık) ses basıncı:

Tepe ses basıncı ( $P_{\text{peak}}$ ) C-frekans ağırlıklı anlık gürültü basıncının maksimum değeridir. Tepe ses basıncı ( $P_{\text{peak}}$ ), gürültüye maruz kalma seviyesine ek olarak, gürültünün zarar verici etkisinin değerlendirilmesi amacıyla sıklıkla kullanılır. Yönetmelikte verilen tepe ses basınç maruziyet eylem ve sınır değerleri, anlık işitme hasarı riski için ses basınç değerleridir. Gürültü maruziyet değerleri, gürültüye uzun süre maruz kalmanın etkilerinin değerlendirilmesini sağlar. Tepe ses basıncı, çok yüksek seslere (anlık gürültü) kısa süre maruz kalmanın etkilerinin değerlendirilmesini sağlar.



## GEREÇ VE YÖNTEMLER

### GÜRÜLTÜ ÖLÇÜM CİHAZLARI

Ses düzeyini ölçmek için iki çeşit cihaz mevcuttur: Ses seviye ölçerler ve dozimetreler (kişisel gürültü maruziyeti ölçer olarak da bilinir). Bazı cihazlar iki çeşit cihaz olarak da kullanılabilir, hem ses seviye ölçer hem de dozimetre olarak.



**Şekil 9. Ses seviye ölçer**

Ses seviye ölçerler, kullanıcıya ses seviyesini doğrudan okuma fırsatı verir. Genelde daha doğru sonuç verir çünkü deney personeli ölçüm süresince ölçüme nezaret eder.



**Şekil 10. Dozimetre**

Dozimetreler çalışanların üzerine takılması için tasarlanmış ses seviye ölçerlerdir ve gürültü maruziyetini bir tam iş günü boyunca ya da günün bir kısmını ölçebilirsiniz. Dozimetreler, ölçümün ses seviye ölçer cihazı ile yapılacağının uygun olmayacağı (örneğin çalışan haricinde başka bir kişinin ortamda bulunamayacağı) kadar zor durumlarda ya da çalışanın çok hareketli olduğu durumlarda kullanılırlar. Çünkü dozimetre tahrif olabilir ya da nezaret edilemeyen ölçümlerden dolayı sonuçlar aldatıcı olabilir.

Bazı dozimetreler ölçüm sırasında gürültü seviyesini belirli aralıklarla kaydeder. Bu kayıt, farklı kaynakların ya da işlerin gürültüye katkısının belirlenmesinde ve aldatıcı olabilecek sonuçların elenmesinde yardımcı olur.

Ses seviye ölçer ya da dozimetre kullanımında yönetmeliğin madde 6.2. belirtilen hükümlere uyulması gerekmektedir. Mikrofonla uyumlu bir korugan (rüzgarlık) ve ses kalibratörü (cihazın ölçtüğü değeri kontrol etmek amacıyla kalibre edilmiş bir ses kaynağıdır) ölçümün sağlıklı sonuç verebilmesi adına önemli ekipmanlardır.

**Örnek:**

Dozimetreler, açık ve kapalı gürültülü iş ortamlarında sürekli hareket halinde olan forklift sürücüleri ve yüksekte çalışan gürültüye maruz kalan bir kule tamircisinin

gürültü maruziyetinin ölçülmesinde kullanılabilir. Dozimetreler, tüm A-frekans ağırlıklı  $L_{eq}$ 'lerin ölçülmesi için ayarlanabileceği gibi, aynı zamanda A-frekans ağırlıklı  $L_{eq}$  'i ölçüm süresini 1 dk'lık periyotlara bölerek de ölçüm sonucu kaydedilebilir. Tüm periyot için tek bir  $L_{eq}$  sonucu da elde edilebilir böylece bu iki farklı ölçüm alma tekniği ses seviyelerindeki değişimin analizine imkan vermektedir.

Açık çalışma alanlarında çalışan makine operatörlerinin maruziyetini ölçmek için ses seviye ölçer cihazı kullanılabilir.

## ÖLÇÜM YETERLİLİKLERİ

### Ses Seviye Ölçerlerin Ölçüm Seçenekleri

**Tablo 3. Bir ses seviye ölçerde bulunan en tipik seçenekler**

| Frekans Ağırlıklandırma | Zaman Sabitleri | Fonksiyon | Ölçüm aralığı dB |
|-------------------------|-----------------|-----------|------------------|
| A                       | F               | max       | 140              |
| C                       | S               | SPL       | 110              |
| $L_{lin}$               | P               | $L_{eq}$  | 80               |

Ses seviye ölçer cihazları, kullanıcı için bir takım seçenekler barındırır. Bu seçeneklere cihazın menüsünden ya da direk cihaz üzerindeki tuşlardan ulaşılabilir. Tablo 3'te bazı tipik seçenekler gösterilmiştir. Bazı cihazlar, günlük maruziyet ve tepe ses basınç maruziyeti için önceden ayarlanmış seçeneklere sahip olabilir.

- Frekans ağırlıklandırma (filtre) seçeneğinde, A-frekans ağırlıklı ve C-frekans ağırlıklı seçenekleri olmak zorundadır, ayrıca bazen lineer frekans tepkisi seçeneği de olabilir.
- Zaman sabitleri kısmı, cihaz tarafından ses basınç seviyelerine verilen tepki hızının ayarlandığı yerdir:
  - **F** ve **S** (Fast ve Slow) yani Hızlı ve Yavaş, RMS ses basınç seviyesi göstergesini yönetir. F seçeneği cihaz tarafından algılanan ses seviyesindeki

değişikliklerin hepsinin yaklaşık olarak sonucu etkilemesini sağlar. S seçeneği ile daha uzun zamanda ortalama elde edildiğinden ses seviyesindeki bazı çabucak olup biten değişiklikleri olmamış gibi daha sade sonuçlar elde edilir.

- **P** seçeneği, aniden olup biten veya aniden yükselebilen tepe ses basınç seviyesinin ölçülmesini sağlar.
- Fonksiyon seçeneğinde aşağıdaki özellikler olabilir;
  - max – ölçüm boyunca en yüksek RMS ya da Tepe değerini,
  - **SPL** ya da **LP** – anlık ses basınç seviyesini,
  - **L<sub>eq</sub>** (eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi) – ölçüm süresi boyunca ortalama ses basınç seviyesi. **L<sub>eq</sub>**, A ya da C-frekans ağırlıklı filtrelerin seçildiğini göstermek amacıyla, **LA<sub>eq</sub>** ya da **LC<sub>eq</sub>** olarak ifade edilebilir.
- Seviye aralığı kontrolünün yapılabilmesi, kullanıcı için gürültü düzeyleriyle ilgili çalışma aralığının ayarlanmasına olanak sağlar. Aralıklar her zaman olmamakla birlikte çoğu zaman dB gösterge aralığının üst sınırı ile tespit edilmiştir. Bazı cihazlar tek, geniş bir aralıkta çalışır ve Seviye aralığı kontrolü bulunmaz.

### **TS EN ISO 9612:2009 Standardına Göre Ölçüm Alınması**

Bu standart, akustik çalışma ortamında maruz kalınan kişisel gürültü seviyesini belirlemek için kullanılan ölçme yöntemini açıklamaktadır.<sup>[21]</sup>

#### **Asgari Cihaz Yeterlilikleri**

Eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basınç seviyesi (**L<sub>Aeq</sub>**) değeri ölçebilen IEC 61672-1:2002 'e uygun ve Tip-1 veya Tip-2 sınıfında uluslararası izlenebilirliğe sahip bir Ses Seviye Ölçer; IEC 61252'ye uygun Tip-1 veya Tip-2 sınıfında uluslararası izlenebilirliğe sahip dozimetre ve IEC 60942:2003'e uygun, cihaz ile uyumlu, uluslar arası izlenebilirliğe sahip Tip 1 doğrulama cihazı.

Ses Seviye Ölçerin mikrofonunu nem, hava akım hızı ve toz gibi ortam şartlarından korumak amacıyla en az 60 mm çapında rüzgarlık.

## Ölçüme Hazırlık

Ölçüme hazırlık aşamasında sırasıyla Ön inceleme ve numune alma stratejileri'nde belirtilen adımlar tamamlandıktan sonra ölçümlerin yürütülmesi aşaması uygulanır.

### 1. Ön inceleme:

#### A) Ön inceleme öncesinde yapılacak işlemler;

##### 1. İş yeriyle görüşülerek aşağıdaki belgeler temin edilir.

- ◆ Organizasyon şeması
- ◆ Makina/yerleşim planı
- ◆ Çalışan sayısı/vardiya grupları /vardiya gruplarının; çalışma - dinlenme-yemek süreleri
- ◆ Bölümlerde kullanılan alet/makina/tezgâh ile ilgili bilgiler
- ◆ Varsa işitme kaybı olan çalışanlar ve bölümleri

##### 2. İşyerinin normal çalışma seyrinde olacağı bir günü ön inceleme tarihi olarak kararlaştırır.

#### B) Ön inceleme sırasında yapılacak işlemler;

##### 1. A.1. maddesinde istenen belgelerden eksik olanlar temin edilememişse bunların temini sağlanır.

##### 2. Mümkünse ön incelemeye yardımcı olması açısından daha önce yürütülen ölçüm raporları yerinde incelenir.

##### 3. İş güvenliği yetkilisi ve/veya ilgili bölüm şefleriyle birlikte iş yerinin ölçüm yürütülecek bölümlerinde inceleme yapılır.

##### 4. İnceleme yapılan bölümlerde, ön inceleme öncesi temin edilen yardımcı dokümanlar, belgeler, veriler ile birlikte çalışanlar ve bölüm şefleriyle görüşme esnasında olası önemli/dikkat çeken gürültü kaynakları, yürütülen işler, kullanılan cihazlar, alet, ekipmanlar, değişken malzeme kullanımları, çalışma süreleri, çalışma grupları kayıt altına alınır. Her bir bölümdeki gürültü karakteristiği TS EN ISO

9612 standardı Ek.A ile uyumlu Gürültü Kontrol Listesi deney personeli tarafından doldurulur.

5. Ön inceleme esnasında bölümlerdeki çalışma süreleri kesin olarak belirlenemiyorsa, iş yeri yetkilisine çalışma sürelerini doldurması için bir form bırakılır.
- c) Ön inceleme sonucunda ölçümlerin stratejisi Tablo 4'e göre belirlenir.

**Tablo 4.Temel ölçüm stratejisinin seçimi**

| İşin tipi veya düzeni                                                                     | Ölçüm stratejisi                      |                                    |                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
|                                                                                           | 1. Strateji<br>Görev-tabanlı<br>ölçüm | 2. Strateji<br>İş-tabanlı<br>ölçüm | 3. Strateji<br>Tüm gün<br>ölçüm |
| Sabit çalışan yeri-<br>Basit veya tek iş                                                  | ✓*                                    | -                                  | -                               |
| Sabit çalışma yeri-<br>Kompleks veya<br>çoklu iş                                          | ✓ *                                   | ✓                                  | ✓                               |
| Gezici çalışan-<br>Öngörülebilir düzen-<br>Az sayıda görev                                | ✓ *                                   | ✓                                  | ✓                               |
| Gezici çalışan-<br>Öngörülebilir düzen-<br>çok sayıda görev<br>veya kompleks iş<br>düzeni | ✓                                     | ✓                                  | ✓ *                             |
| Gezici çalışan-<br>Öngörülemez iş<br>düzeni                                               | -                                     | ✓                                  | ✓ *                             |
| Sabit veya gezici<br>çalışan-<br>Belirsiz görev süreli<br>çoklu görevler                  | -                                     | ✓ *                                | ✓                               |
| Sabit veya gezici<br>çalışan-<br>Görev belirlenmemiş                                      | -                                     | ✓ *                                | ✓                               |
| ✓ Strateji kullanılabilir.<br>* Tavsiye edilen strateji                                   |                                       |                                    |                                 |

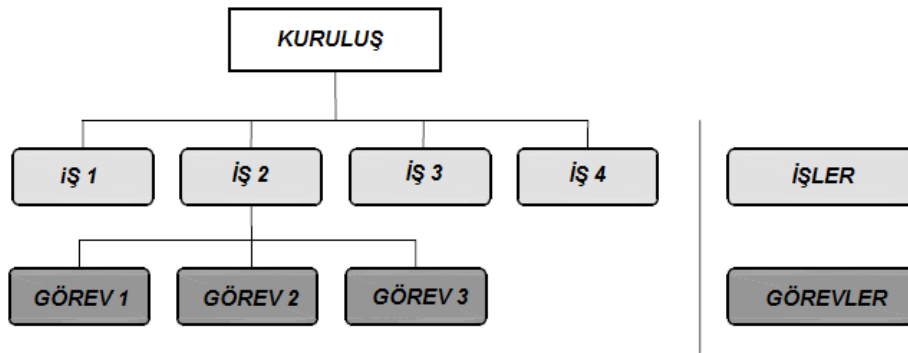
## Numune Alma Stratejisi

### 1. Görev tabanlı ölçüm stratejisi:

Yapılan işin iyi belirlenmiş alt görevlere bölünebildiği, her bir görevin çalışma süresinin kesin olarak belirlenebildiği, ses seviyesinde az miktarda

değişim gözlemlendiği (kararlı gürültü) ve çok sayıda işçinin benzer gürültü ortamında benzer işler yaptığı durumlarda, , Görev Tabanlı Ölçüm Stratejisi kullanılır.

Bu Strateji uygulanırken öncelikle gün boyunca yapılan çalışmalar analiz edilir. Çalışanın işi alt görevlere bölünür ve her bir görev için ayrı bir  $L_{eq}$  ölçülür. Örnek bir uygulama aşağıda verilmiştir.



**Şekil 11. İş ve Görevlerin Hiyerarşisini gösterir örnek uygulama**

İş 2: Kaynak Çalışanı için

Alt Görevler: Görev :1 Planlama, Görev 2: Bileme, Görev 3: Kaynak

2. İş tabanlı ölçüm stratejisi:

Yapılan işlerin ve görevlerin tam olarak belirlenemediği, detaylı iş analizinin mümkün olmadığı durumlarda İş Tabanlı Ölçüm Stratejisi kullanılır. Bu ölçüm stratejisinde, çalışanların iş unvanına, görevlerine, çalışma alanlarına veya mesleklerine göre homojen gürültü maruziyet grupları belirlenir. Gruptaki çalışanlar, aynı işi yapan ve bir çalışma günü süresince benzer gürültüye maruz kalması beklenen kişilerden oluşmalıdır.

3. Tam gün ölçüm stratejisi:

Yapılan işlerin ve çalışma sürelerinin tanımlanmasının zor olduğu, belirlenemediği, çalışanların gürültü maruziyetinin karmaşık olduğu, tahmin edilemediği durumlarda tam Gün Ölçüm Stratejisi kullanılır. Detaylı iş analizinin

yapılmasının zor olduğu ve çalışma koşullarının karmaşık olduğu durumlarda kullanılır.

Ölçüm stratejilerinin belirlenmesinde Tablo 4 (Temel Ölçüm Stratejisinin Seçimi) den yararlanılabilir.

### Ölçümlerin Yürütülmesi

#### 1. Görev tabanlı ölçüm stratejisi seçildiyse:

Nominal gün (işyerinin normal çalışma seyrinde olduğu gün) alt görevlere bölünür. Gürültüye katkıda bulunan her durum dikkate alınmalıdır.

Her bir görevin çalışma süresi belirlenir (maruziyet süresi,  $T_m$ ). Bu işlem,

- Çalışanlarla ve şeflerle görüşerek,
- Ön inceleme ve ölçüm sırasında yapılan gözlemlerle (görev süresinin ölçümü vb.),
- Gürültü kaynakları ile ilgili bilgi toplayarak (örneğin iş süreci, makineler, çalışma ortamındaki faaliyetler ve içeriği) yürütülür.

Görev süresinin değişken olduğu durumlarda yukarıda belirtilen basamaklar tekrarlanabilir. Örneğin birden fazla çalışan ve şefe danışılabilir.

Aynı göreve ait değişken görev süreleri,  $T_{m,1}, T_{m,2}, T_{m,3}, \dots, T_{m,J}$  mevcutsa; görev süresinin aritmetik ortalama değeri,  $T_m$ , aşağıdaki eşitlikten bulunabilir:

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j}$$

Birden fazla görev olması durumunda, bireysel görev sürelerinin toplamı  $T_e$ , aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$T_e = \sum_{m=1}^M \bar{T}_m$$

Burada;



$\bar{T}_m$  görev süresinin aritmetik ortalamasıdır,

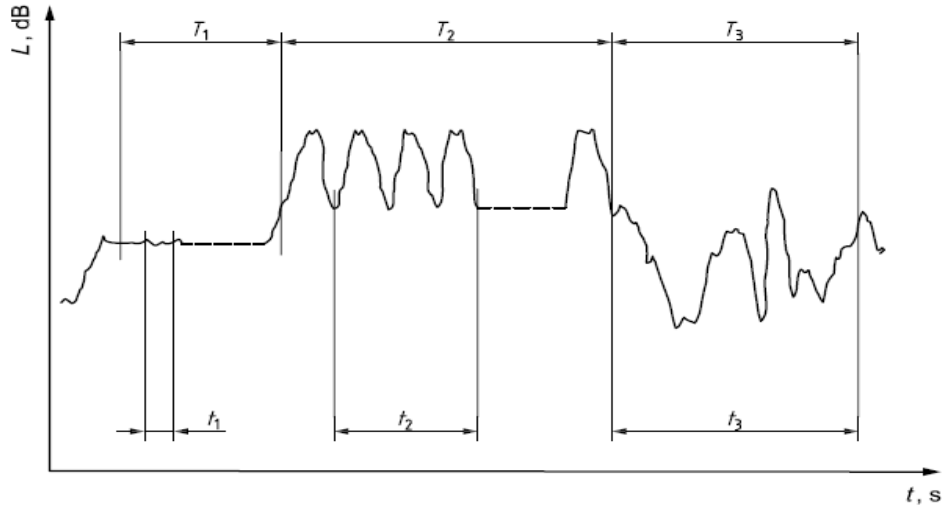
$m$  görev numarası,

$M$  görevlerin toplam sayısı.

- Görevler için  $L_{p,A,eqT,m}$  'nin ölçümü:

Her bir görevin  $L_{p,A,eqT,m}$  'si aşağıdaki basamaklara göre ölçülür;

- Her bir ölçüm süresi, gerçek görev için ortalama eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesini ( $L_{p,A,eqT,m}$ ) temsil etmesi adına yeteri kadar uzun olmalıdır.
- Her bir görev için en az 5 dk. olmak üzere 3 defa ölçüm yapılması gerekir. Görevin süresi 5 dk.'dan kısa ise ölçüm, görev süresince sürdürülür. Ancak, ölçülecek gürültünün karakteristiği kararlı ve/veya sürekli belirlenmişse ya da o görevin toplam gürültü maruziyetine katkısı ihmal edilebilir derecede ise her bir ölçümün süresi kısaltılabilir. (Şekil 11, Görev 1)
- Gürültü periyodik ise, her ölçüm en az 3 periyodu kapsamalıdır. Eğer 3 periyot süresi 5 dk'dan kısa ise, her ölçüm en az 5 dk olmalıdır. Her ölçümün süresi, tüm periyotların zamanını karşılamalıdır. (Şekil 11, Görev 2)
- Eğer gürültü rastgele dalgalanırsa, her ölçümün süresi, tüm görevlerin  $L_{p,A,eqT,m}$ 'ni temsil eden ölçümün sağlanması için yeteri kadar uzun olmalıdır ve en az 3 ölçüm yapılmalıdır. (Şekil 11, Görev 3) Gürültü seviyesindeki gerçek değişimleri karşılamak için görev süresinde farklı zamanlarda ölçümler ya da bir grup içerisinde farklı çalışanlardan ölçümler yapılması önerilir.
- Yapılan 3 ölçümün sonuçları arasında 3 dB veya daha fazla fark varsa ilave 3 ölçüm daha yapılmalı ya da görev daha alt görevlere bölünerek yukarıdaki işlemler tekrarlanmalıdır.



**Şekil 12. Farklı gürültü durumlarıyla üç periyodun örneği ve her bir ölçümün gerçek süresi**

Yukarıdaki şekilde,

- $L$  zamanın bir fonksiyonu olarak gürültü seviyesi
- $T_1$  görev 1'in süresi
- $T_2$  görev 2'nin süresi
- $T_3$  görev 3'ün süresi
- $t$  zaman
- $t_1$  1. Ölçümün süresi: nerdeyse sürekli gürültü
- $t_2$  2. Ölçümün süresi: döngüsel dalgasız gürültü
- $t_3$  3. Ölçümün süresi: rasgele dalgalanan gürültü, temsil etmektedir.

- Hesaplamalar:

-  $L_{p,A,eqT,m}$  değeri hesaplanması:

M görevi için yapılan I sayıda farklı ölçümün A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi,  $L_{p,A,eqT,m}$  değeri aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$L_{p,A,eqT,m} = 10 \lg \left( \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,mi}} \right) \text{dB}$$

Burada;

$L_{p,A,eqT,mi}$   $T_m$  süresinin bir görev süresince A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesidir;

$i$   $m$  görevi numune sayısıdır,

$I$  görev numunelerinin,  $m$ , toplam sayısı.

Her görevin, günlük gürültü maruziyeti seviyesine katkısının hesaplanması:

$m$  görevinin günlük A-ağırlıklı gürültü maruziyeti seviyesine katkısı,  $L_{EX,8h,m}$ , aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir:

$$L_{EX,8h,m} = L_{p,A,eqT,m} + 10 \lg \left( \frac{\bar{T}_m}{T_0} \right) \text{ dB}$$

Burada;

$L_{p,A,eqT,m}$  eşitlik de verildiği gibi  $m$  görevi için A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi;

$\bar{T}_m$  Eşitlik de verildiği gibi  $m$  görevinin aritmetik ortalama süresi;

$T_0$  referans süresi,  $T_0 = 8 \text{ h}$

Günlük gürültü maruziyeti seviyesinin belirlenmesi:

Günlük A-ağırlıklı gürültü maruziyeti  $L_{EX,8h}$ , eşitlikten hesaplanır.

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left( \sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m}} \right) \text{ dB}$$

Burada;

$L_{p,A,eqT,m}$  eşitlik (4.3) de verildiği gibi  $m$  görevi için A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi;

$\bar{T}_m$  Formül (1) de verildiği gibi  $m$  görevinin aritmetik ortalama süresi;

$T_0$  referans süresi,  $T_0 = 8 \text{ h}$ .

$m$  görev numarası;

$M$  günlük gürültü maruziyet seviyesine katkıda bulunan  $m$  görevlerinin toplam sayısı.

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left( \sum_{m=1}^M 10^{0,1 \times L_{EX,8h,m}} \right) \text{ dB}$$

(4.6)

Burada;

$L_{EX,8h,m}$   $m$  görevinin A-ağırlıklı gürültü maruziyeti seviyesinin, günlük gürültü maruziyeti seviyesine katkısı;

$m$  görev numarası;

$M$  günlük gürültü maruziyet seviyesine katkıda bulunan  $m$  görevlerinin toplam sayısı.

Kişisel Gürültü Maruziyet hesaplanmasında HP.01 Gürültü Hesaplama Programı kullanılır. Tüm hesaplamalar talep numarasına göre adlandırılarak elektronik olarak kaydedilir.

2. İş tabanlı ölçüm stratejisi seçildiyse:

Homojen gürültü maruziyet grupları Numune alma Stratejisine uygun olarak belirlenir. Tablo 5 kullanılarak Homojen maruziyet gürültü guruplarının minimum toplam ölçüm süresi, homojen Maruziyet Gürültü gurubundaki çalışan sayısına ( $n_G$ ) bağlı olarak belirlenir.

**Tablo 5. Homojen gürültü maruziyet gruplarının toplam ölçüm süresi belirleme tablosu**

| Maruz kalınan homojen guruptaki çalışan sayısı $n_G$ | Maruz kalınan homojen gruba dağıtılmış minimum toplam ölçüm süresi (saat) |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $n_G \leq 5$                                         | 5h                                                                        |
| $5 < n_G \leq 15$                                    | $5h + (n_G - 5) \times 0,5 \text{ h}$                                     |
| $15 < n_G \leq 40$                                   | $10h + (n_G - 15) \times 0,25 \text{ h}$                                  |
| $n_G > 40$                                           | 17h veya gurubu bölün                                                     |

Toplam ölçüm zamanı en az 5 farklı ölçüm diliminden oluşmalıdır. Öyle ki bu 5 ölçümün toplam süresi tablodan hesaplanan toplam ölçüm süresine eşit ya da fazla olmalıdır. Örnek uygulama aşağıda verilmiştir.

Örnek:

6 çalışandan oluşmuş homojen bir grup için ölçüm planı aşağıdaki gibi yapılır:

- Ölçümün toplam süresi 5,5 saat olarak tanımlanır (Tablo 5'e uygun olarak)
- Ölçüm sayısı 10 olarak seçilirse her bir ölçüm süresi 33 dakika olur.
- 6 çalışan arasından rastgele 3'ü seçilir.
- Ölçüm dilimlerinden biri çalışma gününün başında, diğeri çalışma gününün sonunda ve diğer 8 ölçüm dilimi ise gün içerisinde rastgele dağıtılarak gerçekleştirilir.

Ölçüm dilimleri iş günü süresi boyunca ve grup üyeleri arasından rastgele seçilerek planlanır.

- Homojen bir grup çalışanları için günlük maruz kalınan gürültü düzeyinin hesaplanması:

Aşağıdaki eşitlikten etkili çalışma günü süresi için,  $T_e$ , eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basıncı seviyesi,  $L_{p,A,eqT_e}$  hesaplanır.

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{ dB}$$

Burada,

$L_{p,A,eqT_e}$  :n ölçümün eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basıncı seviyesi,

n :ölçüm numarası,

N :Toplam ölçüm sayısıdır.

Aşağıdaki eşitlik kullanılarak homojen maruziyete sahip bir grup işçinin günlük A ağırlıklı gürültü maruziyet seviyesini hesaplanır.

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{ dB}$$

Burada,

$L_{p,A,eqT_e}$  : Eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basıncı seviyesi,

$T_e$  : çalışma günü için toplam maruziyet süresi,

$T_0$  : referans süresi,  $T_0 = 8$  saattir.

### 3. Tam gün ölçüm stratejisi seçildiyse:

Çalışanların gürültü maruziyetini temsil eden 3 tam gün  $L_{p,A,eqT_e}$  ölçümü yapılır. Tam gün stratejisiyle yapılacak ölçüm planlanırken en az 3 kişilik homojen gürültü maruziyet grubu oluşturulabilirse; farklı 3 güne gerek kalmaksızın, o gruptan 3 kişiye dozimetreler takılarak 1 günde 3 tam günlük ölçüm alınabilir. Tüm çalışma günü boyunca ölçüm yapmanın mümkün olmadığı durumlarda, ölçümler gürültüye maruz kalınan sürelerin önemli bir kısmını kapsayacak şekilde yapılmalıdır.

Belirsizlikleri azaltmak için ölçüm sırasında çalışan dikkatli bir şekilde gözlemlenip nokta ölçümler yapılabilir ve/veya vardiya sonunda çalışana yürüttüğü görevi ile ilgili sorular sorulabilir.

Eğer 3 tam gün  $L_{p,A,eqT_e}$  ölçümü sonuçları 3 dB'den az farklılık gösterirse, ölçümlerin logaritmik ortalaması olan eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basıncı seviyesi  $L_{p,A,eqT_e}$  hesaplanır. Eğer bu 3 ölçümün sonuçları 3 dB veya daha fazla farklılık gösterirse, en az 2 tam gün ölçümü daha yapılır ve bütün ölçümlerin logaritmik ortalaması olan eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basıncı seviyesi  $L_{p,A,eqT_e}$  hesaplanır. Günlük A ağırlıklı gürültü maruziyet seviyesi,  $L_{EX,8h}$ , aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{ dB}$$

Burada;

$L_{EX,8h}$  : Eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basıncı seviyesi,

$T_e$  : çalışma günü için maruziyet süresi,

$T_0$  : referans süre,  $T_0= 8$  saattir.

## Ölçümler

### 1. Ön kontroller:

Ölçüme başlamadan önce ses seviye ölçer cihazının veya dozimetrelerin kullanım talimatı doğrultusunda ön kontrolleri yapılır (cihazın çalışır durumda olup olmadığı ve pil durumu ).

Her ölçümden önce ve sonra bütün sistemin akustik kontrolü, ölçüm yapılacak işyerinde yapılır. Ölçümler öncesinde “C faktörü” belirlenmesi ve SPL (Ses Basınç Seviyesi) ölçümü yapılır, ölçümler tamamlandığında ise sadece SPL(Ses Basınç Seviyesi) ölçümü yapılarak kaydedilir. SPL(Ses Basınç Seviyesi) değerleri kontrol grafiklerine işlenir ve takip edilir.

### 2. Ölçümlerin yapılışı:

Ölçümlere başlamadan önce ölçümün birlikte yürütüleceği işyeri çalışanları ölçümün nasıl yürütüleceği hususunda (ölçümün amacı, nasıl yapılacağı ve normal çalışma düzeninin dışına çıkılmaması, ölçüm cihazını çıkarmamaları) bilgilendirilir. Ölçümler cihazların kullanım talimatlarına uygun olarak yürütülmelidir. Kullanılan cihaz türüne göre aşağıdaki adımlar uygulanır.

#### - Mikrofon konumu:

- Ses seviye ölçer kullanılması durumunda: Ölçümlerin yapılacağı mikrofon konumları belirlenir: Mikrofon çalışanın en çok maruz kalan kulağı tarafında ve dış kulak kanalının girişinden 0,1 ve 0,4 metre arasında bir mesafede bulunur ya da tutulur. Mikrofon, çalışanın başının merkez düzlemine gözlerle aynı seviyede olacak şekilde, işçinin görüşüne paralel ekseninde yerleştirilir ve bu konumlar korunarak çalışanın hareketleri boyunca takip edilir. Ölçüm esnasında deney personeli çalışanın arkasında ve kendi vücudu yan pozisyonda olacak şekilde durmalıdır. Operatörün olmadığı durumlarda: Oturmuş konumdaki bir

operatör için; oturma platformundan 0,80 m  $\pm$  0,05 m, yükseklikte, ayakta duran operatör için; zeminden 1,55 m  $\pm$  0,075 m yükseklikte ölçüm yapılır.

- Dozimetre kullanılması durumunda: Mikrofon, en çok maruz kalan kulağın tarafındaki iç kulak kanalının girişinden en az 0,1 m uzaklıkta omuz başına takılır ve omzun yaklaşık olarak 0.04 metre yukarısına takılır.

Mikrofon ve kablo mekanik etki veya kıyafetten kaynaklanan örtmenin yanlış sonuçlara sebep olmayacağı şekilde takılmalıdır. Mikrofondaki mekanik etkiler nedeniyle oluşan hatalardan kaçınılmalıdır. Mikrofona ya da ekrana dokunulmadığından ya da bir şey tarafından vurulmadığından yapılacak ara gözlemlerle emin olunmalıdır. Ölçümlerin başlama ve bitiş süresi kaydedilir.

- Tepe ses basınç maruziyeti ölçümü:

Tepe ses basınç maruziyetinin bulunması için en yüksek anlık ses basıncının ölçülmesi gerekmektedir. Bu ölçüm için ses seviye ölçer cihazının aşağıdaki özelliklere sahip olması gereklidir,

- P (tepe) zaman sabiti;
- C-frekans ağırlıklı filtre;
- Ölçüm sonucunu en az 140 dB ye kadar gösterebilmeli.

Tepe ses basınç düzeyinin 140 dB yi aşabileceği durumlarda, cihazın gerekli ölçüm aralığını sağladığından emin olun.

Örnek

Pnömatik çivileme makinesi kullanan bir çalışanın ölçümleri, 155 dB yi ölçebilecek kadar düşük hassasiyetli mikrofona sahip ses seviye ölçer ile ölçülmelidir. Hem C-frekans ağırlıklı tepe ses basıncı hem de A-frekans ağırlıklı  $L_{eq}$  değerleri, 5 dk lik bir ölçüm ile bulunabilir.





**Şekil 13. Ses seviye ölçerle gürültü ölçümünün yapılışı**



**Şekil 14. Dozimetre cihazıyla gürültü ölçümünün yapılışı**

#### Kulakta Gürültü Ölçümü

Kulaklık, kulak kanalına oturan kulaklık, kumlama sırasında kullanılan başlık v.b. aparatları kullanan çalışanların maruziyeti ses seviye ölçer cihazı veya dozimetre ile ölçülemez.



**Şekil 15. HATS ve MIRE tekniği kullanılarak kulakta gürültü ölçümü**

Bu durumda sadece kulağın içinde ölçüm alınabilir. Bu tür bir ölçüm için iki adet metod geliştirilmiştir: “TS EN ISO 11904-1 Akustik - Kulağa yakın yerleştirilen ses kaynaklarından ortaya çıkan sesin tayini - Bölüm 1: Gerçek bir kulakta mikrofon kullanma tekniği (MIRE tekniği) “ ve “TS EN ISO 11904-2 Akustik - Kulağa yakın yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen ses kirliliğinin belirlenmesi - Bölüm 2: Bir mankenin kullanıldığı teknik.(HATS tekniği)” Bu ölçümler karmaşıktır ve kesinlikle bir uzman tarafından yapılmalıdır.

### **ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ**

Her ölçüm sonucu bir ölçüm belirsizliği oluşur. Ses düzeyindeki ya da çalışma düzenindeki değişikliklerden dolayı ölçümlerin tekrarlı bir şekilde yapılması gerekebilir ve maruz kalınan en yüksek günlük gürültü düzeyinin değerlendirilmesinde temeli oluşturan bir işlem olabilir.

Uygulanan metot ve kullanılan gürültü ölçer cihazının doğruluğuna bağlı olarak ölçüm belirsizliği kavramı karşımıza çıkar. İlki ölçüm ekipmanlarına bağlı olarak oluşur ve ikincisi, seçilen istatistiki olarak çalışma gününü temsil eden ölçümün ve maruziyetin günden güne değişiklik göstermesi sonucu oluşur. Ancak hangi ölçüm cihazı kullanılırsa kullanılsın, çoğu durumda maruziyetteki değişikliklerden gelen ölçüm belirsizliği katkısı cihazdan gelenden fazladır.

## TS EN ISO 9612:2009 Standardına Göre Ölüm Belirsizliği Hesabı

### 1. Amaç ve kapsam:

Ölçümler sonrasında Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliğini hesaplama yöntemlerini, TS EN ISO 9612:2009 Standardına uygun olarak Görev Tabanlı, İş Tabanlı ve Tam Gün Ölçüm Stratejilerine uygun olarak örneklerle birlikte açıklamaktadır.

1.A. Görev tabanlı strateji ölçümleri için genişletilmiş ölçüm belirsizliğinin hesaplanması:

- İşlem basamakları: Görev Tabanlı Strateji kullanılarak gerçekleştirilen ölçümler için genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplanırken aşağıdaki adımlar izlenir.
- Örneklemeden kaynaklanan standart belirsizlik hesaplanır.

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[ \sum_{i=1}^I \left( L_{p,A,eqT,mi} - \bar{L}_{p,A,eqT,m} \right)^2 \right]}$$

$u_{1a,m}$  : m görevinin gürültü seviyesi örneklemesine bağlı standart belirsizlik

$L_{p,A,eqT,mi}$  : i numunesinin A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi

$\bar{L}_{p,A,eqT,m}$  : m görevi numunelerinin ses basıncı seviyelerinin aritmetik ortalaması

m : Görev numarası

i : m görevi için numune numarası

I : m görevi için numunelerin toplam sayısı

- Görev süresinin belirlenmesinden kaynaklanan standart belirsizlik hesaplanır.

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[ \sum_{j=1}^J \left( T_{m,j} - T_m \right)^2 \right]}$$

$u_{1b,m}$  : m görevinin süresinin tahminine bağlı standart belirsizlik

- $T_{m,j}$  : m görevi için gözlemlenen görev süresi  
 $T_m$  : m görevi için gözlemlenen görev sürelerinin aritmetik ortalaması  
 $m$  : Görev numarası  
 $j$  : m görevi için gözlemlenen görev süresi numarası  
 $J$  : m görevi için gözlemlenen görev sürelerinin sayısı

- Hassasiyet katsayıları: Birleşik belirsizlik formülünde kullanılacak olan hassasiyet katsayıları hesaplanır.

- Örneklemeden gelen hassasiyet katsayısı:

$$c_{1a,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial L_{p,A,eqT,m}^*} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \times (L_{p,A,eqT,m}^* - L_{EX,8h})}$$

- $c_{1a,m}$  : m görevi için numunelendirmeden gelen hassasiyet katsayısı  
 $T_m$  : m görevinin süresinin aritmetik ortalaması  
 $T_0$  : Referans süre (8saat)  
 $m$  : Görev numarası  
 $L_{p,A,eqT,m}$  : m görevinin A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi  
 $L_{EX,8h}$  : Günlük A-ağırlıklı gürültü maruziyeti seviyesi

- Görev süresinden gelen hassasiyet katsayısı:

$$c_{1b,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial T_m} = 4,34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m}$$

- $c_{1b,m}$  : m görevinin süresinden gelen hassasiyet katsayısı  
 $c_{1a,m}$  : m görevi için numunelendirmeden gelen hassasiyet katsayısı  
 $T_m$  : m görevinin süresinin aritmetik ortalaması  
 $m$  : Görev numarası

- Birleşik belirsizlik:

Örnekleme, görev süresi, kullanılan cihaz ve mikrofon pozisyonundan kaynaklanan belirsizlikler aşağıdaki formülde yerine konularak birleşik belirsizlik hesaplanır.

$$u^2(L_{EX,8h}) = \left( \sum_{m=1}^M \left[ c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right)$$

u : Birleşik

standart belirsizlik

$u_{1a,m}$  : m görevinin gürültü seviyesi numunelendirmesine bağlı standart belirsizlik

$u_{1b,m}$  : m görevinin süresinin tahminine bağlı standart belirsizlik

$u_{2,m}$  : m görevi için kullanılan cihaza bağlı standart belirsizlik

(TS EN ISO 9612:1.sınıf Gürültü ölçer için = 0,7dB; Dozimetre için = 1,5dB;

2.sınıf Gürültü ölçer için=1,5dB)

$u_3$  : Mikrofon pozisyonuna bağlı standart belirsizlik(TS EN ISO 9612:1dB)

$c_{1a,m}$  ve  $c_{1b,m}$  : m görevi için karşılık gelen hassasiyet katsayıları,

m : görev numarası,

M : toplam görev sayısı

- Genişletilmiş belirsizlik:

Aşağıdaki formül ile % 95 güven aralığı için k=1,65 kapsama faktörü kullanılarak genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplanır.

$$U = 1,65 \times u$$

U : Genişletilmiş belirsizlik

u : Birleşik standart belirsizlik

Örnek: Bir işyerinde çalışan kaynakçının bir günlük çalışma planı çerçevesinde; 1,5 saat “planlama, ara”, 4-6 saat “kaynak” ve 1-2 saat “kesim” görevi vardır. Görev Tabanlı Ölçüm Stratejisine uygun olarak, Gürültü Seviyesi Ölçme Cihazı yapılan ölçümler sonucunda tespit edilen  $L_{p,A,eqT,mi}$  sonuçları aşağıdaki gibidir:

**Tablo 6. Görev tabanlı ölçüm sonuçları**

|                                         |          |                                                                  |            |                                                                 |            |
|-----------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 1-Planlama<br>T <sub>1</sub> : 1,5 saat |          | 2-Kaynak<br>T <sub>21</sub> : 4 saat<br>T <sub>22</sub> : 6 saat |            | 3-Kesme<br>T <sub>31</sub> : 1 saat<br>T <sub>32</sub> : 2 saat |            |
| L <sub>p,A,eqT,11</sub>                 | 70 dB(A) | L <sub>p,A,eqT,21</sub>                                          | 80,1 dB(A) | L <sub>p,A,eqT,31</sub>                                         | 86,5 dB(A) |
|                                         |          | L <sub>p,A,eqT,22</sub>                                          | 82,2 dB(A) | L <sub>p,A,eqT,32</sub>                                         | 92,4 dB(A) |
|                                         |          | L <sub>p,A,eqT,23</sub>                                          | 79,6 dB(A) | L <sub>p,A,eqT,33</sub>                                         | 89,3 dB(A) |
|                                         |          |                                                                  |            | L <sub>p,A,eqT,34</sub>                                         | 93,2 dB    |
|                                         |          |                                                                  |            | L <sub>p,A,eqT,35</sub>                                         | 87,8 dB    |
|                                         |          |                                                                  |            | L <sub>p,A,eqT,36</sub>                                         | 86,2 dB    |

- Örneklemeden Kaynaklanan Standart Belirsizlik: Öncelikle her bir görev için alınan numunelerin aritmetik ortalamaları bulunur.

$$\bar{L}_{p,A,eqT,m} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I L_{p,A,eqT,mi}$$

$$\bar{L}_{p,A,eqT_1} = (1/I)L_{p,A,eqT,11} = (1/1) \times 70 = 70 \text{ dB}$$

$$\bar{L}_{p,A,eqT_2} = (1/I)(L_{p,A,eqT,21} + L_{p,A,eqT,22} + L_{p,A,eqT,23}) = (1/3) \times (80,1 + 82,2 + 79,6) = 80,6 \text{ dB}$$

$$\bar{L}_{p,A,eqT_3} = (1/I)(L_{p,A,eqT,31} + L_{p,A,eqT,32} + L_{p,A,eqT,33} + L_{p,A,eqT,34} + L_{p,A,eqT,35} + L_{p,A,eqT,36})$$

$$= (1/6)(86,5 + 92,4 + 89,3 + 93,2 + 87,8 + 86,2) = 89,2 \text{ dB}$$

- Her bir görev için örneklemeden kaynaklanan standart belirsizlik hesaplanır.

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[ \sum_{i=1}^I (L_{p,A,eqT,mi} - \bar{L}_{p,A,eqT,m})^2 \right]}$$

$$u_{1a,1} = \sqrt{\{[1/I(I-1)] \times [(L_{p,A,eqT,1i} - \bar{L}_{p,A,eqT_1})^2]\}} = 0 \text{ dB}$$

$$u_{1a,2} = \sqrt{\{[1/(I-1)] \times [(L_{p,A,eqT,2i} - \bar{L}_{p,A,eqT_2})^2]\}}$$

$$= \sqrt{\{[1/(3 \times 2)] \times [(80,1-80,6)^2 + (82,2-80,6)^2 + (79,6-80,6)^2]\}} = 0,8 \text{ dB}$$

$$u_{1a,3} = \sqrt{\{[1/(I-1)] \times [(L_{p,A,eqT,3i} - \bar{L}_{p,A,eqT_3})^2]\}}$$

$$= \sqrt{\{[1/(6 \times 5)] \times [(86,5-89,2)^2 + (92,4-89,2)^2 + (89,3-89,2)^2 + (93,2-89,2)^2 + (87,8-89,2)^2 + (86,2-89,2)^2]\}}$$

$$= 1,2 \text{ dB}$$

- Görev süresinden kaynaklanan standart belirsizlik: Öncelikle her bir görev süresi için alınan sürelerin aritmetik ortalaması bulunur.

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j}$$

$$T_1 = 1,5 \text{ saat}$$

$$T_2 = (4 + 6)/2 = 5 \text{ saat}$$

$$T_3 = (1+2)/2 = 1,5 \text{ saat}$$

Her bir görev için görev süresinden kaynaklanan standart belirsizlik hesaplanır.

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[ \sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]}$$

$$u_{1b,1} = 0 \text{ dB}$$

$$u_{1b,2} = \sqrt{\{[1/(J-1)] \times (T_{2,j} - T_2)^2\}} = \sqrt{[1/(2 \times 1)] \times [(4-5)^2 + (6-5)^2]} = 1 \text{ dB}$$

$$u_{1b,3} = \sqrt{\{[1/(J-1)] \times (T_{3,j} - T_3)^2\}} = \sqrt{[1/(2 \times 1)] \times [(1-1,5)^2 + (2-1,5)^2]} = 0,5 \text{ dB}$$

- Hassasiyet katsayıları: Birleşik belirsizlik formülünde kullanılacak olan hassasiyet katsayıları hesaplanır.

- Örneklemeden gelen hassasiyet katsayısı: Öncelikle her bir görev için A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi bulunur.

$$L_{p,A,eqT,m} = 10 \lg \left( \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m,i}} \right)$$

$$L_{p,A,eqT,1} = 10 \lg \left[ (1/1) 10^{0,1 L_{p,A,eqT,1,1}} \right] = 10 \lg (10^{0,1,70}) = 70 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned} L_{p,A,eqT,2} &= 10 \lg \left\{ (1/3) [(10^{0,1 L_{p,A,eqT,2,1}}) + (10^{0,1 L_{p,A,eqT,2,2}}) + (10^{0,1 L_{p,A,eqT,2,3}})] \right\} \\ &= 10 \lg [0,33 (10^{0,1,80,1} + 10^{0,1,82,2} + 10^{0,1,79,6})] = 80,8 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{p,A,eqT,3} &= 10 \lg \left\{ (1/6) [(10^{0,1 L_{p,A,eqT,3,1}}) + (10^{0,1 L_{p,A,eqT,3,2}}) + (10^{0,1 L_{p,A,eqT,3,3}}) \right. \\ &\quad \left. + (10^{0,1 L_{p,A,eqT,3,4}}) + (10^{0,1 L_{p,A,eqT,3,5}}) + (10^{0,1 L_{p,A,eqT,3,6}})] \right\} \\ &= 10 \lg [0,17 (10^{0,1,86,5} + 10^{0,1,92,4} + 10^{0,1,89,3} + 10^{0,1,93,2} + 10^{0,1,87,8} + 10^{0,1,86,2})] = 90,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

Günlük A-ağırlıklı gürültü maruziyeti seviyesi hesaplanır.

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left( \sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m}} \right)$$

$$\begin{aligned} L_{EX,8h} &= 10 \lg \left\{ [(1,5/8) (10^{0,1 L_{p,A,eqT,1}})] + [(5/8) (10^{0,1 L_{p,A,eqT,2}})] + [(1,5/8) (10^{0,1 L_{p,A,eqT,3}})] \right\} \\ &= 10 \lg (0,1875 * 10^{0,1,70} + 0,625 * 10^{0,1,80,8} + 0,1875 * 10^{0,1,90,1}) \\ &= 84,3 \text{ dB} \end{aligned}$$

Her bir görev için örneklemeden gelen hassasiyet katsayısı hesaplanır.

$$c_{1a,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial L_{p,A,eqT,m}^*} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \times (L_{p,A,eqT,m}^* - L_{EX,8h})}$$

$$c_{1a,1} = (1,5/8) 10^{0,1 (L_{p,A,eqT,1} - L_{EX,8h})} = 0,1875 * 10^{0,1(70-84,3)} = 0,007 = 0$$

$$c_{1a,2} = (5/8) 10^{0,1 (L_{p,A,eqT,2} - L_{EX,8h})} = 0,625 * 10^{0,1(80,8-84,3)} = 0,28$$

$$c_{1a,3} = (1,5/8) 10^{0,1 (L_{p,A,eqT,3} - L_{EX,8h})} = 0,1875 * 10^{0,1(90,1-84,3)} = 0,71$$

- Görev süresinden gelen hassasiyet katsayısı: Her bir görev için görev süresinden gelen hassasiyet katsayısı hesaplanır.



$$c_{1b,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial T_m} = 4,34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m}$$

$$c_{1b,1} = 4,34 \times (c_{1a,1}/T_1) = 0$$

$$c_{1b,2} = 4,34 \times (c_{1a,2}/T_2) = 4,34 \times (0,28/5) = 0,24$$

$$c_{1b,3} = 4,34 \times (c_{1a,3}/T_3) = 4,34 \times (0,71/1,5) = 2,05$$

- Birleşik belirsizlik: Örnekleme, görev süresi, kullanılan cihaz ve mikrofon pozisyonundan kaynaklanan belirsizlikler kullanılarak birleşik belirsizlik hesaplanır.

$$u_2 = 0,7 \text{ dB}$$

$$u_3 = 1 \text{ dB alınmıştır.}$$

$$u^2(L_{EX,8h}) = \left( \sum_{m=1}^M \left[ c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_{3,m}^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right)$$

$$\begin{aligned} u^2(L_{EX,8h}) &= [c_{1a,1}^2(u_{1a,1}^2 + u_{2,1}^2 + u_{3,1}^2) + (c_{1b,1} u_{1b,1})^2] + [c_{1a,2}^2(u_{1a,2}^2 + u_{2,2}^2 + u_{3,2}^2) + (c_{1b,2} u_{1b,2})^2] \\ &\quad + [c_{1a,3}^2(u_{1a,3}^2 + u_{2,3}^2 + u_{3,3}^2) + (c_{1b,3} u_{1b,3})^2] \\ &= [0+0] + [0,28^2(0,8^2 + 0,7^2 + 1^2) + (0,24 \times 1)^2] + [0,71^2(1,2^2 + 0,7^2 + 1^2) + (2,05 \times 0,5)^2] \\ &= 2,8 \\ u &= \sqrt{2,8} = 1,7 \text{ dB} \end{aligned}$$

- Genişletilmiş belirsizlik: % 95 güven aralığı için k=1,65 kapsama faktörü kullanılarak genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplanır.

$$U = 1,65 \times u$$

$$U = 1,65 \times 1,7 = 2,8 \text{ dB}$$

2.A. İş tabanlı strateji ölçümleri için genişletilmiş ölçüm belirsizliğinin hesaplanması:

- İşlem basamakları: İş Tabanlı Strateji kullanılarak gerçekleştirilen ölçümler için genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplanırken aşağıdaki adımlar izlenir.

- Örneklemenin Standart Sapması: Örneklemelerin standart sapması hesaplanır.

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT})^2 \right]}$$

$u_1$  : Gürültü seviyesi numunelendirmesine bağlı standart sapma

$\bar{L}_{p,A,eqT}$  : Numunelerinin ses basıncı seviyelerinin aritmetik ortalaması

$L_{p,A,eqT,n}$  : n numunesinin A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi

n : Numune numarası

N : Numunelerin toplam sayısı

- Standart sapmanın belirsizliğe katkısı:

$c_1 u_1$ : N sayıda  $L_{p,A,eqT,n}$  numunelerinin standart sapmasının belirsizliğe katkısı aşağıdaki tablo kullanılarak bulunur.

**Tablo 7. c1u1 hesaplama tablosu**

| N  | Uncertainty contribution $c_1 u_1$ of measured values $L_{p,A,eqT,n}$ |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|----|-----------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|    | dB                                                                    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|    | 0,5                                                                   | 1   | 1,5 | 2   | 2,5 | 3    | 3,5  | 4    | 4,5  | 5    | 5,5  | 6    |
| 3  | 0,6                                                                   | 1,6 | 3,1 | 5,2 | 8,0 | 11,5 | 15,7 | 20,6 | 26,1 | 32,2 | 39,0 | 46,5 |
| 4  | 0,4                                                                   | 0,9 | 1,6 | 2,5 | 3,6 | 5,0  | 6,7  | 8,6  | 10,9 | 13,4 | 16,1 | 19,2 |
| 5  | 0,3                                                                   | 0,7 | 1,2 | 1,7 | 2,4 | 3,3  | 4,4  | 5,6  | 6,9  | 8,5  | 10,2 | 12,1 |
| 6  | 0,3                                                                   | 0,6 | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 2,6  | 3,3  | 4,2  | 5,2  | 6,3  | 7,6  | 8,9  |
| 7  | 0,2                                                                   | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,2  | 2,8  | 3,5  | 4,3  | 5,1  | 6,1  | 7,2  |
| 8  | 0,2                                                                   | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,4 | 1,9  | 2,4  | 3,0  | 3,6  | 4,4  | 5,2  | 6,1  |
| 9  | 0,2                                                                   | 0,4 | 0,7 | 1,0 | 1,3 | 1,7  | 2,1  | 2,6  | 3,2  | 3,9  | 4,6  | 5,4  |
| 10 | 0,2                                                                   | 0,4 | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,5  | 1,9  | 2,4  | 2,9  | 3,5  | 4,1  | 4,8  |
| 12 | 0,2                                                                   | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,3  | 1,7  | 2,0  | 2,5  | 2,9  | 3,5  | 4,0  |
| 14 | 0,1                                                                   | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 2,2  | 2,6  | 3,0  | 3,5  |
| 16 | 0,1                                                                   | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,1  | 1,3  | 1,6  | 2,0  | 2,3  | 2,7  | 3,2  |
| 18 | 0,1                                                                   | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0  | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 2,1  | 2,5  | 2,9  |
| 20 | 0,1                                                                   | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,9  | 1,1  | 1,4  | 1,7  | 2,0  | 2,3  | 2,6  |
| 25 | 0,1                                                                   | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,8  | 1,0  | 1,2  | 1,4  | 1,7  | 2,0  | 2,3  |
| 30 | 0,1                                                                   | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,7  | 0,9  | 1,1  | 1,3  | 1,5  | 1,7  | 2,0  |

- Birleşik belirsizlik: Örnekleme, kullanılan cihaz ve mikrofon pozisyonundan kaynaklanan belirsizlikler aşağıdaki formülde yerine konularak birleşik belirsizlik hesaplanır.

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2)$$

$u$  : Birleşik standart belirsizlik

$c_1 u_1$  : Gürültü seviyesi numunelendirmesine bağlı standart belirsizlik katkısı

$u_2$  : Kullanılan cihaza bağlı standart belirsizlik

(TS EN ISO 9612:1.sınıf Gürültü ölçer için = 0,7dB; Dozimetre için = 1,5dB; 2.sınıf

Gürültü ölçer için=1,5dB)

$u_3$  : Mikrofon pozisyonuna bağlı standart belirsizlik(TS EN ISO 9612:1dB)

$c_2$ : Hassasiyet katsayıları(TS EN ISO 9612:  $c_2= 1$ )

- Genişletilmiş belirsizlik: Aşağıdaki formöl ile % 95 güven aralığı için  $k=1,65$  kapsama faktörü kullanılarak genişletilmiş ölölüm belirsizliğı hesaplanır.

$$U = 1,65 \times u$$

U : Genişletilmiş belirsizlik

u : Birleşik standart belirsizlik

- Örnek: Bir işyerinde 18 kişiden oluşan ve 7,5 saat maruziyet süresi olan homojen bir grup mevcuttur. Bu grup üzerinde İş Tabanlı Ölölüm Stratejisine uygun olarak, Kişisel Gürölütü Maruziyeti Ölölme Cihazı(dozimetre) ile yapılan 6 adet ölölüm sonucu elde edilen değerler aşağıdaki gibidir:

**Tablo 8. İş tabanlı ölölüm sonuçları**

| Homojen Grup<br>T <sub>e</sub> : 7,5 saat |            |
|-------------------------------------------|------------|
| L <sub>p,A,eqT, 1</sub>                   | 88,1 dB(A) |
| L <sub>p,A,eqT, 2</sub>                   | 86,1 dB(A) |
| L <sub>p,A,eqT, 3</sub>                   | 89,7 dB(A) |
| L <sub>p,A,eqT, 4</sub>                   | 86,5 dB(A) |
| L <sub>p,A,eqT, 5</sub>                   | 91,1 dB(A) |
| L <sub>p,A,eqT, 6</sub>                   | 86,7 dB(A) |

- Örneklemenin standart sapması: Öncelikle örneklemelerin aritmetik ortalaması hesaplanır.

$$\bar{L}_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n}$$

$$\begin{aligned} \bar{L}_{p,A,eqT} &= (1/6)( L_{p,A,eqT,1} + L_{p,A,eqT,2} + L_{p,A,eqT,3} + L_{p,A,eqT,4} + L_{p,A,eqT,5} + L_{p,A,eqT,6} ) \\ &= (1/6)( 88,1+86,1+89,7+86,5+91,1+86,7 ) = 88,0 \text{ dB} \end{aligned}$$

- Örneklemelerin standart sapması hesaplanır.

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT})^2 \right]}$$

$$\begin{aligned} u_1 &= \sqrt{\frac{1}{(6-1)} [(88,1-88,0)^2 + (86,1-88,0)^2 + (89,7-88,0)^2 \\ &\quad + (86,5-88,0)^2 + (91,7-88,0)^2 + (86,7-88,0)^2]} \\ &= \sqrt{4} \\ u_1 &= 2 \text{ dB} \end{aligned}$$

- Standart sapmanın belirsizliğe katkısı:  $c_1 u_1$  tablosu kullanılarak, örneklemelerin standart sapmasının belirsizliğe katkısı  $c_1 u_1$  bulunur.

**Tablo 9.  $c_1 u_1$  hesap tablosu**

| N  | Uncertainty contribution $c_1 u_1$ of measured values $L_{p,A,eqT,n}$ |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|----|-----------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|    | dB                                                                    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|    | 0,5                                                                   | 1   | 1,5 | 2   | 2,5 | 3    | 3,5  | 4    | 4,5  | 5    | 5,5  | 6    |
| 3  | 0,6                                                                   | 1,6 | 3,1 | 5,2 | 8,0 | 11,5 | 15,7 | 20,6 | 26,1 | 32,2 | 39,0 | 46,5 |
| 4  | 0,4                                                                   | 0,9 | 1,6 | 2,5 | 3,6 | 5,0  | 6,7  | 8,6  | 10,9 | 13,4 | 16,1 | 19,2 |
| 5  | 0,3                                                                   | 0,7 | 1,2 | 1,7 | 2,4 | 3,3  | 4,4  | 5,6  | 6,9  | 8,5  | 10,2 | 12,1 |
| 6  | 0,3                                                                   | 0,6 | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 2,6  | 3,3  | 4,2  | 5,2  | 6,3  | 7,6  | 8,9  |
| 7  | 0,2                                                                   | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,2  | 2,8  | 3,5  | 4,3  | 5,1  | 6,1  | 7,2  |
| 8  | 0,2                                                                   | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,4 | 1,9  | 2,4  | 3,0  | 3,6  | 4,4  | 5,2  | 6,1  |
| 9  | 0,2                                                                   | 0,4 | 0,7 | 1,0 | 1,3 | 1,7  | 2,1  | 2,6  | 3,2  | 3,9  | 4,6  | 5,4  |
| 10 | 0,2                                                                   | 0,4 | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,5  | 1,9  | 2,4  | 2,9  | 3,5  | 4,1  | 4,8  |
| 12 | 0,2                                                                   | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,3  | 1,7  | 2,0  | 2,5  | 2,9  | 3,5  | 4,0  |
| 14 | 0,1                                                                   | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 2,2  | 2,6  | 3,0  | 3,5  |
| 16 | 0,1                                                                   | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,1  | 1,3  | 1,6  | 2,0  | 2,3  | 2,7  | 3,2  |
| 18 | 0,1                                                                   | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0  | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 2,1  | 2,5  | 2,9  |
| 20 | 0,1                                                                   | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,9  | 1,1  | 1,4  | 1,7  | 2,0  | 2,3  | 2,6  |
| 25 | 0,1                                                                   | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,8  | 1,0  | 1,2  | 1,4  | 1,7  | 2,0  | 2,3  |
| 30 | 0,1                                                                   | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,7  | 0,9  | 1,1  | 1,3  | 1,5  | 1,7  | 2,0  |

$$c_1 u_1 = 1,4 \text{ dB}$$

- Birleşik belirsizlik: Örnekleme, kullanılan cihaz ve mikrofon pozisyonundan kaynaklanan belirsizlikler kullanılarak birleşik belirsizlik hesaplanır.

$$c_2 = 1 \text{ (TS EN ISO 9612: Madde C.3.3)}$$

$$u_2 = 1,5 \text{ dB (TS EN ISO 9612: Tablo C.5)}$$

$$u_3 = 1 \text{ dB (TS EN ISO 9612: Madde C.6)}$$

alınmıştır.

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2)$$

$$u^2(L_{EX,8h}) = 1,4^2 + 1^2(1,5^2 + 1^2) = 5,21$$

$$u(L_{EX,8h}) = 2,3 \text{ dB}$$

- Genişletilmiş belirsizlik: % 95 güven aralığı için k=1,65 kapsama faktörü kullanılarak genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplanır.

$$U = 1,65 \times u$$

$$U = 1,65 \times u(L_{EX,8h})$$

$$= 1,65 \times 2,3$$

$$= 3,7 \text{ dB}$$

3.A. Tam gün stratejisi ölçümleri için genişletilmiş ölçüm belirsizliğinin hesaplanması:

- İşlem basamakları:

Tam Gün Ölçüm Stratejisi kullanılarak gerçekleştirilen ölçümler için genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplama işlemleri, İş Tabanlı Ölçüm Stratejisinde izlenen adımlarla aynıdır.

Örnek: Bir işyerinde çalışan 3 forklift sürücüsünün çalışma süreleri molalar hariç 9,25 saat olup; Tam Gün ölçüm Stratejisine uygun olarak, Kişisel Gürültü Maruziyeti Ölçme Cihazı(dozimetre) ile yapılan 3 tam gün ölçümün sonuçları arasında 3 dB'den daha fazla fark olduğundan 3 tam gün daha ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin sonuçları aşağıdaki gibidir:

**Tablo 10. Tam gün ölçüm sonuçları**

| Sürücü/Gün      | Eşdeğer Sürekli Ses Basıncı Seviyesi dB(A) |
|-----------------|--------------------------------------------|
| 1. sürücü/1.gün | 88,0                                       |
| 2. sürücü/1.gün | 91,9                                       |
| 3. sürücü/1.gün | 87,6                                       |
| 1. sürücü/2.gün | 90,4                                       |
| 2. sürücü/2.gün | 89,0                                       |
| 3. sürücü/2.gün | 88,4                                       |

- Örneklemenin standart sapması: Öncelikle örneklemelerin aritmetik ortalaması hesaplanır.

$$\bar{L}_{pA,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{pA,eqT,n}$$

$$\begin{aligned} \bar{L}_{pA,eqT} &= (1/6)(L_{pA,eqT,1} + L_{pA,eqT,2} + L_{pA,eqT,3} + L_{pA,eqT,4} + L_{pA,eqT,5} + L_{pA,eqT,6}) \\ &= (1/6)(88,0+91,9+87,6+90,4+89,0+88,4) = 89,2 \text{ dB} \end{aligned}$$

Örneklemelerin standart sapması hesaplanır.

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{pA,eqT,n} - \bar{L}_{pA,eqT})^2 \right]}$$

$$\begin{aligned} u_1 &= \sqrt{\{[1/(6-1)][(88,0-89,2)^2 + (91,9-89,2)^2 + (87,6-89,2)^2 \\ &\quad + (90,4-89,2)^2 + (89,0-89,2)^2 + (88,4-89,2)^2]\}} \\ u_1 &= 1,65 \text{ dB} \end{aligned}$$

- Standart sapmanın belirsizliğe katkısı:  $c_1 u_1$  tablosu kullanılarak, örneklemelerin standart sapmasının belirsizliğe katkısı  $c_1 u_1$  bulunur.

**Tablo 11. c1u1 tam gün stratejisine göre hesaplama**

| N  | Uncertainty contribution $c_1 u_1$ of measured values $L_{pA,eqT,n}$ |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|----|----------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|    | dB                                                                   |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|    | 0,5                                                                  | 1   | 1,5 | 2   | 2,5 | 3    | 3,5  | 4    | 4,5  | 5    | 5,5  | 6    |
| 3  | 0,6                                                                  | 1,6 | 3,1 | 5,2 | 8,0 | 11,5 | 15,7 | 20,6 | 26,1 | 32,2 | 39,0 | 46,5 |
| 4  | 0,4                                                                  | 0,9 | 1,6 | 2,5 | 3,6 | 5,0  | 6,7  | 8,6  | 10,9 | 13,4 | 16,1 | 19,2 |
| 5  | 0,3                                                                  | 0,7 | 1,2 | 1,7 | 2,4 | 3,3  | 4,4  | 5,6  | 6,9  | 8,5  | 10,2 | 12,1 |
| 6  | 0,3                                                                  | 0,6 | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 2,6  | 3,3  | 4,2  | 5,2  | 6,3  | 7,6  | 8,9  |
| 7  | 0,2                                                                  | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,2  | 2,8  | 3,5  | 4,3  | 5,1  | 6,1  | 7,2  |
| 8  | 0,2                                                                  | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,4 | 1,9  | 2,4  | 3,0  | 3,6  | 4,4  | 5,2  | 6,1  |
| 9  | 0,2                                                                  | 0,4 | 0,7 | 1,0 | 1,3 | 1,7  | 2,1  | 2,6  | 3,2  | 3,9  | 4,6  | 5,4  |
| 10 | 0,2                                                                  | 0,4 | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,5  | 1,9  | 2,4  | 2,9  | 3,5  | 4,1  | 4,8  |
| 12 | 0,2                                                                  | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,3  | 1,7  | 2,0  | 2,5  | 2,9  | 3,5  | 4,0  |
| 14 | 0,1                                                                  | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 2,2  | 2,6  | 3,0  | 3,5  |
| 16 | 0,1                                                                  | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,1  | 1,3  | 1,6  | 2,0  | 2,3  | 2,7  | 3,2  |
| 18 | 0,1                                                                  | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0  | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 2,1  | 2,5  | 2,9  |
| 20 | 0,1                                                                  | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,9  | 1,1  | 1,4  | 1,7  | 2,0  | 2,3  | 2,6  |
| 25 | 0,1                                                                  | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,8  | 1,0  | 1,2  | 1,4  | 1,7  | 2,0  | 2,3  |
| 30 | 0,1                                                                  | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,7  | 0,9  | 1,1  | 1,3  | 1,5  | 1,7  | 2,0  |

$$c_1 u_1 = 1 \text{ dB}$$

- Birleşik belirsizlik: Örnekleme, kullanılan cihaz ve mikrofon pozisyonundan kaynaklanan belirsizlikler kullanılarak birleşik belirsizlik hesaplanır.

$$c_2 = 1 \text{ (TS EN ISO 9612: Madde C.3.3)}$$

$$u_2 = 1,5 \text{ dB (TS EN ISO 9612: Tablo C.5)}$$

$$u_3 = 1 \text{ dB (TS EN ISO 9612: Madde C.6)}$$

alınmıştır.

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2)$$

$$u^2(L_{EX,8h}) = 1^2 + 1^2(1,5^2 + 1^2) = 4,25$$

$$u(L_{EX,8h}) = 2,06 \text{ dB}$$

- Genişletilmiş belirsizlik: % 95 güven aralığı için k=1,65 kapsama faktörü kullanılarak genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplanır.



$$U = 1,65 \times u$$

$$U = 1,65 \times u(L_{EX,8h})$$

$$= 1,65 \times 2,06$$

$$= 3,4 \text{ dB}$$

## BULGULAR

### RISK DEĞERLENDİRMESİ PROSEDÜRÜ

Risk değerlendirmesi, gürültü maruziyetinden kaynaklanan ya da muhtemel kaynaklanabilecek risklerden çalışanların sağlığının ve güvenliğinin korumasında temel bileşendir. Risk değerlendirmesi çalışanların gürültüden kaynaklı risklere maruziyetini tanımlamalı ve gürültü maruziyeti derecelerini belirlemelidir. Risk değerlendirmesi yapmakla iş bitmiş demek değildir, amacı, maruziyet eylem değerlerine ulaşıldığında ya da geçildiğinde yapılacak eylemleri belirlemeye yardımcı olan bir risk değerlendirmesi olmalıdır.

### İşverenin Yükümlülükleri

Yönetmelik madde 6 da belirtildiği gibi işveren risk değerlendirmesi sonucuna göre çalışanın maruz kaldığı gürültü düzeyini belirlemek amacıyla ölçüm yaptırır. İlgili yönetmelik metni aşağıda verilmiştir:

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

**(2) Gürültü ölçümünde kullanılacak yöntem ve cihazlar;**

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

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

c) *Çalışanın kişisel maruziyetini gösterir.*<sup>[30]</sup>

Risk değerlendirmesi ve maruziyet ölçümü yukarıdaki maddeyi karşılamalı ve uygun aralıklarla yetkili kişiler tarafından yürütülmelidir. Risk değerlendirmesinden veya gürültü maruziyeti düzeyi ölçümünden elde edilen veriler aşağıdaki yönetmelik maddesi uyarınca gerektiğinde kullanmak ve iş müfettişlerine göstermek üzere saklanır.

#### **MADDE 6**

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

Yönetmelik madde 6 uygulanırken, ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde metrolojik olarak belirlenmiş ölçüm hataları ( ölçüm belirsizliği) dikkate alınmalıdır. Ölçüm metodu ve aparatları özellikle ölçülecek gürültünün karakteristiği ve ortam şartlarına uygun olmalıdır. Yine bu metotlar ve aparatlar maruziyet düzeyi, ses basıncı gibi parametrelerin belirlenmesine ve yönetmelikte belirtilen maruziyet değerlerinin aşılmamasına kararını vermeye imkan sağlamalıdır.

Sonuç olarak, işveren; yönetmelik madde 5'de verilen maruziyet eylem değerlerine ve sınır değerine, maruziyet derecesi, tipi, süresi, anlık gürültü maruziyetinin çalışanın sağlık ve güvenliğine etkisine, özel politika gerektiren gruplara, işle ilgili ototoksik maddeler ve titreşimin ayrı ayrı gürültü ile etkileşimine ve gürültü ve ikaz işaretlerinin etkileşimine dikkat etmelidir.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Risk Ortaya Çıkınca Ne Yapılmalı?**

Risk, günlük gürültü maruziyet düzeyine ( $L_{EX, 8h}$ ) göre belirlenir. Gürültü maruziyeti, maruziyet süresinden ve maruziyet periyodu süresince oluşan ses basınç düzeyi ( $L_{eq}$ )'nin ortalamasından belirlenir. Genel günlük değer vermek için günlük maruziyet süresi, gün boyunca maruz kalınan her bir gürültü periyodunun toparlanmasıyla belirlenir. Sonuç 8 saatlik bir çalışma gününe normalize edilir. Risk aynı zamanda C-frekans ağırlıklı anlık gürültü düzeyi olarak tanımlanan en yüksek ses basıncına göre de belirlenir. Eğer bir çalışanın günlük maruziyet düzeyi ya da tepe ses basınç düzeyi en düşük eylem değerlerini aşarsa, çalışan risk altında olarak düşünülmelidir.

### **Risk Nasıl Değerlendirilmeli?**

En düşük maruziyet eylem değerlerinin aşılp aşılmadığının tahmininde ilk kontroller kullanılabilir. Bu kontroller kesin bir bilgi vermez ancak bakış açısı elde etmek ve kritik risk potansiyelinin olup olmadığını anlamak için yeterlidir.

En düşük maruziyet eylem değerlerine ulaşılması veya geçilmesi durumunda ilk kontroller yeterli olmaz, nicel bir değerlendirme yapmak gerekir. İşin nasıl yapıldığı ve günden güne nasıl çeşitlilik gösterdiği, bu nicel değerlendirme içerisinde yer almalıdır. Yapılan işin her bir alt görevinin (örneğin çalışan: marangoz, yapılan iş: marangozluk, alt görevler: dairesel testere, şerit testere kullanımı, iş planı) yani iş gününde yapılan her bir görevin gürültü düzeyi edinilmelidir. Bu gürültü düzeyleri ölçüm yolu ile ya da güvenilir kaynaklar aracılığı ile elde edilebilir.

Sonuçlar eylem değerleri ile karşılaştırılırken, ölçüm belirsizliği hesaba katılabilir. Bunun mümkün olduğu durumlarda maruziyet eylem ve sınır değerlerinin aşıldığı görülecektir. Yapılacak olan iyileştirme veya alınacak tedbirler, maruziyet eylem ve sınır değerlerinin aşıldığı varsayılarak işlem yapılabilir.

Risk değerlendirmesi, risk altında olan çalışanları tanımlamalı, çalışma alanlarını ve gürültü maruziyetine katkısı en fazla olan alt görevleri belirlemekte yardımcı olmalıdır. Bu değerlendirme, gürültü kontrol planlamasında, sağlık gözetiminde ve kulak koruyucu gereksinimi için temel bir dayanak olacaktır.

Not: Çalışma alanındaki değişiklikler gürültü maruziyetini etkileyecek boyutta olduğu zaman, risk değerlendirmeni gözden geçir ve bulgularını kayıt altına al!

### **Yönetmeliğin Gereklilikleri**

Aşağıdaki 1, 2, 3, 4 'üncü maddeler yönetmeliğin madde 6 ve madde 7'de belirtilen koşullardır.

- Yönetmeliğin madde 6.1 ve madde 7.1 de bulunan hükümlere göre işveren, riskleri değerlendirmek ve gereken durumlarda ölçüm yaptırmakla yükümlüdür.
- Kullanılacak ölçüm metotları ve aparatları özellikle ölçülecek gürültünün karakteristiği, maruziyet süresi, çevresel faktörler ve ölçüm cihazının nitelikleri dikkate alınarak mevcut şartlara uygun olmak zorundadır.

Kullanılacak ölçüm metotları ve aparatları madde 6.2.b 'de belirtildiği gibi gürültü maruziyet düzeyi ve ses basıncı gibi parametreleri tespit edebilmeli ve madde 5 'te belirtilen sabit değerlerin aşıp aşılmadığına karar verebilmesine imkan sağlamalıdır.

- Paragraf 1’de bahsedilen ölçüm ve değerlendirme yetkili kişiler tarafından düzenli aralıklarla planlanmalı ve yürütülmelidir. (Ölçümler “iş hijyeni laboratuvarı”) Gürültü maruziyet düzeyinin ölçümünden ve/veya değerlendirmesinden elde edilen veriler, sonraki adımlarda kullanılabilirlik açısından saklanmalıdır.

- İşveren, madde 7’e göre risk değerlendirmesini yürütürken aşağıdaki yönetmelik hükümlerine özel önem vermek zorundadır:

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

b) *Maruziyet sınır değerleri ile maruziyet eylem değerlerine,*

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

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

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

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

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

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

ğ) *Sağlık gözetiminde elde edinilen güncel bilgilere,*

h) *Yeterli korumayı sağlayabilecek kulak koruyucularının bulunup bulunmadığına,*

- İşveren madde 10’a göre bir risk değerlendirmesine sahip olacaktır ve hangi önlemlerin madde 8,9,10,11 e göre alınacağını tanımlamak zorundadır. Madde 6.3 e göre gerektiğinde kullanılmak ve iş müfettişlerinin denetimlerinde istenildiğinde gösterilmek üzere uygun bir şekilde saklanır. Özellikle büyük bir değişiklik olduğu zaman ya da sağlık gözetiminin sonuçları risk değerlendirmesinin güncellenmesini işaret ettiği zaman, risk değerlendirmesi düzenli olarak güncellenmelidir.

## **Risk Değerlendirmesine Giriş**

Risk değerlendirmesi, risk altında olan/olabilecek çalışanları tanımlamak, gürültü maruziyetini belirlemek, gürültü kontrolü ve kulak koruyucu seçimi için bilgi sağlamak zorundadır.

Devam eden kısımda aşağıdaki konular işlenecektir.

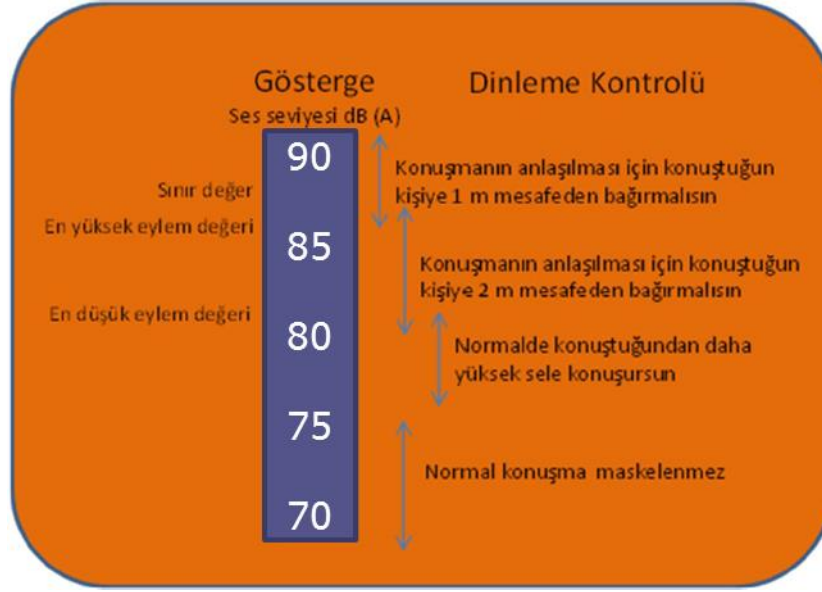
- Gürültü seviyelerinin tayinine ilk bakış,
- Risk değerlendirmesi plânı ve yapılışı,
- Ses düzeyi ölçer cihazı veya dozimetre cihazı ile ölçüm yapılışı,
- Gürültü maruziyeti hesabı,
- Gürültüye en çok katkısı olan kaynakları tanımlamak,
- Çalışanların, bilgilendirilmesi, muayenesi, katılımı ve eğitimi.

## **Herhangi Biri Risk Altında Olabilir Mi?**

Gürültü değerlendirmesinden, bir riskin olup olmadığı kolayca belirlenebilir. Eğer bir çalışanın gürültü maruziyeti en düşük maruziyet eylem değerlerine ulaşmış görünüyorsa, nicel bir değerlendirme gereklidir. Dinleme kontrolleri, bilinen gürültü değerleri ile ilgili mevcut bilgi ve basit gürültü ölçümleri riskin nerede olabileceği konusunda karar vermekte yardımcı olabilir.<sup>[19]</sup>

### **1. Sürekli (düzenli) gürültü için dinleme ve basit kontroller:**

Günlük maruziyet, gürültünün süresi ve seviyesinin bir fonksiyonudur. Dinleme kontrolleri gürültü seviyesinin tahminine yardımcı olur ve çalışanın maruziyetinin en düşük maruziyeti eylem değerlerine ulaşp ulaşmadığının kararında işverene yardımcı olur. Dinleme kontrollerinin sadece tahmin olduğunu unutmayın!



**Şekil 16. Dinleme kontrolü**

Bu adımda sürekli gürültünün yaklaşık ölçümlemleri yapmak için pahalı olmayan basit ses seviye ölçerler kullanabilir ve böylece dinleme kontrolünü doğrulayabilirsiniz. Eğer en düşük maruziyet eylem değerinin aşıldığı konusunda şüpheleniyorsanız, bu bölümde anlatılacağı gibi daha kesin değerlendirme yapmalısınız.

**Örnek:**

Süpermarket içerisinde gürültüyü dinleyerek bir kontrol yapalım. Marketin çoğu bölümünde normal konuşma seviyesi anlaşılabilir yani maskeleyen herhangi bir gürültü olmadığından, bir risk yoktur denebilir. Fakat bir metal işleri atölyesi veya tekstil fabrikasında dokuma bölümünde çok yakındaki birisi ile konuşmak istediğinizde sesinizin çalışan makinelerin gürültüsü tarafından maskelenmemesi (perdelenmemesi) için bağırarak zorunda kalırsınız. Bu durumda eğer basit bir ölçüm yaparsanız en düşük maruziyet eylem değerinin aşıldığını görürsünüz. Ancak, en yüksek maruziyet eylem değerinin aşılmadığının belirlenmesi için daha kesin sonuçları olan bir değerlendirme yapmalısınız.

2. En yüksek tepe ses basınç seviyesi için basit kontroller:



Dinleme kontrolleri ile tepe ses basınç düzeyi tahmin edilemez, sadece ölçüm yolu ile tespit edilebilir. Çalışanın, çalışma pozisyonuna göre hâlihazırda pek çok kaynaktan elde edilebilecek tepe ses basınç düzeyleri, en düşük maruziyet eylem değerinin aşılıp aşılmadığının değerlendirilmesinde başlangıç için en kolay yoldur. Aşağıdaki tabloda farklı gürültü kaynaklarının genel tepe ses basınç seviyeleri gösterilmiştir.



**Şekil 17. Bazı işler için tepe ses değerleri**

#### Örnek

Bir Av sporcusu tüfeğiyle birlikte her zaman bir susturucu kullanır. Tüfek mühimmatı ve susturucunun kombinasyonundan elde edilen ölçüm sonuçları, mevcut kaynaklarda en yüksek tepe ses basınç düzeyi 130 dB (C) ve eğer günde 100 atış yapılırsa günlük gürültü maruziyet düzeyi 76 dB(A) olarak verilmiştir.

Bir günde en fazla 100 atış yapılmasına izin verilerek, en düşük maruziyet eylem değerlerinin aşılmasının önüne geçilmiş ve böylece kulak koruyucu takılması veya bulundurulması zorunluluğu ortadan kaldırılmıştır. Tüfek kullanılırken gerekli olan

gürültü kontrolü, mevcut kaynaklardaki gürültü ölçüm sonuçları kayıt altında tutularak, gerekli risk değerlendirmesi yapılmış sayılabilir.

Aşağıdaki tabloda başka örnekler bulabilirsiniz.

**Tablo 12. Yüksek tepe ses basınç seviyeli gürültü kaynakları**

| YÜKSEK TEPE SES BASINÇ SEVİYELİ GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI |                                         |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Gürültü kaynakları                                 | Ses basınç seviyesi, dB(C), $L_{Cpeak}$ |
| Ökçe zımpara makinesi                              | 111                                     |
| Şişeleme tesisi                                    | 120                                     |
| Kırıcı matkap                                      | 118-126                                 |
| Darbeli matkap                                     | 123                                     |
| Tahta çivileme:                                    |                                         |
| Pnömatik çivileyici                                | 130                                     |
| Klasik çekiç                                       | 120                                     |
| Silah atışı                                        | 134-149                                 |
| Düzeltilme (doğrultma) presleri                    | 134-140                                 |
| Eksantrik pres (10 t)                              | 123                                     |
| Giyotin makaslar                                   | 138                                     |
| Ağır çeliklerin toplandığı alan                    | 136                                     |
| Demir dövme çekici:                                |                                         |
| Çekiç vuruşu (750 kg)                              | 144                                     |
| Çift etkili (10 t)                                 | 144                                     |
| Motorlu çekiçle kazık çakma                        | 133                                     |

### **Risk Değerlendirmesinin Planlanması**

Maruziyet, en düşük eylem değerine ulaştığı ya da geçtiğinin gözlemlendiğinde, gürültü maruziyeti nicel olarak değerlendirilmelidir. Bu bölümde ne tür bilgi, ekipman ve uzmanlıkla bir risk değerlendirmesinin yapılacağı sonucuna götüren bir planlama anlatılacaktır.

## 1. Uzmanlık:

Durumun karmaşıklığına bağlı olarak uzmanlık gerekecektir. Asgari olarak değerlendirmeyi yapacak olan kişi;

- İşçilerin çalışma düzenlerini ve iş sürecinin nasıl işlediğini,
- Ölçümlerin amacını ve maruziyeti değerlendirmek için gerekli bilgileri,
- Gerekli aletleri nasıl kullanacağını,
- Fiziksel akustiğin temellerini,

bilmelidir.

Ölçümleri veya diğer verilen verileri kullanarak aşağıdaki maddeleri nasıl yapacağını;

- Maruziyet nasıl değerlendirilir,
- Maruziyet eylem ve sınır değerleri aşıldığında ne yapacağını,
- Gürültü kontrolü için başlangıç olarak nasıl bir plan hazırlayacağını,

bilmelidir.

## Örnek

- Personel yukarıda anlatılan becerilerini kullanarak gürültü değerlendirmesi ve kontrol programını hazırlayabilir.
- Ustabaşı çalışma düzeni hakkında bilgi sağlayabilir ve gürültü riskinin olduğu alanları belirleyebilir.
- Ölçüm elemanı ustabaşı tarafından belirlenmiş alanlarda gürültü ölçümü yapar.
- İş güvenliği görevlisi maruziyeti değerlendirir ve nerede gürültü kontrolü uygulayacağını tanımlar.

## 2. Durumu kontrol etme:

Risk değerlendirmesini planlamak için bütün gürültü olaylarını değerlendirin;

- Personelin nerede riske maruz kalabileceğini bulmak için, yapılan işler ve çalışma alanları tanımlanmalıdır.

- Risk altında olan çalışanları belirleyin. Belirli risk altında olanlar; önceden işitme kaybı olanlar, gebe kadınlar ve genç çalışanlar kayıt edilmeli.
- Gürültünün düzenli, değişken ya da anlık olduğu belirlenmeli.
- Direk yapılabilecek basit gürültü kontrolü önlemleri not edilmeli, ancak risk değerlendirmesi yapılırken harcanan çabadan daha fazlası gürültüyü kontrol etmeye çalışılırken harcanmalıdır.

### Örnek

Küçük bir ağaç işleri fabrikasının bir atölyesinde yapılan işlerde kullanılan makineler vardır ve diğer bir atölyesinde ise inşaat ve son işlem yapılmaktadır.

Aşağıda, yukarıdaki örnekle alakalı bir ön değerlendirme yapılmıştır;

- Makinelerin olduğu atölyedeki çalışanlar için risk değerlendirmesi sonucu, en yüksek maruziyet eylem değerinin aşıldığını göstermektedir. Çalışanlar kulak koruyucularını kullanmaktadır ancak maruziyet eylem değerleri hesaplanırken bu durum göz ardı edilir.
- İkinci atölyede çalışanlar elektrikli zımpara ve polisaj yapmaktadırlar. Bir çalışanın kulak çınlaması sorunu vardır. Gürültünün tipi değişken ancak anlık değildir, bu yüzden gürültü riski tepe ses basıncından çok günlük gürültü maruziyetinden kaynaklanır.

### 3. Gürültü ölçümleri:

Kişisel gürültü maruziyetini değerlendirmek için risk altında olan/olabilecek çalışanların iş günü boyunca her bir alt görevinin gürültü düzeyi hesaplanmalıdır. Gürültü düzeyleri tablo 12 de olduğu gibi başka kaynaklardan, makine üreticisi ve satıcılarından ya da ölçüm yolu ile elde edilebilir. Bir çalışanın maruz kaldığı gürültü seviyesi belirlenirken tüm gürültü kaynaklarının ve çalışma alanının 'sesi yükseltme etkisi' hesaba katılmalıdır.

Arka plan gürültüsü ve çalışma alanının yankı etkisi, çalışanın maruz kaldığı ses basınç seviyesini artırabileceği unutulmamalıdır.<sup>[10]</sup>

Ses gücü verilerinden, ses basıncı seviyelerini değerlendirmek karmaşık olabilir. "Akustiğin temelleri" konusunda ikisinin arasındaki fark tanımlandığı gibi,

“alışma alanı dizaynı” başlığı altında da çalışma alanı akustik şartları ve ses gücü verilerinden gürültü maruziyeti değerlendirmesinin nasıl yapılacağı açıklanmıştır.

### Örnek

Bir el aleti üreticisi, kullanıcı için ölçüm belirsizliği değeri K ortalama 5 dB olarak ortalama ses basınç seviyesini 85 dB(A) olarak verdiğini düşünelim. Ekipmanın günlük 30 ile 60 dk arasında kullanıldığını ve gürültüyü etkileyen başka bir ses kaynağının olmadığını biliyoruz. Günün geri kalanını sessiz bir ofiste geçiriyor ki bunu dinleme testi yaparak ses basınç seviyesinin 70 dB(A) den az olduğunu buluyoruz.

alışan ses kaynağına çok yakın ve odanın akustik karakteristiği çalışana ulaşan gürültü seviyesini arttırıcı oranda kötüdür. Ölçüm belirsizliği, ortalama gürültü seviyesine eklendiği düşünlürse

80 dB (A) + 5 dB gürültü seviyesi 90 dB (A) olur ve 60 dk lik çalışma süresi çalışanın gün içindeki gürültüye maruz kaldığı en kötü durum olarak düşünülebilir. Böylece 80 dB (A) lik en düşük maruziyet eylem değerinin aşıldığı görülür.

### Sonuçların Değerlendirilmesi

#### 1. Gürültü maruziyetinin hesaplanması:

Gürültü maruziyeti, gün içindeki yapılan gürültülü işlerin hepsinin gürültü düzeyi ve sürelerinden hesaplanır. Çok sayıda basit metot kullanılabilir: grafik kullanmak, bilgisayar programları ve nomogramlar. Aşağıda maruziyet noktalarından alınan ölçümlerin basit bir yöntem kullanılarak toplanmasıyla maruziyetin hesaplanmasına dair bir örnek verilmiştir.

- a. Ölçülen Ses basınç düzeyi veya  $L_{eq}$  değerlerinin tablodan maruziyet noktası değeri bulunur.
- b. Bulunan değerler maruziyet saatleri ile çarpılır.

Ya da

Ölçülen farklı alt görevler için maruziyet noktası(EP), maruziyet süresi ve alt görev sayısı(N) ile çarpılır ve ölçüm süresince gerçekleşen alt görev sayısına bölünür(m).

$$\frac{EP \times t \times N}{m}$$

- c. Gün içindeki tüm alt görevler için elde edilen maruziyet noktaları toplanır
- d. Grafikte sütun 2 de verilen maruziyet noktaları değerlerinden c. adımda elde edilen değer bulunur ve sütun 3 de karşılık gelen  $L_{EX,d}$  değeri bulunur.
- e. Eğer haftalık gürültü maruziyet değerinin hesaplanması gerekirse, haftalık toplam maruziyet noktaları değeri bulunur, haftalık ortalama gürültü maruziyetini hesaplamak için toplam değer 5'e bölünür.

**Tablo 13. Maruziyet noktaları karşılaştırması**

| Ses basınç seviyesi<br>ya da $L_{eq}$ dB(A) | Maruziyet noktaları | Günlük gürültü<br>maruziyeti seviyesi<br>( $L_{EX,d}$ )dB(A) |
|---------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------|
| 104                                         | 1000                | 95                                                           |
| 103                                         | 800                 | 94                                                           |
| 102                                         | 640                 | 93                                                           |
| 101                                         | 500                 | 92                                                           |
| 100                                         | 400                 | 91                                                           |
| 99                                          | 320                 | 90                                                           |
| 98                                          | 250                 | 89                                                           |
| 97                                          | 200                 | 88                                                           |
| 96                                          | 160                 | 87                                                           |
| 95                                          | 130                 | 86                                                           |
| 94                                          | 100                 | 85                                                           |
| 93                                          | 80                  | 84                                                           |
| 92                                          | 64                  | 83                                                           |
| 91                                          | 50                  | 82                                                           |
| 90                                          | 40                  | 81                                                           |
| 89                                          | 32                  | 80                                                           |
| 88                                          | 25                  | 79                                                           |
| 87                                          | 20                  | 78                                                           |
| 86                                          | 16                  | 77                                                           |
| 85                                          | 13                  | 76                                                           |
| 84                                          | 10                  | 75                                                           |
| 83                                          | 8                   |                                                              |
| 82                                          | 6,4                 |                                                              |
| 81                                          | 5                   |                                                              |
| 80                                          | 4                   |                                                              |
| 79                                          | 3,2                 |                                                              |
| 78                                          | 2,5                 |                                                              |

Örnekler:

Maruziyet noktaları kullanılarak maruziyetin hesaplanması

Örnek 1: Bir torna tezgahında çalışanın gürültü maruziyeti TS EN ISO 9612 kullanılarak ölçülmüştür hesaplama yöntemi yukarıdaki tablo kullanılarak aşağıda verilmiştir.

**Tablo 14. Bir torna operatörü için maruziyet noktalarına göre maruziyet hesabı**

| Torna Operatörü                         |           |                |              |                  |
|-----------------------------------------|-----------|----------------|--------------|------------------|
| Gürültü kaynağı                         | Leq dB(A) | Tepe ses dB(C) | Ölçüm süresi | Maruziyet süresi |
| Torna işlemi                            | 89        | 115            | 15 dk        | 4 saat           |
| İşlencek metaller toplanırken           | 86        | 111            | 15 dk        | 30 dk            |
| Tezgahın basınçlı hava ile temizlenmesi | 97        | 126            | 15 dk        | 45 dk            |
| İş planlama, çizim                      | <70       | 108            | 15 dk        | 1 saat 30 dk     |

| Maruziyet detayları                         | Maruziyet noktaları          |
|---------------------------------------------|------------------------------|
| 4 saat 89 dB (A) da çalışıyor               | $4 \times 32 = 128$          |
| 0,5saat 86 dB (A) da çalışıyor              | $0,5 \times 16 = 8$          |
| 0,75 saat 89 dB (A) da çalışıyor            | $0,75 \times 200 = 150$      |
| 1,5 saat 70dB (A) dan az seviyede çalışıyor | 0                            |
| <b>Toplam maruziyet noktaları</b>           | <b>286</b>                   |
| <b>Günlük gürültü maruziyet seviyesi</b>    | 89 ile 90 dB (A) arasındadır |

## Örnek 2

Şahmerdan kullanılarak 4 farklı metal parça ezilmiştir ve bu sırada gürültü ölçümleri yapılmıştır (m=4). 100 saniyelik ölçüm için (t=100 saniye= 0.028 saat)  $L_{eq}$  değeri 102 dB (A) bulunmuştur. Çalışan normal bir günde 10 farklı metal ezmektedir (N=10). Çalışma alanındaki geri alan gürültüsü 75 dB (A) den azdır.

**Tablo 15. Maruziyet noktası formülüne göre maruziyet hesabı**

| Maruziyet Detayı                                                                                               | Maruziyet Noktaları                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 10 ezme işlemini yapan çalışan, 4 ezme işlemi süresince 100 saniyelik ölçüm değeri ( $L_{eq}$ ) 102 dB(A)'dir. | $(640 \times 0.028 \times 10) / 4 = 45$ |
| <b>Toplam Maruziyet Noktaları</b>                                                                              | <b>45</b>                               |

## 2. Önemli gürültü kaynaklarının tanımlanması:

Gürültüyle mücadele, çalışma alanları ve iş sürecindeki günlük gürültü maruziyetine katkısı en yüksek olanla yapılırsa en iyi başarı burada sağlanır. En

önemli gürültü kaynağı, gürültü düzeyi en yüksek olandan çok günlük maruziyete katkısı en fazla olandır.

Örnek:

**Tablo 16. Torna operatörünün maruziyet noktaları**

| <b>Torna Operatörü</b>                  | <b>Maruziyet noktaları</b>          |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| Torna işlemi                            | 128                                 |
| İşlencek metaller toplanırken           | 8                                   |
| Tezgahın basınçlı hava ile temizlenmesi | 150                                 |
| İş planlama, çizim                      | 0                                   |
| <b>Toplam maruziyet seviyesi</b>        | <b>89 ile 90 dB (A) arasındadır</b> |

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü üzere en fazla günlük gürültüye katkısı olan iş süreci basınçlı hava ile makinaların temizlenmesidir. İkinci öncelikli olan ise çalışanın işi yaparken bulunduğu yerden kaynaklanmaktadır.

3. Ototoksik maddeler ile gürültü arasındaki ve titreşim ile gürültü arasındaki etkileşim:

Bilimsel çalışmalar, gürültünün hem ototoksik maddelerle hem de titreşim ile etkileşim içerisinde olduğunu göstermektedir (İşitme kaybı ve sağlık gözetimi kısmına bkz.). Yönetmelik madde 7. 1(ç) teknik olarak elde edilebildiği durumlarda, risk değerlendirmesi sırasında bu etkileşimlerin hesaba katılmasını gerektirir.

Not: “İşitme kaybı ve sağlık gözetimi” de ilgili sektörlerle ilişkin, ayrıntılı olmayan ototoksik kimyasal maddeler listesi verilmiştir.

Bu etkileşimler için eşik limit değerlerle pragmatik risk değerlendirmesi kuralları oluşturmak şu anda imkansızdır. İleri araştırmalar gereklidir, örneğin bilim çevreleri tarafından desteklenmelidir. Önleyici tedbirler sağlamak için, doz-tepki ilişkileri üzerine bilimsel bilgi eksikliğinin olmasına karşın, bazı uzmanlar sağlık gözetimi eylem değerlerinin gürültü-ototoksik malzeme ya da gürültü-titreşim için birleştirilmiş



maruziyetin 5 dB civarında düşürülmesini önermişlerdir. Bilimsel çalışmalar el-kol titreşimi ve tüm vücut titreşiminin, gürültü ile etkileşime sebep olduğunu göstermiştir.

#### **Çalışanların Bilgilendirilmesi, Eğitilmesi, Görüşlerinin Alınması Ve Katılımlarının Sağlanması**

Yönetmeliğin iskeletini, işverenin uygun tedbirler alması ve personeli bilgilendirilmek-eğitmek-görüşlerini almak ve iş yerindeki İSG ile ilgili tüm konulara, kanun ve/veya yönetmelikler çerçevesinde, katılımlarının sağlanması oluşturmaktadır. Özellikle Yönetmelikte konuyla ilgili aşağıdaki hükümler yer almaktadır.

##### ***Çalışanların bilgilendirilmesi ve eğitimi***

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

- a) Gürültüden kaynaklanabilecek riskler,
- b) Gürültüden kaynaklanabilecek riskleri önlemek veya en aza indirmek amacıyla alınan tedbirler ve bu tedbirlerin uygulanacağı şartlar,
- c) 5 inci maddede belirtilen maruziyet sınır değerleri ve maruziyet eylem değerleri,
- ç) Gürültüden kaynaklanabilecek risklerin değerlendirilmesi ve gürültü ölçümünün sonuçları ile bunların önemi,
- d) Kulak koruyucularının doğru kullanılması,
- e) İşyerinde gürültüye bağlı işitme kaybı belirtisinin tespit ve bildiriminin nasıl ve neden yapılacağı,
- f) Bakanlıkça sağlık gözetimine ilişkin çıkarılacak ilgili mevzuat hükümlerine ve 13 üncü maddeye göre, çalışanların hangi şartlarda sağlık gözetimine tabi tutulacağı ve sağlık gözetiminin amacı,
- g) Gürültü maruziyetini en aza indirecek güvenli çalışma uygulamaları, hususlarında bilgilendirilmelerini ve eğitilmelerini sağlar.

##### ***Çalışanların görüşlerinin alınması ve katılımlarının sağlanması***

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

- a) 7 nci maddeye göre gerçekleştirilecek olan risk değerlendirmesi,
- b) 8 inci maddeye göre risklerin ortadan kaldırılması veya azaltılması için alınacak önlemlerin belirlenmesi ve uygulanacak tedbirler,

c) 9 uncu maddede belirtilen kulak koruyucularının seçilmesi, hususlarında çalışanların veya temsilcilerinin görüşlerini alır ve katılımlarını sağlar.

## ÇALIŞMA ALANI DİZAYNI

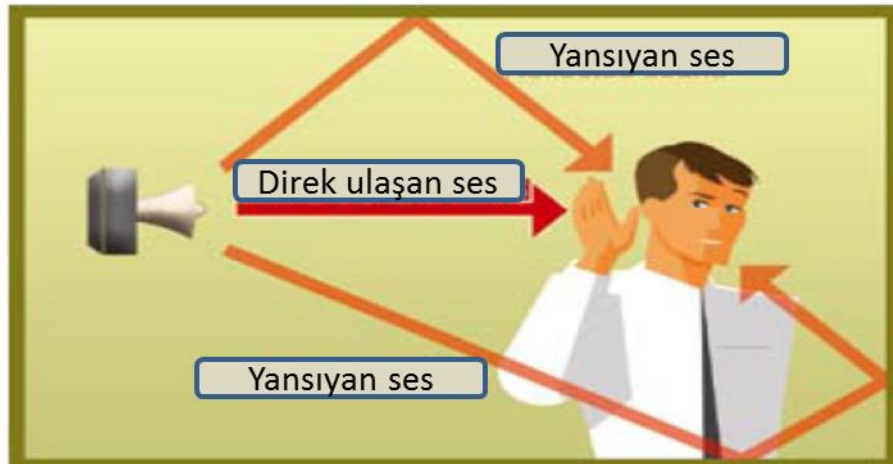
### Oda Etkisi (Pratik Olarak)

#### 1. Yansıma ve sönümlenme

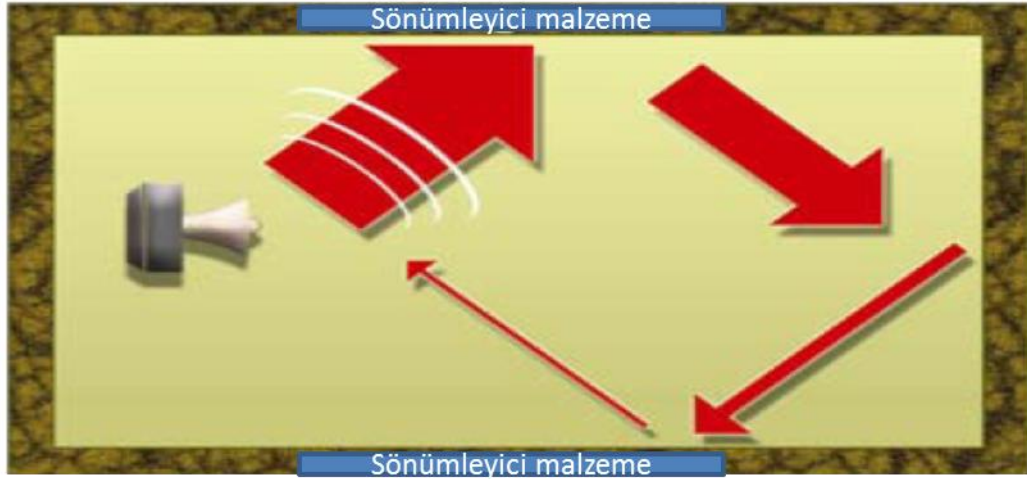
Çalışma ortamında yayılan sesler odanın duvarlarından yansır. Bu yansıyan sesler gürültü maruziyetini artırır. Bir ses duvara ulaştığında enerjisinin bir kısmı yansır. Bu yansıma, odanın akustiğini etkiler ve bu duruma “yankılanma” denir. Tüm gürültü maruziyetini kullanan ekipmanların yaydığı sesler ve yansıyan seslerden oluşur. Sesi sönümleyici malzeme odanın yüzeylerine yerleştirilebilir ya da bölmeler şeklinde konularak ses yüzeylere ulaşmadan sönümlendirilebilir.

Örnek:

İki önemli akustik oda etkisi vardır; yüksek düzeyde yankılanmanın olduğu bir yer(hamam, cami) ve akustik malzeme ve halı ile kaplı küçük bir ofis.



**Şekil 18. Akustik bir kaynaktan çıkan ses duvarlardan yansımaktadır ve çalışan hem direk ulaşan sese hem de yansıyan sese maruz kalır**



**Şekil 19. Sönümleyici malzemeler yansıyan sesi zayıflatarak odanın etkisini azaltmıştır**

## 2. Açık ve yankı alanı:

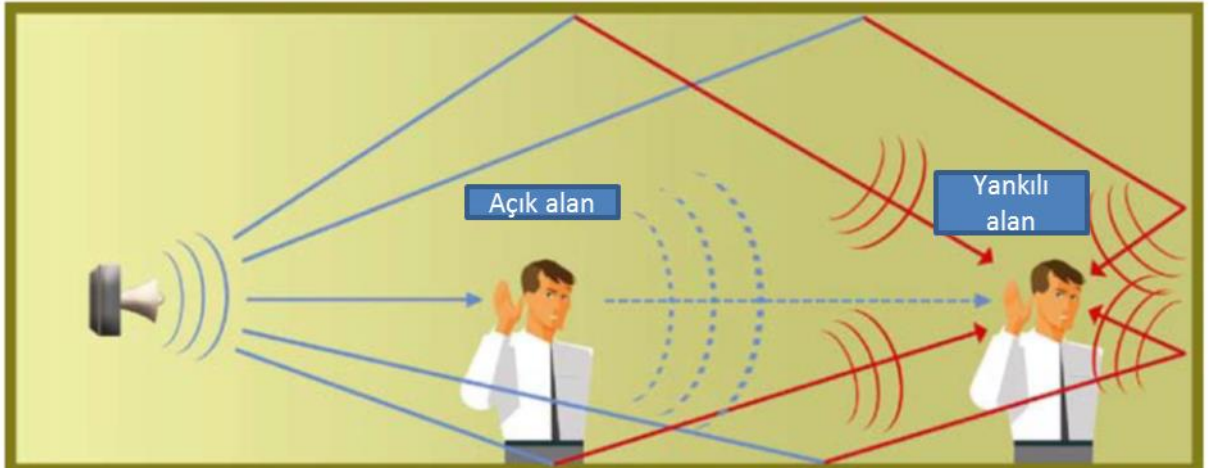
Gürültü maruziyetinde odanın etkisi, gürültü kaynağına olan uzaklığa bağlı olarak değişmektedir. Gürültü kaynağından uzak olan yerlerde, oda etkisinin maruziyete katkısı daha büyüktür. Ekipmanlardan uzaklaştıkça, yansıyan sesin etkisi artar. Bu yüzden gürültü kaynağından uzaklık esas alınarak oda farklı alanlara bölünebilir:

- Doğrudan gelen sesin maruziyete etkisi gürültü kaynağının yanında daha büyüktür; bu alana “açık alan” denir.
- Yansıyan sesin maruziyete etkisi gürültü kaynağından uzakta daha büyüktür; bu alana “yankılı alan” denir; yankılı alanda gürültü düzeyi oldukça sabittir.

Yankılı alanda akustik sönümlleme daha etkili olur, fakat açık alanda bu işlem göreceli olarak kullanışsızdır.<sup>[4]</sup>

## Örnek:

Açık alan genellikle makineden birkaç metre uzaklıkta bulunur. Çalışan genelde yaptığı işten dolayı açık alanda bulunmaktadır. Bitişik çalışma alanları duvarlarının, ses emici özelliğinin artırılması, sadece açık alanda bulunan çalışanın değil aynı zamanda çevre iş istasyonlarında çalışanlar için de verimli olacaktır.<sup>[6]</sup>



**Şekil 20. Gürültü kaynağı yakınındayken gürültünün çoğu, kaynaktan direk ulaşan seslerdir. Kaynaktan uzakta gürültünün çoğu yankılardan kaynaklanır.**

Not: Bölmeler ses yalıtımı sağlayacaktır. Bir ses kaynağı ile çalışan arasına koyulan ses yalıtımı, çalışana ulaşan gürültüyü azaltır. Eğer çalışma alanı küçük alanlara bölünürse, her alan kendi çalışmasından kaynaklanan yankıya maruz kalır. Çalışma alanında ses yalıtımını analiz etmeye yarayan çok sayıda yazılım bulunmaktadır. Bu yazılımlar, fayda-maliyet değerlendirmesini içerir, yalıtım malzemesinin niceliği ve yerleştirilmesi gereken pozisyona karar vermeye yardımcı olur. Mobilya, perde ve büyük ekipmanlar, çalışma alanının akustik özelliğini etkiler ve yankı, yalıtım ve ses emici olabilirler. Çalışma ortamının hacmi düşünüldüğünde bunlar geniş yer kaplıyorsa, akustik değerlendirmeye katılmalıdırlar.

### **Odanın Karakteristiği**

#### **1. Yankılanma zamanı:**

Yankılanma maruziyetinin zamanı, odanın tüm akustik etkileri için tahmini bir değer sağlar. Eğer bir gürültü kaynağı kapatılır ya da aniden muhafazaya alınırsa, akustik yankılar, arka alan gürültüsü tarafından maskelenene kadar, bir yüzeyden diğer yüzeye yansımaya devam eder. Oda ne kadar yankılı olursa, ses düzeyinin azalması da o kadar yavaş olur. Odanın akustik etkisi, sesi zayıflatmasına göre bulunabilir; buna “yankılanma zamanı” ( $T_r$ ) denir ve 60 dB azalma ya da ses düzeyinde zayıflama olarak tanımlanır.  $T_r$  'nin ölçülmesinde anlık ses kaynağı

(örneğin silah atışı) ya da aniden durdurulmuş düzenli gürültü üreten ses kaynağı kullanılabilir.

Örnek:

Ortalama yankılanma zamanı, oturma odası için 0,5 saniye, konser salonu için 1-2 saniye ve büyük bir cami için 4-8 saniyedir.

## 2. Uzaysal ses dağılım eğrisi:

Bir odanın uzaysal akustik etkisi, odanın tüm boyutları düşünülerek uzaklık boyunca ses zayıflaması olarak kabul edilebilir. Uzunluk başına ses azaltım oranı ya da bazı noktalarda ses arttırımı olarak ifade edilir.<sup>[11]</sup>

Sürekli düzenli gürültü kaynağı odanın sonuna yerleştirilirse, odanın merkez hattı boyunca ses azalımı ölçülebilir; sonuç “uzaysal ses dağılım eğrisi” grafiği olarak gösterilebilir. Oda etkisi  $DL_2$  parametresi ile elde edilebilir. Ses kaynağından uzaklık iki katına çıktığı zamanki ses seviyesindeki azalımın oranını ifade eder.  $DL_2$ , “iki kat uzaklık başına uzaysal zayıflamanın oranı” olarak tanımlanır. Açık havada (serbest alan olarak adlandırılan) ses zayıflama oranı iki kat uzaklık başına 6 dB ‘dir. ( $DL_2=6$  dB). Odada ya da serbest alanda, bir noktada ses seviyesindeki farklılık ( $DL_f$ ) “oda gürültü yükseltimi” ya da “ses basıncındaki fazlalık” olarak tanımlanır.

Aşağıda farklı oda akustik parametreleri verilmiştir;

- Odanın ses yükseltme etkisi düşük olduğu durumda,  $DL_2$  değeri yüksek,  $DL_f$  ve  $T_r$  değeri ise düşük olur.
- $DL_2$ ,  $DL_f$  ve  $T_r$  değerleri frekansa göre değişir, oktav bantlara göre verilebilir.
- $DL_2$ ,  $DL_f$  ve  $T_r$  değerleri odanın hacmine bağlıdır.

Örnekler:

‘TS EN ISO 11690-1 Akustik-İçinde makine bulunan düşük gürültü seviyeli iş yerlerinin tasarımı için tavsiye edilen uygulama-Bölüm 1: Gürültü kontrol stratejileri’ standartında aşağıdaki değerler,

Odanın hacmi,  $200m^3$  den küçük olan yerde  $T_r < 0,8$  saniye,  $1000m^3$  den büyük olan yerde  $T_r < 1,3$  saniye ve daha büyük olduğu durumlarda  $DL_2 > 3$  ya da 4 önerilir.

Not: Yönetmelikte odanın akustik değerlerinin nasıl olması gerektiğinden bahsedilmemiştir. Ancak bazı standartlar odanın boyut ve doluluk oranını temel alarak bu değerleri tanımlamışlardır. Yukarıda, TS EN ISO 11690 standardında önerilen değerler verilmiştir.

DL<sub>2</sub> ve DL<sub>f</sub> çalışma alanını değerlendirmek için en çok kullanılan parametrelerdir, ancak küçük boyutlardaki odalar için DL parametrelerinin ölçümleri güvenilir sonuç vermeyebilir, T<sub>r</sub> parametresi bu durumda daha uygundur. Odanın absorbe karakteristiğini tanımlayan diğer bir parametre: 'absorpsiyon eşdeğer alanı' 'A<sub>eq</sub>'. Bu parametre oda için eşdeğer absorpsiyonu veren bir absorpsiyon alanı sağlar.

**Sabine** formülü çok sık uygulanır. Bu formül, hacim V, toplam alan S ve yankılanma süresi T<sub>r</sub> ile verilir.

$$\alpha_s = (0,16V)/(T_r S)$$

$\alpha_s$ , 'Sabine sönümlleme katsayısı' olarak tanımlanır.

### **Çalışma Alanını İyileştirmek İçin Çözümler**

#### **1. Çalışma alanında değişiklik yapmak:**

Çalışma alanı değişiklikleri gürültü çözümlerini bir bütün halinde kapsayan "gürültü maruziyeti nasıl azaltılır" başlığı altında anlatılmıştır:

- 'ana eylemler' çalışma alanı değişikliğiyle birlikte organizasyonel çözümleri içerir.

Örneğin yerleşim değişikliği, uzaktan kontrol sistemleri, vb.

- Hava aktarım eylemleri yalıtım perdeleri kullanarak çalışana kaynaktan ayırmak gibi çözümleri içerir.

#### **2. Ses emici malzeme ve aygıtların kurulumu:**

Ses emici malzemeler yansıyan sesin emilmesinde (soğurulmasında) kullanılır.

- Bir materyalin ya da sistemin sönümlleme performansı 'sönümlleme faktörü'  $\alpha$  ile ifade edilir, toplam yüksek gürültü enerjisi için soğurulan enerjinin oranıdır.

-  $\alpha$  nın değeri 0 (sönümlleme yok) - 1 (tam sönümlleme) aralığında değişir.

- Aynı materyal ya da sistemin  $\alpha$  değeri ses frekansına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

- Sönümleme çözümleri aşağıdaki gibi gruplandırılabilir.

- Gözenekli materyaller(cam yünü, taş yünü vb.), kalınlığı boyunca difüzyon ederek ses enerjisini soğururlar; yüksek frekanslarda daha kullanışlıdır, duvar yüzeylerine uygulanabilir ya da tavana emici yüzey olarak asılabilir.(şekil 21)

- 'diyaframlar' ahşap çitalarla duvara sabitlenen ahşap panellerdir; enerji Emilimi, panelin arkasındaki havayı sıkıştırarak panelin deformasyonu ile olur; düşük frekanslar için daha kullanışlıdır. (şekil 22)

- 'yansıtıcılar' hava boşluklarıdır. Boşluk içerisindeki hava hareketleri ses enerjisinin sönümlenmesini sağlar; cihazın geometrisine bağlı olarak belirlenen ses frekanslarında daha kullanışlıdır. (şekil 23)

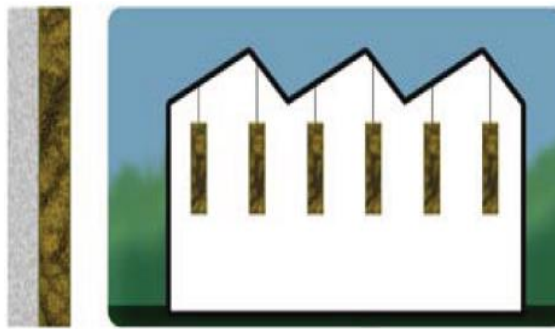
- Aynı aygıt için,  $\alpha$  değeri yoğunluk, kalınlık gibi parametrelere göre değişkenlik göstermektedir.

Örnekler:

Tipik  $\alpha$  değerleri; mermer için 0,01, beton için 0,04, cam yünü için 0,8, vb. Tipik  $\alpha$  değerlerinin frekansa bağlı olarak değişmesi aşağıda gösterilmiştir;

**Tablo 17. Sönümleyici malzemelerin  $\alpha$  değerleri**

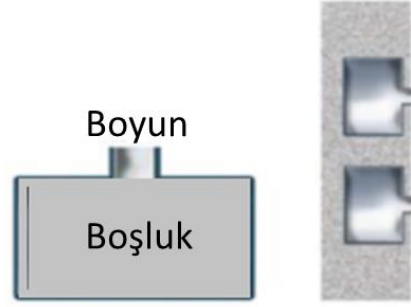
| $\alpha$               | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 4000 Hz |
|------------------------|--------|--------|---------|---------|
| Cam yünü               | 0,3    | 0,7    | 0,9     | 0,95    |
| Diyafram               | 0,6    | 0,4    | 0,2     | 0,1     |
| Rezonatör ( 500 Hz de) | 0,2    | 0,9    | 0,2     | 0,05    |



**Şekil 21. Gözenekli materyal**



**Şekil 22. Diyafram**



**Şekil 23. Hava boşlukları**

Not: Yukarıda görüldüğü gibi, gürültü kaynağına yaklaştıkça ya da uzaklaştıkça odanın akustik etkisi farklı olur. Oda'nın sönümlenmesinde sağlanan fayda yine aynı şekilde değişmektedir; gürültü kaynağı yakınına yerleştirilen ses emiciler 1-3 dB, uzağına yerleştirilen 5-12 dB azalım sağlamaktadır.(TS EN ISO 11690). Yüzey şekilleri, ses sönümlenmesinde büyük etkiye sahiptir. Bu durum alandan çok geometrik şekil için ölçülmüş ortalama sönümleme değeri olarak hesaba katılmalıdır. Bir duvar nadiren tek yapıdan oluşur; çoğu zaman pencere, kapı, kaplama, vb. parçalardan oluşabilir. Bu bileşenler duvarla karşılaştırıldığında kapladığı alan büyükse, bu bileşenlerin her biri ayrı ayrı hesaba katılmalıdır. Eğer ayrı ayrı hesaba katılması çok önemli değilse, tüm duvar için tek bir ortalama değer kullanılabilir.

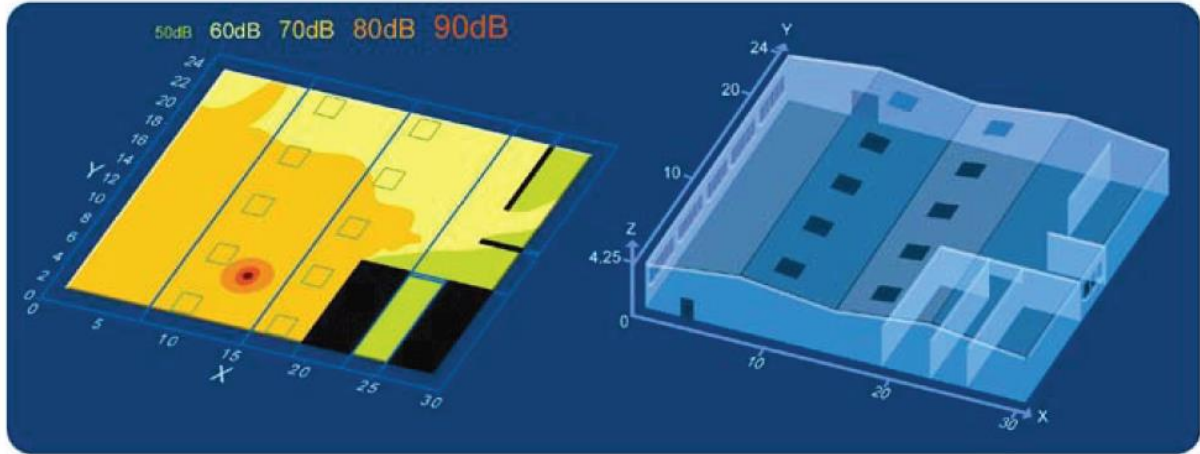
#### Tahmini Gürültü Hesabı

Oda'nın sönümleme karakteristiği ve ekipmanların ses yayımı biliniyorsa, ses basıncının hesaplanabilmesi için metotlar ve yazılımlar kullanılabilir.

- Gürültü yayan ekipmanlar hakkında bilgiye ihtiyacımız vardır.
- Çalışma alanı verilerine ihtiyacımız vardır: geometri, doluluk oranı, ses emilim katsayısı – teorik değerlerle tahmin edilebilir.



- Gürültü haritasına, odanın sönümleme parametrelerine ya da önemli noktalarda ki ölçüm sonuçları gerekebilir.
- Çeşitli emisyon kaynaklarını ve yansımaları baz alan emisyon çıktıları gereklidir. Maruziyet hesabı için iş alanlarındaki maruziyet süreside gerekecektir.

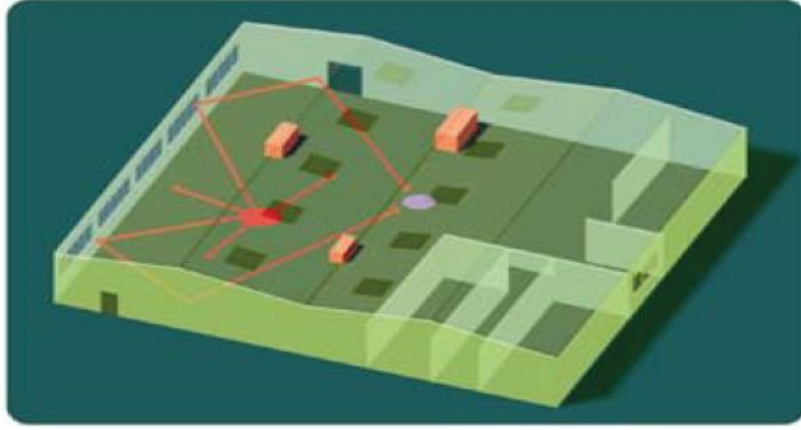


**Şekil 24. Ses seviyesi hesabı için yazılımla çalışma alanı modellemesi (RayPlus® © yazılım, INRS – France)**

Yukarıdaki bilgiler kapsamlı olarak iyileştirilecek çalışma alanı/alanlarının dizaynında kullanılırlar. Bu bilgiler, gelecekteki bir durumu tahmin etmek için ve en iyi sonucu vermek ya da istenilen gürültü seviyesini elde etmek için çok sayıda durumun karşılaştırılmasını sağlar.

Çeşitli durumların karşılaştırılması;

- Ekipmanın emisyon değerini değiştirmek: ses muhafazaları kullanarak ya da daha sessiz ekipman ile değiştirerek yapılabilir.
- Çalışma alanındaki çalışanın ya da ekipmanın yerini değiştirmek.
- Yankı yüzeylerinin sönümleme etkisini arttırmak.



**Şekil 25. Simülasyon modelleri, çalışma alanında birçok değişiklik yaparak, değerlendirmeye yardımcı olur. (RayPlus® © yazılım, INRS – France)**

Hesaplama metoduna bağlı olarak, parametrelerin güvenilirliği ve teorik hesap varsayımlarına doğruluğuna göre, sonuçlar ölçüm belirsizliği içerir. Bununla birlikte farklı sonuçlar karşılaştırılabilir ve mantıklı bir seçim yapabilmek için yardımcı olabilirler.

‘Mantıklı seçim’ yapılırken aşağıdakilere dikkat edilmelidir:

- Her durum için ayrı ayrı hesaplanan gürültü seviyesi;
- Her bir çözümün sonuçları (maliyet, iş sürecine etkisi, diğer iş sağlığı ve güvenliği faktörlerine etkisi, çevre kirliliği, vb.)

Not: Çalışma alanı ses basınç seviyesi tahmini ve imisyonu için TS EN ISO 11690-3 standardında bazı metotlar verilmiştir. Oda akustiği tahmini için çeşitli yazılımlar mevcuttur. Yazılımlar ergonomi, hesaplama hızı, gerekli data sayısı (geometri, maddenin sönümleme karakteristiği, vb.), varsayımlar, hesaplama doğruluğu, vb. ne bağlı olarak farklılık gösterebilir. En çok kullanılan metotlar belli sadeleştirmeler içerir. Bunlar orta-frekanslarda (çalışanın maruziyetine en önemli katkısı sağlarlar) önemli değişikliğe sebep olmazlar.

## **GÜRÜLTÜ MARUZİYETİ NASIL AZALTILIR?**

### **Yönetmelik Gereklilikleri**

Yönetmelik madde 8 de gürültü maruziyeti önlenirken ya da azaltılırken yapılması gerekenler anlatılmıştır.

**MADDE 8 – (1) İşveren, risklerin kaynağında kontrol edilebilirliğini ve teknik gelişmeleri dikkate alarak, gürültüyemaruziyetten kaynaklanan risklerin kaynağında yok edilmesini veya en aza indirilmesini sağlar ve 8, 9, 10 ve 11 inci maddelere göre hangi tedbirlerin alınacağını belirler.**

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

a) Gürültüye maruziyetin daha az olduğu başka çalışma yöntemlerinin seçilmesi,

b) Yapılan işe göre mümkün olan en düşük düzeyde gürültü yayan uygun iş ekipmanının seçilmesi,

c) İşyerinin ve çalışılan yerlerin uygun şekilde tasarlanması ve düzenlenmesi,

ç) İş ekipmanını doğru ve güvenli bir şekilde kullanmaları için çalışanlara gerekli bilgi ve eğitimin verilmesi,

d) Gürültünün teknik yollarla azaltılması ve bu amaçla;

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

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

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

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

1) Maruziyet süresi ve düzeyinin sınırlandırılması,

2) Yeterli dinlenme aralarıyla çalışma sürelerinin düzenlenmesi, hususlarını göz önünde bulundurur.

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

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

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

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

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

## **Bir Gürültü Maruziyetinin Önlenmesi İçin Çok Sayıda Çözüm Vardır**

### **1. Kolektif(toplu) çözümler:**

Toplu koruma, yönetmelikte tanımlanan 'gürültü maruziyetini önleme'nin temelini oluşturur. Gürültü alanında çok sayıda toplu çözümler bulunmaktadır.

- Bu bölümde anlatılan tüm çözümler topludur.
- Toplu olmayan faaliyetler ağırlıklı olarak kulak koruyucu kullanmayı içerir.

### **2. Gürültü maruziyeti önleme çalışmalarının anlaşılabilirliği:**

Çok sayıda kolektif gürültü azaltımı çalışması yapılabilir, önemli olan hangisinin seçileceğidir. Bu bölümde farklı çalışmalar ve içerikleri anlatılacaktır. Akustik parametre değerlerinden alıntı yapılarak ve endüstriyel çözümlerde kullanılan örnekler verilmiştir. Bir çalışma(çözüm) seçildiği zaman, kullanıcı, gürültü problemi için uygun olduğunu ve yanlış anlaşılmadığını kontrol etmelidir. Bölümün sonunda bu konunun nasıl sağlanacağı ile ilgili bilgi verilmiştir.

### **3. Çalışmaların frekansa bağlı performansı:**

Bütün materyal ve sistemlerin akustik özellikleri frekansa bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple çözümün akustik performansı frekansa bağlı olarak değişecektir. Akustik performans genellikle frekans arttıkça artar; düşük frekansla başa çıkmak bu yüzden zordur. Çözümlerin performansının düşük olduğu, tanımlanmış frekans sınıfları mevcuttur.<sup>[7]</sup>

## Gürültü Azaltım Metotlarının Sınıflandırılması

Amaç, gürültü azaltım metotlarından en iyi sonucu(faydayı) verecek olanı seçmektir. En iyi çözüm, düşük maliyette en iyi faydayı sağlayan ve çalışma sürecine en az etki edendir. Bazı gürültü azaltım çalışmaları genelde endüstride yaygın olarak kullanılır, ancak gerçek çözüm, önyargılarımızdan dolayı seçtiğimiz yaygın uygulamalardan daha kapsamlıdır. Yaygın uygulamalar, her zaman, gürültü problemini çözmeye ya da çalışma alanına uygun olmayabilir; dahası, ulaşılmak istenen gürültü hedefi için köklü değişiklikler gerektirebilir. İşverenler, aynı zamanda belirli çözümleri de göz ardı etmemelidir, genelde çok basit çözümler en iyi faydayı sağlar.

Örnekler:

Eğer çalışan gürültü kaynağına yakın çalışıyorsa, çalışma alanını akustik olarak iyileştirmek için duvarları sönümleyici malzeme ile kaplamak, orantısız ve bazende yetersiz olabilir. Benzer bir şekilde, eğer çalışan zaman zaman çalışma alanından çıkmak zorundaysa, bu çalışma tümüyle verimsiz olur.

Gürültü azaltım metotları, yaygın kullanılan formata ait olabilirler ve bir göz atma metot seçimine rehberlik edebilir. ‘Yukarı yönde’ eylemler; iş organizasyonu, süreç dizaynı ve ekipman gerektirir. Bu gerekliliklere bağlı en iyi verim, iş yeri tasarımı aşamasında ya da önemli bir değişiklik yapılmadan önce planlandığı zaman alınır. ‘Gürültü kaynağında’ eylemler; ekipmanların modifikasyonunu gerektirir. Eğer modifikasyon yapılacaksa, en büyük sorun ekipmanın garantisini, yapılacak işlemlerden dolayı bozmamaktır.<sup>[4]</sup> Ancak düzgün yapıldığı zaman, kaynaktan gürültüyle mücadele eylemleri büyük fayda sağlar ve tüm çalışma alanını etkiler, bazen düşük maliyetli çözümler olabilirler. Basit çözüm fikirleri ve önemli noktalar düşünülerek, çözüm için dışardan yardım alınabilir ya da çalışanlardan ekip kurulabilir.

- Gürültü iletim eylemleri en yaygın kullanılanlardandır. Bu çözüm tipinin, iş organizasyonunu ve ekipmanları az etkilediği sanılır ancak bu kanı daima doğru olmayabilir. Gürültü iletim eylemleri düzeltici amaçlar için uygun olabilir ancak bunlar dizayn aşamasında da uygulanabilir. Sağladıkları fayda akustik duruma bağlıdır ve

eğer uygunsa, yararlı sonuçlar elde edilebilir. Ancak yüksek maliyete yol açabilir ve sağladıkları fayda az olabilir.

Örnek:

Eğer çalışma alanı dizayn edilirken, iş için gerekli ekipmanlar( fan, kompresör, vb.) çalışandan uzağa konumlandırılırsa, az bir maliyetle çözüm gerçekleşir. Makineye erişim gerekli değilse, bu takım ekipmanları muhafaza içine almak daha kolay olabilir.

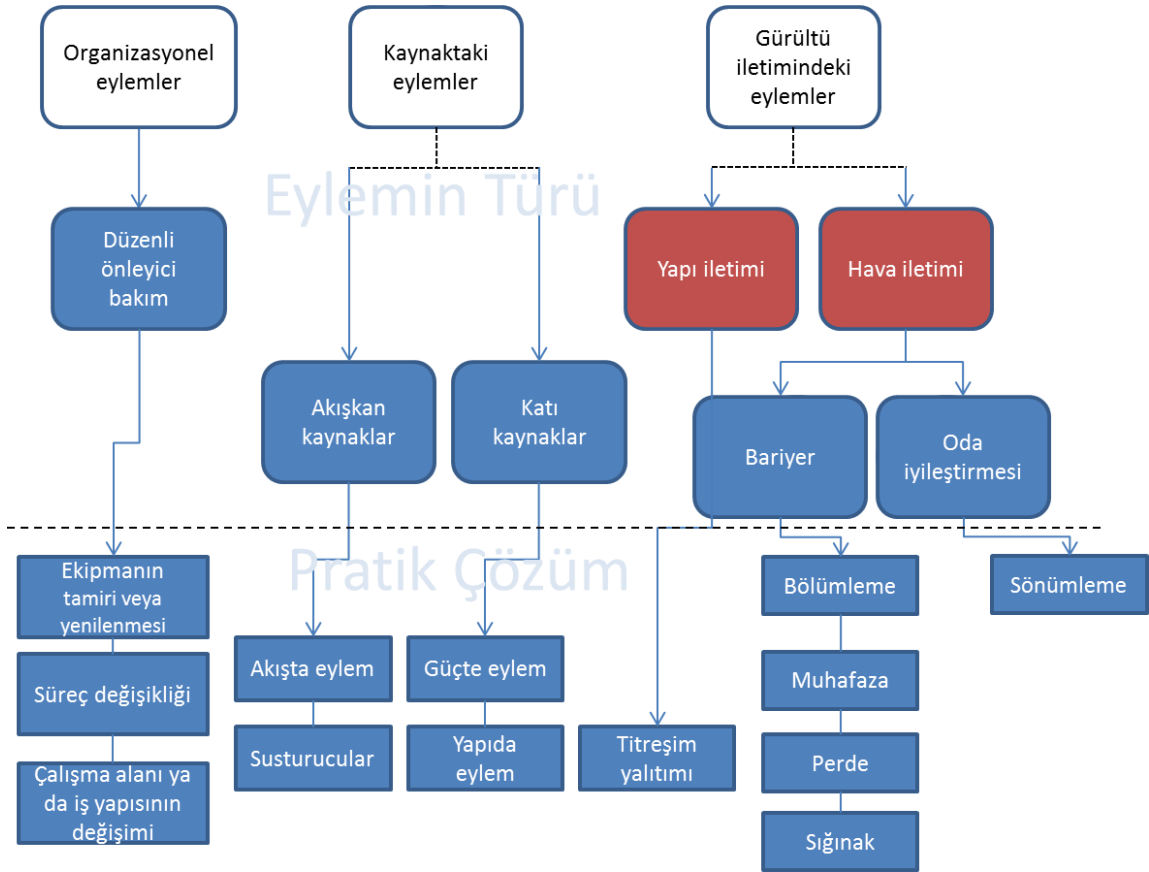
Gürültünün tipi, en uygun çözümlerin seçilmesine olanak sağlar. Akustiğin temelleri kısmında sesin yapı kaynaklı, hava kaynaklı ve sıvı kaynaklı farklı tipleri verilmiştir. Hava ve sıvı kaynaklı sesler birlikte 'akışkan sesler' olarak düşünülebilir çünkü çok fazla birbirine benzerler. Bu tip sesler aynı zamanda ses artırımının oluşmasında, sesi çok fazla yayarlar.<sup>[3]</sup> Yapı kaynakları mekanik kuvvet etkisi olanlardır: dişliler, sürtünme, darbe, vb. Akışkan kaynaklar, bir akışkan içerisindeki basınç değişimleri nedeniyle oluşur: ısılk, türbülans(hava burgacı), silah atışı, vb.

- Yapı kaynaklı ses artırımı 'yapı-doğuşlu' olarak adlandırılır: ses zemin, duvar, boru, vb. aracılığıyla iletilir.
- Hava kaynaklı ses artırımı 'hava-doğuşlu' olarak adlandırılır: ses ortamdaki hava boyunca yayılır, ve genişler (ör: akışkan kaynaklı seslerle konuşuruz).

Bazı çözümlere bu kısımda yer verilmemiştir, aşağıdaki kısımlarda değinilmiştir.

- Kişisel Koruyucu Donanım(KKD): Kulak koruyucuların seçimi ve özellikleri
- Çalışma alanı dizaynı

Not: Teknik açıdan yapılacak simülasyon, en iyi gürültü azaltım çalışmasının seçilmesine yardımcı olabilir. Çözümün kabaca tahmin edilmesini sağlayan, çözümlerin kombine edilmesiyle çıkan sonucu değerlendiren özel bir yazılım kullanılabilir ve bu tür simülasyon yazılımları maliyet azaltmak açısından yardımcı olacaktır.



**Şekil 26. Çalışma alanında gürültü azaltımı**

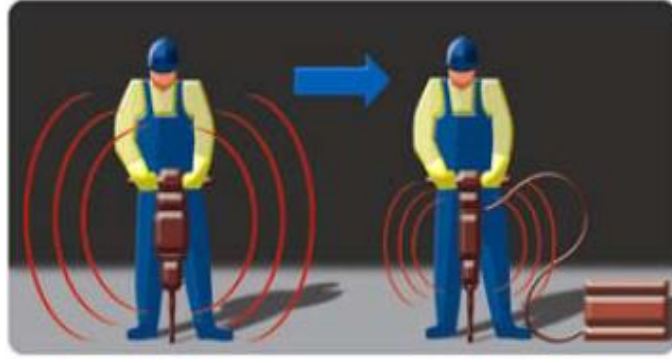
### Organizasyonel Eylemler

Düşük gürültülü ekipmanlarını kullanmak, gürültü politikasının temelini oluşturur. Büyük çaba gerektiren gürültü azaltım tedbirlerini uygulamaktansa, düşük gürültülü ekipmanlar seçilebilir. Her alet ve ekipman için gürültülü ve az gürültülü modeller mevcuttur: gürültü düzeylerini de içeren, alet ve ekipmanlar sipariş verilmelidir. Çalışma koşulları altında, ekipmanın gürültü ile ilgili kontrollerinin entegre edildiği bir kabul prosedürü kurulabilir.

- Ekipmanların bakımda olduğu sürede, bakımlarının, tam ve uygun olarak yapıldığından emin olunmalı: tam bakımlı makine en sessiz halinde çalışır.

Örnekler:

Az gürültülü aletler( testere bıçakları, hava tabancaları, havalı tornavida, vb.) ve az gürültülü makineler( kompresör, motor, fan, vb.) kullanımı.

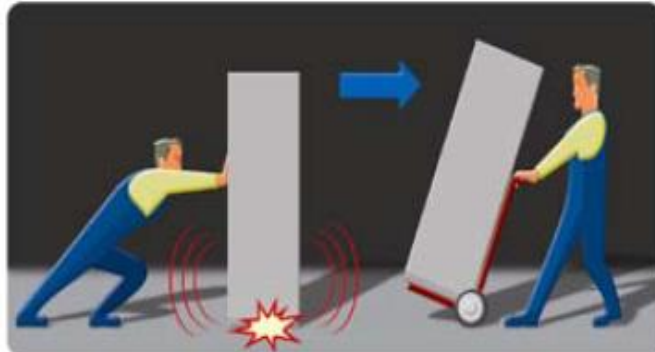


**Şekil 27. Sessiz iş ekipmanı seçimi**

İş süreci yüksek ya da düşük gürültülü ortam oluşturabilir. Az gürültülü bir süreç oluşturmak gürültü politikasında istenilen sonuca ulaştırabilir. Sessiz iş süreci genellikle iş performansı ve kaliteyle birlikte oluşturulur. İş sürecinin küçük bileşenleri gürültü üzerinde büyük etkiye sahiptir ( nesnelerin düşmesi, basınçlı hava ile temizlik, vb.). Bir iş sürecinin iyileştirilmesi, diğer hijyen parametreleriyle(toz, sıcaklık, vb.) mücadelede de yardımcı olabilir. İş süreci bileşenleri, daha sessiz çalışma koşullarını elde etmek için ayarlanabilir ancak bu yapılırken sürecin performansı göz önünde bulundurulmalıdır.

Örnekler:

Nakledilecek malzemeler, düşürerek taşımaktansa mekanik bir araç vasıtasıyla taşınabilir, gürültülü çalışma süreleri mümkün olduğu kadar azaltılabilir, akış hızları ya da hava basıncı az gürültülü olarak ayarlanabilir, vb.(şekil 28).



**Şekil 28. Sessiz malzeme taşınması**

Organizasyonel tedbirler çözüm olabilir. Yönetmeliğin Madde 8.2.f. aşağıda tırnak içinde verilmiştir;



- Gürültü maruziyeti, ' maruziyet süresinin ve düzeyinin sınırlandırılması ' ile azaltılabilir.[ "akustiğin temelleri" nde açıklandığı üzere çalışma süresindeki %50'lik bir azaltım gürültü düzeyinde sadece 3dBlik bir azalıma neden olacağı unutulmamalıdır.]
- Gürültü maruziyeti, ' yeterli dinlenme aralarıyla çalışma süresinin düzenlenmesi ' yoluyla azaltılabilir.

Daha fazla önlem de alınabilir;

- Organizasyon tabanlı eylemler çalışma alanı düzeni ve iş düzenlemesini içerir.
- çalışma alanının akustik açıdan düzenlenmesi yapılırken, çalışanla ekipmanların duruş pozisyonları değerlendirilmelidir.
- İş düzenlemesi yapılırken, çalışanın maruziyetinin azaltılmasında en gürültülü görevlerin süre, hacim bakımından azaltılması gerekebilir. vb.

Not: Yukarıdaki maddeler uygulanırken, yeni ekipman ihtiyacı oluşmayacağından ekstra maliyet gerektirmez.

Örnekler:

Gürültülü ekipmanın duvarlardan ve köşelerden uzağa yerleştirilebilir; planlama yapılırken parçalara bölme ya da çalışanlardan uzakta gruplandırma da yapılabilir. Çalışma alanı planlanırken gürültülü görevler(çalışanlara dikkat ederek) 'dağıtma(yayma)' yapılabilir; çalışanı gürültülü ekipmanlardan uzak tutmak amacıyla uzaktan kontrol kullanılabilir, vb.

Not: İş organizasyonu çözümleri, çalışma alanı dizaynı sırasında yapılmalıdır. Tedarikçiler ile birlikte bu eylemler üzerinde çalışmak yararlı olabilir; 'Sessiz iş ekipmanı alımı' özellikle bu konu ile ilgilidir.



**Şekil 29. Sessiz pürmüz kullanımı**

Pürmüz(lehim lambası) çoğu sektörde (ör: inşaat, metal) önemli maruziyet kaynağıdır. Az gürültülü çalışan pürmüzler kullanılarak ses emisyonu, gaz akışına bağlı olarak, 7 ile 20 dB arasında azalabilir.

### **Gürültü ile Kaynağında Mücadele**

#### **1. Akışkan kaynaklarda eylemler:**

Genellikle akışkan kaynağında gürültüyle mücadele akış türbülansı azaltılarak yapılır.

- Akış hızı azaltılabilir.
- Akışkanın sürtünerek aktığı iç yüzey iyileştirilebilir.
- Engeller varsa: büyüklükleri azaltılabilir, şekilleri en uygun hale getirilebilir.
- Keskin dirseklerden(bükümlerden), ani kesit değişikliklerinden, vb. kaçınılmalı.

Gürültü kaynağına mümkün olduğu kadar yakın susturucular yerleştirilebilir. 'Yutucu' susturucular gürültü-sönümleme malzemesi olarak, düşük akış hızları için kullanılabilir, buna ses perdesi denir. Geometrik tasarıma dayalı 'reaktif' susturucular kullanılabilir, ör: motorun şekline uygun susturucular. 'Genleşebilen' susturucular, sıkıştırılmış gaz giriş ve çıkışlarında ağırlıklı olarak kullanılırlar.

Örnek:

Bir taşlama makinesi üzerinde yer alan ve oluşan tozları çekmeye yarayan hava akış toplayıcı, bir açıyla yerleştirilmektense, akış doğrultusunda yerleştirilmiştir. Pürüzsüz cidarlı borulara uygun ile hava fanı girişindeki ve çıkışındaki toz toplama sistemine 'yutuculu' susturucular yerleştirin. Enjeksiyon kalıplama makineleri gaz genleşme çıkışları dolduğunda, aşınmış genleşmeli susturucuları değiştirin.

Motorlar tarafından üretilen egzoz gürültüsü, özellikle içten yanmalı motorlar, çok yüksektir. Uygun bir susturucuyla 20-40 dB (A) arasında gürültü azaltılabilir. Yankı prensibine dayalı özel tasarım susturucular kullanılabilir ( bkz. Bölüm 3 'iş yeri dizaynı' ); uzunluğu emilecek frekansa göre ayarlanmıştır. Spektrum analizi baskın frekansın hemen hemen tamamen bastırılır olduğunu ortaya koymaktadır.

## 2. Katı (yapısal) kaynaklarda gürültüyle mücadele:

Katı kaynaklarda yapılacak eylemler genelde kaynağın kendi mekanik gücü üzerine yoğunlaşır. Sürtünmeden ve darbeden kaçınılmalıdır. Kinetik enerjiyi azaltın: hareketli parçaların kütlesi azaltılabilir, parçalar arası mesafeler azaltılabilir, vb.

Ekipmanlar az ya da çok titreşim ve gürültü üretirler; bu durum yapısal değişiklikler yaparak kontrol edilebilir:

- Yapısal kütle ya da sertlik değiştirilerek çınılama engellenebilir.
- Özel araçlar kullanılarak yapısal sönümleme kullanılabilir( kaplamalar, amortisörler, vb.), sönümleyiciler titreşim enerjisini ısıya dönüştürürler, bu ısı daha sonra cihazın içinde yutulur.
- Kullanılan yapılar daha az titreşim ve daha az gürültü yayarlar.

Örnekler:

Temas yüzeyleri yağlanabilir, metal yerine plastik dişliler kullanılabilir, parçaların düşme yükseklikleri azaltılabilir, delikli yüzeyler kullanılabilir, yapısal yüzeyler sönümleyici parçalarla kaplanabilir, vb.

Not: Gürültüyü azaltmakta kullanılan sönümleyicilerin yanı sıra, malzemenin yapısında değişiklik yaparak gürültüyle mücadele işleminin nasıl yapılacağını tahmin etmek zor bir işlemdir. Bu işlemi spesifik analizler, uygun ölçümler ve hesaplama yöntemleriyle yapmak daha kesin sonuçlar verir.

‘Aktif kontrol’ , hava-kaynaklı ya da yapı-kaynaklı kaynaklar için teorik olarak kullanılabilen bir çözümdür. Bu kontrol yöntemi, orijinal kaynağa karşı ‘karşı-güç’ ya da ‘karşı-gürültü’ üretmeyi temel alır. Teknik mevcut durumu sanayide tür çözümlerin kullanımını sınırlamaktadır ve daha çok düşük frekanslı hava kaynaklı gürültüyle ilgili olduğu kabul edilir.

Ahşap doğramacılıkta, testere ana gürültü kaynağıdır. Çoğu üretici, çeşitli teknolojileri [‘lazer kesim’ ya da ‘sandviç (arasına sıkıştırma)’] temel alan ‘sessiz testere’ önerirler. En etkili testereler çalışma gürültüsünü 7 dB (A) kadar düşürebilmektedir.

Metal sanayiinde, taşınma işlemi sırasında parçaların birbirine çarpması sonucu sık sık darbe(anlık)-gürültüsü oluşur. taşınabilir parçaların yıkama işlemi sırasında kullanılan bir konteyner(kap), ses yayılımını azaltan tel örgülü yüzeylerle yapılabilir.

Parçaların konteyner içine düşmesi sonucu oluşan gürültüyü azaltmak için iki basit yöntem kullanılabilir: eğimli bir plaka kullanarak hareketi yönlendirmek (a) ya da ses yayılımını azaltan tel örgülü yüzeyler kullanarak (b).

0.5 kg lık bir cıvata 1 m yükseklikten boş konteynere bırakıldığında, (a) çözümü ile yaklaşık 6 dB (A) lık, (b) çözümü ile 14 dB (A) lık bir azaltım sağlanabilir.

## **Hava-Kaynaklı İletimde Gürültü ile Mücadele**

### **1. Bölümlere ayırma:**

Çalışma alanını parçalara ayırmak havada, gürültü yalıtımı sağlar; duvarlar güzel ses yalıtımı sağlayabilecek özellikte olmalıdır.

- Gürültülü ekipmanlar bir yerde toplanabilir ve bu yer hava geçirmez duvarlar kullanılarak çalışma alanından ayrılabilir.
- Bu işlem yapılırken işyeri içerisindeki trafik ve ulaşım dikkate alınmalıdır.
- Yüzeyin kütlesi arttıkça daha iyi ses yalıtımı oluşur.
- Daha iyi yalıtım için çok katlı duvarlar kullanılabilir.
- Kapı ve pencerelerin akustik açıdan dizaynedildiğinden emin olunmalıdır: küçük bir 'akustik zayıflık' tüm yalıtımı büyük ölçüde kötü etkiler.
- Küçük olduğu düşünülse bile tüm sızıntılar engellenmeli: dolgu macunu kullanılabilir.
- Yalıtımın sağladığı yarar genellikle frekans arttıkça artar, ancak her duvarın belli bir frekans aralığı vardır, bu durumda yalıtım yetersiz kalabilir; ürün bilgisi veya kaba hesaplamaları kullanarak bu alanları tanımaya çalışın.

Örnek:

Duvardaki sızıntı ve açıklık yalıtımı etkiler: %1 lik bir açıklık duvarın yalıtım faktörünü 20-30 dB kadar etkiler.

Aşağıdaki tabloda belli duvar tipleri için ortalama ses yalıtım değerleri verilmiştir.

**Tablo 18. Bazı duvar tipleri için ses yalıtım değerleri**

| Duvar                                     | R dB (A) |
|-------------------------------------------|----------|
| 7 cm alçı levha                           | 34       |
| 1 cm cam                                  | 33       |
| 5 cm tuğla                                | 39       |
| 7 cm alçı levha + fiber + 7 cm alçı levha | 54       |
| 0,8 cm cam + 1,4 cm hava + 1 cm cam       | 35       |
| 9 cm beton                                | 47       |

## 2. Kapatma – sığınak:

Bir kapatıcı, gürültülü ekipmanı muhafaza eden bir kutudur; genel olarak bölümlere ayırma metodu bu çalışma için uygulanabilir, fakat gürültülü nokta sayısına dikkat edilmelidir. Muhafazalar ekipmana ulaşmayı sınırlayabilir, bu durum dikkate

alınmalıdır. Muhafaza çok fazla açıklık barındırabilir: ürün giriş-çıkışı, havalandırma, vb. Açıklıklar akustik açıdan iyileştirilmelidir: susturucular, sönümleyici kanallar, yalıtım perdeleri, vb. Muhafazanın iç yüzeyi, sesin yükseltilmesini önleyecek şekilde absorbe malzeme ile kaplanmalıdır. Ekipman muhafazadan tamamen ayrılabilir şekilde olmalıdır.

Örnekler:

Muhafazaların 20-30 dB(A) lik gürültü azaltımı sağlar. Eğer muhafazanın iç kısmına herhangi bir sönümleyici materyal döşenmemişse bu oran 10 dB ye kadar düşebilir. Bir şişe taşıyıcı sisteminin muhafazasının açık bir yüzeyine monte edilmiş plastik şeritler 7dB(A) lık bir azaltım sağlar.

Madencilik ve taş ocağı sektöründe, toz ve gürültü kirliliğinin en önemli kaynaklarıdır. Her ikisiyle mücadele etmek için, taş ocağı için, içerisinde kırıcı olan 25 m lik ve çift katlı ve katlar arasında taş yünü buluna bir muhafaza yapılmıştır.

Sığınak, içerisine çalışanın koyulduğu bir 'kap'tır; sığınak fiziksel olarak muhafaza ile aynı şekilde düşünülebilir ve tasarımında benzer kurallar geçerlidir. Çalışanın korunmasına ilişkin belirli şartlara dikkat edilir.

- Kulak koruyucular gibi sığınaklar da kişisel bir çözümdür ve sadece en son çare olarak kullanılmalıdırlar.
- Sığınağın verimi, çalışanın dışarıda(sığınak dışında) harcadığı zamana göre azalır.
- Çalışanı korumak için diğer önleyici konularda hesaba katılmak zorundadır: ör: havalandırma, sıcaklık, dışarı ile haberleşme, acil durum sinyallerinden haberdar olma, vb.

### 3. Perdeler:

Perdeler duvar kategorisine girer; ancak bir ya da daha fazla kenarı, herhangi bir yere bağlanmaz, açıktır; böylece erişim sorunu olmaz ancak verimlilikleri azdır. Perdenin konumu mümkün olduğu kadar çalışana yakın olmalıdır. Yeterli perde yüksekliği oluşturulduğundan emin olunmalıdır (ideali iki kat kulak yükseliğinde olmalıdır). Perde yüzeyleri sönümleyici materyalle kaplanmalıdır. Perde malzemesi,

bir duvar gibi 20 dB lik bir yalıtım sağlayabilmelidir. Ses emilimi için odanın geri kalanı da iyileştirilmelidir.

Not: Perdenin akustik verimi ancak 10 dB kadar olabilir, yankılı bir odada ise en fazla 5 dB olabilir.

#### 4. Odaya sönümleyici yerleştirmek:

Odaya sönümleyici yerleştirmek 'çalışma alanı dizaynı' nda bahsedilmişti. Örnekler bu bölümde verilmiştir. 'çözüm üretme: tanımlar' a bakınız. Garajlar genellikle yansıtıcı yüzeylere sahiptir ve bu durum sesi yükseltir. Farklı yönlerde absorbe materyaller yerleştirilebilir: asılı plakalar (geniş bir absorbe yüzey sağlamak amacıyla), duvar ve tavan kaplama ile ya tamamen ya da parça parça yapılabilir.

Not: Tüm çözümlerde frekansla değişen preformans özellikleri önemli yer tutar. Çözümlerin verimliliği mücadele edilmek istenen gürültünün tipine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin bir perde yüksek frekanslarda daha verimlidir, gürültünün düşük ya da yüksek frekanslı olmasına bağlı olarak farklı verim elde edilecektir.

Sönümleme ve yalıtım genelde birbirleriyle karıştırılan kavramlardır. Anlatımlarla, ikisinin metotları ve amaçlarının farklı olduğu gösterilmiştir: sönümleme odanın iç gürültüsü ile alakalıyken, yalıtım odalar arasındaki gürültü iletimini konu alır. Örneğin cam yünü mükemmel bir sönümleme malzemesidir, fakat yalıtım özellikleri çok düşüktür(20 kg/m<sup>3</sup> lük bir yoğunluk için 1000 Hz' de 17dB dir).

### **Yapıda Yayılma/İletim Sırasında Gürültüyle Mücadele**

Burada önemli nokta, yapıda yayılma/iletim'in bizim için gerçekten sorun oluşturup oluşturmadığına emin olmaktır, harekete geçmeden önce bu konu aydınlığa kavuşturulmalıdır.

- Yapıda iletim genellikle titreşim ile ilgilidir: titreşim değerlendirmesi, yapısal durum, vb.
- Gürültü maruziyeti ile alakalıdır çünkü maruziyetin çok azı hava kaynaklıdır.
- Özel ölçüm yöntemleri, gürültü maruziyetinin yapısal iletim kısmını belirlemeye izin verebilir. Alternatif olarak diğer bazı bileşenlerin hesaba katılması

düşünülebilir: geniş yüzeylerin yüksek derecede titreşimi (levhalar, duvarlar), düşük frekanstaki gürültü, vb.

Titreşim yalıtımı, yapısal iletimin çözümüdür. Bu işlem esnek, anti-titreşim askı aparatları kullanımını gerektirir, ancak bazı şartlar gereklidir.

- Titreşim yalıtımındaki temel prensip ekipmanı askıya almaktır, sanki onu çevresinden bağımsız hale getirmektir.
- Ekipmana anti-titreşim askı aparatları sağlamak gerekir, bu aparatlar, mümkün olduğu kadar esnek ve ezilmeden ekipmanı destekleme yeteneğine sahip olmalıdır.
- Ekipmanın tüm bağlantılarının hesaba katıldığından emin olunmalıdır: borular, kablolar, vb.
- Destek yapısı (döşeme, zemin plaka, vb.) yeterince sert olmalıdır: ince beton zeminler ya da hafif çelik çerçevelere dikkat edin.

Not: Yapısal iletim kısmını değerlendirmek için yöntemin temel prensibi, hava yollu iletim ile ekipmanın gerçek yapısal iletiminin karşılaştırılmasıdır. Hava yollu iletim, örneğin bir hoparlör kaynağı kullanılarak elde edilebilir. Titreşim yalıtımı sadece, değeri 1.4 kat, 'doğal montaj frekansı' belli bir frekansı, yukarıda etkili olur. Doğal montaj frekansı, direk olarak montaj sertlik özelliklerine bağlıdır ve dolaylı olarak ekipmanın kütlesine bağlıdır. Bu durum, düşük çalışma frekansına(8 Hz den daha küçük) sahip ekipmanın yalıtımının neden çok zor yapılabileceğini açıklamaktadır.

Otomobil endüstrisinde küçük parçaların çapak alma işlemi için titreşimli kaplar bulunmaktadır. Bu ekipmanlar düşük frekansta gürültü üretirler ('uğultu') çünkü kabın titreşim frekansı 50 Hz dir. Uygun titreşim yalıtım ve esnek anti-titreşim askı aparatları katı yapılardaki gürültü yayılımını azaltır. Aynı zamanda kaba yakın çalışanların titreşim maruziyetini de azaltır.



## Çözüm Üretme: Tanımlar

### 1. Gerekli tanımlar:

Seçilen çözümün gürültü problemini verimli olarak çözeceğinden emin olmak çok önemlidir: ekipman siparişine, akustik özellikler bu yüzden dahil edilmelidir.

- Problem analizi ve sağduyulu bazı önlemler almak, gürültü problemlerinin çözümünü sağlayabilir. Fakat çoğu durumda, 'doğru' çözüm bulmak için bir uzmana danışılmalıdır.
- Kabul yapılacağı zaman yanlış anlaşılmaya izin vermeyecek şekilde ve kesin tanımlar belirtilmiş olan bir şartname yazılmalıdır.
- Farklı faktörler ulaşılmak istenen gürültü seviyesinde önemli farklılıklara yol açabilir: ölçüm parametreleri, parçalar, ekipmanın çalışma koşulları, vb.
- Yanlış anlamaları önlemek için, ortak çözümler belirlenmesi adına faydalı öneriler listesi aşağıdaki kısımda bulunmaktadır.

### 2. Genel tanımlar:

Bütün akustik çözümler için ortak tanımlar aşağıda verilmiştir.

- İlk olarak akustik gereklilikler: ör: elde edilen akustik iyileştirmenin kontrol edilmesi için parametreler kullanılır.
- Ölçülmesi kolay olan bilinen bir parametre, belirli bir nokta için  $L_{PA}[dB(A)]$  cinsinden ses basınç seviyesi; ekipman çalıştığı sırada ve akustik çözümün belirlenmesi sırasında bulunmalıdır.
- Mümkünse, ölçüm çalışanın durduğu yerden alınmalıdır.
- Gürültü seviyesi, çözümden önceki ve sonraki değerleri karşılaştırması sağlanmalıdır, 'kabul testleri' bir dizi koşul oluşturur.
- Bu koşullardan bazıları ekipmanın çalışması ve çevresi ile ilgili:
  - ekipmanın konumu, çalışma alanının durumu ile ilgilidir,
  - ekipmanın çalışma koşulları,
  - odanın sönümleme karakteristiği,
  - odanın aşırı kalabalık oluşu verilerini içerirler.
- Diğer koşullar ise ölçümle alakalıdır, örneğin;
  - ölçüm cihazının tipi ve kesinliği,
  - ölçüm aletlerinin kalibrasyonlarının izlenebilirliği,

- ölçüm öncesi ve sonrası cihazın kontrolü,
- ölçülecek gürültünün değeri, ör: ölçülecek gürültünün değeri arka plan gürültüsünü 6 dB(A) aşmalıdır.
- gürültü seviyesinin düzgünlüğü, ör: ölçüm sırasında gürültü seviyesindeki değişimler 3 dB(A) 'yı geçmemelidir.
- 'Yapısal gereklilikler' tanımlar listesine eklenebilir:
  - belli yapısal parametreler akustik performansı etkileyebilir; sızıntılar, sert bağlantılar, vb.
  - çalışma alanıyla ya da iş sürecinin geçtiği çevreyle alakalı diğer gereklilikler; yüzey korunumu, biyolojik uyumluluk, yangın ya da sıcaklık korunumu, nem, havalandırma, ekipmana ulaşım, demontaj(söküm) uygunluğu, vb.
- Aşağıdaki kısımda listelenen standartlar, akustik çözümlerle ilgili gerekliliklerin uygun şekilde kurulması için referans alınabilirler ve en yaygın çözümler için uygundur.

### 3. Standart seçimi:

Standartlar bir şartname hazırlanmasında en iyi referanslardır ve her bir akustik çözümü için kendilerine özgü şekildedirler. Standartlar ilgili parametrelerin doğru tanımlarını sağlar. Standartlar tasarlanan çözümlere yönelik pratik bilgiler içerir.

#### Örnekler:

Aşağıdaki tabloda, akustik özellikler ve akustik çözümler için özel bilgiler sağlayan referans standartlar verilmiştir.

**Tablo 19. Akustik özellikler hakkında genel ya da akustik çözümler hakkında özel bilgiler içeren standartlar.**

| Standart Numarası | Başlık                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TS EN ISO 11200   | Akustik - Makine ve donanımdan yayılan gürültü - Bir iş istasyonunda ve belirtilen diğer konumlarda emisyon ses basınç seviyelerinin tayinine ilişkin temel standartların kullanılması için kılavuzlar |
| TS EN ISO 15667   | Akustik - Mahfazalar ve kabinler ile gürültü kontrolü için kılavuz                                                                                                                                     |
| TS EN ISO 12001   | Akustik - Makina ve donanımlardan yayılan gürültü - Bir gürültü deney kodu taslağının hazırlanması ve sunumu için kurallar                                                                             |
| TS EN ISO 11546-2 | Akustik - Mahfazaların ses yalıtım performanslarının tayini - bölüm 2: Yerinde yapılan ölçmeler (kabul ve doğrulama amacıyla)                                                                          |
| TS EN ISO 11957   | Akustik - Kabinlerin ses yalıtım performanslarının belirlenmesi - Laboratuvarda ve yerinde ölçmeler                                                                                                    |
| TS EN ISO 14257   | Akustik-Akustik performanslarının değerlendirilmesi için çalışma odalarındaki uzaysal ses dağılım eğrilerinin ölçülmesi ve parametrik tarifi                                                           |
| TS EN ISO 354     | Akustik - Çınlama odasında ses absorpsiyonunun ölçülmesi                                                                                                                                               |
| TS EN ISO 11821   | Akustik- Sökülebilir bir ekranın ses zayıflamasının yerinde ölçülmesi                                                                                                                                  |
| TS EN ISO 11820   | Akustik - Susturucular - Yerinde yapılan ölçmeler                                                                                                                                                      |

Not: Standartlar genellikle söz konusu çözüm için daha çok teknik olarak uyarlanmış akustik parametreleri belirtir. Bu parametrelerin ölçümü  $L_{PA}$  nın ölçümü gibi ölçümlerden daha karmaşıktır, ancak daha güvenilir sonuç verirler.

## KİŞİSEL KORUYUCU DONANIM (KKD): KULAK KORUYUCULARIN SEÇİMİ VE ÖZELLİKLERİ

### Mevzuat Gereklilikleri

Kişisel koruyucu donanım olan kulak koruyucular seçimi ve kullanımıyla ilgili kanun ve yönetmelikler mevcuttur.

6331 sayılı ‘İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’ madde 5 paragraf (1) de ‘İşverenin yükümlülüklerinin yerine getirilmesinde aşağıdaki ilkeler göz önünde bulundurulur.’ hükmü bulunmaktadır ve aşağıda ‘g’ maddesi konuyla ilgilidir.

*g) Toplu korunma tedbirlerine, kişisel korunma tedbirlerine göre öncelik vermek.*

Yine 6331 sayılı ‘İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’ madde 19 paragraf (1) de ‘Çalışanlar, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili aldıkları eğitim ve işverenin bu konudaki talimatları doğrultusunda, kendilerinin ve hareketlerinden veya yaptıkları işten etkilenen diğer çalışanların sağlık ve güvenliklerini tehlikeye düşürmemekle yükümlüdür.’ ve paragraf (2) de ‘Çalışanların, işveren tarafından verilen eğitim ve talimatlar doğrultusunda yükümlülükleri şunlardır:

*a) İşyerindeki makine, cihaz, araç, gereç, tehlikeli madde, taşıma ekipmanı ve diğer üretim araçlarını kurallara uygun şekilde kullanmak, bunların güvenlik donanımlarını doğru olarak kullanmak, keyfi olarak çıkarmamak ve değiştirmemek.*

*b) Kendilerine sağlanan kişisel koruyucu donanımı doğru kullanmak ve korumak.’* Hükümler yer almaktadır.

‘Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik’, 6331 sayılı ‘İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun şartları saklı kalmak kaydıyla, çalışanların kullandığı kişisel koruyucu donanımların minimum sağlık ve güvenlik gerekliliklerini belirtir ve bu yönetmeliğin, Genel kural bölümü madde 5 paragraf (1) de:

*‘Kişisel koruyucu donanım, risklerin, toplu korunmayı sağlayacak teknik önlemlerle veya iş organizasyonu ve çalışma yöntemleriyle önlenemediği, tam olarak sınırlandırılmadığı durumlarda kullanılır. Kişisel koruyucu donanım, iş kazası ya da meslek hastalığının önlenmesi, çalışanların sağlık ve güvenlik risklerinden*

korunması, sağlık ve güvenlik koşullarının iyileştirilmesi amacıyla kullanılır. İşveren, toplu korunma tedbirlerine, kişisel korunma tedbirlerine göre öncelik verir.' Genel hükümler bölümü madde 6 da:

(1) Kişisel koruyucu donanımların işyerlerinde kullanımı ile ilgili olarak aşağıdaki hususlara uyulur;

a) İşyerinde kullanılan kişisel koruyucu donanım, Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği hükümlerine uygun olarak tasarlanır ve üretilir. Tüm kişisel koruyucu donanımlar;

1) Kendisi ek risk oluşturmada ilgili riski önlemeye uygun olur.

2) İşyerinde var olan koşullara uygun olur.

3) Kullananın ergonomik gereksinimlerine ve sağlık durumuna uygun olur.

4) Gerekli ayarlamalar yapıldığında kullanana tam uyar.

5) Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği kapsamına giren ürünlerde uygun şekilde CE işareti ve Türkçe kullanım kılavuzu bulundurulur.

b) Birden fazla riskin bulunduğu ve çalışanın bu risklere karşı aynı anda birden fazla kişisel koruyucu donanımı kullanmasını gerektiren durumlarda, bir arada kullanılmaya uygun olan ve bir arada kullanıldığında söz konusu risklere karşı koruyuculuğu etkilenmeyen kişisel koruyucu donanımlar seçilir.

c) Kişisel koruyucu donanımların kullanım şartları ve özellikle kullanılma süreleri; riskin derecesi, maruziyet sıklığı, her bir çalışanın iş yaptığı yerin özellikleri ve kişisel koruyucu donanımın performansı dikkate alınarak belirlenir.

ç) Tek kişi tarafından kullanılması esas olan kişisel koruyucu donanımların, zorunlu hallerde birden fazla kişi tarafından kullanılmasını gerektiren durumlarda, bu kullanımdan dolayı sağlık ve hijyen problemi doğmaması için her türlü önlem alınır.

d) İşyerinde, her bir kişisel koruyucu donanım için, bu maddenin (a) ve (b) bentlerinde belirtilen hususlarla ilgili yeterli bilgi bulunur ve bu bilgilere kolayca ulaşılabilir.

e) Kişisel koruyucu donanımlar, işveren tarafından ücretsiz verilir, imalatçı tarafından sağlanacak kullanım kılavuzuna uygun olarak bakım, onarım ve periyodik kontrolleri yapılır, ihtiyaç duyulan parçaları değiştirilir, hijyenik şartlarda muhafaza edilir ve kullanıma hazır bulundurulur.

f) İşveren, kişisel koruyucu donanımları hangi risklere karşı kullanacağı konusunda çalışanı bilgilendirir.

g) İşveren, kişisel koruyucu donanımların kullanımı konusunda uygulamalı olarak eğitim verilmesini sağlar.

ğ) Kişisel koruyucu donanımlar, istisnai ve özel koşullar hariç, sadece amacına uygun olarak kullanılır.

h) Kişisel koruyucu donanımlar çalışanların kolayca erişebilecekleri yerlerde ve yeterli miktarlarda bulundurulur.

(2) Kişisel koruyucu donanımlar talimatlara uygun olarak kullanılır, bakımı ve temizliği yapılır. Talimatlar çalışanlar tarafından anlaşılır olmak zorundadır. yer almaktadır.<sup>[34]</sup>

'Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik' de Kişisel Korunma bölümü madde 9 da:

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

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

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

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

(2) İşveren tarafından sağlanan kulak koruyucu donanımlar;

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

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

c) Çalışanlar tarafından doğru kullanılır ve korunur.

ç) Çalışana tam olarak uyar.

d) Hijyenik şartların gerektirdiği durumlarda çalışana özel olarak sağlanır. yer almaktadır.

## Giriş

Gürültü maruziyeti kaynaklı riskler başka yollarla önlenemiyor ya da engellenemiyorsa, çalışanlara kulak koruyucu temin etmek zorunludur. Bir çalışma istasyonundaki günlük gürültü maruziyeti, en düşük maruziyet eylem değerini aşıyorsa, işveren çalışanların kulak koruyucularına ulaşabilir olduğundan emin olmalıdır. Günlük gürültü maruziyeti en yüksek maruziyet eylem değerinde olduğu ya da aştığı zaman, çalışanlar kulak koruyucularını kullanmak zorundadırlar.

Not: Bu durumda işveren;

1. Gürültü kaynağını iyileştirmek ya da çalışanın gürültüye maruziyetini önlemek,
2. Gürültü kaynağında emisyonu azaltmak için uygun teknik ve organizasyonel önlemler uygulamak,
3. Çalışanların maruziyetini azaltmak için uygun teknik ve organizasyonel önlemler uygulamak,
4. Sonuçta, yukarıda bahsedilen uygun teknik ve organizasyonel önlemler uygulanamıyorsa ya da uygulansa bile verim alınamıyorsa, işveren uygun kişisel kulak koruyucuları temin etmek zorundadır.

Kişisel kulak koruyucuların seçiminde ve tercihinde, çalışanlara ve/veya temsilcilerine danışılmalıdır. Aynı zamanda her çalışan, kendi kulak koruyucusu seçim işlemine dahil edilmelidir.

Kulak koruyucuların verimliliği, sürekli ve düzgün kullanılmasına bağlıdır.

- En uygun kulak koruyucusunun seçiminde birden çok genel parametre kullanılabilir ve işçinin tercihi önemlidir;
- Rahatsızlık hissi ve sıkıntı gibi özel parametreler, kulak koruyucusunun aktif kullanım süresini azaltmaktadır, bu durum da seçim kısmında düşünülmelidir.

Örnekler:

1. Bir çalışma istasyonunda ölçülen değer 83 dB(A) dır ve yönetmeliğe göre en düşük maruziyet eylem değeri olan 80 dB(A) yı geçmiştir, bu durumda işveren çalışana kulak koruyucu sağlamak zorundadır.(şekil 30)



**Şekil 30. Kulak koruyucu temini**

2. Bir çalışma istasyonunda ölçülen gürültü değeri 87 dB(A) dır ve yönetmeliğe göre en yüksek maruziyet eylem değeri olan 85 dB(A) yı geçmiştir, bu yüzden çalışan kulak koruyucu takmak zorundadır (şekil 31).



**Şekil 31. Kulak koruyucu kullanımı**

#### Kulak Koruyucu Çeşitleri

Çok fazla çeşitte kulak koruyucu mevcuttur. Genel olarak, kulak koruyucular; manşon tipi ve kulak tıkacı olarak ikiye ayrılır.

Manşon tipi kulak koruyucu genel olarak kafa bandıyla birebirine bağlanmış iki adet kupa (iç yüzeyi sünger kaplı) dan oluşur.



- Kupalar kulağı tamamen kapatır ve bir kafa bandıyla sıkıca tutturulur.
- Kupalar akustik sönümleyici malzemeye donatılmıştır. Kulaklığın konforunu ve uyumunu geliştirmek amaçlı kupaların kulağa temas eden yüzeyinde plastik köpük ya da sıvı kullanılarak esneklik kazandırılmıştır.
- Kulaklığın, kafa bandı kafanın üzerinden ya da arkasından, çene altından veya boyun arkasından takılabilir.
- Manşon tipi kulaklıklar üç ebattır: küçük, orta, büyük.



**Şekil 32. Manşon tipi kulaklık**

Not: Manşon tipi kulaklığın kafa bandı baret ile birlikte takılmamalıdır, çene bandı ya da boyun bandı kullanılmalıdır, aynı zamanda barete de kaplar takılabilir.

Kulak tıkaçları, sızdırmazlık sağlayacak şekilde kulak kanalının içine ya da üzerine takılabilen kulak koruyucularıdır.

- Tekrar kullanılabilir kulak tıkacı, genellikle silikon, kauçuk veya plastikten yapılmış, bazıları birbirine birleşen bir kordon veya kafa bandı ile tutturulmuştur.

- Tek kullanımlık kulak tıkacı genellikle köpük veya pamuk yününden yapılmıştır.
- Kullanıcı tarafından şekillendirilebilir kulak tıkacı, kullanıcılar kendi kulak kanalına yerleştirmeden önce şekil verirler, bu yüzden sıkıştırılabilir malzemelerden yapılır.
- Özel kalıplı kulak tıkacı, ayrı ayrı kulak kanalı şekline uygun veya belirli bir kullanıcının tüm dış kulağını kaplayacak şekilde kalıplanmıştır.



**Şekil 33. Farklı şekilde kulak tıkaçları**



**Şekil 34. Özel kalıplı kulak tıkacı**

Not: Bazı kulak tıkacı modelleri üç ebatla üretilir: küçük, orta, büyük. Tek kullanımlık kulak tıkacı sadece bir kez takılacak şekilde tasarlanmıştır. Eğer tek kullanımlık kulak tıkacı birden fazla kullanılırsa istenilen gürültü azaltımını sağlamayacaktır.

Özel kalıplı kulak tıkacı üretmek için kulak kanalının ya da dış kulağın silikon baskısı alınarak kalıp oluşturulur. Özel kalıplı kulak tıkacı silikon(yumuşak otoplastik) ya da akrilat(sert otoplastik) malzemeden yapılır ve deri uyumu için özel bir vernik tabakası ile kaplanır. Yüksek oranda ses azaltımı sağlar( yüksek frekanslarda 45 dB

ve düşük frekanslarda 30 dB). Kulak tıkaçları sesi azaltmak için farklı filtre elemanları ile donatılmıştır.

Pasif kulak koruyucuların yanı sıra, elektronik sistemlerle donatılmış kulak koruyucular da mevcuttur.

- Seviye bağımlı kulak manşonu ve kulak tıkacı, elektronik ses yapılandırıcı sistemleri ile donatılmıştır. Bu koruyucular kesikli ya da darbe gürültülü ortamlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır, sessiz periyotlarda konuşma ve acil durum sesleri için kullanışlıdır.
- Aktif gürültü azaltımlı manşon tipi kulaklık düşük frekanslarda gürültü azaltımını arttırmak için elektronik sistemlerle tasarlanmıştır.
- Manşon tipi kulaklık, bilgi ya da acil durum seslerinin duyumunu ve aynı zamanda gerekli gürültü azaltımını sağlayacak şekilde iletişim özellikleriyle donatılmıştır.

Not: Aşağıdaki standartlar kulak koruyucularına uygulanan elektronik sistemlerin performansı hakkında daha fazla bilgi içerir:

- TS EN 352-4 İşitme koruyucuları - Güvenlik kuralları ve deneyler - bölüm 4:

Seviyeye bağlı kulak kapatıcıları

- TS EN 352-5 İşitme koruyucuları - Güvenlik kuralları ve deneyler - Bölüm 5: Aktif gürültüyü azaltan kulak kapatıcıları

- TS EN 352-6 İşitme koruyucuları - Güvenlik kuralları ve deneyler - bölüm 6:

Elektriksel ses girişli kulak kapatıcıları

- TS EN 352-7 İşitme koruyucuları - Güvenlik kuralları ve deneyler - Bölüm 7:

Seviyeye bağlı kulak tıkaçları

Kulak Koruyucu Parametreleri ve Bu Parametrelerin Performans Üzerine Etkisi

Kulak koruyucunun performansı temel olarak gürültü azaltım kapasitesine bağlıdır. Kulak koruyucularının gürültü azaltımı, sertifikalandırma sürecinde laboratuvar ortamında elde edilen aşağıdaki parametrelerle tanımlanabilir.<sup>[24]</sup>

- Ses azaltım ortalama değeri ve standart sapma
- Yüksek frekans azaltımı – H
- Orta frekans azaltımı – M
- Düşük frekans azaltımı – L

- Ses azaltım seviyesi – SNR

Ses azaltım ortalama değeri, kulak koruyucu performansının en hassas şekilde hesaplanmasında kullanılır. Bu parametre, 125 Hz - 8000 Hz frekans bandındaki her frekans için gürültü azaltımını belirtir. Ortalama değer laboratuvar ortamında 16 kişiden alınan ölçümlerle (standart sapmanın değerlendirildiğini gösterir) elde edilir. Standart sapma istatistik bir değerdir ve 16 farklı ses azaltım değerinin ortalama değer etrafında nasıl dağıldığını gösterir (Tablo 20).

Örnekler

**Tablo 20. Frekansa göre ortalama ses azaltımı**

| Frekans | Ortalama ses azaltma | Standart sapma |
|---------|----------------------|----------------|
| 125 Hz  | 11,1 dB              | 3,3 dB         |
| 250 Hz  | 18,1 dB              | 3,3 dB         |
| 500 Hz  | 25,1 dB              | 3,1 dB         |
| 1000 Hz | 27 dB                | 2,3 dB         |
| 2000 Hz | 28,6 dB              | 2,4 dB         |
| 4000 Hz | 38,6 dB              | 2,6 dB         |
| 8000 Hz | 40,2 dB              | 3,3 dB         |



**Şekil 35. Yarı yankılı odada kulak koruyucu testi**

Yüksek-frekans(H), orta-frekans(M) ve düşük –frekans(L) azaltım değerleri; yüksek, orta ve düşük frekanslardaki gürültüyle ilgili olarak kulak koruyucuyu karakterize eder. Bu parametreler desibel cinsinden gösterilir; yüksek, orta ve düşük frekanslı gürültülerde kulak koruyucusunun etkin azaltım değeridir. Ör: H = 29 dB, M = 23 dB, L = 15 dB.

Ses azaltım seviyesi (SNR), kulak koruyucunun gürültü azaltım kapasitesi için daha az hassas bir göstergedir. SNR, kulak koruyucu kullanıldığı zaman, desibel cinsinden gürültünün azaltılmasını gösterir. SNR=26 dB

Not: “TS EN ISO 4869-2 Akustik-Kulak koruyucuları-Bölüm 2: Kulak koruyucu içine takıldığında etkili a-Ağırlıklı ses basınç seviyelerinin tayini” standardı H,M ve L azaltım ve SNR için daha fazla bilgi sağlar.<sup>[23]</sup>

Kulak koruyucunun gürültü azaltımı, değişik frekans bandlarında koruyucunun yapısına bağlıdır.

Manşon tipi kulaklığın performansını;

- Kütlesine ve büyüklüğüne,
- Kupa döndürme ve ayarlama (çevreden gelecek gürültünü azaltımında etkili olabilmesi için),
- Kafa bandının sıkıştırma gücü,
- Yüksek ve düşük sıcaklığa dayanımı, etkilemektedir.

Kulak tıkacının performansını;

- Yapı malzemesi,
- Şekli ve büyüklüğü, etkilemektedir.

Not: Manşon tipi kulaklıktan en iyi performansı almak için tüm kupa yastıkları çalışanın kafasına tam oturmalıdır. Aynı şekilde kulak tıkacından en iyi performansı almak için kulak kanalına düzgün doğru yerleştirildiğinden emin olmak gerekir.

‘TS EN 13819-1 İşitme koruyucuları - Deneyler - Bölüm 1: Fiziksel deney metotları’ standardı kulak koruyucularının fiziksel testleriyle alakalı bilgi içermektedir.

## En Uygun Kulak Koruyucu Tipinin Seçimi



**Şekil 36. Kulak koruyucusu seçimi**

### 1. Kulak koruyucular CE sertifikası işaretine sahip olmalıdır:

Bir çalışma alanında kullanılacak kulak koruyucusu seçileceği zaman CE sertifika işareti taşıyanların tercih edilmelidir. Piyasada satılmayı bekleyen çok sayıda belki binlerce model kulak koruyucusu mevcuttur. Bir kulak koruyucusu CE sertifikası işareti taşıyorsa TS EN 352 standardının gerekliliklerini sağlamış demektir.



**Şekil 37. CE işareti**

## 2. Ses azaltım oranına göre kulak koruyucu seçimi:

Kulak koruyucular, çalışanın maruz kaldığı gürültünün seviyesi ve spektrumuna uygun, gürültü azaltım özelliklerine göre seçilebilir. Seçilecek kulak koruyuşu, kullanıcının gürültü maruziyetini yönetmelikte belirtilen eylem değerinin altına düşürmek zorundadır. En uygun kulak koruyucusu kullanıcının kulak zarında gürültüyü eylem değerinden 5-10 dB azaltır. Gürültü ne kadar azaltılırsa, korunma o kadar iyi olur teorisi yanlış bir inanıştır. Çalışana gereğinden fazla oranda zayıflatma özelliklerine sahip bir işitme koruyucusu kullanırlmamalıdır, 15 dB den fazla bir gürültü azaltımı şekil 5.9 da gösterdiği gibi eylem değerinin altındadır. Fazla koruma iletişim problemlerine ve acil durum ikazlarının algılanamamasına yol açar. Çalışan ortamdaki soyutlanmış ve rahatsızlık hissedebilir, bu yüzden kulak koruyucusunu kullanmayabilir.

### Örnekler:

Çalışma alanında gürültü değeri(eylem değeri) 85 dB(A) dır;

- Eğer çalışanın hissettiği gürültü düzeyi 75 dB(A)- 80 dB(A) arasındaysa kulak koruyucu iyi koruma sağlıyor demektir,
- 80 dB(A)- 85 dB(A) ve 75 dB(A)- 70 dB(A) aralığındaysa kabul edilebilir,
- 70 dB(A) ve altındaysa gereğinden fazla koruma sağlamaktadır.

Kulak koruyuşu için, A-ağırlıklı ses basınç seviyesinin hesaplanmasında 4 farklı metot kullanılır: oktav band metodu, HML metodu, HML kontrol metodu ve SNR metodu. Oktav band metodu, kulak koruyucunun ses azaltım verilerini temel alır ve çalışma alanı gürültüsünün ses basınç seviyesinin oktav bandını inceler. HML metodu, kulak koruyucular için yüksek(H), orta(M) ve düşük(L) frekans azaltım değerlerini ve çalışma alanındaki gürültünün A-ağırlıklı ses basınç seviyesi ve C-

ağırlıklı ses basınç seviyesini temel alır. HML kontrol metodu, gürültü kaynaklarını temel alır. SNR metodu kulak koruyucunun ses azaltım seviyesini(SNR) ve çalışma alanındaki gürültünün A-ağırlıklı ses basınç seviyesi ve C-ağırlıklı ses basınç seviyesini temel alır.

Not: 'TS EN 458 İşitme koruyucuları - Seçim, kullanım, muhafaza ve bakım – Kılavuz' ve 'TS EN ISO 4869-2 Akustik-Kulak koruyucuları-Bölüm 2: Kulak koruyucu içine takıldığında etkili a-Ağırlıklı ses basınç seviyelerinin tayini' standartları bahsedilen metotlarla ilgili daha fazla bilgi içermektedir.

### 3. 'Gerçek-durum' kulak koruyucunun azaltımı:

Kulak koruyucunun gerçek çalışma ortamındaki azaltım etkisi, sertifikalandırma amacıyla laboratuvarda testler sonucu elde edilen değerlerden ve kullanım kılavuzunda belirtildiğinden daha düşük olabilir. Bu yüzden gerçek azaltımın hesabında kullanıcı kılavuzundan gelen bilgileri doğrudan kullanmak her zaman uygun olmayabilir, gürültü seviyesi ve frekans aralığı dikkate alınmalıdır.

Yukarıdaki durum;

- Uzun saçlardan dolayı kulak koruyucusunun tam oturamamasından(manşon tipi kulaklık),
- Kulak kanalına doğru yerleştirilmediğinden(kulak tıkacı),
- Diğer kişisel koruyucu donanımların, kulak koruyuşunun takılmasını engellemesinden,
- Zamanla ürünün doğal olarak bozulmasından,
- Çalışma alanı ve laboratuvar ortamının akustik olarak farklı şartlarda olmasından, kaynaklanabilir.

Laboratuvarda ölçülen azaltımın, en uygun işitme koruyucusu seçiminde önemli bilgiler sunmaktadır. Laboratuvarda ölçülen azaltım kişisel kulak koruyucusunun performans için ilk 'sınıflandırma' yı sağlar; aynı zamanda frekansa bağlı değişimin performansa etkisi üzerine de bilgi sağlar.

Not: 'Gerçek durum' akustik koşullarının etkisi, kulak koruyucusunun azaltımı için henüz araştırma aşamasındadır.



#### 4. Özel durumlar için kulak koruyucusu seçimi

Özel tip kulak koruyucularının kullanılmasını gerektiren, özel koşullara sahip çalışma alanları mevcuttur. Çalışma alanları birbirini izleyen sessiz ve gürültülü periyotlarda, ör: atış poligonu, taş ocakları, vb., Buralarda, çalışanın yeterli konuşma anlaşılabilirliği ve sessiz periyotlarda acil durum ikazı algısı sağlanmalıdır. Böyle bir durumda, iyi bir konuşma anlaşılabilirliği ve sessiz periyotlarda acil durum ikazı algısı için düzey bağımlı kulak koruyucusu kullanılabilir. Eğer çalışanın hayati alarmları, ikazları, acil durum iletişimini, vb. duymasında şüphe oluşuyorsa, alternatif iletişim sistemleri, flaşlı ikaz lambaları veya başka aygıtlar(titreşim pedleri gibi) sağlanmalıdır. Gürültünün sürekli olduğu ve çalışanın başkalarıyla iletişim kurması gereken ya da talimat gerektiren(küçük planör ve helikopterler, T.V. kameramanı, vb.) durumlarda elektronik iletişim sistemleriyle donatılmış manşon tipi kulaklık kullanılmalıdır (şekil 37).



**Şekil 38. İletişimin gerekli olduğu iş ortamı**

- Eğer çalışan düşük ya da yüksek sıcaklıklara maruz kalıyorsa ( $-20^{\circ}\text{C}$  veya  $+50^{\circ}\text{C}$ ),ör: ağaç işçileri, bu duruma uygun manşon tipi kulaklık kullanılmalıdır.

-Nemli ortamlarda çalışırken, çalışanın manşon tipi kulaklığındaki yastıkların altında kalan bölgede rahatsız edici düzeyde terleme olabilir. Bu durumda, kulak tıkacı ya da manşon tipi kulaklık; hafif, emici, hijyenik yastık kılıfı tercih edilmelidir. Böyle hijyenik

kılıfların kullanılması durumunda, kullanıcının kılavuzunda, kulak koruyucu ve hijyen kılıfların birleştirilmiş gürültü azaltım değerleri ile ilgili bilgi olmalıdır.

#### 5. Kulak koruyucusunun diğer kişisel koruyucu donanımlarla olan uygunluğu:

Çalışma alanlarının çoğunda, çalışanlar kulak koruyucu haricinde farklı kişisel koruyucu donanım kullanırlar.

- Manşon tipi kulak koruyucuyla birlikte solunum koruyucular, gözlükler, yüz koruyucular vb. kullanımı kulaklık yastıklarıyla kafanın birbirine uyumunu etkileyebilir ve bu durum gürültü azaltımını düşürebilir. Bu durumlar için kulak tıkacı kullanılabilir.
- Manşon tipi kulaklık ile baret aynı anda kullanılacağı zaman, kulaklık barete takılarak kullanılması önerilir. Ancak bu şekil bir kullanımda rahatsızlık hissi duyulabilir, çalışan, sağlık güvenliği için bu durumun önemli olduğu konusunda ikna edilmelidir.

#### 6. Çalışanın konfor ve tıbbi bozukluklarına göre kulak koruyucusu seçimi

Konfor, kulak koruyucusu seçiminde çok önemli bir unsurdur. Özellikle çalışma günü boyunca kullanılan kulak koruyucular, çalışanda rahatsızlık hissi uyandırmamalıdır.<sup>[7]</sup> Bazı tipteki kulak koruyucuları herkes için uygun olmayabilir. Herkes farklıdır ve kulak anatomisi kişiden kişiye değişmektedir.

Manşon tipi kulaklıklar kullanıldığı zaman, kullanıcının konforu:

- Kulak koruyucusunun ağırlığına,
- yastık basıncına,
- kafa bandı gücüne, ayarına,
- yastık maddesinin tipine, bağlıdır.

Kulak tıkacı kullanıldığı zaman, kullanıcının konforu:

- Takma ve çıkarma kolaylığına,
- kulak kanalına uygunluğuna, bağlıdır.

Not: Bazen kulak koruyucusu kullanan çalışanın, kulak ağrısı şikayeti, kulak kanalında tahriş ve kulak iltihabı ya da işitme kaybı oluşabilir. Bu durumlarda, çalışan

haklı olarak kulak koruyucusu kullanmakta isteksiz olabilir. Bu yüzden kulak koruyucusu seçiminde kesin karar vermeden önce çalışanın onayı alınmalıdır.

Örnek:

Eğer çalışanın kulak kanalı normalden farklıysa, dar veya karmaşık bir yapıya sahipse, hazır kalıplı kulak tıkaçları çalışana uymayabilir. Kulak kanalıyla ilgili cilt bozukluğundan tedavi gören çalışana, manşon tipi kulaklık kullanması önerilmelidir.

### **Kulak Koruyucunun Kullanıldığı Süreyle İlgili Etkin Koruması**

Kişisel koruyucu donanım kullanımının gerekli olduğu durumlarda, çalışanın kulak korunmasının etkin bir şekilde sağlanabilmesi için kulak koruyucu mutlaka kullanılmalıdır.

- Kulak koruyucu, çok kısa bir süre için çıkarıldığı zaman bile etkin azaltım oranı ve koruma büyük oranda azalacaktır.
- Aşağıdaki tabloda, 8 saatlik bir çalışma günü için kulak koruyucusuz geçirilen farklı zamanlar için etkin koruma örnekleri verilmiştir (tablo 21).

**Tablo 21. Zamana bağlı etkin koruma değerleri**

| Kulak koruyucusuz geçen zaman (dakika) | Etkin koruma [dB] |
|----------------------------------------|-------------------|
| 0                                      | 30                |
| 5                                      | 20                |
| 24                                     | 13                |
| 48                                     | 10                |
| 96                                     | 7                 |
| 144                                    | 5                 |
| 192                                    | 4                 |
| 240                                    | 3                 |

Örnekler:

Eğer bir çalışan 8 saat çalışma gününün tamamında kulak koruyucusunu takarsa, en fazla koruma düzeyi olan 30 dB korunmuş olur. Ancak 1 saat bir çıkarma durumunda 9 dB korunmuş olur.

## **İşveren ve Çalışanlar İçin Bilgiler**

CE sertifikası işareti taşıyan her kulak koruyucusu kullanım kılavuzu ile birlikte satılmaktadır. Kulak koruyucusu seçilmeden önce, en iyi seçimi yapabilmek için işveren teknik özellikleri hakkında bilgi toplamalıdır. Bir kulak koruyucusu satın alındığı zaman, üretici tarafından sağlanan kullanım kılavuzunun tüm detayları okunulmalıdır: kullanım metodu, bakımı, vb.

Aşağıdaki bilgiler, her tipte kulak koruyucuyla birlikte verilir:

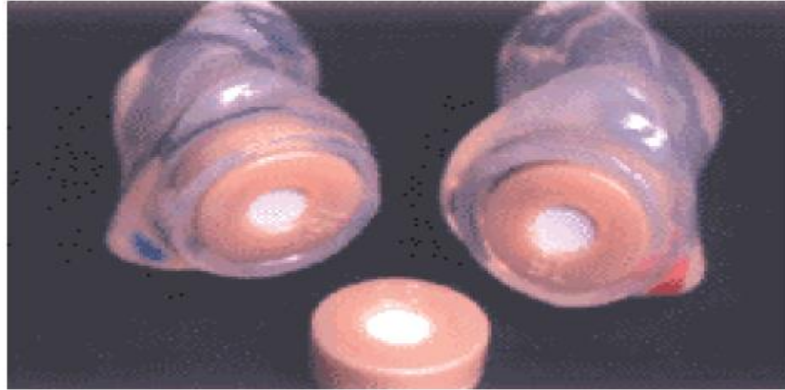
- Kulak koruyucusunun uygun standartlar.
- Üreticinin ismi.
- Kulak koruyucu modelinin kullanım amacı.
- Düşük ya da yüksek sıcaklıklarda kullanılıp kullanılamayacağıyla ilgili ayrıntılı bilgi.
- Uygun takıp-çıkarma talimatları ve kulak koruyucu modelinin kullanımı.
- Kulak koruyucunun ebatları.
- Saklama koşulları önerileri.
- Ses azaltım değerleri – gürültüyle alakalı uygun kulak koruyucusunun seçimi hakkında gereken bilgiler.
- Ayrıca kullanılması uygun olacak çalışanın belirlenmesi hakkında bilgi edinilebilir.

Not: Barete takılarak kullanılan manşon tipi kulaklıklar için verilen tüm bilgiler bu kombinasyon için verilmiştir. Her manşon tipi kulaklık ya da yeniden kullanılabilir kulak tıkaçlarının dezenfekte ve temizleme işlemi tanımlanmıştır. Tek kullanımlık kulak tıkaçları için verilen bilgilerin sadece ilk/bir kez kullanıldığı zaman geçerlidir. Tek kullanımlık kulak tıkaçlarının tekrar tekrar kullanımında ses azaltma etkisinin aşırı oranda düşeceği unutulmamalıdır. Elektronik sistemlerle donatılmış kulak koruyucular için güvenlikle ilgili ek bilgiler verilir, kullanım ve elektronik sistemin performansının yanı sıra pil bakımı ile ilgili bilgiler.

## Özel Durumlar

Özel durumlarda ya da özel çalışma faaliyetleri ile ilgili çalışma alanlarındaki gürültü seviyesinden dolayı kulak koruyucu kullanmak zorunlu olabilir. Bu çalışanlar kulak koruyucu kullanırken işlerini yürütebilmek için uygun bilgi ve talimat alabilirler. Çalışanlar kulak koruyucu kullanımını kendi çalışma faaliyetlerinin bir fonksiyonu olarak dikkate almalılardır. Ör: kameramanlar, hava alanı yer hizmetlerinde çalışanlar, vb.

Not: Müzisyenler, tüm frekanslarda düzgün gürültü azaltımı sağlayan özel kulak tıkaçları tercih edebilirler. Bu müziğin doğal ses özellikleriyle birlikte işitilmesini sağlar. Bu özel yapım silikon kulak tıkaçları içerisinde 9, 15 ya da 25 dB(A) ses azaltımı sağlayan ayarlı diyafram bulunur.



Şekil 39. Bir müzisyenin kulak tıkaçı

## SESSİZ İŞ EKİPMANININ ALIMI

Sessiz İş Ekipmanlarıyla İlgili İş Sağlığı Ve Güvenliği Kanununda Belirtilen Şartlar

Çalışanların işyerindeki gürültü risklerine maruziyetini önlemek ya da azaltmak için, işveren aşağıdaki iş sağlığı ve güvenliği kanununun hükümlerini bilmek ve uygulamakla yükümlüdür. İş sağlığı ve güvenliği Kanunu'nda

### ***İşverenin genel yükümlülüğü***

**MADDE 4- (1)** İşveren, çalışanların işle ilgili sağlık ve güvenliğini sağlamakla yükümlü olup bu çerçevede;

a) Mesleki risklerin önlenmesi, eğitim ve bilgi verilmesi dâhil her türlü tedbirin alınması, organizasyonun yapılması, gerekli araç ve gereçlerin sağlanması, sağlık ve güvenlik tedbirlerinin değişen şartlara uygun hale getirilmesi ve mevcut durumun iyileştirilmesi için çalışmalar yapar.

#### **Risklerden korunma ilkeleri**

**MADDE 5-** (1) İşverenin yükümlülüklerinin yerine getirilmesinde aşağıdaki ilkeler göz önünde bulundurulur:

- a) Risklerden kaçınmak.
  - b) Kaçınılması mümkün olmayan riskleri analiz etmek.
  - c) Risklerle kaynağında mücadele etmek.
- hükümleri yer almaktadır.

Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te

#### **Maruziyetin önlenmesi ve azaltılması**

**MADDE 8 –** (1) İşveren, risklerin kaynağında kontrol edilebilirliğini ve teknik gelişmeleri dikkate alarak, gürültüye maruziyetten kaynaklanan risklerin kaynağında yok edilmesini veya en aza indirilmesini sağlar ve 8, 9, 10 ve 11 inci maddelere göre hangi tedbirlerin alınacağını belirler.

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

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

Makine Emniyeti Yönetmeliği ve Açık Alanda Kullanılan Teçhizat Tarafından Oluşturulan Çevredeki Gürültü Emisyonu İle İlgili Yönetmelik

Çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik te yer alan, kullanılan cihazı satın alan işverenin 'gürültü maruziyetini kaynakta önler ya da azaltır', hükümlerini yerine getirmek için, işveren, cihaz üreticisi ve/veya

temsilcilerinden konuyla ilgili gürültü değerleri hakkında aşağıdaki yönetmelik hükümlerine göre bilgi almalıdır.

- 'Makine emniyeti yönetmeliği'
- ve makine açık alanda kullanılacaksa 'Açık alanda kullanılan teçhizat tarafından oluşturulan çevredeki gürültü emisyonu ile ilgili yönetmelik'

Yukarıda verilen her iki yönetmelikte de, makine üreticisi ve/veya temsilcisi(ithalatçı, distribütör, vb.) makinenin gürültü emisyonu hakkında bilgi verme şartları bulunmaktadır. Bu bilgiler, çalışma alanındaki gürültü hesabında ve düşük gürültü emisyon düzeyine sahip yeni iş ekipmanı alımında yardımcı olur.

#### 1. Makine emniyeti yönetmeliği:

Bu yönetmelik, makine üreticileri ve / veya yetkili temsilcileri tarafından uyulması gereken temel hükümleri vardır. 'Makinaların tasarımı ve imali ile ilgili temel sağlık ve güvenlik kuralları' başlığı altında gürültünün en aza indirilmesi ile alakalıdır:

##### **1.5.8 Gürültü**

*Makinalar, havada yayılan gürültü emisyonunun neden olacağı riskleri en düşük seviyeye indirilecek şekilde, teknik ilerleme ve gürültüyü özellikle kaynağında azaltma yollarının varlığı dikkate alınarak tasarımlanmalı ve imal edilmelidir.*

*Gürültü emisyon düzeyi, benzer makinalara ait karşılaştırmalı emisyon verileri ile ilişkili olarak değerlendirilebilir.*

*İkincisi, gürültü emisyon bilgilerinin talimatlarda ve makineyle sunulan teknik belgelerde bulunmasını sağlayarak, makine pazarını daha şeffaf hale getirir ve sessiz makinelerin seçimini sağlar.*

##### **1.7.4.3 Satış dokümanları**

*Makinaları tanımlayan satış dokümanları, sağlık ve güvenlik hususları bakımından talimatlara aykırı olmamalıdır. Makinanın performans karakteristiklerini tanımlayan satış dokümanları, talimatlarda yer alanlarla aynı emisyon bilgilerini içermelidir.<sup>[31]</sup>*

Üretici ve/veya temsilcisi, makine ve emniyet parçalarının 'makine emniyet yönetmeliği'ne uygun olduğunu doğrulamak adına CE sertifikası işaretiyle işaretlemek zorundadır. CE işaretinin kalite işareti olmadığı unutulmamalıdır.

## 2. Açık alanda kullanılan teçhizat tarafından oluşturulan çevredeki gürültü emisyonu ile ilgili yönetmelik

Bu yönetmelik, açık havada kullanılması amaçlanan makinelerin gürültü emisyonu için limitlerini ve sınıflandırma şartlarını belirler. Bu yönetmeliğin amacı, açık havada kullanılan ekipmanların (Kompresör, iş makinesi, farklı tipteki testereler, vb.) gürültü emisyonlarının denetimi artırmaktır. Yönetmeliğin kapsamı kısmında:

*(2) Bu Yönetmelik; aşağıda belirtilen makinaları ve emniyet parçalarını kapsamaz.*

*a) Orijinal makinaların imalatçıları tarafından tedarik edilen ve özdeş aksamı değiştirerek üzere yedek parça olarak kullanılması amaçlanan emniyet aksamı,*

*b) Fuar alanlarında ve/veya eğlence parklarında kullanılan özel makinaları,*

*c) Özel olarak nükleer amaçlar için tasarlanmış veya hizmete sunulmuş, arızalanma durumunda radyoaktivite yayabilecek makinaları,*

*ç) Ateşli silahlar dahil olmak üzere her türlü silahı,*

*d) Aşağıdaki ulaşım vasıtalarını:*

*1) 8/6/2008 tarihli ve 26900 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Tarım veya Orman Traktörleri, Bunların Römorkları ve Birbiriyle Değiştirilebilir Çekilen Makinaları ile Sistemleri, Aksamı, Ayrı Teknik Üniteleri ile İlgili Tip Onayı Yönetmeliği (2003/37/AT) kapsamındaki riskler açısından, üzerlerine monte edilen makinalar hariç, tarım ve orman traktörleri,*

*2) 1/4/1999 tarihli ve 23653 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Motorlu Araçlar ve Römorkları Tip Onayı ile İlgili Yönetmelik (98/14/AT) kapsamındaki, üzerlerine monte edilen makinalar hariç, motorlu araçlar ve bunların römorkları,*

*3) 23/12/2004 tarihli ve 25679 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İki veya Üç Tekerlekli Motorlu Araçların Tip Onayı Yönetmeliği (2002/24/AT) kapsamındaki, üzerlerine monte edilen makinalar hariç, taşıtları,*

*4) Sadece yarış amaçlı motorlu taşıtlar,*

*5) Üzerine monte edilen makinalar hariç, hava, su veya demir yolu ağlarındaki taşıtırma vasıtaları,*



6) *Denizde hareket eden tekneler ve seyyar açık deniz tertibatı ile bu tekne ve/veya tertibat üzerine monte edilmiş makineler,*

7) *Askeri veya polisiye amaçlar için özel olarak tasarlanmış ve imal edilmiş makineler,*

8) *Laboratuvarlarda araştırma amaçlarına yönelik olarak geçici kullanım için özel olarak tasarlanmış ve imal edilmiş makineler,*

9) *Maden kuyusu asansörleri,*

10) *Sanatsal gösterilerde sanatçıyı taşımayı amaçlayan makineler,*

11) *30/12/2006 tarihli ve 26392 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Belirli Gerilim Sınırları Dahilinde Kullanılmak Üzere Tasarlanmış Elektrikli Teçhizat ile İlgili Yönetmelik (2006/95/AT) kapsamında yer alan; evlerde kullanılması amaçlanan ev aletleri, ses ve video cihazları, bilgi teknolojisi cihazları, tipik büro makineleri, alçak gerilim şalter ve kumanda panoları ve elektrik motorları, yüksek gerilimli elektrikli teçhizatın şalter ve kumanda düzenleri ile trafo tipleri<sup>[33]</sup>.*

hükümleri yer almaktadır.

Yine yönetmelikte:

**“CE” uygunluk işareti**

**MADDE 16 – (1)** *“CE” uygunluk işareti CE harflerinden oluşur. Kullanılacak işaretin şekli Ek III’te belirtilmiştir.*

**(2)** *“CE” uygunluk işareti makinaya Ek III’e uygun olarak, görünür, okunaklı ve silinmez bir şekilde iliştilir.*

hükümleri yer almaktadır.

Çalışanların maruziyetini değerlendirmek için çalışma ortamındaki, makinelerden yayılan gürültülerde dahil olmak üzere tüm gürültüler hesaba katılmalıdır. Bu işlem ‘maruziyet eylem değerleri’ ve ‘maruziyet sınır değeri’ limitlerine riayet ederek gürültü maruziyetini en aza indirmek için yapılır. Bu yüzden ‘risk değerlendirmesi’ sonucuna uygun iş ekipmanı seçmek önemlidir. Maruziyet eylem değerleri somut eylemlere dönüşebilmelidir, yani kulak koruyucuları sağlanmak, potansiyel riskler hakkında çalışanı bilgilendirmek, işitme testleri yaptırmak ve sessiz makine seçiminde kullanılacak yeterli bilgiyi de içerecek bir gürültü azaltım planı oluşturulabilmelidir.

## Gürültü İle İlgili Standartlar

Ticarette teknik engellerin kaldırılmasına ilişkin 1985 yılında Avrupa Ekonomik Topluluğu (şimdiki adı Avrupa Birliği) tarafından önemli bir karar alındı. Bu işlem bir dizi mevzuat yapılarak 'üye devletlerin yasaları birbirine yakınlştırılarak elde edildi. Bu 'yeni yaklaşım', belirli sektörlerde farklı ulusal düzenlemelerden dolayı ticaret engellerinin kaldırılması hakkında mevzuat uyumu sağladı. Bunlardan birisi makine tehlikelerinin değerlendirilmesi hakkındaydı. En temel prensip bir takım basit yasal gerekliliklerin (özellikle sağlık ve güvenlik gereklilikleri) ve hedeflere ulaşabilmek için hangi standartların kullanımının bırakılacağıının yazılmasıydı. Bunların kullanımı gönüllülüğe bırakılmasına rağmen, bir uyumlaştırılmış standardın kullanılması ilgili yeni yaklaşımın uygunluğunu sağlamak için tek yoldur.

Makine emniyeti yönetmeliğini sağlayan üç tip standart vardır:

- A tipi standartlar basit güvenlik fikirlerini kapsar.
- B tipi standartlar genel gürültü ölçümü gibi konuları kapsar ve çok farklı makinelere uygulanabilirler.
- C tipi standartlar aynı zamanda makine güvenlik standartları olarak da gösterilirler, belirli tipten makinelerin güvenlik yönüyle( gürültü yönünden oluşabilecek tehlikeleri kapsayarak) ele alınmasını içerir.

B tipi standartlar, özel işlemler hakkında bilgi, montaj ve ilgili makineler için yerleştirme koşulları sağlamadan basit olarak makinenin gürültüsünün ölçülmesini tanımlar.

Ölçüm prosedürleri, ses emisyon miktarlarının doğrulanması ve beyanı aşağıdaki temel standartlarda tanımlanmıştır:

- 'TS EN ISO 3740 Akustik - Gürültü kaynaklarına ait ses güç seviyelerinin tayini - Temel standartların kullanımı için kılavuz' ve serileri, 'TS EN ISO 9614-1 Akustik - Ses şiddeti kullanılarak gürültü kaynaklarının ses gücü seviyelerinin tayin edilmesi - Bölüm 1: Farklı noktalarda ölçme' ve 'TS EN ISO 9614-3 Akustik - Ses şiddeti kullanarak gürültü kaynaklarının ses güç seviyelerinin tayini - Bölüm 3: Tarama işlemi ile ölçme için kesinlik metodu' makine ses basınç seviyesinin, çalışma alanlarında ve özel akustik test odalarında belirlenmesi için metotlar içerirler.<sup>[26]</sup>

- 'TS EN ISO 11200 Akustik - Makine ve donanımdan yayılan gürültü - Bir iş istasyonunda ve belirtilen diğer konumlarda emisyon ses basınç seviyelerinin tayinine ilişkin temel standartların kullanılması için kılavuzlar' ve 'TS EN ISO 11205 Akustik - Makine ve donanımdan yayılan gürültü - Ses şiddeti kullanılarak iş istasyonu ve belirtilen diğer konumlarda yerinde emisyon ses basınç seviyelerinin belirlenmesi için mühendislik metodu' çeşitli çevre şartları altında ses basınç seviyesi emisyonunun tanımlanması için metotlar sağlar.<sup>[28]</sup>
- 'TS EN ISO 4871 Akustik - Makine ve donanımın gürültü emisyon değerlerinin beyanı ve doğrulanması' gürültü emisyonu beyanı ve doğrulama ile ilgilidir.

Tüm üreticiler tarafından aynı gürültü emisyon ölçüm metodunun kullanılması, kullanıcıya aynı tür makinelerin emisyon bilgilerini kıyaslama imkanı tanır. Ayrıca, potansiyel eylem değerlerinin karşılaştırılmasını da sağlar ve böylece nispeten sessiz makinelerin seçilmesini mümkün kılar.

### **İş Ekipmanından Yayılan Gürültü Nasıl Azaltılır?**

#### **1. Gürültü yayılımı hakkında bilgi nasıl talep edilir:**

Çalışma alanında gürültüyü azaltmak için, satın alınacak makine hakkında farklı üreticilerden gürültü yayma bilgileri istenir ve bu değerler en sessiz makinenin seçimi için karşılaştırılır.

İstenilen gürültü yayma(emisyon) değerlerinin karşılaştırılabilir olmasını sağlamak için, Bu makineler için üreticiye Avrupa standartlarına dayalı bir gürültü emisyonu beyanı istenebilir. Bu şekilde bir gürültü emisyonu beyanı, değerler özel Avrupa standartlarına bağlı olarak belirlendiği için gürültü emisyonu hakkında güvenilir teknik bilgiler sağlar. Bu durumda, ölçüm yöntemi, işletim ve montaj koşullarının yanı sıra çok büyük ve çok farklı makineler için beyan ve doğrulama prosedürü açıkça tanımlanmıştır. 'Çok büyük makineler için, ses gücü düzeyi yerine, makine etrafında özel konumlarda eşdeğer sürekli ses basınç seviyeleri gösterilebilir.

#### **2. Gürültü yayma bilgisi:**

Makine Emniyet Yönetmeliği madde 1.7.4.2 Talimatların içeriği kısmında:  
*Her bir kullanıcı el kitabı, ilgili olduğu şekilde, en azından aşağıdaki bilgileri içermelidir:*

*(u) Hava ile taşınan gürültü emisyonları ile ilgili aşağıdaki bilgiler:*

*- 70 dB(A)'yı aşıyorsa, iş istasyonlarındaki A-ağırlıklı emisyon ses basınç seviyesi; bu düzeyin 70 dB(A)'yı aşmaması halinde, belirtilmelidir,*

- 63 Pa'ı aşıyorsa, iş istasyonlarındaki C-ağırlıklı anlık tepe ses basınç değeri (20  $\mu$ Pa'a göre 130 dB), hükümleri yer almaktadır.

Ses basınç seviyesi ve ses gücü düzeyi emisyonu, makinenin yerleştirildiği alandan bağımsız değerlerdir. Bu yüzden bu değerler makineyi gürültü kaynağıymış gibi nitelendirirler. 'Desibel' değerleri okunurken gürültünün çok farklı çeşitlerinin olduğunu (emisyon, imisyon ve maruziyet) unutmamak gerekir. Bu yüzden, emisyon ses basınç değeri  $L_{pA}$  ya da ses gücü düzeyi  $L_{WA}$ , ses basınç düzeyleriyle tanımlanan imisyon(aynı zamanda  $L_{pA}$  olarak gösterilir) ya da maruziyet düzeyleri  $L_{AEX,T}$  olduğu karıştırılmamalıdır. Bu değerlerin hepsi dB(A) olarak ifade edilmelerine rağmen, tümüyle farklı büyüklüklerdir.

### **Sessiz İş Ekipmanı Nasıl Seçilir?**

#### **1. Yasal yükümlülük:**

Bir işveren çalışanın gürültü maruziyetini önlemek ya da azaltmak için uygun önlem almalıdır. Çalışma alanlarında makineler büyük gürültü kaynakları olarak tanımlanır. Bu yüzden üreticiler tarafından düşük gürültülü makineler üretilmeli ve işveren tarafından bu tür makineler tedarik edilmelidir. İşverenler (kullanıcılar) makinelerin temel tasarımını değiştirecek bir konumda değildirler.

#### **2. Çalışma alanındaki gerçek değerler ile üreticinin verdiği değerler arasındaki farklılık:**

Makine üreticisinin gürültü emisyonu beyanı önemli bir araçtır ve en düşük gürültü yayan makinenin seçiminde makine üreticisi ve kullanıcısı arasında açıklayıcı bir iletişim kurar. Bu nedenle işveren/alıcı/kullanıcı her zaman üreticiden ve/veya yetkili temsilcisinden ek bilgi almalıdır.

Gerçek koşullar altında imisyon ses basınç düzeyi(çalışma alanında ölçülen ses basınç düzeyi), beyan edilen serbest alan şartları altındaki emisyon ses basınç düzeyinden 10 dB fazla olabilir. Bunun sebebi, diğer gürültü kaynakları, duvarlardan yansımalar, iç kaplama, tavan, zemin ya da makine yüzeyleri ve standartlarda verilen çalışma koşullarından sapma olabilir. Gürültünün temel kavramları olan imisyon,

emisyon ve hatta maruziyet değerlerinin birbiriyle karıştırılması, müşteri ile makine üreticisi arasındaki çoğu yanlış anlaşılmalara açıklamaktadır.

İşverenler tarafından uyulması gereken, yönetmelikte belirtilen maruziyet limit değerlerinin makine üreticisinden alınan gürültü emisyon değerleriyle kıyaslanamayacağı bilinmelidir. Makine üreticisinden alınan gürültü emisyon değerleri, basit olarak sessiz makine seçimi sağlar ve çalışanın gürültü maruziyetini tahmin amaçlıdır.

### 3. Makinelerin gürültü emisyonları neden kıyaslanır?:

Gürültü emisyonu bilgisi sadece sessiz makine seçiminde değil aynı zamanda çalışma alanında çalışanların gürültü maruziyeti tahmini için fırsat tanır.

Gürültü emisyonu değerleri ( $L_{WA}$ ,  $L_{pA}$ ) :

- farklı makine markalardan en sessiz modelin seçimi için gürültü emisyon değerleri karşılaştırılır.
- İlgili makine grubu hakkında toplanan verinin teknik durumla alakalı olup olmadığının kontrolü için gürültü emisyon değerleri karşılaştırılır.
- alıcı/kullanıcı ile sağlayıcı arasında teknik bir iletişim sağlar.
- gürültü tahmin (hesaplama) yazılımları kullanılırken, işyerinde gürültü emisyonu ve maruziyetini tahmin etmek için kullanılır.
- garantili gürültü emisyon değerleri kullanılarak alıcının uyum değerlendirmesi yapmasına izin verir.

Makine tarafından üretilen gürültü emisyonu (ör: ses gücü), makinenin akustik kalitesini gösterir. Ses gücü düzeyi ne kadar düşük olursa, akustik kalite o kadar iyi olur. Böylece, nispeten düşük gürültü emisyon değerlerine sahip bir makine sadece yakınındaki çalışanlar için değil diğer iş istasyonlarındaki çalışanlar içinde düşük maruziyet sağlar. Sonuç olarak işitme duyusu hasarı riski azaltılabilir.

Çalışma alanlarındaki gürültü emisyonu ya da maruziyetin tahminini sağlayacak planlamanın ön koşulu gürültü emisyon değerleridir. Bu nedenle gürültü emisyon değerleri, gürültü kontrol gerekliliklerine göre yeni işyerlerinin planlamasında bir temel oluşturacaktır. Böylece, en yüksek maruziyet eylem değerlerini aşan

Çalışma alanları için gerekli gürültü azaltma tedbirlerini oluşturmasında bu değerler önemli bir yardım sağlayacaktır.

#### 4. Farklı makinelerin gürültü emisyonları karşılaştırıldığında:

İş sağlığı ve güvenliği kanununda belirtildiği üzere işveren, sorumluluğu bağlamında ve 'nleme'nin genel ilkelerine göre riskten kaçınmalıdır ve eğer kaçınmak mümkün değilse riskleri değerlendirmelidir. Bu risk değerlendirmesi sonucu gürültü maruziyetine bağlı bir risk bulunursa, işveren makinenin kullanıcı kılavuzundaki bilgilerin Makine emniyeti yönetmeliği gerekliliklerine göre hazırlanmış olduğundan emin olmalıdır ve eğer gerekirse gürültü hakkında daha fazla bilgi için sağlayıcıya danışmalıdır. Makinenin, bu gürültü emisyon değerleri bilgileri referans alınarak, işveren(kullanıcı), yönetmelikte verilen maruziyet sınır ve eylem değerlerini baz alarak, daha az gürültü yayan iş ekipmanını tercih etmelidir.

#### 5. Farklı makinelerin gürültü emisyonları nasıl karşılaştırılır?:

Gelişmiş sessiz makineleri seçmek için, ilgili makine grubunun Gürültü emisyon değerlerinin temsili dağılımını bilmek önemlidir.

Makine reticisi tarafından hazırlanan, gürültü emisyon standartları ve gürültü emisyon beyanı alıcının, farklı makine sağlayıcıları tarafından beyan edilen gürültü emisyon değerlerini karşılaştırarak, en düşük emisyon değerine sahip makineyi seçmesinde temel oluşturur. Ancak hala seçilen makinenin piyasadaki en sessiz makinelerden bir olduğunu garanti etmez. Eğer bu makine gruplarında bulunan gelişmiş makinenin gürültü emisyonu bilinirse, sadece bir karara varılabilir.

Not: Gelişmiş makine gürültü emisyonu, sadece aynı uygulama alanında kullanılan bir makine grubu içerisinde düşünülebilir. Bu amaç için, 'gürültü emisyonunun gerçek durumu' sözü türetildi(karşılaştırılmalı emisyon verileri 'TS EN ISO 12100:2010 Makinalarda güvenlik - Tasarım için genel prensipler - Risk değerlendirilmesi ve risk azaltılması' ve TS EN ISO 11689 'Akustik - Makine ve donanımı için gürültü yayma verilerinin karşılaştırılması işlemi'). Bu gerçek durum,

karşılaştırmaya uygun emisyon değerleri aralığı sunar, başka bir deyişle, standartlarında belirtilen karşılaştırılabilir ölçüm yöntemleri ile ölçüldüğünü gösterir.

Mümkün olduğu kadar, nispeten sessiz bir makine, 'büyük ölçüde gürültü azaltımına ulaşılabilir' sonucu elde edilen çalışmalar dikkate alınarak toplanan, nitelikli (akıllıca) verilere dayalı seçilmelidir.

Gürültü emisyonunun gerçek durumu hakkında aşağıdaki web sitelerinden bilgi alınabilir:

- [http://ec.europa.eu/enterprise/mechan\\_equipment/ noise/citizen/app/](http://ec.europa.eu/enterprise/mechan_equipment/ noise/citizen/app/)
- [http://ec.europa.eu/enterprise/mechan\\_equipment/ noise/index.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/mechan_equipment/ noise/index.htm)

-Üreticinin emisyonu bilgilerini doğrulama (kontrol):

Bazı durumlarda, bir makinenin işveren / alıcı / kullanıcısı, makine gürültü emisyon değerlerinin satış sözleşmesinde bildirilen ya da makine üreticisi tarafından alınan gürültü emisyon değerlerini aşip olup aşmadığını kontrol etmek isteyebilir. Genellikle, işyerinde ölçülen gürültü maruziyet değerleri yeni makinenin kurulumundan sonra beklenenden daha yüksek olduğu zaman, yapılmak istenir.

Çalışma alanındaki emisyon değerleri, ' TS EN ISO 11690-3 Akustik- İçinde makina bulunan düşük gürültü seviyeli iş yerlerinin tasarımı için tavsiye edilen uygulama- Bölüm 3: Çalışma odalarında ses yayılımı ve gürültü tahmini' standardı (temel girdi verisi olarak açıklanan gürültü emisyon değerlerini kullanır) kullanıldığında yaklaşık olarak hesaplanabilir.

'TS EN ISO 4871 Akustik - Makine ve donanımın gürültü emisyon değerlerinin beyanı ve doğrulanması' standardı, gürültü emisyon bilgilerini doğrulama (kontrol) metotları sağlar ve üreticinin onu nasıl tanımlayacağını gösterir.

## **İŞİTME HASARI VE SAĞLIK GÖZETİMİ**

### **Yönetmelik Hükümleri**

Çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik madde 13 sağlık gözetimi kısmında:

(1) Gürültüye bağı olan herhangi bir işitme kaybında erken tanı konulması ve çalışanların işitme kabiliyetinin korunması amacıyla;

a) İşveren;

1) Kanunun 15 inci maddesine göre gereken durumlarda,

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

3) İşyeri hekimince belirlenecek düzenli aralıklarla,

çalışanların sağlık gözetimine tabi tutulmalarını sağlar.

b) 5 inci maddede belirtilen en yüksek maruziyet eylem değerlerini aşan gürültüye maruz kalan çalışanlar için, işitme testleri işverence yaptırılır.

c) Risk değerlendirmesi ve ölçüm sonuçlarının bir sağlık riski olduğunu gösterdiği yerlerde, 5 inci maddede belirtilen en düşük maruziyet eylem değerlerini aşan gürültüye maruz kalan çalışanlar için de işitme testleri yaptırılabilir.

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

a) Çalışan, işyeri hekimi tarafından, kendisi ile ilgili sonuçlar hakkında bilgilendirilir.

b) İşveren;

1) İşyerinde yapılan risk değerlendirmesini gözden geçirir.

2) Riskleri önlemek veya azaltmak için alınan önlemleri gözden geçirir.

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

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

hükümler yer almaktadır.

#### 1. Sağlık gözetimi:

İşçilere her zaman uygun sağlık gözetimi yapılmalıdır. Gürültü değerlendirmesi ve ölçüm sonuçları ve diğer faktörleri bir işitme riskini işaret ediyor olabilir.(yönetmelik madde 13)

- İşitme testleri, en yüksek maruziyet eylem değerlerini aşan gürültüye maruz kalan çalışanlar için yapılmalıdır.



- İşitme testleri bir tıp doktoru veya uygun niteliklere sahip başka bir kişi tarafından bir tıp doktorunun gözetiminde yapılmalıdır.
- Önleyici odyometrik testler yapılmasıyla(en düşük maruziyet eylem değeri nin aşıldığı zaman), gürültü nedeniyle işitme kaybının erken tanısı mümkün olabilir.
- Bu testlerin amacı gürültü nedeniyle herhangi bir işitme kaybında erken tanı sağlamak ve işitme fonksiyonunu korumaktır.

## 2. Sağlık kayıtlarının saklanması:

Sağlık gözetimi sonucu, bireysel sağlık kayıtları saklanmalıdır.(ilgili ulusal kanun ve/veya yönetmelik e göre). Kayıtlar:

- Geçmişteki sağlık gözetimlerinin güncel özetlerini içermelidir.
- Daha sonraki bir tarihte danışmak için kullanılabilir.
- Gizli tutulur (tıbbi bir doktorun sorumluluğu altında).
- İstenmesi halinde yetkili ulusal mercilere verilir.
- Çalışanın kendisi kayıtlarına ulaşabilir olmalıdır.

## İşitme hasarı tespiti:

- Bir tıp doktoru veya doktor tarafından belirlenen bir başka yetkili tarafından, işitme hasarının yapılan işteki gürültü maruziyetinden kaynaklanıp kaynaklanmadığını değerlendirir. Eğer gürültü maruziyetinden kaynaklanıyorsa:
  - Tıp doktoru ya da yetkili kişi tarafından çalışan kendi sonuçları hakkında bilgilendirilir.
  - İşveren çalışanı uygun koruyucu önlemler hakkında uyarır, bilgilendirir.

## 3. İşteki gürültüye maruziyetten kaynaklı işitme kaybı oluştuğunda işverenin görevleri:

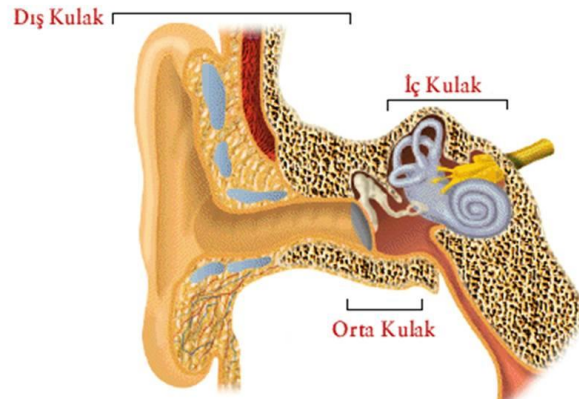
- Gürültü maruziyeti ile ilgili risk değerlendirmesini gözden geçirir.
- Maruziyet riskinden kaçınmak ya da azaltmak için alınan önlemleri ve işitmeye zararlı diğer faktörleri gözden geçirir.
- Mesleki sağlık güvenlik profesyonellerinin veya başka uygun yetkili bir kişinin verdiği tavsiyeler doğrultusunda, riskten kaçınmak ya da azaltmak için gerekli tedbirleri

uygular. Ör: çalışan, maruziyet riskinin olmayacağı niteliklerine uygun başka bir işe atanabilir.

- Sistematik sağlık gözetimini yapılandırmalı ve benzer şekilde maruziyeti olan diğer çalışanların sağlık durumunu gözden geçirmelidir.
- Özel politika gerektiren grupların( ör: hamile bayan, genç çalışan) maruziyet riskini azaltmak için özel çaba gösterir.
- Ulusal kanun ve/veya yönetmelikte eylem gerektiren hükümlerin tümüne riayet eder.

### İnsan Kulağının Yapısı

Kulak, insan vücudunda işitme duyusundan sorumlu bir organdır ve sosyal ilişkilerde sözlü iletişim için oldukça önemlidir. Kulak üç önemli parçaya ayrılabilir: dış kulak, orta kulak ve iç kulak.



**Şekil 40. İnsan kulağının bölümleri**

#### 1. Dış kulak:

Dış kulak daha çok 'kulak' denildiğinde akla ilk gelen bölümdür. Dış kulak, kulak kepçesini oluşturan deri ve kıkırdak kanatlardan (kulak kepçesi), kulak kanalı ve kulak zarından oluşur.

- Kulak kepçesi, ses kaynağının doğrultusuna ve uzaklığına bağlı olarak, gelen sesi toplar ve nitelendirir.
- Kulak kanalı, yaklaşık 25 mm uzunluğunda ve 7 mm genişliğinde şekilsiz bir silindirdir, ve sesi kulak zarına iletir.

Örnek:

Kulak kanalı, 10-15 dB ses titreşimini yükselterek 2000-5000 Hz frekans aralığı için bir çınlatıcı (yankılayıcı) olarak çalışır. Bu, kulağın yüksek frekanslara daha duyarlı olduğu anlamına gelir. Bu nedenle, yüksek frekans aralığındaki gürültüler işit duyusunda hasara sebep olabilirler.

## 2. Orta kulak:

Dış kulak, kulak zarında biter ve orta kulak bu sınırdan başlar. Orta kulak bir dizi üç küçük kemik barındırır: çekiç, örs ve üzengi.

- Çekiç örs değeri, örs de iç kulak sıvılarının titreşimini kulak zarı titreşimine dönüştürmek için üzengiye iter.
- Orta kulak ses yükselticisi olarak görev yapar. Kulak zarının titreşim çok hassastır özellikle yüksek frekanslı yumuşak sesler için, kulak zarının hareketi bir hidrojen molekülünün çapından daha küçüktür. Orta kulak, kulak zarı ve üzengi arasındaki alanı değiştirerek yaklaşık 20-30 dB sesi güçlendirir.

Örnek:

Orta kulak olmasaydı, akustik enerjinin %99 dan fazlası yansıtılır ve sesleri işitmek mümkün olmazdı.

- Orta kulağın ikinci görevi de, işitme sistemini gürültülü seslerden korumaktır. Ses seviyesi 80-87 dB yi aştığında, orta kulak kasları kemikleri döndürür ve iç kulağa aktarılan titreşim gücünü sınırlar. Bu etkiye akustik refleks denir, işitme duyusunu sadece kısa bir süre için şiddeti yavaşça artan gürültülü seslere karşı korur. Akustik refleks anlık gürültüler(ör: silah atışı) için etkin bir koruma sağlamaz.

## 3. İç kulak:

İç kulak aynı zamanda koklea (kulak salyanozu) olarak bilinir ve gerçek ses alıcısı ve analizörüdür. Bu organ parmak ucundan daha küçüktür ve yapısı çok hassastır, gürültüden etkilenecek ilk bölümdür.

- Koklea kanalı boyunca 28.000 in üzerinde saç hücrelerine sahiptir, ve bu hücreler ses tarafından üretilen titreşime yanıt olarak nöral tepkinin başlatılmasından

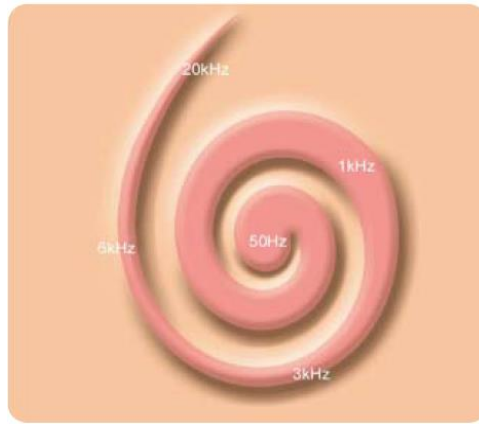
sorumludur. Bu hücreler iki tiptir: görev ve şekil olarak birbirinden farklı olan iç saç hücreleri ve dış saç hücreleri. İç ve dış zar hücresi adlandırılması, hücrelerin pozisyonlarından kaynaklanır. Kokleanın dönüş merkezine yakın olanlar iç, uzak olanlar dış saç hücreleridir.

- Yaklaşık 30-60 saç, stereocilia olarak adlandırılır ve iç saç hücrelerinin her birinin üst kısmından dışarı uzanırlar ve dış saç hücrelerinin her birinin üst kısmından yaklaşık 100-160 hücre dışarı uzanırlar. Bunların kesme hareketi nöron boşalmasına neden olur.

- Yaklaşık 31.000 nöron işitme siniri boyunca beyine gidip gelen nöral uyarı transferinde rol oynarlar.

Örnek:

Saç hücresi stereocilia'nın yer değiştirmesi işitme eşiğinde(0 dB SPL) çok küçüktür ve hareket 10-6  $\mu$ m civarındadır, en yüksek değerdeyken(120 dB) bu hareket 1  $\mu$ m civarındadır.



**Şekil 41. Kokleanın frekans analiz bölgeleri**

- Akustik dalgaların yanıtı olan titreşimlerin iç kulak boyunca ilerlemesi sonucu farklı bölgelerde hissedilen frekanslardaki seslerin işitilmesi sağlanır.

- İç kulaktaki akışkan titreşimi bir iletişim dalgası kurar. Bu dalga sesin frekansına bağlı olarak farklı işitme kılı gruplarını hareket ettirir ve farklı nöron gruplarını uyarır. Koklea içerisinde frekans ve mesafe arasında, yakın bir uyarılma ilişkisi gözlenmiştir.

- İç kulak mekanik-nöral akustik frekans analizörü gibi davranır. Belirli frekanstaki işitme kaybı, kokleanın belirli bölgelerindeki işitme kaybı hasarı ile ilişkilidir.

Örnek:

Kulak bir frekans analizörü olarak 1000 Hz de çok doğru işitme sağlar. Sadece 0.1 Hz kadar farklı ses perdelerini ayırt edebiliriz.

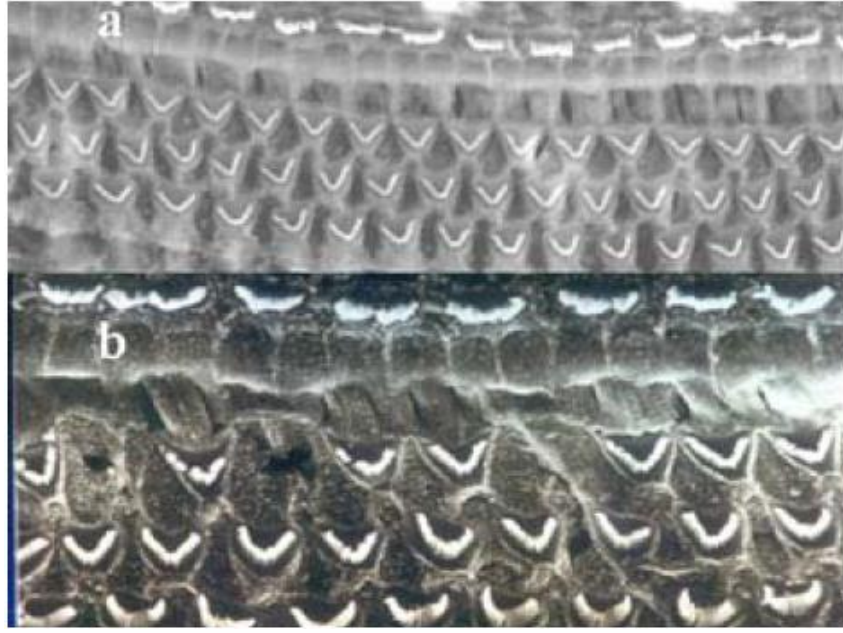
#### İşitme Sistemi Hasarı Örnekleri

Kulağın yüksek düzeyde seslere maruziyeti, işitme kılılarının aşırı uyarılmasına ve bu sebeple işitme kılılarının yapısının bozulmasına neden olur. 87-100 dB'yi aşan seslerde işitme kılıları yorulabilir veya kırılabilir. Başlıca biyokimyasal ve fizyolojik değişiklikler meydana gelir, ancak bu durum belli bir dereceye kadar geri dönüşümlüdür, daha fazla maruziyette hasar kalıcıdır. Değişiklikler, 80 dB(A)'yı aşan düzeyde gürültüye uzun süre maruz kaldıktan sonra ya da 120 dB'yi aşan çok yüksek düzeyde gürültüye anlık maruziyet sonucu kalıcı hale gelir.

Örnekler:

Hasar sonucu işitme kılıları ölebilir. İç kulağın içerisinde özel alanda işitme kılı hasarı, kulağın bu bölge tarafından alınan ses frekanslarına karşı duyarlılık kaybı ile ilişkilidir. İşitme hücrelerindeki kısmi hasar, iç kulağın çeşitli yerlerindeki saç hücrelerinin ölümüne yol açar. Bu süreç çok tehlikelidir çünkü ölmüş bir hücre diğer hücrelerin de yıkımına ve iltihap sonucu komşu hücrelerin ölümüne sebep olabilir.

Aşağıdaki resimde hasarsız kontrol işitme kılıları (yukarıda) ve yüksek ses düzeyine maruz kalma nedeniyle hasarlı işitme kılıları (aşağıda). Dış işitme kılılarının ilk satırı, ikinci satıra göre daha ciddi hasarlı. Stereocilia hasarlı (şekil a).



**Şekil 42. İşitme kılı hasarı Fotoğraf © INRS**

Kulak çınlaması:

- İşitme kaybının ilk etkisi ve işareti kulak çınlamasıdır. Herhangi bir ses kulağa gelmediği zaman bile, çınlama duyulur.

Geçici Eşik Kayması (TTS):

- İşitme kollarının aşırı uyarılması sonucu 'geçici eşik kayması' yaşanabilir. Aşırı uyarılmayla işitme eşiği yükselir; gürültü maruziyeti bittikten sonra yavaşça kaybolur. Yükseltilmiş eşik, işitme hassasiyetinde biraz kayıp duygusu olarak hissedilir ve gürültüye bağlı işitme sistemindeki yorgunluğun ilk belirtisidir.

Örnek:

Eşiğin yükselmesi, 80 dB'yi aşan gürültü düzeylerine maruziyete bağlı olarak başlar.

Kalıcı Eşik Kayması (PTS):

- Gürültüye uzun süreli veya tekrarlayan bir şekilde maruz kaldıktan sonra, eşiğin yükselmesi 'kalıcı eşik kayması'na dönüşür. İşitmedeki kalıcı eşik kayması işitme kaybına neden olur.
- İç ve dış işitme kolları yok olduğu zaman meydana gelen tam sağırılık, aynı zamanda sinir lifi dejenerasyonuna da neden olur.

## Dış Faktörlerden Dolayı İşitme Hasarı Örnekleri

İşitmeye geçici veya kalıcı hasar veren kimyasallar, çözücüler, ve tıbbi ilaçlara ototoksik maddeler denir.

- Çoğu endüstriyel çözücüler ototoksiktir.
- Kimyasallar genellikle solunduğunda ya da deri yoluyla emilmesi sonucu kan dolaşımıyla iç kulağa ulaşır.
- İşitme hasarıan neden olduğu bilinen kimyasallar ve çözücü maddeler şunlardır: trikloretilen, ksilen, stiren, toluen, heksan, ve karbon disülfid' dir. İç kulak hasarı, aynı zamanda vücutta genel hipoksi ye de yol açan karbon monoksitten de kaynaklanabilir.

Ototoksik kimyasallar ve gürültü maruziyetinin birleşik etkisi, işitmeye daha fazla zarar verir. Kimyasalın bulunması iç kulakta anormal bir duruma neden olur ve özellikle gürültü ile ilgili mekanik hasarlara karşı savunmasız hale getirir.

- Tolüen, stiren, trikloroetilen, etil benzen, hidrojen siyanür ve karbon monoksit gibi kimyasallar ile gürültü sinerjik olarak etkileşimde bulunur; işitme sistemi üzerinde gürültünün zararlı etkisini artırır. Çözücü karışımlara maruziyetin, işitsel sistem üzerindeki zarar verici etkisini artırdığı görülmektedir.

Bazı ilaçların kullanımı da ototoksik etki üretebilir. İşitme duyusu üzerine zararlı etkisi olduğu bilinen ilaçları kullanan kişiler gürültüye maruz bırakılmamalıdır. İşitme etkileyen ilaçlar: bazı antibiyotikler, kanser tedavisi ilaçları, diüretikler ve kininlerdir. İşitme üzerine birçok ilaqlacın ayrı ayrı etkisi iyi belgelenmiş olmasına rağmen, ilaçların ve gürültünün, işitme üzerinde hiçbir kanıtlanmış kombine sinerjik bir etkisi yoktur.

Örnek:

Gürültü ile kimyasal maddelerin sinerjik etkileşimi, işitme kaybına neden olur. Aşağıda bu kimyasalların bazıları tabloda verilmiştir (Tablo 22).

**Tablo 22. Ototoksik kimyasallar**

| Kimyasal ajan    | Endüstri                                                                                                        |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Trikloretilen    | Endüstriyel metal yağ sökücü                                                                                    |
| Ksilen           | Kimya, petrol, ulaşım, boyama                                                                                   |
| Stiren           | Birçok imalat sanayi (özellikle gıda, kimya, kauçuk ve plastik, vb), ticaret, hizmetler, ulaştırma, inşaat      |
| Tolüen           | Boyama sanayi, kauçuk ve plastik, baskı sektörü                                                                 |
| Hidrojen siyanür | Ekstraksiyon, elektro kimyasal, çelik, metal, üretim (sentetik lifler, plastikler, boyalar, pigmentler, naylon) |
| Karbon disülfür  | Tekstil, tarım                                                                                                  |
| Kurşun           | Madencilik, elektrik                                                                                            |
| Carbon monoksit  | Transport (motor egzozu), itfaiye, çelik, metal işleri,                                                         |

**1. Gürültü ile titreşim arasındaki etkileşim:**

Bilimsel çalışmalar, el-kol titreşimi ve tüm vücut titreşiminin gürültü ile etkileşim halindedir. Ancak, tam doz-yanıt ilişkileri bu etkileşimler için geçerli değildir.

Örneğin, bir inşaat alanında tır sürücülerinin tüm vücut titreşim maruziyeti, maruziyet sınır değerinin üzerindeyse, gürültü ile tüm vücut titreşimi etkileşimi sonucu işitme kaybı riski, sadece gürültü maruziyeti ile oluşan riskten daha yüksektir.(yaklaşık 3 dB)

**İşitme Sistemi Hasarının Etkileri**

İç kulak hasarının çok fazla sayıda sonucu vardır.

- **İşitme eşiğinin yükselmesi:** İşitme eşiğinin yükselmesi, sesin belirli frekanslarda duyumunu azaltır. Değişik tiplerde işitme kayıpları mevcuttur. Ancak en yaygın işitme kaybı, 2-6 kHz aralığındaki frekanslarda endüstriyel gürültüye bağlı işitme kaybıdır ve 'yüksek frekans meyilli işitme kaybı' olarak adlandırılır.



Örnek:

İşitme kaybı nedeniyle işitme eşiği yükselmesi.

- **Gürültüye karşı hassasiyetin artması:** Eşiğin yükselmesi ses şiddeti hissinin anormal artışına neden olur. Normal işiten bir kişi ses seviyelerini geniş bir aralığın üstünde (90 dB) yüksek(gürültülü) olarak adlandırır. Ses, 10 dB SPL düzeyinde zorlukla duyulabilir ancak 100 dB SPL düzeyinde ses istenmeyen bir şekilde yüksektir. 50 dB lik işitme kaybı için, bu oran yaklaşık 40 dB azalacaktır. Bu durumda 60 dB SPL ses zorlukla duyulacaktır ancak 100 dB lik istenmeyen gürültü normal düzeymiş gibi işitilecektir.

Örnek:

Gürültüye hassasiyetin artması, normal konuşma düzeyindeki sesin anlaşılmasını zorlaştırmaktadır, ayrıca müzik algısında da önemli oranda bozulmaya neden olur.

- **Frekans seçiciliğinin azalması:** İşitme kaybı frekans seçiciliğinde azalmaya neden olabilir, farklı frekanslardaki sesleri ayırt etme becerisini azaltır. Normal bir kulak, farklı frekanstaki sesler için iyi ayarlanmış bir frekans alıcısı gibi davranır. Frekans hassasiyetinin kaybı, çeşitli frekanslardaki seslerin ya da bir kısmının birbiriyle karıştırılması anlamına gelir. Frekansı çok farklı olsa bile sesler birbirini maskeler.

- **Zamanla ilgili sesteki değişimleri anlamada zorluk:** Ses, özellikle konuşma, dinamik yapıdadır, ör: ses düzeyleri zamanla sürekli değişmektedir. İşitme kaybı, zamanla ilgili ses değişimlerini takip etmek için bozulmuş işitme yeteneği ile ilişkilidir. Ses algısı bu nedenle bulanıktır.

Örnek:

Farklı frekanstaki seslerin karıştırılması ve sesin zamana bağlı değişikliğin takip edilememesi konuşmanın anlaşılabilirliğini zorlaştırmaktadır. Duyma bozukluğu olan insanların, sosyal ortamlarda (özellikle çoğu insanın aynı anda konuştuğu zaman) konuşmayı anlamakta zorlanmalarının sebeplerinden biri de budur.

- **Ses kaynağının yerinin belirlenmesinde zorluk:** Frekans seçiciliğinin azalması, zamana bağlı ses değişimlerinin algılanmasındaki zorluk ve maskeleyenin artması

gibi sebeplerden dolayı ses kaynağının belirlenmesi, tanımlanması ve yerinin tespiti zorlaşmaktadır.

- **Kulak çınlaması:** İşitmenin bozulmasıyla kulak çınlaması yaşanabilir. Bu durum iç kulak yapısında bölgesel hasara neden olur, böylece işitsel sinir aktivitesi değişir. Kulağa ses iletilmediği zaman, ses algılandığı hissi oluşturmaktadır.

Örnek:

Sıradışı durum olan çınlama, haftanın 7 günü her an hissedilebilir. Çınlama hissi yaşayan insanların %20 si belli bir süre sonra geçerken, %4 'ünde bu bozukluk kalıcı hale gelir.

### **İşitme Kaybı Göstergeleri**

- **İşitme seviyesi:** Klinik standartlarda ve pratikte, işitme kaybı desibel cinsinden HL(işitme seviyesi) ifade edilir, normal işitme seviyesi üzerinde işitme eşiğinin yükselmesi göstergesidir. Örneğin 2000 Hz de 40 dB HL işitme seviyesi, çalışanın işitme eşiğinin bu frekansta normalden 40 dB kadar yüksek olduğu anlamına gelir.

- **Erken işitme kaybı:** Erken evrelerde, gürültü nedeniyle işitme kaybı 4-6 kHz frekans aralığında oluşur. Yaygın uygulamada, bu yüzden 1-6 kHz aralığında odyometrik test önerilir.

- 40 dB HL den fazla işitme kayıplarında genellikle tıbbi tedavi gerekir.

- 60 dB HL den fazla işitme kayıpları ciddi kabul edilir ve kişiye sözlü iletişim için işitme cihazı gereklidir.

- **Yaşlanma süreci:** Gürültüye bağlı işitme kaybı değerlendirilirken, kişinin yaşı nedeniyle işitme hassasiyetindeki normal azalma(presbiakuzi) dikkate alınmalıdır.

- 50 yaş üzerindeki insanlarda işitmenin bozulması genç insanlara göre daha hızlı olmaktadır.

- Presbiakuzi cinsiyete göre değişir, kadınlara oranla erkeklerde daha ciddi olmaktadır.

- **İşitme kaybı yüzdesi:** İşitme kaybı yüzdesi maddi tazminat amaçlı hesaplanır. Çeşitli yöntemler mevcuttur, 500, 1000 ve 2000 Hz odyometrik frekanslarında dB HL

olarak işitme kaybı ortalamasına dayalıdır. Bu üç frekansta işlem yapılmasının sebebi, konuşma aralığı 500-2000 Hz frekansında olduğundan işitme kaybının belirlenmesinde önemlidir.

## **SAHA UYGULAMALARI**

Bu çalışmada önceki kısımlarda anlatılan gürültü ile ilgili risklerden korunulması için yapılacak adımların saha uygulamasına ve çözüme dönüşmüş hali gösterilecektir. Bunun için 2 farklı çalışma alanında çözüm yapılmadan ve yapıldıktan sonraki ve 1 çalışma alanı içinde kıyaslama amaçlı gürültü maruziyeti değerleri ölçülmüştür.

### **Çalışma Alanının Sönümleyici Malzeme ile Kaplanması**

Bu saha çalışmasında Metal işleri atölyesi torna tesviye kısmında, 5 çalışan ve 5 iş istasyonu bulunmaktadır. İş istasyonları perdelerle (7 cm alçıpan + 2 cm taş yünü + 7 cm alçıpan + 2 cm taş yünü) bölünmüş ve yüzeyler ses sönümleyici malzeme (taş yünü 7 cm) ile kaplanarak gürültü kontrolü sağlamaya çalışılmıştır. Gürültü kontrolü yapılmadan önceki çalışanlarda alınan ölçüm sonuçları ve ölçüm detayları aşağıdadır.

- Ölçümler TS EN ISO 9612:2009 standardına göre yapılmış ve ölçüm belirsizliği yine aynı standarta göre hesaplanmıştır.
- Ölçümde 5 adet dozimetre cihazı (tip 2), dozimetre cihazlarının doğrulaması için 1 adet gürültü kalibratörü, cihazların çalışma ortam koşullarında sıcaklık açısından çalışma aralığında olup olmadığını belirlemek için 1 adet termal konfor ölçüm cihazı kullanılmıştır.
- Çalışanlar ortalama aynı gürültüye maruz kaldığından ve sesi etkilemeyecek herhangi bir başka iş istasyonu olmadığından, iş tabanlı ölçüm stratejisi seçilmiştir.
- 5 çalışanın her birinden 30 dk'lık 2 ölçüm alınmasıyla toplam 5 saat ve 10 ölçüm alınmıştır.
- Çalışanların aktif çalışma süresi 7,5 saattir.
- Ölçüm sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 23. İş tabanlı ölçüm sonuçları (önce)**

| Çalışan    | ölçüm sonuçları |                |
|------------|-----------------|----------------|
|            | $L_{eq}$ dB(A)  | Peak dB(C)     |
| 1. Çalışan | 87,5<br>86,3    | 120,1<br>119,3 |
| 2. Çalışan | 84,2<br>86,9    | 110,4<br>108   |
| 3. Çalışan | 88,5<br>87,1    | 115,6<br>118,2 |
| 4. Çalışan | 85,6<br>86,3    | 120,9<br>127   |
| 5. Çalışan | 84,7<br>85,3    | 103,8<br>106,4 |

- 5 kişilik bu homojen maruziyet grubu çalışanlarının günlük tepe ses basınç değeri 127 dB(C)' dir. Günlük maruziyet değeri ve ölçüm belirsizliği aşağıda hesaplanmıştır.

**ISO 9612 Ölçüm belirsizliklerinin değerlendirilmesi (Ek\_C)**  
**İş tabanlı ve tam gün ölçüm**

| Veri girmek için yalnızca sarı hücreleri kullanın |                         | Hesaplamalar<br>(ISO referansları)                                          |                                              |
|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Ölçülen değerler                                  | Gürültü seviyeleri (dB) | Parametreler                                                                |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,1}$ 87,5    | $T_o$ (h) = 8                                                               | Eşitlik C.8 $L_{EX,8h} = 86,1$               |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,2}$ 86,3    | Etkin çalışma süresi (saat)                                                 | Eşitlik 11 $L_{p,A,eqTe} = 86,4$             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,3}$ 84,2    | $T_e = 7,5$                                                                 | Eşitlik C.12 $u_1 = 1,32$                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,4}$ 86,9    | Ölçüm cihazının standart belirsizliği (Tablo C.5)                           | N ve $u_1$ için Tablo C4 $c_1 * u_1 = 0,52$  |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,5}$ 88,5    | $u_2 = 1,5$                                                                 | <b>Birleştirilmiş standart belirsizlik</b>   |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,6}$ 87,1    | Ölçüm pozisyonunun yanlış seçiminden kaynaklanabilecek standart belirsizlik | Belirsizlik kaynakları=                      |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,7}$ 85,6    | $u_3 = 1$                                                                   | 1) Gürültü seviyeleri $(c_1 * u_1)^2 = 0,27$ |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,8}$ 86,3    |                                                                             | 2) Cihaz Q2 $(u_2)^2 = 2,25$                 |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,9}$ 84,7    |                                                                             | 3) Mikrofon pozisyonu Q3 $(u_3)^2 = 1$       |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,10}$ 85,3   |                                                                             | Toplam (C.9) $u^2(L_{EX,8h}) = 3,52$         |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,11}$        |                                                                             | $u(L_{EX,8h}) = 1,9$                         |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,12}$        |                                                                             | $U(L_{EX,8h}) = 1,65 * u(L_{EX,8h}) = 3,1$   |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,13}$        |                                                                             |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,14}$        |                                                                             |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,15}$        |                                                                             |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,16}$        |                                                                             |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,17}$        |                                                                             |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,18}$        |                                                                             |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,19}$        |                                                                             |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,20}$        |                                                                             |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,21}$        |                                                                             |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,22}$        |                                                                             |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,23}$        |                                                                             |                                              |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,24}$        |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,25}$                                  |                         |                                                                             |                                              |
| Ölçülen değer sayısı                              | N = 10                  | Günlük gürültü maruziyet seviyesi                                           | 86,1 dB                                      |
|                                                   |                         | Genişletilmiş belirsizlik                                                   | 3,1 dB                                       |

**Şekil 43. İş tabanlı ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (önce)**

- Yukarıdaki şekle bakıldığında günlük gürültü maruziyet seviyesi **86,1** dB(A) ve genişletilmiş belirsizlik 3,1 dB(A)'dır.
- İyileştirmeler yapıldıktan sonra yine aynı şekilde ölçüm yapılmıştır ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

**Tablo 24. İş tabanlı ölçüm sonuçları (sonra)**

| Çalışan    | ölçüm sonuçları       |                |
|------------|-----------------------|----------------|
|            | L <sub>eq</sub> dB(A) | Peak dB(C)     |
| 1. Çalışan | 81,1<br>82            | 124<br>117,3   |
| 2. Çalışan | 82,3<br>80,4          | 106,8<br>111,4 |
| 3. Çalışan | 83,9<br>82,2          | 116,8<br>110,9 |
| 4. Çalışan | 80,4<br>81,7          | 103,5<br>102,8 |
| 5. Çalışan | 83,1<br>81.5          | 119,3<br>114,6 |

- 5 kişilik bu homojen maruziyet grubu çalışanlarının günlük tepe ses basınç değeri 124 dB(C)' dir. Günlük maruziyet değeri ve ölçüm belirsizliği aşağıda hesaplanmıştır.

**ISO 9612 Ölçüm belirsizliklerinin değerlendirilmesi (Ek\_C)**  
İş tabanlı ve tam gün ölçüm

| Veri girmek için yalnızca sarı hücreleri kullanın |                         | Hesaplamalar<br>(ISO referansları)                                          |                                             |
|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Ölçülen değerler                                  | Gürültü seviyeleri (dB) | Parametreler                                                                |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,1}$         | $T_o (h) =$                                                                 | Eşitlik C.8 $L_{EX,8h} =$                   |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,2}$         | 8                                                                           | Eşitlik 11 $L_{p,A,eqTe} =$                 |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,3}$         | Etkin çalışma süresi (saat)                                                 | Eşitlik C.12 $u_1 =$                        |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,4}$         | $T_e =$                                                                     | N ve u1 için Tablo C4 $c_1 \cdot u_1 =$     |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,5}$         | 7,5                                                                         |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,6}$         | Ölçüm cihazının standart belirsizliği (Tablo C.5)                           |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,7}$         | $u_2 =$                                                                     | <b>Birleştirilmiş standart belirsizlik</b>  |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,8}$         | 1,5                                                                         | Belirsizlik kaynakları=                     |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,9}$         | Ölçüm pozisyonunun yanlış seçiminden kaynaklanabilecek standart belirsizlik | 1) Gürültü seviyeleri $(c_1 \cdot u_1)^2 =$ |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,10}$        | $u_3 =$                                                                     | 2) Cihaz Q2 $(u_2)^2 =$                     |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,11}$        | 1                                                                           | 3) Mikrofon pozisyonu Q3 $(u_3)^2 =$        |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,12}$        |                                                                             | Toplam (C.9) $u^2(L_{EX,8h}) =$             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,13}$        |                                                                             | $u(L_{EX,8h}) =$                            |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,14}$        |                                                                             | $U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h}) =$  |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,15}$        |                                                                             |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,16}$        |                                                                             |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,17}$        |                                                                             |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,18}$        |                                                                             |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,19}$        |                                                                             |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,20}$        |                                                                             |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,21}$        |                                                                             |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,22}$        |                                                                             |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,23}$        |                                                                             |                                             |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,24}$        |                                                                             |                                             |
| $L_{p,A,eqT,25}$                                  |                         |                                                                             |                                             |
| Ölçülen değer sayısı                              | N =                     | Günlük gürültü maruziyet seviyesi                                           | 81,7 dB                                     |
|                                                   | 10                      | Genişletilmiş belirsizlik                                                   | 3,1 dB                                      |

**Şekil 44. İş tabanlı ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (sonra)**

- Yukarıdaki şekle bakıldığında günlük gürültü maruziyet seviyesi 81,7 dB(A) ve genişletilmiş belirsizlik 3,1 dB(A)'dır.

**İş Ekipmanının Sönümleyici Malzeme ile Kaplanması**

Bir boya atölyesinde 1 çalışan, küçük kompozit plakaları boya tabancası kullanarak boyamaktadır ve basınçlı hava üreten kompresör çalışma alanı içerisinde. Kompresörden yayılan gürültüyü azaltmak için kompresörün yapıya temas eden alt yüzeyi anti-titreşim askı aparatlarıyla (titreşim sönümleyici yay) desteklenmiş ve kompresör sönümleyici malzeme (3 cm taş yünü) ile kaplanan bir muhafaza (dolap) içerisine alınmıştır. Gürültü kontrolü yapılmadan önceki çalışanlarda alınan ölçüm sonuçları ve ölçüm detayları aşağıdadır.

- Ölçümler TS EN ISO 9612:2009 standardına göre yapılmış ve ölçüm belirsizliği yine aynı standarda göre hesaplanmıştır.

- Ölçümde 1 adet ses seviye ölçer cihazı (tip 1), cihazın doğrulaması için 1 adet gürültü kalibratörü, cihazların çalışma ortam koşullarında sıcaklık açısından çalışma aralığında olup olmadığını belirlemek için 1 adet termal konfor ölçüm cihazı kullanılmıştır.
- Çalışan tek başına çalıştığından, yapılan iş, alt görevlerine bölünebildiğinden ve sesi etkileyecek herhangi bir başka iş istasyonu olmadığından, görev tabanlı ölçüm stratejisi seçilmiştir.
- Çalışan 3 alt görev yapmaktadır: iş planlama-1,5 saat; kesim-3 saat; boyama-3 saat.
- Ölçümler, her alt görevden 3 X 5 dk'lık toplam 45 dk olacak şekilde yapılmıştır. Ölçüm sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 25. Görev tabanlı ölçüm sonuçları (önce)**

| Görev       | ölçüm sonuçları |            |
|-------------|-----------------|------------|
|             | Leq dB(A)       | Peak dB(C) |
| İş planlama | 57,1            | 90,4       |
|             | 58,2            | 86,3       |
|             | 57,3            | 88,1       |
| Kesim       | 78,4            | 87,3       |
|             | 75,9            | 92,5       |
|             | 77,5            | 81,4       |
| Boyama      | 91,2            | 138,2      |
|             | 92,9            | 130,9      |
|             | 91,8            | 136,4      |

- Çalışanın günlük tepe ses basınç değeri **138,2 dB(C)**' dir. Günlük maruziyet değeri ve ölçüm belirsizliği aşağıda hesaplanmıştır.

ISO 9612 Ölçüm belirsizliklerinin değerlendirilmesi (Ek\_C)  
Görev tabanlı ölçüm

Belirsizlik hesaplamaları  
Tüm değerler "Görev veri girdisi" bölümüne göre hesaplanır

Günlük gürültü maruziyet seviyesi  
Genişletilmiş belirsizlik

87,9 dB  
2,1 dB

Görev sayısı 3  
Günlük toplam süre (saat) 7,5

| Belirsizlik raporu                        | (referans)           | semboller, ilişkiler | Görev 1                   | Görev 2 | Görev 3 | Görev 4 | Görev 5 | Görev 6 | Görev 7 |
|-------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Gürültü seviyesi                          | Standart belirsizlik | (C.6)                | $U_{1a,m}$                | 0,34    | 0,73    | 0,50    |         |         |         |
|                                           | Hassasslık katsayısı | (C.4)                | $C_{1a,m}$                | 0,00    | 0,03    | 0,97    |         |         |         |
| Süre                                      | Standart belirsizlik | (C.7)                | $U_{1b,m}$                | 0,00    | 0,00    | 0,00    |         |         |         |
|                                           | Hassasslık katsayısı | (C.5)                | $C_{1b,m}$                | 0,00    | 0,05    | 1,40    |         |         |         |
| Gürültü seviyelerinin belirsizlik katkısı |                      |                      | $C_{1a,m} \cdot U_{1a,m}$ | 0,00    | 0,02    | 0,48    |         |         |         |
| Görev sürelerinin belirsizlik katkısı     |                      |                      | $C_{1b,m} \cdot U_{1b,m}$ | 0,00    | 0,00    | 0,00    |         |         |         |
| Ölçüm cihazının belirsizlik katkısı       |                      |                      | $C_{1a,m} \cdot U_{2,m}$  | 0,00    | 0,02    | 0,68    |         |         |         |
| Ölçüm pozisyonunun belirsizlik katkısı    |                      |                      | $C_{1a,m} \cdot U_3$      | 0,00    | 0,03    | 0,97    |         |         |         |

| Sonuçlar                          | Görev adı   | Görev 1                       | Görev 2 | Görev 3 | Görev 4 | Görev 5 | Görev 6 | Görev 7 |
|-----------------------------------|-------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                   |             | İş planlama                   | Kesim   | Boyama  |         |         |         |         |
| Ortalam gürültü seviyesi (dB)     | (9.3 : (7)) | $L_{p,A,eqT,m}$               | 57,6    | 77,4    | 92,0    |         |         |         |
| Süre (saat)                       | (9.2 : (5)) | $T_m$                         | 1,5     | 3,0     | 3,0     |         |         |         |
| m görevinin $L_{EX,8}$ 'e katkısı | (9.4 : (8)) | $L_{EX,8h,m}$                 | 50,6    | 73,4    | 88,0    |         |         |         |
| Belirsizlik katkısı               |             |                               |         |         |         |         |         |         |
| Gürültü seviyesi                  |             | $(C_{1a,m} \cdot U_{1a,m})^2$ | 0,00    | 0,00    | 0,23    |         |         |         |
| Süre                              |             | $(C_{1b,m} \cdot U_{1b,m})^2$ | 0,00    | 0,00    | 0,00    |         |         |         |
| Ölçüm cihazı                      |             | $(C_{1a,m} \cdot U_{2,m})^2$  | 0,00    | 0,00    | 0,46    |         |         |         |
| Ölçme pozisyonu                   |             | $(C_{1a,m} \cdot U_3)^2$      | 0,00    | 0,00    | 0,93    |         |         |         |
| Her m görevinin toplamı           |             | $u^2(L_{EX,8h})_m$            | 0,00    | 0,00    | 1,62    |         |         |         |

Tüm görevlerin toplamı (C.3)  $u^2(L_{EX,8h}) = 1,63$   
0  $u(L_{EX,8h}) = 1,3$  dB  
Günlük gürültü maruziyet seviyesi (C.2)  $L_{EX,8h} = 87,9$  dB  
Genişletilmiş belirsizlik  $U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h}) = 2,1$  dB

Şekil 45. Görev tabanlı ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (önce)

- Yukarıdaki şekle bakıldığında günlük gürültü maruziyet seviyesi 87,9 dB(A) ve genişletilmiş belirsizlik 2,1 dB(A)'dır.
- İyileştirmeler yapıldıktan sonra yine aynı şekilde ölçüm yapılmıştır ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Tablo 26. Görev tabanlı ölçüm sonuçları (sonra)

| Görev       | ölçüm sonuçları |            |
|-------------|-----------------|------------|
|             | Leq dB(A)       | Peak dB(C) |
| İş planlama | 56,9            | 87,3       |
|             | 55,2            | 89,5       |
|             | 55,8            | 92,7       |
| Kesim       | 79,5            | 90,4       |
|             | 77,3            | 96,2       |
|             | 78,1            | 93,8       |
| Boyama      | 81,5            | 120,3      |
|             | 80,7            | 119,6      |
|             | 80,9            | 121,5      |



- Çalışanın günlük tepe ses basınç değeri 121,5 dB(C)' dir. Günlük maruziyet değeri ve ölçüm belirsizliği aşağıda hesaplanmıştır.

**ISO 9612 Ölçüm belirsizliklerinin değerlendirilmesi (Ek\_C)**  
**Görev tabanlı ölçüm**

**Belirsizlik hesaplamaları**

Tüm değerler "Görev veri girdisi" bölümüne göre hesaplanır

**Günlük gürültü maruziyet seviyesi**  
**Genişletilmiş belirsizlik**

**78,7** dB  
**1,6** dB

Görev sayısı **3**  
Günlük toplam süre (saat) **7,5**

| Belirsizlik raporu                        | (referans)           | semboller, ilişkiler | Görev 1                   | Görev 2 | Görev 3 | Görev 4 | Görev 5 | Görev 6 | Görev 7 |
|-------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Gürültü seviyesi                          | Standart belirsizlik | (C.6)                | $U_{1a,m}$                | 0,50    | 0,64    | 0,24    |         |         |         |
|                                           | Hassasslık katsayısı | (C.4)                | $C_{1a,m}$                | 0,00    | 0,35    | 0,65    |         |         |         |
| Süre                                      | Standart belirsizlik | (C.7)                | $U_{1b,m}$                | 0,00    | 0,00    | 0,00    |         |         |         |
|                                           | Hassasslık katsayısı | (C.5)                | $C_{1b,m}$                | 0,00    | 0,51    | 0,94    |         |         |         |
| Gürültü seviyelerinin belirsizlik katkısı |                      |                      | $C_{1a,m} \cdot U_{1a,m}$ | 0,00    | 0,23    | 0,16    |         |         |         |
| Görev sürelerinin belirsizlik katkısı     |                      |                      | $C_{1b,m} \cdot U_{1b,m}$ | 0,00    | 0,00    | 0,00    |         |         |         |
| Ölçüm cihazının belirsizlik katkısı       |                      |                      | $C_{1a,m} \cdot U_{2,m}$  | 0,00    | 0,25    | 0,45    |         |         |         |
| Ölçüm pozisyonunun belirsizlik katkısı    |                      |                      | $C_{1a,m} \cdot U_3$      | 0,00    | 0,35    | 0,65    |         |         |         |

| Sonuçlar                       |                         | Görev adı                     | Görev 1    | Görev 2 | Görev 3 | Görev 4 | Görev 5 | Görev 6 | Görev 7 |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                |                         |                               | İş planlam | Kesim   | Boyama  |         |         |         |         |
| Ortalama gürültü seviyesi (dB) | ( 9.3 : (7) )           | $L_{p,A,eqT,m}$               | 56,0       | 78,4    | 81,0    |         |         |         |         |
| Süre (saat)                    | ( 9.2 : (5) )           | $T_m$                         | 1,5        | 3,0     | 3,0     |         |         |         |         |
| m görevinin Lex,8 'e katkısı   | (9.4 : (8) )            | $L_{EX,8h,m}$                 | 49,0       | 74,4    | 77,1    |         |         |         |         |
| Belirsizlik katkısı            |                         |                               |            |         |         |         |         |         |         |
|                                | Gürültü seviyesi        | $(C_{1a,m} \cdot U_{1a,m})^2$ | 0,00       | 0,05    | 0,02    |         |         |         |         |
|                                | Süre                    | $(C_{1b,m} \cdot U_{1b,m})^2$ | 0,00       | 0,00    | 0,00    |         |         |         |         |
|                                | Ölçüm cihazı            | $(C_{1a,m} \cdot U_{2,m})^2$  | 0,00       | 0,06    | 0,21    |         |         |         |         |
|                                | Ölçme pozisyonu         | $(C_{1a,m} \cdot U_3)^2$      | 0,00       | 0,12    | 0,42    |         |         |         |         |
|                                | Her m görevinin toplamı | $u^2 (L_{EX,8h})_m$           | 0,00       | 0,24    | 0,65    |         |         |         |         |

Tüm görevlerin toplamı (C.3)  $u^2 (L_{EX,8h}) = 0,88$   
0  
Günlük gürültü maruziyet seviyesi (C.2)  $L_{EX,8h} = 78,7$  dB  
Genişletilmiş belirsizlik  $U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h}) = 1,6$  dB

**Şekil 46. Görev tabanlı ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (sonra)**

- Yukarıdaki şekle bakıldığında günlük gürültü maruziyet seviyesi 78,7 dB(A) ve genişletilmiş belirsizlik 1,6 dB(A)'dır.

**İş Ekipmanının Sessiz Olanla Değiştirilmesi**

Bir fabrikanın depo, açık alan, malzeme yükleme-indirme, vb. işlerini yürüten 1 adet forklift çalışanı vardır. Fabrikada içten yanmalı motorlu ve elektrik motorlu olmak üzere iki adet forklift bulunmaktadır. Bu çalışmada aynı sürücü tarafından 5 gün boyunca içten yanmalı motorlu forkliftte ve 5 gün boyunca da elektrik motorlu forkliftte çalışan sürücünün gürültü maruziyeti ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları ve ölçüm detayları aşağıdadır.

- Ölçümler TS EN ISO 9612:2009 standardına göre yapılmış ve ölçüm belirsizliği yine aynı standarda göre hesaplanmıştır.
- İlk olarak içten yanmalı motorlu forkliftle yapılan çalışmada ölçüm alınmıştır.
- Ölçümde 1 adet dozimetre cihazı (tip 2), dozimetre cihazının doğrulaması için 1 adet gürültü kalibratörü, cihazların çalışma ortam koşullarında sıcaklık açısından çalışma aralığında olup olmadığını belirlemek için 1 adet termal konfor ölçüm cihazı kullanılmıştır.
- Çalışan tek başına çalıştığından, yapılan iş, alt görevlerine bölünemediğinden ve sesi etkileyecek başka iş istasyonları olduğundan, Tam gün ölçüm stratejisi seçilmiştir.
- Çalışandan 3 gün boyunca ölçüm alınmış ancak 3 ölçüm sonucunda 3 dB'lik fark olduğundan 2 gün daha ölçüm alınarak toplam 5 gün ölçüm alınmıştır. Ölçüm sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 27. Tam gün ölçüm sonuçları (içten yanmalı)**

| Ölçüm günü | ölçüm sonuçları |            |
|------------|-----------------|------------|
|            | $L_{eq}$ dB(A)  | Peak dB(C) |
| 1.gün      | 87,3            | 130        |
| 2.gün      | 89,5            | 136,8      |
| 3.gün      | 83,6            | 124,9      |
| 4.gün      | 86,9            | 128,4      |
| 5.gün      | 85,1            | 118,5      |

- Çalışanın günlük tepe ses basınç değeri **136,8** dB(C)' dir. Günlük maruziyet değeri ve ölçüm belirsizliği aşağıda hesaplanmıştır.

**ISO 9612 Ölçüm belirsizliklerinin değerlendirilmesi (Ek\_C)**  
İş tabanlı ve tam gün ölçüm

**Veri girmek için yalnızca sarı hücreleri kullanın**

| Ölçülen değerler     | Gürültü seviyeleri (dB) | Parametreler                                                                | Hesaplamalar (ISO referansları)              |
|----------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| $L_{p,A,eqT,1}$      | 87,3                    | $T_o (h) =$ 8                                                               | Eşitlik C.8 $L_{EX,8h} =$ 86,7               |
| $L_{p,A,eqT,2}$      | 89,5                    |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,3}$      | 83,6                    | Etkin çalışma süresi (saat)                                                 | Eşitlik 11 $L_{p,A,eqT_e} =$ 86,9            |
| $L_{p,A,eqT,4}$      | 86,9                    | $T_e =$ 7,5                                                                 | Eşitlik C.12 $u_1 =$ 2,25                    |
| $L_{p,A,eqT,5}$      | 85,1                    |                                                                             | N ve $u_1$ için Tablo C4 $c_1 * u_1 =$ 2,06  |
| $L_{p,A,eqT,6}$      |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,7}$      |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,8}$      |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,9}$      |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,10}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,11}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,12}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,13}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,14}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,15}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,16}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,17}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,18}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,19}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,20}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,21}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,22}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,23}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,24}$     |                         |                                                                             |                                              |
| $L_{p,A,eqT,25}$     |                         |                                                                             |                                              |
|                      |                         | Ölçüm cihazının standart belirsizliği (Tablo C.5)                           | <b>Birleştirilmiş standart belirsizlik</b>   |
|                      |                         | $u_2 =$ 1,5                                                                 | Belirsizlik kaynakları=                      |
|                      |                         |                                                                             | 1) Gürültü seviyeleri $(c_1 * u_1)^2 =$ 4,24 |
|                      |                         |                                                                             | 2) Cihaz Q2 $(u_2)^2 =$ 2,25                 |
|                      |                         |                                                                             | 3) Mikrofon pozisyonu Q3 $(u_3)^2 =$ 1       |
|                      |                         | Ölçüm pozisyonunun yanlış seçiminden kaynaklanabilecek standart belirsizlik | Toplam (C.9) $u^2(L_{EX,8h}) =$ 7,49         |
|                      |                         | $u_3 =$ 1                                                                   | $u(L_{EX,8h}) =$ 2,7                         |
|                      |                         |                                                                             | $U(L_{EX,8h}) = 1,65 * u(L_{EX,8h}) =$ 4,5   |
| Ölçülen değer sayısı | N = 5                   | Günlük gürültü maruziyet seviyesi                                           | 86,7 dB                                      |
|                      |                         | Genişletilmiş belirsizlik                                                   | 4,5 dB                                       |

**Şekil 47. Tam gün ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (içten yanmalı)**

- Yukarıdaki şekle bakıldığında günlük gürültü maruziyet seviyesi 86,7 dB(A) ve genişletilmiş belirsizlik 4,5 dB(A)'dır.
- Aynı şekilde elektrik motorlu forklift içinde ölçüm yapılmıştır ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

**Tablo 28. Tam gün ölçüm sonuçları (elektrikli)**

| Ölçüm günü | ölçüm sonuçları |            |
|------------|-----------------|------------|
|            | $L_{eq}$ dB(A)  | Peak dB(C) |
| 1.gün      | 80,1            | 125,7      |
| 2.gün      | 78,6            | 120,4      |
| 3.gün      | 75,4            | 113,6      |
| 4.gün      | 77,8            | 114,4      |
| 5.gün      | 77,3            | 124,6      |

- Çalışanın günlük tepe ses basınç değeri 125,7 dB(C)' dir. Günlük maruziyet değeri ve ölçüm belirsizliği aşağıda hesaplanmıştır.

**ISO 9612 Ölçüm belirsizliklerinin değerlendirilmesi (Ek\_C)**  
**İş tabanlı ve tam gün ölçüm**

| Veri girmek için yalnızca sarı hücreleri kullanın |                         |                                                                             | Hesaplamalar<br>(ISO referansları)         |                    |
|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
| Ölçülen değerler                                  | Gürültü seviyeleri (dB) | Parametreler                                                                |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,1}$         | $T_o (h) =$                                                                 | Eşitlik C.8                                | $L_{EX,8h} =$      |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,2}$         |                                                                             |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,3}$         | Etkin çalışma süresi (saat)                                                 | Eşitlik 11                                 | $L_{p,A,eqTe} =$   |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,4}$         | $T_e =$                                                                     | Eşitlik C.12                               | $u_1 =$            |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,5}$         |                                                                             | N ve $u_1$ için Tablo C4                   | $c_1 * u_1 =$      |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,6}$         |                                                                             | <b>Birleştirilmiş standart belirsizlik</b> |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,7}$         | Ölçüm cihazının standart belirsizliği (Tablo C.5)                           | Belirsizlik kaynakları=                    |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,8}$         | $u_2 =$                                                                     | 1) Gürültü seviyeleri                      | $(c_1 * u_1)^2 =$  |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,9}$         |                                                                             | 2) Cihaz Q2                                | $(u_2)^2 =$        |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,10}$        | Ölçüm pozisyonunun yanlış seçiminden kaynaklanabilecek standart belirsizlik | 3) Mikrofon pozisyonu Q3                   | $(u_3)^2 =$        |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,11}$        | $u_3 =$                                                                     | Toplam (C.9)                               | $u^2(L_{EX,8h}) =$ |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,12}$        |                                                                             |                                            | $u(L_{EX,8h}) =$   |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,13}$        |                                                                             | $U(L_{EX,8h}) = 1,65 * u(L_{EX,8h}) =$     |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,14}$        |                                                                             |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,15}$        |                                                                             |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,16}$        |                                                                             |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,17}$        |                                                                             |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,18}$        |                                                                             |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,19}$        |                                                                             |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,20}$        |                                                                             |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,21}$        |                                                                             |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,22}$        |                                                                             |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,23}$        |                                                                             |                                            |                    |
|                                                   | $L_{p,A,eqT,24}$        |                                                                             |                                            |                    |
| $L_{p,A,eqT,25}$                                  |                         |                                                                             |                                            |                    |
| Ölçülen değer sayısı                              | N =                     | Günlük gürültü maruziyet seviyesi                                           |                                            |                    |
|                                                   |                         | Genişletilmiş belirsizlik                                                   |                                            |                    |

**Şekil 48. Tam gün ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (elektrikli)**

- Yukarıdaki şekle bakıldığında günlük gürültü maruziyet seviyesi 77,8 dB(A) ve genişletilmiş belirsizlik 3,8 dB(A)'dır.

## TARTIŞMA

Bu çalışma, daha önce yapılmış olan farklı örnekler incelenerek, yapılacak iyileştirmelerin sonucu tahmin edilmeye çalışılarak yapılmıştır. İncelenen örneklerden bazıları, yapılan çalışmaya benzer nitelikte olduğundan aşağıda açıklanmıştır.

Almanya IFA Enstitüsü, bünyesinde bulunan iş hijyeni laboratuvarlarıyla çalışma hayatını 'danışmanlık' hizmetiyle desteklemektedir. Gürültü laboratuvarı bu hizmetlerin arasındadır. Gürültü simülasyon programıyla ölçülen verilerin analizini, iyileştirme yöntemini, kullanılacak malzemeyi ve fayda-maliyet analizini yapmaktadır. IFA'nın, metal sektöründe yaptığı bir çalışmada, çok fazla iş istasyonunun bir arada olduğu bir atölye seçilmiştir. Çalışanlar doğrudan sesin aynı sıra yankılanan sese de maruz kalmaktadırlar. Ölçümler yapılmış, veriler simülasyon programında değerlendirildiğinde: iş istasyonlarının sönümleyici malzemeden oluşan bariyerlerle ayrılması, ve tavana asılan tipte sönümleyici malzemeler kullanılarak yankının azaltılması iyileştirmesi yapılmış ve böylelikle gürültü maruziyeti 'en yüksek maruziyet eylem değeri'nden aşağı çekilmiştir.

İngiltere HSE'nin yaptığı gürültü azaltım çalışmalarından bazıları aşağıdadır;

- Bir bira üreten fabrikanın depo kısmında fiçilerin istiflenmesi ile görevli çalışanların gürültü maruziyeti değerlendirildiğinde tepe ses basınç değerinin 'maruziyet sınır değeri'ni aştığı görülmüştür. Bu maruziyetin sebebi yüksekte yere düşen fiçilerdir. Çalışanlarla yapılan görüşmede günde ortalama 20'ye yakın fiçinin düştüğü anlaşılmıştır. Çözüm olarak depo alanında fiçi düşmesini engelleyecek otomasyonlu istifleme sistemi pahalı olduğundan tüm zemin ses

sönümleme etkisi olan ve yapılan işleri aksatmayacak kauçuk malzeme ile kaplanmıştır.

- Hidrolik kol üreten bir fabrikada en son ürüne marka(isim) yazma işlemi, pnömatik bir metal yazıcıyla çalışan tarafından yapılmaktaydı. Çalışanın gürültü maruziyeti ölçüldüğünde maruziyet sınır değerini aşmaktaydı. HSE pnömatik metal yazıcının, mekanik bir metal yazıcıyla değiştirilmesini önerdi. Böylece çalışanın gürültü maruziyeti 'maruziyet sınır değeri'nden 'en yüksek maruziyet eylem değeri'ne düşmüştür. Ancak yine de maruziyet yüksek olduğundan çalışana uygun kulak koruyucu sağlanmıştır.

Yukarıdaki örnekler baz alınarak, yapılan bu çalışmada 3 farklı iş yerinde ölçümler alınmış ve gürültü kontrolü için kıyaslamalarda bulunulmuştur. Çalışma alanlarında gürültü ile ilgili risk değerlendirmesi sonucuna göre yapılan ölçümler, ölçüm süreleri ve ölçüm belirsizliği TS EN ISO 9612:2009 standardına göre yapılmıştır. İlk 2 çalışma alanında önceki ve sonraki gürültü değerleri kıyaslanmış ve 3. Çalışma alanında iki iş ekipmanının değerleri arasında kıyaslama yapılmıştır.

Çalışma alanının sönümleyici malzeme ile kaplanması çalışmasından önce gürültü değerleri iş tabanlı ölçüm stratejisi kullanılarak bulunmuş ve tablo 23 de görüldüğü gibi tepe ses basıncı yönetmelikte verilen en düşük eylem değerini aşmadığı görülmüştür. Ancak yine aynı tablo 23 deki değerlerden günlük gürültü maruziyet değerinin yönetmelikte verilen en yüksek maruziyet eylem değerini, hatta ölçüm belirsizliği, ölçüm sonucuna eklendiğinde maruziyet sınır değerini aştığı görülmüştür. Bu duruma göre çalışanlar gürültü ile ilgili risk altında demektir. Ölçüm sonuçlarını değerlendiren işveren, gürültü ile mücadele etmek için çalışma alanındaki yankıyı azaltma ve gürültülerin birleşerek artmasını önlemek amacıyla, iş alanlarını ses perdeleri ile birbirinden ayırmış ve çalışma alanını gürültü sönümleyici malzeme ile kaplamıştır. Bu iyileştirmeden sonra aynı standart ve şekilde gürültü ölçümleri yapılmış ve bu ölçüm sonuçları tablo 24'te verilmiştir. Bu tablodaki sonuçlara göre günlük gürültü maruziyeti hesaplanmış ve sonucun, ölçüm belirsizliği eklense dahi, en yüksek maruziyet eylem değerini aşmadığı görülmüştür. Ancak en düşük maruziyet eylem değerinin aşıldığı belirlenmiş, bu durumda işveren, çalışanlara kulak koruyucu sağlamıştır.

İkinci çalışma, iş ekipmanının sönümleyici malzeme ile kaplanmasıdır. Bu çalışmada çalışma alanı içerisinde bulunan kompresörden dolayı, çalışanın günlük gürültü maruziyetinin, yönetmelikte verilen maruziyet sınır değerini aştığı, yapılan ölçüm sonucuna göre tablo 25'teki verilerin hesabı sonucu gösterilmiştir. Aynı zamanda çalışanın maruz kaldığı tepe ses basıncı yönetmelikte verilen en yüksek maruziyet eylem değerini aştığı görülmüştür. Ölçüm sonuçlarının verildiği tablo 25'e bakıldığında en çok gürültülü görevin boyama işlemi sırasında kompresörün çalışmasıyla olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre yapılan bir değerlendirmede, maruziyetin kaynağının kompresör olduğu kolayca bulunmuştur. İşveren, gürültü-titreşim arasındaki etkileşimden doğan maruziyeti ve kompresörün gürültü emisyonunu azaltmaya çalışmıştır. Bunun için kompresörün gürültüsünü sönümleyici malzemeye kaplı bir dolabın içine, bağlantı kablo ve borularına dikkat ederek, yerleştirmiş ve kompresörün altına anti-titreşim askı aparatı olan yay konuşturmuştur. Bu sayede çalışanın tepe ses basınç değeri ve günlük gürültü maruziyeti, yönetmelikte verilen en düşük maruziyet eylem değerinin altında düştüğü tablo 26'da görülmüştür.

İş ekipmanının sessiz olanla değiştirilmesi çalışması, aynı işi yapan aynı kapasiteye sahip ancak gürültü emisyonu birbirinden farklı iki forkliftin karşılaştırılmasıyla yapılmıştır. Bu işlem için içten yanmalı motora sahip bir forkliftle çalışan personelin 5 gün boyunca gürültü ölçümü, tam gün ölçüm stratejisine göre yapılmış ve sonuçlar tablo 27'de verilmiştir. Buna göre çalışanın maruz kaldığı tepe ses basıncı yönetmelikte verilen en düşük maruziyet eylem değerini aştığı görülmüştür. Aynı şekilde tablodan günlük gürültü maruziyeti hesaplandığında gürültünün, en yüksek maruziyet eylem değerini aştığını görülmüştür. Hatta ölçüm belirsizliği değeri sonuca eklenirse maruziyet sınır değerini aşacağı açıktır. Aynı çalışanın elektrikli motora sahip bir forkliftle 5 gün boyunca aynı şekilde gürültü maruziyeti ölçülmüş ve elde edilen değerler tablo 28'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre hem tepe ses basınç değerinin hem de günlük maruziyet değerinin yönetmelikte verilen değerlerden az olduğu bulunmuştur.

Bu üç çalışmada üretim ve metal sektörlerinde yapıldığından gürültü kontrol çalışması yapılmadan önceki değerlerin yönetmelikteki değerleri aşması beklenen bir durumdur. Gürültü kontrol çalışması yapıldıktan sonraki düşük değerler yine de insan

sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu düşük değerleri kalıcı olabilmesi için yapılan uygulamaların zamanında bakım ve kontrollerinin yapılması gereklidir. Aynı zamanda çalışanların işitme testleri uygun aralıklarda yapılmalıdır.



## SONUÇLAR

Bu çalışmada, 'çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik'te bulunan hükümler açıklanmaya çalışılmıştır. Bu hükümlerin tamamı yerine getirildiğinde, çalışanların gürültünün kötü etkilerinden korunacağı saha uygulamalarıyla açıklanmıştır.

Çalışmanın yapıldığı sektör metal- üretim'dir. Ancak gürültü maruziyeti inşaat, maden, gıda, vb. diğer sektörlerde de ciddi oranda gürültü maruziyetine bağlı meslek hastalığı, iş kazası, kapasite düşmesi gibi riskler mevcuttur. Bu risklerin ortadan kaldırılmasında 'çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmeliğin' tek başına düşünölemeyeceğı, ilgili diğer mevzuatlarında risk değerlendirmesi, sessiz iş ekipmanı alımı ve kulak koruyucu seçiminde bu yönetmeliğı destekleyeceği örneklerle açıklanmıştır.

Yapılan saha çalışmalarında titreşimin önlenmesi, içten yanmalı motor yerine elektrikli motor kullanılması, sadece gürültüyle değil aynı zamanda çalışma alanındaki diğer hijyen parametreleriyle mücadeleye de katkıda bulunduğı gözlenmiştir. Böylece tek bir parametrenin risklerinin önlenmeye çalışılması diğer parametrelerin risklerinin de önlenebileceğinin belki de tek bir değışiklikle çok sayıda riskten kaçınılabileceğinin mümkün olacağını göstermiştir.

İş sağığı ve güvenliğı yaklaşımına göre ilk olarak risk kaynağında yok edilmeli veya azaltılmalıdır, bu işlem yapılamıyorsa kaynakla çalışan birbirinden ayrılmalıdır. Bu işlem de yapılmazsa en son kişisel koruyucu donanım kullanılmalıdır. Yapılan

Çalışmaların şekline bakıldığında hepsi de toplu korumaya yani bu yaklaşıma uygun yapılmıştır. Ancak yine de gerekli olan durumlarda kulak koruyucu kullanılmalıdır.

Saha çalışmalarının tümü yönetmeliğin hükümleri tamamıyla uygulanarak yapılmıştır (cihaz özellikleri, risk değerlendirmesi, ölçümün yapılışı, ölçüm sonuçlarının yorumlanması ve gürültü kontrol eylemleri). Eğer düzgün gürültü kontrolü yapılırsa gürültü maruziyetinin düşük olacağı böylece çalışanların sağlık ve güvenliğinin gürültüye bağlı risklerden korunacağı görülmüştür. Sonuç olarak saha uygulamaları göstermiştir ki, 'çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik' hükümlerine koşulsuz uyulursa çalışanlar, gürültünün zararlı etkilerinden azami seviyede korunabilir.

## KAYNAKLAR

1. COM(2003) 3297 ,2003, O.J. No L 238 of 25.09.2003, sayfa 28.
2. Özgüven, Nevzat,Endüstriyel gürültü kontrolü. - Ankara: TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 1986. - 178 s.
3. Acoustics and noise control B. J. Smith, R. J. Peters and S. Owen. UK, Longman, 1995
4. Controlling noise at work — The control of noise at work regulations 2005 Guidance on regulations, L 108 HSE, 2005
5. Fundamentals of acoustics L. Kinsler, A. Frey, A. Coppens and J. Sanders UK, Wiley, 1999
6. Noise control in industry Sound Research Laboratories UK, E. and F. N. Spon Ltd
7. Protect your hearing or lose it! Pocket card (INDG363(rev1)) HSE, 2005
8. Sound solutions — Techniques to reduce noise at work HSE Books UK, HSE Books, 1995
9. An Introduction to psychology of hearing B. C. J. Moore Academic Press, 2003
10. Handbook of noise control C. M. Harris USA, McGraw-Hill, 1979
11. İstihdam Genel Müdürlüğü, Sosyal İşler ve Eşit Fırsatlar İş Birimi Sağlığı, Güvenliği ve Hijyen için Web Sitesi:  
[http://ec.europa.eu/employment\\_social/health\\_safety/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/employment_social/health_safety/index_en.htm)
12. İşletme ve Sanayi Genel Müdürlüğü Web Sitesi:  
[http://ec.europa.eu/enterprise/mechan\\_equipment/ppe/index.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/mechan_equipment/ppe/index.htm)

**13.** European Agency for Safety and Health at Work (EU):

<http://osha.europa.eu/>

**14.** Sorgu, A.G., Hagiwara, I. and alışkan, M., Analysis of Sound Fields inside Acoustically-Structured Coupled Enclosed Spaces Excited by Structural and/or Acoustical Means. "TITech COE/Super Mechano-Systems Workshop'99", (1999), p.324-331.

**15.** Noise Control of Backhoe Loader. Msc Thesis. Kamil Alper Yalinkaya. (2006)

**16.** Kamil Alper Yalinkaya, Mehmet alışkan, Noise Control of Back Hoe Loaders by Coherence and Intensity Techniques. "International Congress on Sound and Vibration, ICSV14", , (2007), s.58/1-7.

**17.** D.A.Göztaş, K.S.Tekin, E.Söylemez, M.alışkan, Ekskavatör Kompresör Braketinin Yapısal İyileştirilmesi. "UMTS 2009 14.Ulusal Makina Teorisi Bildiri Kitabı", , (2009), s.121

**18.** Mehmet alışkan, Gürültü: Kavram ve Yaklaşım. "alışma Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması", , (2004), s.17-24

**19.** Lärmmessung im Betrieb. Jurgen H. Maue. Erich Schmidt, Berlin 2011

**20.** 0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel Jurgen H. Maue. Erich Schmidt, Berlin 2003

**21.** TS EN ISO 9612:2009 Akustik alışma ortamında maruz kalınan gürültünün ölçülmesi ve değeriendirilmesi için prensipler, 2009

**22.** TS 2607 ISO 1999 Akustik - İş yerinde maruz kalınan gürültünün tayini ve bu gürültünün sebep olduğu işitme kaybının tahmini, 2005

**23.** TS EN ISO 4869-2 Akustik-Kulak koruyucuları-Bölüm 2: Kulak koruyucu içine takıldığında etkili a-Ağırlıklı ses basınç seviyelerinin tayini, 1997

- 24.** TS EN 352-1 İşitme koruyucuları - Genel kurallar - bölüm 1: Kulak kapatıcılar, 2005
- 25.** TS EN ISO 3740 Akustik - Gürültü kaynaklarına ait ses güç seviyelerinin tayini - Temel standartların kullanımı için kılavuz, 2007
- 26.** TS EN ISO 9614-1 Akustik - Ses şiddeti kullanılarak gürültü kaynaklarının ses gücü seviyelerinin tayin edilmesi - Bölüm 1: Farklı noktalarda ölçme, 2010
- 27.** TS EN ISO 9614-3 Akustik - Ses şiddeti kullanarak gürültü kaynaklarının ses güç seviyelerinin tayini - Bölüm 3: Tarama işlemi ile ölçme için kesinlik metodu, 2010
- 28.** TS EN ISO 11200 Akustik - Makine ve donanımdan yayılan gürültü - Bir iş istasyonunda ve belirtilen diğer konumlarda emisyon ses basınç seviyelerinin tayinine ilişkin temel standartların kullanılması için kılavuzlar, 2010
- 29.** TS EN ISO 11205 Akustik - Makine ve donanımdan yayılan gürültü - Ses şiddeti kullanılarak iş istasyonu ve belirtilen diğer konumlarda yerinde emisyon ses basınç seviyelerinin belirlenmesi için mühendislik metodu, 2010
- 30.** Çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik, 28721, 28.07.2013
- 31.** Makine emniyeti yönetmeliği (2006/42/at), 27158, 03.03.2009
- 32.** Kişisel Koruyucu donanımların işyerlerinde kullanılması hakkında yönetmelik, 28695, 02.07.2013
- 33.** Açık alanda kullanılan teçhizat tarafından oluşturulan çevredeki gürültü emisyonu ile ilgili yönetmelik, 26392 (4.mük.), 30.12.2006
- 34.** İş sağlığı ve güvenliği kanunu, 28339, 30.06.2012

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

**Adı Soyadı:** Ayhan ÖZMEN

**Doğum Yeri ve Yılı:** Gaziantep / 09.06.1984

**Medeni Hali:** Evli

**Uyruğu:** T.C

**Adres:** Tunahan Mah. Gazi Cd. Tunahan Sitesi 6-L Blok D:35 Etimesgut/ANKARA

### Eğitim Bilgileri

**Lise:** Gaziantep Kolej Vakfı Özel Lisesi Y.D.A (Burslu) (1998 -2002)

**Lisans:** Ankara Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü ( 2002 -2008)

### Askerlik Bilgileri

Yedek subay (2008-2009)

### İş Tecrübesi

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü

İSG Uzman Yardımcısı (2010 -

## TABLolar

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 1. Oktav bandları .....                                                                                      | 11  |
| Tablo 2. Ağırlıklandırma düzeltmeleri .....                                                                        | 13  |
| Tablo 3. Bir ses seviye ölçerde bulunan en tipik seçenekler .....                                                  | 17  |
| Tablo 4. Temel ölçüm stratejisinin seçimi .....                                                                    | 20  |
| Tablo 5. Homojen gürültü maruziyet gruplarının toplam ölçüm süresi belirleme tablosu .....                         | 26  |
| Tablo 6. Görev tabanlı ölçüm sonuçları .....                                                                       | 36  |
| Tablo 7. c1u1 hesaplama tablosu .....                                                                              | 41  |
| Tablo 8. İş tabanlı ölçüm sonuçları .....                                                                          | 42  |
| Tablo 9. c1u1 hesap tablosu .....                                                                                  | 43  |
| Tablo 10. Tam gün ölçüm sonuçları .....                                                                            | 45  |
| Tablo 11. c1u1 tam gün stratejisine göre hesaplama .....                                                           | 46  |
| Tablo 12. Yüksek tepe ses basınç seviyeli gürültü kaynakları .....                                                 | 56  |
| Tablo 13. Maruziyet noktaları karşılaştırması .....                                                                | 60  |
| Tablo 14. Bir torna operatörü için maruziyet noktalarına göre maruziyet hesabı .....                               | 61  |
| Tablo 15. Maruziyet noktası formülüne göre maruziyet hesabı .....                                                  | 61  |
| Tablo 16. Torna operatörünün maruziyet noktaları .....                                                             | 62  |
| Tablo 17. Sönümleyici malzemelerin $\alpha$ değerleri .....                                                        | 69  |
| Tablo 18. Bazı duvar tipleri için ses yalıtım değerleri .....                                                      | 83  |
| Tablo 19. Akustik özellikler hakkında genel ya da akustik çözümler hakkında özel bilgiler içeren standartlar. .... | 89  |
| Tablo 20. Frekansa göre ortalama ses azaltımı .....                                                                | 98  |
| Tablo 21. Zamana bağlı etkin koruma değerleri .....                                                                | 105 |
| Tablo 22. Ototoksik kimyasallar .....                                                                              | 126 |
| Tablo 23. İş tabanlı ölçüm sonuçları (önce) .....                                                                  | 130 |
| Tablo 24. İş tabanlı ölçüm sonuçları (sonra) .....                                                                 | 131 |
| Tablo 25. Görev tabanlı ölçüm sonuçları (önce) .....                                                               | 133 |
| Tablo 26. Görev tabanlı ölçüm sonuçları (sonra) .....                                                              | 134 |
| Tablo 27. Tam gün ölçüm sonuçları (içten yanmalı) .....                                                            | 136 |
| Tablo 28. Tam gün ölçüm sonuçları (elektrikli) .....                                                               | 137 |

## ŞEKİLLER

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1. Gong ve titreşen yüzeyi .....                                                                                                                   | 4  |
| Şekil 2. Sesin hareketi .....                                                                                                                            | 5  |
| Şekil 3. Gürültünün farklı yollarla yayılması .....                                                                                                      | 6  |
| Şekil 4. Düşük frekanslı sesler .....                                                                                                                    | 7  |
| Şekil 5. Yüksek frekanslı sesler .....                                                                                                                   | 8  |
| Şekil 6. SPL değerinin frekansa göre gösterimi .....                                                                                                     | 10 |
| Şekil 7. Işıma ve emisyon .....                                                                                                                          | 12 |
| Şekil 8. Ağırlıklandırma eğrisi .....                                                                                                                    | 13 |
| Şekil 9. Ses seviye ölçer .....                                                                                                                          | 15 |
| Şekil 10. Dozimetre .....                                                                                                                                | 16 |
| Şekil 11. İş ve Görevlerin Hiyerarşisini gösterir örnek uygulama .....                                                                                   | 21 |
| Şekil 12. Farklı gürültü durumlarıyla üç periyodun örneği ve her bir ölçümün gerçek süresi .....                                                         | 24 |
| Şekil 13. Ses seviye ölçerle gürültü ölçümünün yapılışı .....                                                                                            | 31 |
| Şekil 14. Dozimetre cihazıyla gürültü ölçümünün yapılışı .....                                                                                           | 31 |
| Şekil 15. HATS ve MIRE tekniği kullanılarak kulakta gürültü ölçümü .....                                                                                 | 32 |
| Şekil 16. Dinleme kontrolü .....                                                                                                                         | 54 |
| Şekil 17. Bazı işler için tepe ses değerleri .....                                                                                                       | 55 |
| Şekil 18. Akustik bir kaynaktan çıkan ses duvarlardan yansımaktadır ve çalışan hem direk ulaşan sese hem de yansıyan sese maruz kalır .....              | 64 |
| Şekil 19. Sönümleyici malzemeler yansıyan sesi zayıflatarak odanın etkisini azaltmıştır .....                                                            | 65 |
| Şekil 20. Gürültü kaynağı yakınındayken gürültünün çoğu kaynaktan direk ulaşan seslerdir. Kaynaktan uzakta gürültünün çoğu yankılardan kaynaklanır. .... | 66 |
| Şekil 21. Gözenekli materyal .....                                                                                                                       | 69 |
| Şekil 22. Diyafram .....                                                                                                                                 | 70 |
| Şekil 23. Hava boşlukları .....                                                                                                                          | 70 |
| Şekil 24. Ses seviyesi hesabı için yazılımla çalışma alanı modellemesi (RayPlus® © yazılım, INRS – France) .....                                         | 71 |
| Şekil 25. Simülasyon modellemeleri, çalışma alanında birçok değişiklik yaparak, değerlendirmeye yardımcı olur. (RayPlus® © yazılım, INRS – France) ..... | 72 |
| Şekil 26. Çalışma alanında gürültü azaltımı .....                                                                                                        | 77 |
| Şekil 27. Sessiz iş ekipmanı seçimi .....                                                                                                                | 78 |
| Şekil 28. Sessiz malzeme taşınması .....                                                                                                                 | 78 |
| Şekil 29. Sessiz pürmüz kullanımı .....                                                                                                                  | 80 |
| Şekil 30. Kulak koruyucu temini .....                                                                                                                    | 94 |
| Şekil 31. Kulak koruyucu kullanımı .....                                                                                                                 | 94 |
| Şekil 32. Manşon tipi kulaklık .....                                                                                                                     | 95 |
| Şekil 33. Farklı şekilde kulak tıkaçları .....                                                                                                           | 96 |
| Şekil 34. Özel kalıplı kulak tıkacı .....                                                                                                                | 96 |



|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 35. Yarı yankılı odada kulak koruyucu testi .....                    | 98  |
| Şekil 36. Kulak koruyucusu seçimi .....                                    | 100 |
| Şekil 37. CE işareti .....                                                 | 101 |
| Şekil 38. İletişimin gerekli olduğu iş ortamı .....                        | 103 |
| Şekil 39. Bir müzisyenin kulak tıkacı .....                                | 107 |
| Şekil 40. İnsan kulağının bölümleri .....                                  | 120 |
| Şekil 41. Kokelanın frekans analiz bölgeleri .....                         | 122 |
| Şekil 42. İşitme kılı hasarı Fotoğraf © INRS .....                         | 124 |
| Şekil 43. İş tabanlı ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (önce) .....       | 130 |
| Şekil 44. İş tabanlı ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (sonra) .....      | 132 |
| Şekil 45. Görev tabanlı ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (önce) .....    | 134 |
| Şekil 46. Görev tabanlı ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (sonra) .....   | 135 |
| Şekil 47. Tam gün ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (içten yanmalı) ..... | 137 |
| Şekil 48. Tam gün ölçüm ve ölçüm belirsizliği sonucu (elektrikli) .....    | 138 |