

Yeraltı Kömür Maden Makinaları Operatörlerinin Gürültü ve Titreşim Maruziyetlerinin Araştırılması

İlknur EROL*¹ ORCID 0000-0002-8968-1134

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 01.01.2022

Kabul tarihi: 22.02.2022

Atıf şekli/ How to cite: EROL, İ., (2022). Yeraltı Kömür Maden Makinaları Operatörlerinin Gürültü ve Titreşim Maruziyetlerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(1), 55-65.

Öz

Bu çalışmada, bir yeraltı kömür işletmesinde makina operatörlerinin maruz kaldıkları gürültü ve titreşim değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar gürültü ve titreşim yönetmelikleri kapsamında değerlendirilmiştir. Kulak koruyucu kullanan tüm makina operatörlerinin maruz kaldıkları gürültü değerlerinin yönetmelikte belirtilen sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Ölçüm yapılan makineler arasında, en fazla gürültü ve el-kol titreşimine martoperfaratör operatörü maruz kalmıştır. Operatörlerin titreşim maruziyetinin yanısıra makinelerin titreşim değerleri de ölçülmüştür. Paletli jumbo ve lastik tekerlekli jumbo makinelerinin titreşim değerleri arasındaki fark, yolun pürüzlülüğü, motor titreşimleri ve seyir hareketlerine bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, operatörlerin bireysel gürültü maruziyetleri ile titreşim maruziyetleri arasında $R^2 = 0.88$ 'lik bir ilişki tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Maden makineleri, Gürültü, Titreşim, Kömür, Yeraltı

Investigation of Noise and Vibration Exposure of Underground Coal Mining Machinery Operators

Abstract

In this study, the noise and vibration values that machine operators are exposed to in a underground coal mining were measured. The results obtained were evaluated within the scope of noise and vibration regulations. It has been determined that the noise values that all machine operators using ear protection are exposed to are below the acceptable limit value specified in the regulation. Among the measuring machines, the jackhammer operator was exposed to the most noise and hand-arm vibration. Besides the vibration exposure of the operators, the vibration values of the machines were also measured. The difference between the vibration values of crawler jumbo and rubber wheel jumbo machines varies depending on the roughness of the road, engine vibrations and cruising movements. In addition, an $R^2 = 0.88$ relationship was found between the individual noise exposure of the operators and their vibration exposure.

Keywords: Mining machines, Noise, Vibration, Coal, Underground

*Sorumlu yazar (Corresponding author): İlknur EROL, ierol@cu.edu.tr

1. GİRİŞ

Gürültü, çalışanların sağlığını fizyolojik ve psikolojik ve performans açısından olumsuz etkileyen, istenmeyen seslerdir. Gürültü sesin frekansına, gürültünün ses basınç seviyesine ve maruziyet süresine bağlı olarak işitme duyusuna zarar vermektedir [1-3].

Kömür işletmelerinde madencilik işlemleri sırasında jumbo, elektro hidrolik yükleyici, martopikör, martoperfaratör, sondaj makinası vb. makineler kullanılmaktadır. Bu makinelerin her biri farklı gürültü düzeyleri sahip olup uzun süre bu gürültüye maruz kalan operatörlerde veya çalışanlarda geçici veya kalıcı işitme kayıpları söz konusu olabilir. Bu nedenle makinelerin gürültü seviyelerinin yönetmelikte belirtilen sınır değerinin altında tutulması gerekmektedir.

Titreşim, bir cismin iç veya dış kuvvetlerin etkisiyle yaptığı salınım hareketidir. İnsan titreşimi ise, titreşen bir yüzey veya cisim ile temas neticesinde bireyin hissettiği titreşimdir. Titreşim, insan vücuduna, temas edilen titreşen yüzey aracılığı ile iletilmektedir. Titreşim yüzeyi, bir makinenin tutamak kısmı, bir aletin yüzeyi veya motorlu bir makinenin koltuğu olabilmektedir. Titreşim maruziyeti iki çeşit olup, birincisi tutamak kısmı olan ve elle kullanılan aletlerden iletilen el-kol titreşimi, ikincisi motorlu bir makinenin üzerindeki koltuk veya yüzeyden iletilen tüm vücut titreşimidir [4].

Madencilik işlemleri sırasında makina operatörleri doğrudan titreşim kaynağı ile temas halinde olup titreşime maruz kalmaktadırlar. Titreşime uzun süre maruz kalan çalışanlarda titreşim kaynaklı meslek hastalıkları meydana gelebilmektedir [5-7].

Titreşim maruziyeti sonucu en sık görülen meslek hastalığı el-kol titreşimi sendromudur. Bu hastalık, titreşimli el aletlerini yada makineleri kullanan çalışanların mesleki olarak titreşime maruz kalmasından kaynaklanmaktadır [8].

Maden makineleri operatörleri el-kol ve tüm vücut titreşimine maruz kalmaktadırlar. El- kol titreşimi,

çalışılan aletlerden yayılan enerjinin, parmak veya elin avuçlarından vücuda girip mekanik enerjiye neden olmasıyla meydana gelmektedir. Tüm vücut titreşimi, operatörler, makinenin üzerindeki koltukta otururken, makineden yayılan enerji koltuk arkılığı veya sırt arkılığından, ayrıca kalça ve ayaklar yoluyla; operatör ayakta iken, enerji ayaklar yoluyla vücuda girmektedir [9,10].

Xu ve arkadaşları [11] Kuzey Çin kömür madeninde el-kol titreşimine maruz kalan çalışanlarda meydana gelen ellerde uyuşma, karpal tünel sendromu vb. sağlık sorunlarını tespit etmişlerdir. Marin ve arkadaşları [12] çalışmalarında, açık ocak madenciliğinde kullanılan iş makineleri operatörlerinin tüm vücut titreşimine yüksek seviyelerde maruz kaldıklarını belirtmişlerdir. Alphin ve arkadaşları [13], ekskavatör operatörlerinin tüm vücut titreşim maruziyet değerinin, sınır değeri aştığını vurgulamışlardır. Seidel [14] tüm vücut titreşimine maruz kalan çalışanlarda meydana gelen sağlık sorunlarını belirtmiştir. Ljungberg ve Parmentier [15] çalışmasında, gürültü ve titreşimin ortak etkisinin vücut üzerinde titreşim ve gürültünün tekil etkilerinden oldukça farklı olduğunu belirtmiştir.

Arıtan ve Tümer [16] doğaltaş madenciliği sektöründe hidrolik ekskavatör operatörlerinin hem kırıcı uç hem de kova takılıyken tüm vücut titreşim maruziyetlerini ölçmüştür. Ekskavatör operatörlerinin kırıcı uç takılıyken daha fazla titreşime maruz kaldıklarını belirtmişlerdir. Nyantumbu ve arkadaşları [17] Güney Afrika'daki maden işçilerinde el-kol titreşim sendromunun (EKTS) yaygınlığı ile bu duruma sebep olan aletleri tespit etmek için Güney Afrikada bir altın madeninde çalışma yapmışlardır. EKTS'nin elle tutulan titreşimli aletlerin kullanılmasıyla bağlantılı olduğunu ifade etmişler. Bu durumdan etkilenen işçilerde karıncalanma, hissizlik, tutuş gücü kaybı görülebileceğini, el becerisi kaybının günlük aktivitelerin gerçekleştirilmesini zorlaştıracağını ve kaza riskini artırabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca martopikör ve martoperforatörlerde 31 m/s² gibi yüksek titreşim

ivmesi seviyelerinin ölçüldüğünü vurgulamışlardır. Arıtan ve Tümer, [7] doğaltaş ocağında martopikör operatörlerinin el kol titreşimi maruziyet değerlerinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Titreşim sönmüleyici eldiven kullanan çalışanlarda ise maruziyet miktarının azaldığını ancak yönetmelikte belirtilen sınır değere indirilemediğini vurgulamışlardır.

Bu çalışmada, yeraltı kömür ocaklarında çalışan makina operatörlerinin el-kol ve tüm vücut titreşim maruziyetleri araştırılmıştır. Operatörlerin bu sırada maruz kaldıkları gürültü değerleri de tespit edilmiştir. Ayrıca, operatörlerin kişisel gürültü maruziyeti ile titreşim maruziyetleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

2. GÜRÜLTÜ VE TİTREŞİMİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİSİ

Gürültü ve titreşim madencilik faaliyetleri sırasında karşılaşılan önemli tehlikelerdendir. Gürültü konusunda gerekli önlemler alınmadığında işitme kaybı söz konusu olabilir. Gürültü, işitme kaybının yanı sıra çalışanların performansını da olumsuz yönde etkileyebilmektedir [18-21]. Titreşime yoğun maruz kalan çalışanlarda çalışma konforu bozulmakta, işgücü verimliliği azalmakta ve fizyolojik fonksiyonları olumsuz etkilenmektedir. Bunun sonucunda çalışanlarda titreşime bağlı meslek hastalıkları ortaya çıkmaktadır.

Martopikör, matkap vb. titreşim kaynaklı makineleri kullananların dolaşım sistemlerinde, kemik ve eklem sistemlerinde, sinir sistemlerinde ve kaslarında hasarlar meydana gelmektedir. Bunun sonucunda ise Beyaz Parmak Hastalığı oluşmaktadır. Bu hastalığın belirtileri, el bilekleri ve ellerde dolaşım bozukluğu ve nörolojik bozukluktur [22-24]. Çimento sanayinde ve dokuma tezgahlarında çalışanlarda ve delik delme makinelerini kullananlarda tüm vücut sistemine bağlı meslek hastalıkları görülmektedir. Bu tür işlerde çalışanlarda bel ağrısı, denge bozuklukları, görme bozuklukları, baş ağrısı ve özellikle uyku

bozuklukları söz konusudur. Nari ve arkadaşları [25] çalışmalarında işyerlerinde mesleki gürültü ve titreşime maruz kalan Koreli işçilerin uyku bozukluğu durumlarını araştırmışlar. Uykusuzluk ile gürültü ve titreşim maruziyeti arasında ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır.

2.1. Gürültü ve Titreşimle İlgili Mevzuat

Bu çalışma kapsamında yapılan gürültü ve titreşim ölçümlerini değerlendirmek üzere “Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği” esas alınmıştır [26]. Bu yönetmelikte çalışanların, gürültü etkisinden korunması için “Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliği”nin dikkate alınmasının gerekliliği yer almaktadır [27]. Gürültü yönetmeliğinde, en düşük maruziyet eylem değerleri ($L_{EX,8h}$) 80 dBA, en yüksek maruziyet eylem değerleri ise ($L_{EX,8h}$) 85 dBA’dır.

İşveren, en düşük maruziyet eylem değeri aşıldığında kulak koruyucu donanımları hazır halde bulundurmalıdır. En yüksek maruziyet eylem değerine ulaşıldığında ya da bu değer aşıldığında ise, kulak koruyucu donanımların kullanılmasını sağlaması ve bu durumu denetlemesi gerekmektedir. Maruziyet sınır değerleri aşıldığında işveren, sınır değer altına inmek için önlem almak, sınır değer aşılma nedenlerini belirlemek ve bu durumu önlemek için, koruyucu tedbirler almak zorundadır.

Ayrıca Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinde çalışanların titreşim maruziyetlerini azaltmak için “Çalışanların Titreşim İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliği”nin esas alınması gerektiği yer almaktadır [28]. Titreşim Yönetmeliğinde tüm vücut titreşimi için; günlük maruziyet sınır değeri $1,15 \text{ m/s}^2$, eylem değeri $0,5 \text{ m/s}^2$, el kol titreşimi için ise günlük maruziyet sınır değeri: 5 m/s^2 , maruziyet eylem değeri ise; $2,5 \text{ m/s}^2$ olarak belirtilmiştir. Titreşim sınır değeri aşıldığında, işveren; sınır değer altına inmek için önlem almak ve sınır değer aşılma nedenlerini belirlemek zorundadır.

2.2. Kömür Madenlerinde Kullanılan Makinalar

Kömür ocaklarında sondaj makinası, jumbo, martoperfaratör ve martopikör vb. makinalar kullanılmaktadır. Bu makinaların kullanım alanları Çizelge 1'de sunulmaktadır.

Çizelge 1. Kömür madenlerinde kullanılan makinalar

Makinalar	Özellikleri
 Jumbo	Bu makinalar, yeraltı madencilğinde galeri ve lağım sürme işlerinde, patlatma deliklerinin delinmesinde kullanılmaktadır.
 Martoperfaratör	Martoperfaratörler basınçlı hava ile çalışmaktadır. Sert arınlarda patlatma deliklerinin delinmesinde kullanılmaktadır.
 Martopikör	Martopikör, kömürlerin kazısında, yantaşların koparılmasında, tahkimat direği yuvalarının açılmasında kullanılmaktadır.
 Sondaj Makinası	Sondaj makinaları, kömürden karot numunesi almak için ayrıca kömür damarındaki metanın drenaj işlemlerinde kullanılmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada bir yeraltı kömür işletmesindeki lastik tekerlekli jumbo, paletli jumbo, martoperfaratör ve sondaj operatörlerinin maruz kaldıkları gürültü değerleri ölçülmüştür. Operatörlerin etkin çalışma süreleri ise 2 saat olarak değerlendirilmiştir. Gürültü değerlerinin ölçümünde Svantek marka dozimetre cihazı kullanılmıştır (Şekil 1). Dozimetre cihazı makina operatörlerinin kulak hizasında olacak şekilde kıyafetlerine tutturularak gürültü ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 1. Gürültü dozimetre cihazı [29]

Maden işletmelerinde işveren, gürültü kaynaklı riskleri değerlendirirken, titreşim ile gürültü arasındaki etkileşimlerin, çalışanların sağlığına ve güvenliğine olan etkisini de değerlendirmelidir [27]. Bu esasa operatörlerin gürültü maruziyeti değerlendirilirken titreşim maruziyetleri de ele alınmıştır.

Kişisel titreşim maruziyeti ölçümlerinde Bruel&Kjaer marka titreşim ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 2). El-kol titreşim ölçüm setindeki aparat operatörlerin eline takılarak; tüm vücut titreşim ölçüm setindeki disk operatörlerin oturduğu koltuğun üzerine koyularak titreşim ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Bireysel titreşim ölçüm cihazı [30]

Makinaların titreşim ölçümlerinde ise PCE marka cihaz ile ölçüm yapılmıştır (Şekil 3). Cihaza bağlı probun manyetik özelliği bulunmaktadır. Bu esasa makinanın üstüne tutturularak titreşim ölçümü yapılmıştır.



Şekil 3. Makina titreşim ölçüm cihazı [31]

3.2. Metot

Operatörlerin gürültü maruziyet ölçümleri TS EN ISO 9612 (2009) [32] standardı esas alınarak yapılmıştır. Gürültü ölçümleri, A ağırlıklı ses düzeyinde ve yavaş modda gerçekleştirilmiştir. Eşitlik 1'de sunulan formül kullanılarak, ölçüm sonucu elde edilen veriler eşdeğer gürültü seviyesine dönüştürülmüştür.

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left[\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right) \right] \quad (1)$$

L_{Aeq} : Eşdeğer gürültü seviyesi (dBA)

n : Ölçüm sayısı

L_i : Ölçüm değerleri (dBA)

8 saatlik çalışma süresi boyunca maruz kalınan gürültü düzeyi ($L_{EX, 8h}$) Eşitlik 2'deki formül kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$L_{EX, 8h} = L_{Aeq} + 10 \log \left[\frac{T_e}{T_0} \right] \quad (2)$$

L_{Aeq} : Eşdeğer gürültü düzeyi (dBA).

T_e : Çalışma gününde etkin olarak maruz kalınan periyot (saat).

T_0 : Referans maruz kalma periyodu (= 8 saat).

Titreşim maruziyet ölçümleri ISO 2631-1 (2013) [33] standardında belirtildiği şekilde yapılmıştır. Titreşim genliğinin belirlenmesinde m/s^2 biriminden frekans ağırlıklı ivmenin RMS (Root Mean Square, ortalama karekök) değerinden ölçümler alınmaktadır.

Günlük titreşim maruziyeti ise 8 saatlik frekans ağırlıklı toplam titreşim değeri $A(8)$ ile gösterilmektedir.

a) El-Kol Titreşim Ölçümleri

El-kol titreşim maruziyetini belirlemek için toplam değer hesaplaması Eşitlik 3'de gösterilmektedir. RMS ivmeleri (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz}), TS EN ISO 5349-1'de [34] belirtilen ağırlıklandırma faktörleri (x-ekseni = h_{wx} ; y-ekseni = h_{wy} ; z-ekseni = h_{wz}) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$a_{hv} = \sqrt{(a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2)} \quad (3)$$

Günlük kişisel titreşim maruziyeti $A(8)$ (m/s^2), Eşitlik 4'teki formül kullanılarak belirlenmektedir.

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (4)$$

T : Titreşim büyüklüğüne maruz kalma süresi (saat)

T_0 : 8 saat referans süresidir.

b) Tüm Vücut Titreşim Ölçümü

Tüm vücut titreşim ölçümleri ISO 2631-1 (2013) [33] standardında belirtilen formüllere göre hesaplanmaktadır. 8 saatlik frekans ağırlıklı toplam titreşim değeri $A(8)$ ile gösterilmektedir. RMS ivmesi ve 8 saatlik eşdeğer titreşim dozu değerleri Eşitlik 5'deki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$a_w = \sqrt{\left(\frac{1}{T} \int a_w^2(t) dt \right)} \quad (5)$$

T : Ölçüm süresi,

$aw(t)$: t zamanındaki frekans ağırlıklı ivmedir.

Frekans ağırlıklı ortalama karekök (rms) ivmeleri (a_{wx} ; a_{wy} ; a_{wz}), ISO 2631-1'de [32] (x-axis= W_d ; y-axis= W_d ; z-axis= W_k) yer almaktadır. Ağırlıklandırma faktörleri olarak x-ekseni için, $k=1,4$; y-ekseni için, $k=1,4$; z-ekseni için, $k=1,0$ esas alınır. Frekans ağırlıklı RMS vektörü toplamı değeri Eşitlik 6'daki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$a_v = \sqrt{(1,4a_{wx})^2 + (1,4a_{wy})^2 + (1,0a_{wz})^2} \quad (6)$$

a_v : Frekans ağırlıklı RMS vektörü toplam değeri
 a_{wx} , a_{wy} ve a_{wz} : x, y ve z eksenindeki frekans ağırlıklı RMS hızlandırma değerleridir.

c) Makinaların Titreşim Ölçümü

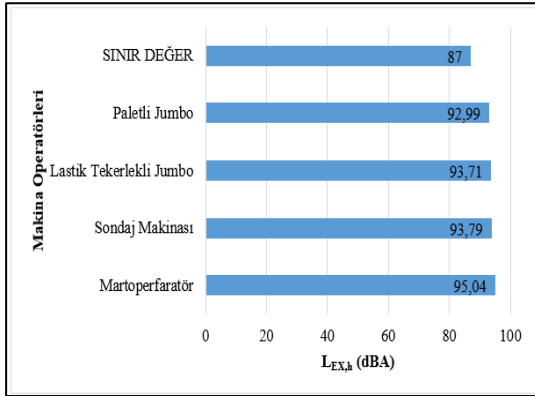
Makinaların titreşim ölçümlerinde PCE marka titreşim ölçer cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz makinaların titreşim davranışının değerlendirilmesinde kullanılmakta olup; makinaların titreşim ivmesi, titreşim hızı veya titreşim yer değiştirmesini ölçmektedir. Cihaza bağlı prob makinaların motor kısmının üstüne tutturularak titreşim ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Gürültü Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bir kömür işletmesinde, lastik tekerlekli jumbo, paletli jumbo, martoperfaratör ve sondaj operatörlerinin gürültü maruziyet değerleri Gürültü Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir.

Makina operatörlerinin kişisel gürültü maruziyet düzeyleri ($L_{EX,8h}$) Şekil 4'te gösterilmektedir.



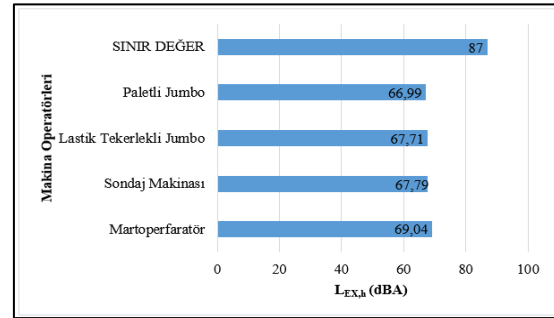
Şekil 4. Makina operatörlerinin kişisel gürültü maruziyet düzeyleri

Şekil 4'te verilen sonuçlara göre martoperfaratör operatörünün diğer operatörlere göre daha fazla gürültüye maruz kaldığı görülmektedir. Dört makina operatörünün maruz kaldığı gürültü değeri de, $L_{EX,8h}=87$ dBA'nın üstündedir.



Şekil 5. Barete takılabilir kulaklık [35]

Bu işletmedeki makina operatörleri gürültüden korunmak amacıyla, sönümlenme değeri 26 dBA olan barete takılabilir kulaklık (ergonomik olmasından dolayı) kullanılmaktadır (Şekil 5). Böylelikle operatörler ortamdaki gürültü değerinden 26 dBA daha az gürültüye maruz kalmaktadırlar. Şekil 6'da makina operatörlerinin kulak koruyucu takılıken maruz kaldıkları gürültü düzeyleri yer almaktadır.



Şekil 6. Makina operatörlerinin kulaklık takılıken kişisel gürültü maruziyet düzeyleri

Kulaklık takan dört makina operatörünün maruz kaldığı gürültü değerinin sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

4.2. Titreşim Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Martoperfaratör operatörü, arın formasyonu çok sert kayaç içeren lağımda delik delerken eldivensiz el-kol titreşim ölçümü yapılmış olup, titreşim maruziyet değeri $13,66 \text{ m/s}^2$ çıkmıştır (Şekil 7). Bu değer yönetmelikte belirtilen sınır değerinin oldukça üstündedir.

Ayrıca martoperfaratör operatörünün arın kömüründe delik delerken, martopikör operatörünün ise baca arınında demirbağın direk dibi yerlerini açarken el-kol titreşim ölçümleri de

yapılmış olup, titreşim maruziyet değerleri martoperfaratör operatörü için $2,28 \text{ m/s}^2$, martopikör operatörü içinse $2,41 \text{ m/s}^2$ olarak tespit edilmiştir. Her iki değer titreşim maruziyeti sınır değerinin altında olduğu görülmekle birlikte, martopikör operatörü için ölçülen değer maruziyet eylem değerine oldukça yakındır.

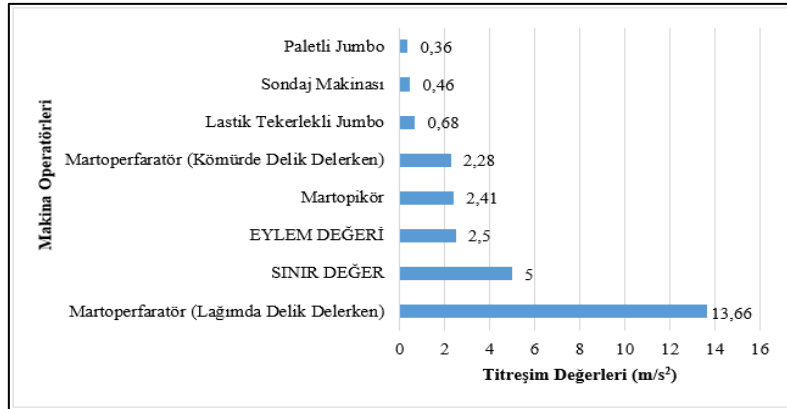
Galeri ilerlemesi çalışmaları sırasında delik delme işlemi yapan paletli jumbo operatörü için $0,36 \text{ m/s}^2$, lastik tekerlekli jumbo operatörü için $0,68 \text{ m/s}^2$ ve kömürde delik delme işlemi yapan sondaj operatörü için $0,46 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülen el-kol titreşim değerleri mevzuatta belirtilen sınır ve eylem değerlerin altında çıkmıştır.

Kömürde sondaj işlemleri yapılırken, sondaj operatörünün el-kol titreşim ölçümü yapılmıştır.

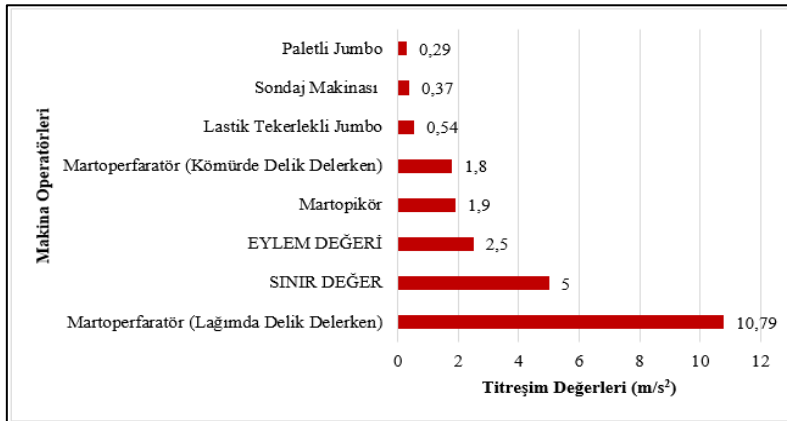
Ölçülen titreşim maruziyet değeri ($0,46 \text{ m/s}^2$) sınır değerinin altında çıkmıştır.

Arıtan ve Memiş [36] çalışmalarında iş makineleri operatörlerinin (ekskavatör, kamyon ve yükleyici) el-kol titreşim maruziyetlerini ölçmüşlerdir. Ayrıca operatörlerin titreşim maruziyetini azaltmak için operatörlere titreşim sönmüleyici eldiven kullanmışlardır.

Eldivenli ve eldivensiz titreşim maruziyet düzeyleri arasında %15-21 fark tespit etmişlerdir. Bu çalışma kapsamında işletmedeki makina operatörlerine ortalama %21 koruma sağlayan titreşim sönmüleyici eldiven kullanıldığında elde edilen titreşim maruziyet değerleri Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Makina operatörlerinin eldivensiz el-kol titreşim sonuçları



Şekil 8. Makina operatörlerinin eldivenli el-kol titreşim sonuçları

Titreşim sönümleyici eldiven kullanan martoperfaratör operatörünün, çok sert kayaç içeren lağımda delik delerken maruz kaldığı titreşim değeri $13,66 \text{ m/s}^2$ 'den $10,79 \text{ m/s}^2$ 'ye düşmektedir (Şekil 8). Ancak bu değer yine de yönetmelikte belirtilen sınır değerinin oldukça üstündedir.

Bazı makina operatörleri kişisel koruyucu donanım olarak titreşim sönümleyici eldiven kullandığında maruziyet miktarının azaldığı ancak yönetmelikte belirtilen sınır değere indirilemediği tespit edilmiştir.

Bu esasla martoperfaratör operatörünün çalışma süresi azaltıldığında maruz kalacağı titreşim değerleri Eşitlik 4'teki formül kullanılarak hesaplanmıştır. Martoperfaratör operatörü 1 saat çalıştığında $4,83 \text{ m/s}^2$, 2 saat çalıştığında $6,83 \text{ m/s}^2$, 4 saat çalıştığında ise $9,66 \text{ m/s}^2$ titreşime maruz kalmaktadır. Operatör 2 saat ve 4 saat çalıştığında maruz kaldığı titreşim değerleri sınır değerinin üstünde çıkmıştır. Bu nedenle martoperfaratör operatörü için etkin çalışma süresi 1 saat olarak tespit edilmiştir.

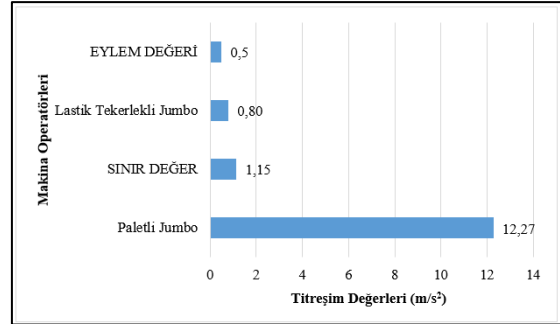
Çalışma süresinin azaltılmasının yanısıra makinayı kullanacak operatörlerin dönüşümlü olarak çalıştırılması, makinanın tutma kolunun titreşim

sönümleyici malzeme ile kaplanması ve operatörün sönümleyici eldiven kullanması gibi önlemlerle martoperfaratör operatörünün maruz kaldığı titreşim değerinin, sınır değerinin altına indirilmesi sağlanabilir.

Ayrıca, delik delme işlemleri sırasında lastik tekerlekli ve paletli jumbo operatörlerinin tüm vücut titreşim ölçümleri yapılmıştır (Şekil 9).

Her iki makinanın delik deldiği formasyon (gre) aynı olmasına rağmen paletli jumbo operatörünün maruz kaldığı tüm vücut titreşim değeri ($12,27 \text{ m/s}^2$) yönetmelikte belirtilen sınır değerinin oldukça üstünde çıkmıştır.

Lastik tekerlekli jumbo operatörünün maruz kaldığı tüm vücut titreşim değeri ($0,80 \text{ m/s}^2$) ise yönetmelikte belirtilen eylem değerinin üstündedir.



Şekil 9. Makina operatörlerinin tüm vücut titreşim sonuçları

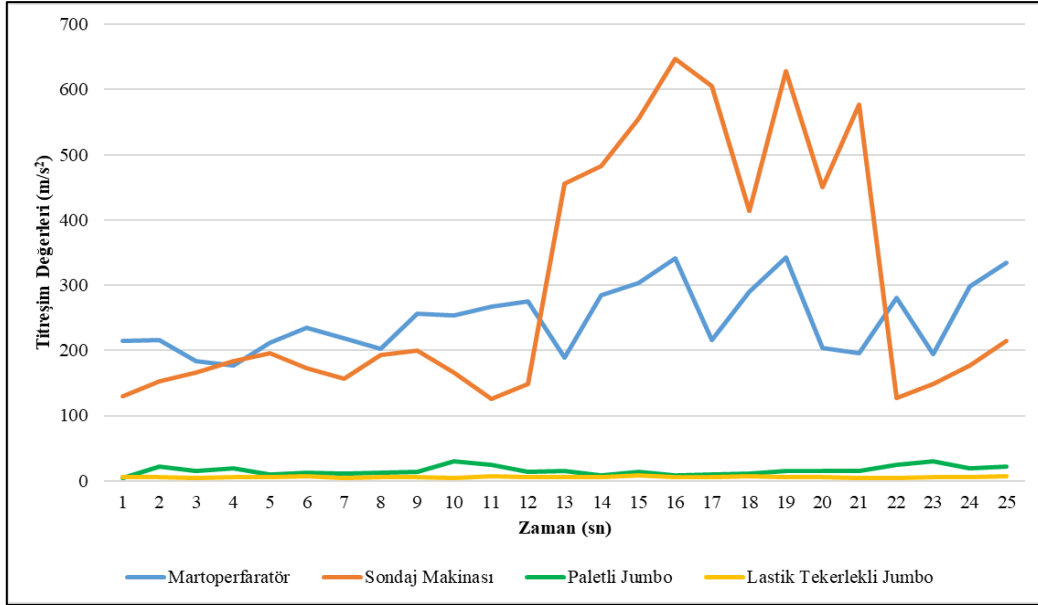
Paletli jumbo operatörünün çalışma süresi azaltıldığında maruz kalacağı titreşim değerleri Eşitlik 4'teki formül kullanılarak hesaplanmıştır. Paletli jumbo operatörü 1 saat çalıştığında $4,34 \text{ m/s}^2$, 2 saat çalıştığında $6,14 \text{ m/s}^2$, 4 saat çalıştığında ise $8,68 \text{ m/s}^2$ titreşime maruz kalmaktadır. Operatör 2 saat ve 4 saat çalıştığında maruz kaldığı titreşim değerleri sınır değerinin üstündedir. Bu nedenle paletli jumbo operatörü için etkin çalışma süresi 1 saat olarak tespit edilmiştir.

Şekil 10'da Martoperfaratör, sondaj, lastik tekerlekli jumbo ve paletli jumbo makinalarının titreşim ölçüm sonuçları yer almaktadır.

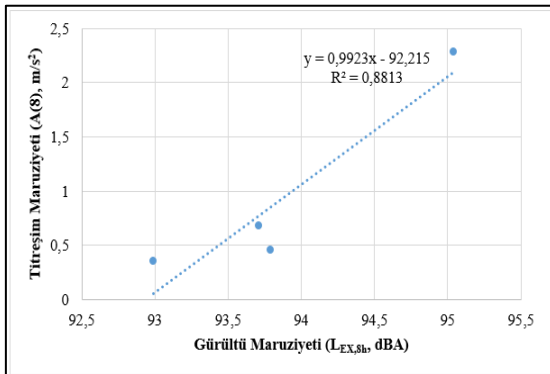
Dört makinanın titreşim sonuçları karşılaştırıldığında en fazla titreşimin, sondaj makinasında olduğu görülmektedir. Bu sıralamayı martoperfaratör, paletli ve lastik tekerlekli jumbo makinası takip etmektedir (Şekil 10).

Makinalardaki titreşim yolun pürüzlülüğüne, makinanın dönen elemanlarının arıza durumuna, motor titreşimlerine ve seyir hareketlerine bağlı olarak değişmektedir. Paletli ve lastik tekerlekli jumbo makinalarının titreşim durumlarındaki farklılık bu durumu çok iyi açıklamaktadır.

Ayrıca çalışma kapsamında, sondaj, paletli jumbo, lastik tekerlekli jumbo ve martoperfaratör operatörlerinin gürültü maruziyet değerleri ile el-kol titreşim maruziyet değerleri arasındaki ilişki incelenmiş ve aralarında $R^2=0,88$ 'lik bir korelasyon tespit edilmiştir (Şekil 11).



Şekil 10. Makinaların titreşim değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 11. Makina operatörlerinin gürültü maruziyet değerleri ile el-kol titreşim maruziyet değerleri arasındaki ilişki

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bir yeraltı kömür işletmesindeki maden makinalarını operatörlerinin maruz kaldıkları gürültü ve titreşim değerleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Gürültü ve Titreşim Yönetmelikleri kapsamında değerlendirilmiştir.

Martoperfaratör, paletli jumbo, lastik tekerlekli jumbo ve sondaj operatörleri kulaklık

takmadığında gürültü maruziyet değerleri sınır değerinin (>87 dBA) üzerinde çıkmıştır. Bu işletmede çalışan makina operatörlerinin gürültü düzeyine uygun kulak koruyucu kullandığında ise elde edilen gürültü maruziyet değerlerinin sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir. Ölçüm yapılan bu işletmede çalışan tüm operatörlerin kulak koruyucu kullanımını konusunda bilinçli oldukları gözlemlenmiştir.

Gürültü ile mücadele konusunda ayrıca makinalarda ses yalıtım sistemleri bulundurulmalı ve makinaların periyodik bakımları ihmal edilmemelidir. Kulaklık takmasına rağmen yüksek gürültü seviyelerine maruz kalan operatörler ses yalıtımlı kabinler ile de korunabilmektedir.

Çalışanların konforuna, psikolojisine ve ergonomiye uygun kişisel koruyucu donanım tercihi yapılmalıdır.

Çalışma kapsamında yapılan makina titreşim ölçüm sonuçlarına göre en fazla titreşim sondaj makinasında tespit edilmiştir.

Makinaların titreşim ölçüm değerleri çalışma yapılan sahadaki kayaçların yapısı, zeminin

pürüzlülüğü ve ekipmanın bakımına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle maden makinalarını kullanan operatörlerin kişisel titreşim ölçümleri periyodik olarak yapılmalıdır.

Martoperfaratör operatörünün (lağım ilerlemesi sırasında delik delerken) el-kol titreşim maruziyet düzeyi, çalışma süresi kısa tutularak, bu makinaı kullanan diğer operatörler ile dönüşümlü çalışma imkanı sağlanarak ve makinanın tutma kolu titreşim sönümleyici malzeme ile kaplanarak azaltılabilir. Ayrıca makinalarda vibrasyon emici sistemin bulunması da oldukça mühim bir konudur.

Martopikör operatörünün eldivensiz titreşim maruziyet değeri, eylem değerine oldukça yakın iken titreşim sönümleyici eldiven kullanıldığında titreşim maruziyet değeri eylem değerinin altında düşmektedir.

Tüm vücut titreşim ölçüm sonuçlarına göre, lastik tekerlekli ve paletli jumbo operatörlerinin titreşim maruziyetleri çalışma ve dinlenme sürelerinin yönetmelikte belirtilen sınır değerlere göre belirlenmesi ve operatörlerin dönüşümlü çalışma imkânının sağlanması ile azaltılabilir.

Makina operatörüne iletilen titreşim değeri üzerinde makina, koltuk, lastik ve zemin etkilidir. Uygun lastik, iyi bir süspansiyon düzeni ve operatör koltuğu ile de titreşim azaltılabilir. Ayrıca operatörlerin sağlık gözetimleri de ihmal edilmemelidir.

Çalışanları titreşim ve gürültü kaynaklı risklerden korumada ve yönetmelikte belirtilen titreşim ve gürültü düzenlemelerine uymalarını sağlamada etkili yöntem çalışanlara verilen eğitimler ve yapılan sıkı denetimlerdir.

6. KAYNAKLAR

1. Haşgür, İ., 1998. Gürültü Kirliliğinin Türk Mevzuatındaki Yeri. *Çevre Dergisi*, 31-33.
2. Kurtuluş, C., Endeş, H., 1998. İzmit'te Karayolu ve Demiryolunda Taşıt Gürültüsünü Etkileyen Etmenlerin İncelenmesi. *Uygulamalı Yerbilimleri*, 1(1), 31-38.
3. Şensöğüt, C., Çınar İ., 2006. Açık Ocaklarda Gürültü Yayılımının Geliştirilen Bir Model ile İncelenmesi. *Madencilik*, 45 (3), s. 27-33.
4. Zeyrek, S., 2009. Titreşim. *İş Sağlığı ve Güvenliği*, Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
5. Fritz, M., 2000. Description of the Relationship Between the Forces Acting in the Lumbar Spine and Whole Body Vibrations By Means of Transfer Functions. *Clin Biomech (Bristol Avon)*, 15, 234-40.
6. Özgen, Z., 2015. Maden İşyerlerinde Kullanılan Bazı İş Araçlarından Kaynaklanan El-kol Titreşim Maruziyetinin Ölçümü ve Değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas, 134.
7. Arıtan, A.E., Tümer, M., 2018. Doğal Taş Ocaklarında Martopikör Kullanımında El-kol Titreşim Maruziyetinin İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(4), 57-66.
8. Youakim, S., 2009. Hand-arm Vibration Syndrome. *BC Medical Journal*, 51(1), 10.
9. ISO 2631-1, 1997. Mechanical Vibration and Shock-evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration-part 1: General Requirements, Geneva.
10. HSE, 2005. Hand-arm Vibration and Whole Body Vibration. Health and Safety, www.hse.gov.uk/vibration, Son Erişim: 12.03.2018.
11. Xu, X., Yuan, Z., Gong, M., He, L., Wang, R., Wang, J., Yang, Q., Wang, S., 2017. Occupational Hazards Survey Among Coal Workers Using Hand-held Vibrating Tools in a Northern China Coal Mine. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 62, 21-26.
12. Marin, L.S., Andres, C., R., Estefany, R., Hugo, P., Lope, H. B., Jack, T.D., Peter, W.J., 2017. Assessment of Whole-body Vibration Exposure in Mining Earth-moving Equipment and Other Vehicles Used in Surface Mining. *Annals of Work Exposures and Health*, Cilt 61, Sayı 6, 669-680.
13. Alphin, M.S., Sankaranarayananamy K., Sivapirakasam, S.P., 2010. Experimental Evaluation of Whole Bodyvibration Exposure from Tracked Excavatorswith Hydraulic

- Breaker Attachment in Rockbreaking Operations. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 29(2), 101-110.
14. Seidel, H., 2005. On the Relationship Between Whole-body Vibration Exposure and Spinal Health Risk. *Industrial Health*, 43, 361-377.
15. Ljungberg, J.K., Parmentier, F.B.R., 2010. Psychological Effects of Combined Noise and Whole-body Vibration. A Review and Avenues for Future Research, *Journal of Automobile Engineering*, 224(10), 1289-1302.
16. Arıtan, A.E., Tümer, M., 2019. Doğal Taş Ocaklarında Ekskavatör Operatörlerinin Tüm Vücut Titreşim Maruziyetinin İncelenmesi. *SÜ. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, 7(2), 321-330.
17. Nyantumbu, B., Barber, C.M., Ross, M., Curran, A.D., Fishwick, D., Dias, B., Kgalamono, S., Phillips, J.I., 2007. Hand-arm Vibration Syndrome in South African Gold Miners. *Occupational Medicine*, 57(1), 25–29.
18. Sharma, O., Mohanan, V., Singh, M., 1998. Noise Emission Levels in Coal Industry. *Applied Acoustics*, 54(1), 1-7. 5.
19. Roy, S., Adhikari, G.R., 2007. Worker Noise Exposures from Diesel and Electric Surface Coal Mining Machinery. *Noise Control Eng. J.*, 55, 434-437.
20. Şensöğüt, C., 2007. Occupational Noise in Mines and its Control-A Case Study. *Polish J. of Environ. Stud.*, 16 (6), 939-942.
21. Şensöğüt, C., Eralp, H., 1998. Ömerler Yeraltı Ocağındaki Gürültü Ölçümleri ve Öneriler. *Türkiye 11. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, 43-52.
22. İSGİP, 2013. Meslek Hastalıkları ve İşle ilgili Hastalıklar Tanı Rehberi. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara. <http://isgip.gov.tr>
23. Bilir, N., 2016. İş Sağlığı ve Güvenliği. Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Güneş Tıp Kitabevi, 261.
24. Erol, İ., 2020. Ülkemizde Madencilik Sektöründe Görülen Meslek Hastalıklarının İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(4), 859-872.
25. Nari, F., Kim, Y.K., Kang, S.H., Park, E.C., Jang, S.I., 2020. Association Between Occupational Noise and Vibration Exposure and Insomnia Workers in Korea. *Life*, 10, 46, 2-15. doi:10.3390/life10040046.
26. Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, 2013. 19.9.2013 Tarihli ve 28770 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
27. Gürültü Yönetmeliği, 2013. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Resmi Gazete, 28.07.2013 Tarih, Sayı 28721, Ankara.
28. Titreşim Yönetmeliği, 2013. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Resmi Gazete, 22.08.2013 Tarih, Sayı 28743, Ankara.
29. Svantek, 2021. Kişisel Gürültü Ölçüm Cihazı. <https://svantek.com/products/sv-104a-personal-noise-dosimeter/> Son Erişim:10.10.2021.
30. Brüel&Kjaer, 2002. Human Vibration, Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S. Nærum, Denmark.
31. PCE-VM20, 2021. Vibration Meter. https://www.pceinstruments.com/english/measuring-instruments/test-meters/vibration-meter-pce-instruments-vibration-meter-pce-vm-20-det_5889346.htm Son Erişim:10.10.2021.
32. TS EN ISO 9612, 2009. Akustik-Çalışma Ortamında Maruz Kalınan Gürültünün Belirlenmesi- Mühendislik Yöntemi.
33. TS ISO 2631-1., 2013. Türk Standartları, Mekanik Titreşim ve Şok-Tüm Vücut Titreşime Maruz Kalma Değerlendirilmesi-Bölüm 1: Genel Kurallar, TSE, Ankara
34. TS EN ISO 5349-1, 2005. Türk Standartları, Mekanik Titreşim-Kişilerin Maruz Kaldığı, Elle İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi-Bölüm 1: Genel Kurallar, TSE, Ankara.
35. 3M, 2022. Kişisel Koruyucu Ekipman. https://www.3m.com.tr/3M/tr_TR/p/c/kisisel-koruyucu-ekipman/isitme-koruma/koruyucu-kulakliklar. Son Erişim: 01.01.2022.
36. Arıtan, A.E., Memiş, Z., 2019. Doğal Taş Ocağında Sahada Çalışan Operatörlerin Titreşim Maruziyetinin İncelenmesi. *Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu 2019*, 485-492, Adana.

