



DÖKÜM PARÇA TAŞLAMA İŞLERİNDE EL-KOL TİTREŞİMİNİN ÖLÇÜLMESİ VE MARUZİYETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Onur ŞAHİN*, Müge Ensari ÖZAY, Rüştü UÇAN

Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*El Kol Titreşimi,
Dökümhane,
Taşlama,
Titreşim Ölçümü,
Günlük Maruziyet.*

Öz

Bu makale ile bir dökümhanede döküm parça taşlama işinde çalışanların el-kol titreşimi ve ilgili fiziksel stresler araştırılmıştır. Çalışmanın amacı döküm parçaların taşlanması sırasında taşlama aleti ile çalışanın el ve kollarına iletilen titreşim değerinin bir vardiya boyunca ölçülerek tespit edilmesi ve yüksek titreşim değerlerinin azaltılması için çözümler üretilmesidir. Bu amaçla taşlama operatörlerinde TS EN 5349 standartında belirtilen metodlar referans alınarak 21 döküm parça taşlama operatörü üzerinde, beş değişik taşlama işleminde ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sağ elde bir vardiya boyunca uygulanmıştır. Döküm parça taşlama yapan çalışanlarda 8 saatlik maruziyet için $1,79 \text{ m/sn}^2$ ile $95,69 \text{ m/sn}^2$ arasında değişen değerler elde edilmiştir. En yüksek değerler döndürücüye bağlı motor blok parçasının deliklerindeki temizlik işlemini havalı çekiç ile yaparken $A(8)=95,69 \text{ m/s}^2$, yere sabit bir makinada yapılan taşlama işleminde $A(8)=20,43 \text{ m/s}^2$ ve final taşlama işleminde $A(8)=12,76 \text{ m/s}^2$ elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre el-kol titreşim maruziyetlerinin azaltılması için öncelikle döküm parçada mühendislik çalışması ile taşlama gerektiren yüzeylerin azaltılması amaçlanmalıdır. Döküm parçada boşlukları oluşturan maça yüzeylerindeki maça kumu kaynaklı çapakların oluşması engellenmeli ve havalı tabanca ile açılabilen kum ile tıkalı delikler için dayanımı yüksek maça kullanılarak problem kaynağında giderilmelidir.

MEASUREMENT OF HAND-ARM VIBRATION AND EVALUATION OF EXPOSURE IN CASTING PARTS GRINDING WORKS

Keywords

*Hand-Arm Vibration,
Foundry,
Grinding,
Vibration Measurement,
Daily Exposure.*

Abstract

With this article, hand-arm vibration, and related physical stresses of those working in casting grinding work in a foundry were investigated. The aim of the study is to determine the vibration value transmitted to the hands and arms of the worker with the grinding tool during the grinding of cast parts by measuring during one shift and to produce solutions for reducing high vibration values. For this purpose, with reference to the methods specified in the TS EN 5349 standard for grinding operators, measurements were made on 21 cast part grinding operators in five different grinding processes. Measurements were performed in the right hand over. Values ranging from 1.79 m/s^2 to 95.69 m/s^2 were obtained for 8 hours of exposure in cast iron workers. The highest values are $A(8)=95.69 \text{ m/s}^2$ when cleaning the holes of the motor block part connected to the rotator with an air hammer, $A(8)=20.43 \text{ m/s}^2$ when grinding on a fixed machine and in the final grinding process $A(8)=12.76 \text{ m/s}^2$ was obtained. According to the results of the research, in order to reduce hand-arm vibration exposures, it should be aimed to reduce the surfaces that require grinding with engineering work in the cast part. The formation of burrs originating from the core sand on the core surfaces that form the voids in the cast part should be prevented and the problem should be eliminated at the source by using high-strength cores for the holes clogged with sand that can be opened with an air gun.

* İlgili yazar / Corresponding author: onur.sahin@doktas.com, +90-224-573-42-63

Alıntı / Cite

Şahin, O., Özay, E., Uçan, R., (2022). Döküm Parça Taşlama İşlerinde El-Kol Titreşiminin Ölçülmesi ve Maruziyetinin Değerlendirilmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 10(3), 856-868.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

O. Şahin, 0000-0003-0712-2978
M.E. Özay, 0000-0002-4785-5503
R. Uçan, 0000-0003-2389-8231

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	16.03.2022
Revizyon Tarihi / Revision Date	25.04.2022
Kabul Tarihi / Accepted Date	27.04.2022
Yayın Tarihi / Published Date	30.09.2022

1. Giriş (Introduction)

Döküm, erimiş metalin silis kumundan yapılan bir kalıp boşluğuna döküldüğü ve ardından katılaşmaya bırakıldığı bir üretim sürecidir (Barot vd., 2020). Bir dökümhanede çok sayıda potansiyel tehlike mevcuttur. Toz, ağır metaller, gürültü, titreşim, ısı stresi ve gazlar bu tehlikelerin en önemlileri olarak sıralanabilir (Şahin vd., 2021). İskelet sistemi, kas yapısı ve nörolojik etkilerinin yanında (Bovenzi, 2011), akut veya kronik olarak çalışanları etkileyen titreşim, dökümhanelerin hemen hemen bütün süreçlerinde var olup çoğu zaman çalışanları olumsuz olarak etkileyen önemli bir fiziksel risktir (Safe Work Australia, 2013). Bir dökümhanede hem el-kol titreşimine hem de tüm vücut titreşimine maruziyet söz konusudur. Forkliftlerle malzeme taşınması, döküm parçanın kalıptan çıkarılması işlemini gerçekleştiren vibrasyonlu makinelerin yakınında çalışması, kum hazırlama sistemlerinde döküm kumu hazırlama proseslerinde tüm vücut titreşimi görülürken özellikle döküm parçanın el aletleri ile çapaklarının taşlanması işinde ise el kol titreşimi ön plana çıkmaktadır (Mgonja, 2017). NIOSH tarafından yapılan bir çalışmada ABD’de ki dökümhanelerde yaklaşık 64.000 işçinin el aletleri nedeniyle titreşime maruz kaldığı bildirilmiştir (NIOSH, 1983). Bu çalışmada dökümhanelerde döküm parça taşlama sürecindeki el kol titreşim maruziyetlerinin titreşim ölçme araçları ile 8 saat boyunca ölçülmesi ve elde edilen bulgular ışığında değerlendirilmesi ele alınmıştır. Bu amaçla öncelikle titreşimin tanınması ile başlayarak el kol titreşimi hakkında bilgiler verilmiş, ölçüm sonuçları değerlendirilerek taşlama işlerinde maruziyetin ve riskin azaltılması için alınması gereken önlemler paylaşılmıştır. Döküm parçanın bir vardiya boyunca taşlanması sırasında maruz kalınan titreşim değerinin ortaya koyulması ile ilgili literatürdeki eksiklik giderilmeye çalışılmıştır. Titreşim ölçümleri genellikle kısa süreli olarak ölçülüp 8 saat ölçülmüş kabul edilerek hesap edilir ve raporlanır. Bu çalışmada ise titreşim ölçümü 8 saat boyunca yapılarak taşlama sırasında oluşan pik değerleri incelenmiştir.

2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)**2.1. Titreşim (Vibration)**

Bir cismin iç veya dış kuvvetlerin etkisiyle yaptığı salınım hareketi olan titreşim (Sağlam, 2011) bir kaynaktan (araç, makine, el aleti gibi) kaynaklanarak vücuda el-kol vasıtasıyla ya da tüm vücut olarak iletilir (Burstrom vd., 2009). Bu çalışmada tüm vücut titreşimine değinilmemiş olup sadece el kol titreşimi üzerinde durulmuştur. El kol titreşimi bir taşlama aleti ile çapak temizleme veya döküm parçanın taşlanması gibi işlemlerden veya aletlerden kaynaklanan ve vücuda el parmaklarından veya avuç içinden giren mekanik titreşime el ile iletilen titreşimdir. El ile iletilen titreşimin sık kullanılan eş anlamlıları, el-kol titreşimi veya segmental titreşimdir (Bovenzi, 2011). El-kol titreşimi (HAV-Hand Arm Vibration), birçok sektörde ve meslekte çalışanlar için yaygın bir tehlikedir. İşyerinde HAV maruziyeti, taşlama motorları ve darbeli matkaplar gibi elde taşınan makinelerin, çim biçme makineleri, ağaç kesme testereleri (Tunay ve Emir, 2015) ve plaka sıkıştırıcılar gibi elle yönlendirilen makinelerin ve dövme çekiçleri gibi makinelerin kullanımından kaynaklanabilir. Titreşime genellikle aylar veya yıllar boyunca düzenli ve sık maruz kalınması operatörün sağlığını etkileyebilir. Ancak titreşimden kaynaklanan riskler kontrol edilebilir ve çoğu çalışan titreşimden kaynaklanan hastalıklardan korunabilir (HSE, 2019). El kol titreşimi için maruziyet eylem değeri EAV (Exposure Action Value) 2,5 m/s², maruziyet sınır değeri ELV (Exposure Limit Value) 5 m/s²’dir (Directive 2002/44/EC, 2002).

2.2. Titreşimin Etkileri ve Semptomlar (Effects of Vibration and Symptoms)

El kol titreşimine maruz kalınmasında en sık görülen etkiler; parmaklarda karıncalanma ve uyuşma, parmaklarda bir şeyler hissedememek, ellerde güç kaybı (ağır nesnelere daha az tutabilme), soğukta parmak uçlarının beyazlaşması, ardından kırmızı olması ve iyileşme sırasında ağrılı olmasıdır (Gerhardsson vd., 2021). Yüksek titreşimli araçlar kullanılmaya devam edilirse, bu belirtiler muhtemelen daha da kötüleşecektir. Örneğin ellerdeki uyuşma kalıcı hale gelebilir ve hiçbir şey hissedilmeyebilir, vida veya çivi gibi küçük nesnelere kaldırmakta zorlanılabilir (HSE, 2019). Titreşim, konforsuzluk hissine, iş veriminde düşüşe, fiziksel hasara ve kas iskelet rahatsızlıklarına giden süreci hızlandırmaya neden olur (Kaya ve Özok, 2018). Bunların yanında Pelmeur ve arkadaşları 1985’de yayınladıkları bir makalede titreşimin sadece dolaşım bozuklukları değil aynı zamanda

psikolojik problemlere de yol açtığını belirtmişlerdir (Pelmeur vd., 1986). Shen ve House yaptıkları bir çalışmada titreşime bağlı semptomların genellikle orta yaşta başladığını, ancak semptomların yüksek yoğunlukta titreşime maruz kalan genç işçilerde de ortaya çıkabileceğini belirtmişlerdir (Shen ve House, 2017). Kişilerin maruz kaldığı titreşimin güvenli seviyelerini belirlemek ve değerlendirmek için titreşim risklerinin değerlendirilmesi ve titreşim maruziyet seviyelerinin belirlenmesi gereklidir. Ayrıca tıbbi araştırmaların periyodik olarak yapılması ile erken teşhis ve tedavi imkanları ortaya çıkacaktır (Vihlborg vd., 2017). Üçüncül önlemler olarak yönetsel önlemler kullanılmalıdır. Çalışanların maruziyet süresini düşürmek için vardiya düzenlenmesi ve molalar düşünülmelidir. Son çare olarak kişisel korunma tedbirlerine başvurulmalıdır (HSE, 2001).

2.3. Dökümhanelerdeki Titreşim Kaynakları (Sources of Vibration in Foundries)

Dökümü gerçekleştirmek için yapılan faaliyetlerden oluşan titreşimin bir kısmı bütün vücudu etkilerken bir kısmı da el ve kolları etkiler. Forkliftle çalışma, ergitim ocaklarına vibratör ile parça besleme bütün vücudu etkilerken parça taşlama işlerinde oluşan titreşim el ve kolları etkiler. Dökümhanelerde ki başlıca titreşim kaynakları; sarsaklar, ocak besleme vibratörleri (Carra vd., 2019), presler ve parça temizleme işleridir (HSE, 2019). Döküm parça kum kalıptan çıkarıldığında üzerinde besleyiciler, çıkıcılar ve çapaklar gibi çeşitli malzemeler barındırır (Armstrong vd., 2002). Döküm parçanın son şeklini alabilmesi için bu malzemeler çeşitli ekipmanlar ile parça üzerinden temizlenir. Temizlerken kullanılan ekipmanlar genelde pnömatik el taşlama motoru, havalı çekiç ve elektrikli taşlama makineleridir. Döküm parça üzerinde oluşan çapak, çıkıcı, besleyici gibi malzemelerin kesilmesi esnasında el aleti üzerinde oluşan titreşim tutamak vasıtasıyla kollara iletilir (Reynolds vd., 1983).

2.4. Döküm Parça Taşlama Araçları (Casting Grinding Tools)

Dökümhaneler birçok kimyasal ve fiziksel tehlikeleri içeren yüksek riskli işletmelerdir. Döküm parçanın taşlanması sırasında oluşan gürültü, kumdan çıkarılma esnasındaki sıcak parça yüzeyleri, toz, özellikle maça üretiminde ve parça boyama prosesinde kullanılan kimyasal maddeler ve titreşim öne çıkan, çalışanları ciddi şekilde etkileyen tehlike kaynaklarıdır. Döküm parça fazlalıkları pnömatik çapak kırma çekici (havalı keski), büyük-küçük boy elektrikli ve pnömatik taşlama motorları, armut tipi elektrikli taş motoru, pnömatik dik taşlama makinası ve sabit taşlama makinası ile temizlenmektedir (Armstrong vd., 2002). Aşağıda tablo 1'de döküm parçanın son kullanıcıya ulaşmadan önce üzerindeki istenmeyen fazlalıklarının temizlenmesi ve çapaklarının taşlanması için kullanılan el aletlerinin (Şekil 1) titreşim değerleri, ağırlık ve geometrik ölçüleri ile ilgili bazı bilgiler verilmiştir.

Tablo 1. Taşlama Yapılan Araçlar (Grinding Tools)

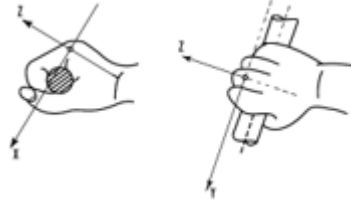
Cihaz No	Taşlama el aleti adı	Titreşim değeri	Geometrik ölçüler ve ağırlık
1	Büyük-Küçük açılı taşlama makinası (elektrikli taşlama motoru)	125 mm: 2,0-6,0 m/s ² 230 mm: 4,5-7,5 m/s ²	Disk çapı: 125 mm Ağırlık: 2,3 kg Disk çapı: 230 mm Ağırlık: 5,1 kg
2	Çapak kırma çekici (havalı keski)	7-8 m/s ²	Ağırlık:15 kg Uzunluk:60 cm
3	Havalı taşlama motoru (düşey taşlama makinası)	<2,5 m/s ²	Ağırlık: 4 kg Uzunluk: 12,8 cm
4	Düz taşlama makinası	2,5 m/s ²	Ağırlık: 5,4 kg Uzunluk: 53,5 cm
5	Askılı taşlama makinası (swing frame)		Ağırlık: 750 kg Uzunluk: 750 cm
6	Yere sabit taşlama makinası		Ağırlık: 500 kg Uzunluk: 750 cm



Şekil 1. Döküm Parça Taşlamada Kullanılan Araçlar (Tools Used in Casting Parts Grinding)

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Döküm fabrikalarında taşlamadan kaynaklı titreşimin tespiti için bir döküm fabrikasında 21 taşlama operatörünün sağ elleri üzerinde, çalışma esnasında 8 saat süre ile titreşim değerleri ölçülmüştür. Ölçümler Svantek-948 titreşim ölçüm cihazı ve Dytran el-kol titreşim ivmeölçeri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Titreşim değerleri her 15 dakikada bir kaydedilmiş ve ortalamaları alınmıştır. Operatörler taşlama yaparken pnömatik-elektrikli spiral taş motorları, havalı keski, askılı taşlama taşı (swing frame), pnömatik taşlama makinası kullanmışlardır. Yapılan ölçümlerde TS EN ISO 5349 standartında ki metodlar kullanılmıştır. Metoda göre kişinin titreşime maruz kaldığı el bölgesine (avuç içi) ivmeölçer sabitlenmiştir. Cihaz üzerinde yapılan gerekli ayarlamaların akabinde titreşimin şiddeti üç eksen için de ölçülerek ham veriler cihaza kaydedilmiştir. Daha sonra bu veriler cihaz hafızasından bilgisayar ortamında alınıp, cihazın kendi paket programı ile çalışma ve maruziyet süreleri dahilinde zaman ağırlıklı ortalamalar hesaplanarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2. El Kol Titreşimi Ölçüm Yöntemi (Hand Arm Vibration Measurement Method) (TS EN 5349-1, 2001)

Titreşim büyüklüğü (a_{hv}) ve $A(8)$ günlük titreşim maruziyeti değeri hesaplamalarında aşağıdaki formüller kullanılmıştır (TS EN 5349-2, 2004)

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (1)$$

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

$A(8)$: m/s^2 cinsinden, günlük titreşime maruz kalma,

a_{hv} : m/s^2 cinsinden titreşim büyüklüğü,

a_{hwi} : m/s^2 cinsinden, i işlemi için frekans ağırlıklı elle iletilen titreşimin tek eksenli karelerinin ortalama karekök değeridir. Formülde k , y veya z ekleri, ölçme yönünü göstermek için kullanılır.

T : Titreşime maruz kalınan toplam süre (günlük),

T_0 : 8 saatlik referans süre.

Titreşim ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi için taşlama yöntemleri gruplandırılmış ve 5 farklı metod üzerinde çalışılmıştır.

1. Bir masada yapılan taşlama işlemi: Döküm parçanın ayırım yüzeyi çapağının, çıkıcılarının, besleyici gibi malzemelerin spiral taş motoru, avuç içi taşlama motoru ile temizlendiği işlemdir. Bu işlem için 6 operatör üzerinde ölçümler yapılmıştır.
2. Final taşlama işlemi: Döküm parçanın ayırım çapağı gibi istenmeyen kısımları taşlandıktan sonra final operasyonları için daha hassas işlemlerin yapıldığı taşlama işlemdir.
3. Bir döndürücüye bağlı motor blok taşlama işlemi: Motor blok parçası yatay olarak iki tarafından dönebilen bir döndürücü makineye bağlanarak iç çapakları ve girintili bölgeleri havalı çekikle temizleme işlemidir.
4. Bir makineye bağlı döküm parçanın askılı taşlama diski (swing frame) ile yapılan taşlama işlemi: Döküm parçanın sabit bir makineye bağlanarak taşlama diskinin iki kolla tutulması ve diskin bir mekanizma ile asılı olması işlemidir.
5. Yere sabit taşlama makinasında taşlama işlemi: Yere sabit bir taşlama tezgahında döküm parçanın elle hareket ettirilmesi ile yapılan işlemdir.

4. Bulgular (Results)

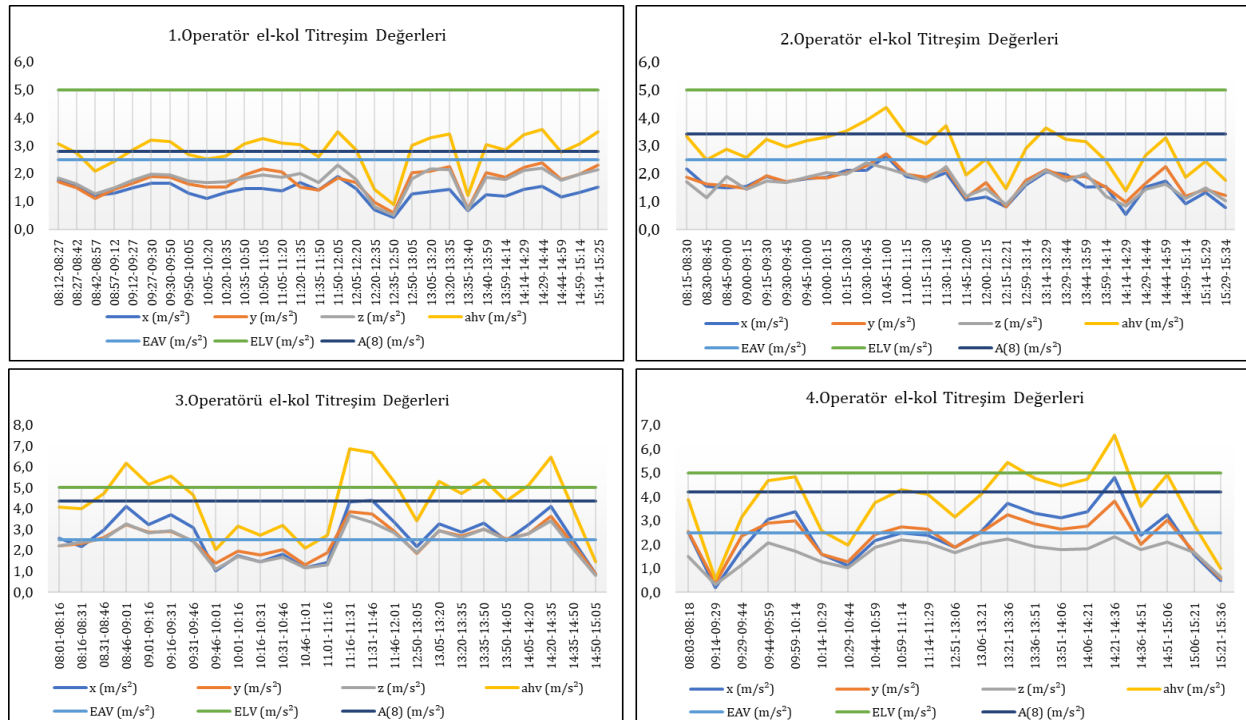
Ölçümler neticesinde elde edilen görev bazlı titreşim değerleri tablolar şeklinde verilmiştir. Ayrıca her bir operatörün bir vardiya boyunca her 15 dakikalık ortalama değerleri grafiksel olarak gösterilmiş ve pik değerleri irdelenmiştir.

4.1. Bir Masada Yapılan Taşlama İşleminde Operatörlerin Titreşim Bulguları (Vibration Findings of Operators in Grinding on a Table)

Döküm parçanın çapak ve çıkıcılarının spiral taşlama motorları ile taşlanarak temizlenmesi ve deliklerdeki tıkanıklığın havalı çekiç ile açıldığı işlemlerde altı (6) operatör üzerinde ölçümler yapılmıştır. 35 yaşında olan birinci ve 43 yaşında olan ikinci operatör havalı taşlama makinası kullanmıştır. Ölçümler yaklaşık 8 saat sürmüştür. Genel olarak x, y, z yönündeki titreşim büyüklükleri birinci operatörde 1,35 ile 1,75 m/s² arasında değişmiş ve bu değerlerin A(8) günlük titreşim maruziyeti değeri 2,8 m/s² elde edilmiş ve toplam büyüklük 2,5 m/s² değerinin üzerine çıkmıştır. "Çalışanların titreşimle ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik" (ÇSGB, 2013) incelendiğinde el kol titreşimi için günlük maruziyet eylem değeri 2,5 m/s² ve günlük maruziyet sınır değeri 5,0 m/s²'dir. Dolayısıyla çalışanlarda ölçülen titreşim değerleri, çalışanların titreşimden kaynaklı risklerden etkilenebileceğini göstermektedir. İkinci operatörde 1,62 ile 1,73 m/s² arasında değişmekte ve buna bağlı olarak A(8) 3,41 m/s² olarak hesap edilmiştir. Üç ve dördüncü operatörlerin x, y, z titreşim büyüklükleri 2,5 m/s² civarında ölçülmüş olup günlük maruziyet düzeyi A(8) her üç operatör için Çalışanların titreşimle ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelikte verilen eylem değeri aşılmıştır. Beşinci operatör genelde 2,5 m/s²'nin altında değerler ölçülmüştür. Altıncı operatör boyut olarak küçük döküm parçaları avuç içi el taşlama motoru ile taşıdığı için x, y ve z değerleri 1,5 ile 2 m/s² arasında ölçülmüştür. Beşinci ve altıncı operatörün grafikleri verilmemiştir (Tablo 2 ve Şekil 3).

Tablo 2. Döküm Parça Taşlama Operatörleri Titreşim Değerleri (Cast Part Grinding Operators Vibration Values)

Yapılan İşlem	Kullanılan el aletleri	Operatörlerin yaşı	Titreşim büyüklüğü			A(8) (m/s ²)
			x yönü (m/s ²)	y yönü (m/s ²)	z yönü (m/s ²)	
Bir masada yapılan taşlama işlemi	Poz 1,2,3,4 (Tablo 1)	1.Operatör (35)	1,35	1,72	1,75	2,80
		2.Operatör (43)	1,63	1,73	1,62	3,41
		3.Operatör (30)	2,70	2,49	2,36	4,37
		4.Operatör (41)	2,43	2,33	1,67	4,20
		5.Operatör (42)	1,23	1,52	1,23	2,32
		6.Operatör (25)	1,38	1,64	1,35	2,53



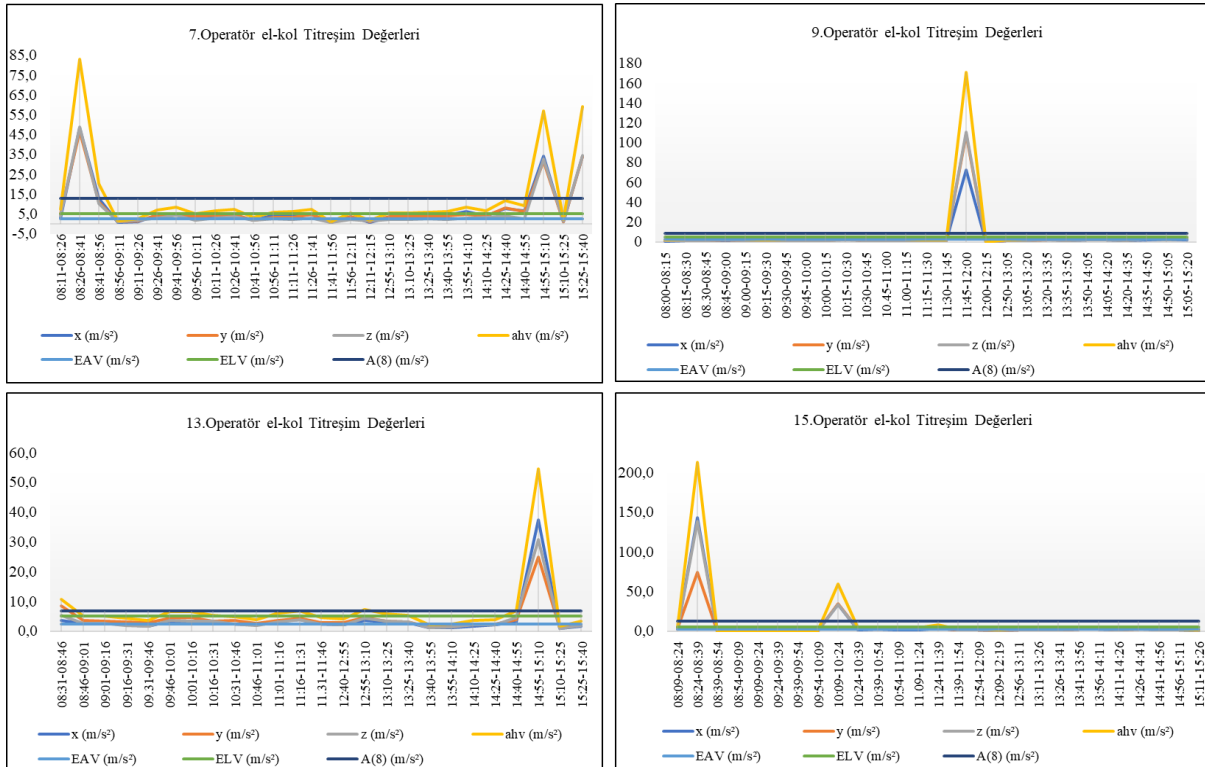
Şekil 3. 1-2-3-4 No'lu Operatörlerin 8 Saatlik Titreşim Değerleri Grafiği (8-Hour Vibration Values Graph For Operator 1-2-3-4)

4.2. Döküm Parça Final Taşlama Operatörleri Titreşim Bulguları (Cast Part Final Grinding Operators Vibration Findings)

Çapakları ve diğer fazlalıkları taşlama motorlarıyla alınmış döküm parçalar final temizlik işlemine alınırlar. Bu aşamada yapılan ölçümlerde tablo 3’de ki değerler elde edilmiştir. Yedinci operatör motor blok kafa parçasının yüzey çapaklarını alma işleminde girintili kısımlarındaki kum fazlalıklarını havalı çekiç ile temizlerken 08:26 ile 08:41 saatleri arasında 15 dakikada ortalama x,y,z yönlerinde 48 m/s^2 titreşim büyüklüklerine maruz kalmıştır. Buna göre a_{hv} $83,3 \text{ m/s}^2$ hesap edilmiştir. Sekiz saatlik maruziyeti ise $A(8)$ $12,76 \text{ m/s}^2$ olmuştur (Şekil 4). Dokuz nolu operatör saat 11:45 ile 12:00 arasında $x=72,8$, $y=108,7$, $z=110,6 \text{ m/s}^2$ büyüklüklere maruz kalmış bunun sonucunda titreşim büyüklüğü (a_{hv}) 171 m/s^2 , $A(8)$ de $8,92 \text{ m/s}^2$ olarak hesap edilmiştir (Şekil 4). On üçüncü operatör ise saat 14:55 ile 15:10 arasında $x=37,5$, $y=24,9$, $z=30,8 \text{ m/s}^2$ büyüklükler tespit edilmiş ve buna bağlı olarak a_{hv} $54,6 \text{ m/s}^2$ olarak hesap edilmiştir. $A(8)$ değeri ise $6,91 \text{ m/s}^2$ dir (Tablo 3). On beşinci operatör 08:24 ile 08:39 arasında 15 dakika boyunca $143,5$, $74,2$ ve $138,5 \text{ m/s}^2$ x, y, z titreşim büyüklüklerine maruz kalmıştır. Bu maruziyet sırasında operatör havalı çekiç ile dişli kutusu parçasında girintili kısımlarda kum hatalarını temizlemiş ve havalı çekicinin titreşimine maruz kalmıştır ve $A(8)$ $12,65 \text{ m/s}^2$ titreşim günlük maruziyetleri elde edilmiştir (Şekil 4). Dokuz ve on üç nolu operatörler titreşimin pik yaptığı 15 dakikalık aralıkta Şekil 4’de gösterildiği gibi parça iç yüzeyinde ki maça kaynaklı hataları havalı çekiç ile temizlemek için çalışmış ve yüksek titreşime maruz kalmıştır. Sekiz, onbir ve on iki nolu operatörler hariç tüm operatörler Çalışanların titreşimle ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelikte verilen eylem değeri ve sınır değerini aşmış sadece 14 nolu operatör sınır değeri aşmamıştır.

Tablo 3. Döküm Parça Taşlama Final Operatörleri Titreşim Değerleri (Casting Part Grinding Final Operators Vibration Values)

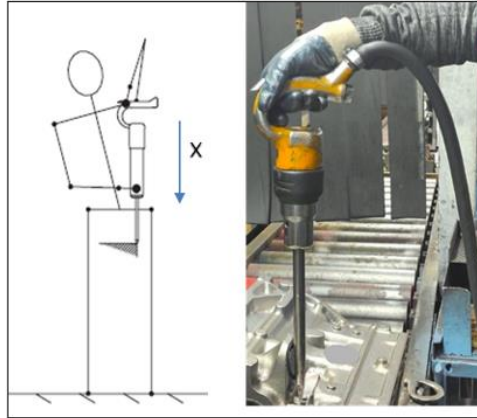
Yapılan İşlem	Kullanılan el aletleri	Operatörlerin yaşı	Titreşim büyüklüğü			A(8) (m/s ²)
			x yönü (m/s ²)	y yönü (m/s ²)	z yönü (m/s ²)	
Final Taşlama İşlemi	Poz 1,2,3,4 (Tablo 1)	7.Operatör (27)	7,79	7,58	6,69	12,76
		8.Operatör (24)	1,58	1,82	1,47	2,82
		9.Operatör (39)	4,18	5,59	5,55	8,92
		10.Operatör (47)	3,24	3,58	3,08	5,73
		11.Operatör (19)	0,89	1,19	1,01	1,80
		12.Operatör (21)	1,27	1,33	1,25	2,22
		13.Operatör (38)	3,92	4,18	3,87	6,91
		14.Operatör (39)	1,96	1,87	1,88	3,30
		15.Operatör (36)	7,99	5,61	8,04	12,65



Şekil 4. 7,9,13,15 No’lu Operatörlerin 8 Saatlik Titreşim Değerleri Grafiği (8-Hour Vibration Values Graph For Operator 7,9,13,15)

4.3. Motor Blok Taşlama Operatörleri Titreşim Bulguları (Engine Block Grinding Operators Vibration Findings)

Motor blok taşlama sırasında yapılan iki ölçümde birbirinden çok farklı değerler elde edilmiştir. Buna göre on altıncı operatör x yönünde $94,48 \text{ m/s}^2$ titreşime maruz kalırken aynı operatörün y ve z yönlerindeki değerleri $10,05$ ve $11,36 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüştür. Toplam maruziyet değeri $A(8)$ ise $95,69 \text{ m/s}^2$ olarak hesap edilmiştir. On yedinci operatör x yönünde $4,61 \text{ m/s}^2$, y yönünde $5,35 \text{ m/s}^2$, z yönünde ise $5,90 \text{ m/s}^2$ titreşime maruz kalmış olup, toplam maruziyet değeri ise $9,20 \text{ m/s}^2$ olarak hesap edilmiştir. On altıncı operatör Şekil 5'de ki gibi havalı çekiç ile motor bloktaki girintili kısımları, On yedinci operatör ise spiral taş motoru ile motor blok temizleme işlemi yapmıştır. Havalı çekiç kullanan operatörün x yönünde döküm parçaya çekiç darbeleri uyguladığı (Şekil 5) ve döküm parça üzerinde istenmeyen kum hatalarını temizlediği tespit edilmiştir (Tablo 4). Şekil 13 de ki grafikte saat 13:21 de başlayıp vardiya sonuna kadar süren x yönündeki maruziyet verilmiştir. X yönünde operatörün kollarına yaklaşık 550 m/s^2 titreşim büyüklüğü iletilmiştir (Şekil 6). Bu değerler Çalışanların titreşimle ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelikte verilen eylem değeri ve sınır değerlerinin çok üstünde değerler olup çalışanlar titreşim risklerine maruz kalmışlardır.

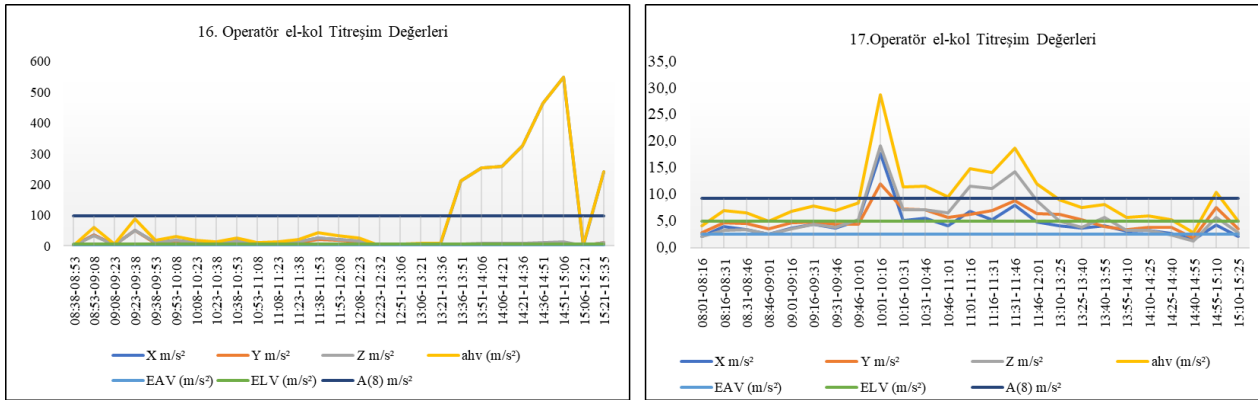


Şekil 5. Havalı Çekiç İle Motor Blok Temizleme İşlemi (Engine Block Cleaning With Air Hammer) (Amstrong vd., 2002)

Tablo 4. Motor Blok Taşlama Operatörleri Titreşim Değerleri (Engine Block Grinding Operators Vibration Values)

Yapılan İşlem	Kullanılan el aletleri	Operatörlerin yaşı	Titreşim büyüklüğü			A(8) (m/s ²)
			x yönü (m/s ²)	y yönü (m/s ²)	z yönü (m/s ²)	
Motor blok taşlama	Poz 1,2,3 (Tablo 1)	16.Operatör (39)	94,48	10,05	11,36	95,69
		17.Operatör (45)	4,61	5,35	5,90	9,20

+



Şekil 6. 16, 17 No'lu Operatörlerin 8 Saatlik Titreşim Değerleri Grafiği (8-Hour Vibration Values Graph For Operator 16,17)

4.4. Sabit Taşlama Makinası Operatörü Titreşim Bulguları (Stationary Grinding Machine Operator Vibration Findings)

Yere sabit olan bir makinada yapılan taşlama işleminde (Şekil 7) yapılan ölçümlerde titreşim büyüklükleri sırasıyla x, y, z yönlerinde $12,45$, $10,54$ ve $12,30 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüş $A(8)$ değeri $20,43 \text{ m/s}^2$ olarak hesap edilmiştir (Tablo 5). Operatör bu tezgahta taşlama yaparken dönen bir diske döküm parçayı yaklaştırıp uzaklaştırma şeklinde taşlanacak parçayı hareket ettirmiştir. Parçayı diske temas ettirip kuvvet uygulama ve

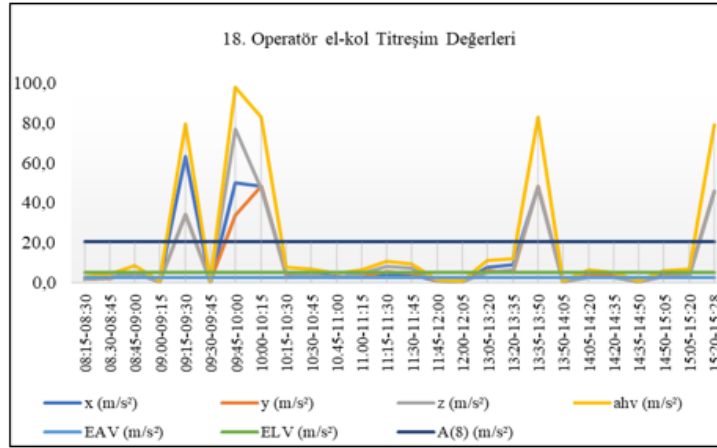
çapağın taşlanması sağlama şeklinde çalışmıştır. On sekiz nolu operatörün çalışma sırasında yönetmelikte verilen eylem ve sınır değerleri aştığı görülmektedir (Şekil 8).

Tablo 5. Sabit Taşlama Makinası Operatörleri Titreşim Değerleri (Stationary Grinding Machine Operators Vibration Values)

Yapılan İşlem	Kullanılan el aletleri	Operatörlerin yaşı	Titreşim büyüklüğü			A(8) (m/s ²)
			x yönü (m/s ²)	y yönü (m/s ²)	z yönü (m/s ²)	
Sabit taşlama makinesinde taşlama	Poz 6 (Tablo 1)	18. Operatör (44)	12,45	10,54	12,30	20,43



Şekil 7. Taşlama Tezgahtında Taşlama İşlemi (Grinding Operation)



Şekil 8. 18 No'lu Operatörün El-Kol Titreşim Değerleri (Grinding Operator (18) Hand-Arm Vibration Values)

4.5. Askılı Taşlama Makinasında Parça Taşlama Operatörleri Titreşim Bulguları (Workpiece Grinding Operators Vibration Findings on a Pendant Grinder)

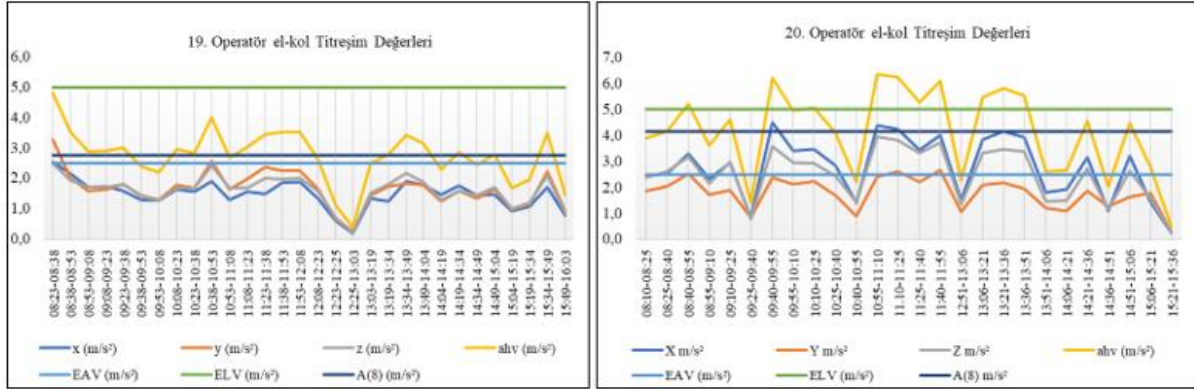
Döküm parça bir mekanizmaya bağlanarak sabitlenir ve taşlama diski hareket ettirilerek taşlama yapılır. Bu işlem sırasında yukarıya asılmış taşlama diskinin kolları operatör tarafından iki elle tutularak taşlama işlemi gerçekleştirilir (Şekil 9). Çalışma sırasında üç operatör üzerinde yapılan ölçümlerde 1,48 m/s² ile 2,78 m/s² arasında titreşim büyüklükleri tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak A(8) değerleri 2,75, 4,14 ve 3,70 m/s² olarak hesap edilmiştir (Tablo 6, Şekil 10).

Tablo 6. Askılı Taşlama Makinası Operatörleri Titreşim Değerleri (Vibration Values For Swing Frame Grinder Operators)

Yapılan İşlem	Kullanılan el aletleri	Operatörlerin yaşı	Titreşim büyüklüğü			A(8) (m/s ²)
			x yönü (m/s ²)	y yönü (m/s ²)	z yönü (m/s ²)	
Askılı taşlama makinası ile taşlama	Poz 5 (Tablo 1)	19.Operatör (43)	1,48	1,66	1,61	2,75
		20.Operatör (44)	2,78	1,78	2,50	4,14
		21.Operatör (38)	2,00	2,23	2,18	3,70



Şekil 9. Askılı Taşlama Operasyonu (Swing Frame Grinding Operation)



Şekil 10. 19,20 No'lu Operatörlerin 8 Saatlik Titreşim Değerleri Grafiği (8-Hour Vibration Values Graph For Operator 19,20)

5. Sonuçlar ve Tartışma (Results and Discussion)

Bu çalışmada yapılan titreşim ölçümlerinden elde edilen veriler ile literatürde ki benzer çalışmalar kıyaslanarak tartışılmıştır.

NIOSH tarafından yayınlanan Vibration Syndrome başlıklı bir çalışmada 147 dökümhane işçisi titreşim sendromu ve çalışma süresi açısından değerlendirilmiştir. Bu veriler, dökümhanelerde ve benzer alet ve işlemlerin bulunduğu diğer işyerlerinde titreşim sendromunun potansiyel tehlikelerini ortaya koymuştur. Titreşime maruz kalan yıllar ile vibrasyon sendromunun şiddeti arasında doğrudan bir ilişki vardır. 1,5 yıl veya daha az maruz kalan işçilerin %31'inde, 1,5 ile 3 yıl arasında maruz kalan işçilerin %41'inde ve işçilerin %71'inde evre 1 veya daha fazla şiddette vibrasyon sendromu saptanmıştır. Tersane çalışanları arasında da benzer bir ilişki olduğu belirtilmiştir (NIOSH, 1983).

Gerhardsson ve arkadaşları tarafından yayınlanan bir makalede 15 dökümhane işçisinin günlük titreşim değerinin $6,2 \text{ m/s}^2$ olduğu bildirilmiştir (min. 2 m/s^2 ve max. $8,9 \text{ m/s}^2$). İncelenen dökümhanede en yüksek titreşim değeri havalı keski makinesinde ölçüldüğü belirtilmiştir (20 m/s^2) (Gerhardsson vd., 2021). Gerhardsson ve arkadaşlarının elde ettiği sonuçlar, bu çalışmada yapılan döküm parça taşlama el kol titreşim ölçüm sonuçları ile karşılaştırıldığında havalı keski makinesi ile yapılan operasyonda ölçülen değer $9,2 \text{ m/s}^2$ ile $95,69 \text{ m/s}^2$ arasında değiştiği için (Tablo 4) Gerhardsson ve arkadaşlarının elde ettiği değerlere göre yüksek çıktığı anlaşılmaktadır.

Reynolds ve arkadaşları tarafından 1983 yılında yayınlanan makalede taşlama operatörlerinin titreşim büyüklüklerinin 6 ile 21 m/s^2 arasında değiştiği bildirilmiştir (Reynolds vd., 1983). Bu çalışmada beş farklı yöntem üzerinde yapılan ölçümlerde ise $1,79 \text{ m/s}^2$ ile $95,69 \text{ m/s}^2$ arasında değişen değerler elde edilmiş olup Reynolds ve arkadaşlarının çalışması ile kıyaslandığında $95,69 \text{ m/s}^2$ değerinin 21 m/s^2 değerine göre yaklaşık beş kat yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Taylor ve arkadaşları 1981 yılında yayınladıkları bir çalışmada bir dökümhanede ortalama 4 yıl maruziyeti olan havalı çekiç ve taşlama motoru kullanan 49 işçide el kol titreşim değerini 424 m/s^2 olarak belirtmişlerdir (NIOSH, 1989). Bu değer HSE (Health and Safety Executive) hazır hesap tablosunda yaklaşık olarak 10 m/s^2 değerine denk gelmektedir. Taylor ve arkadaşlarının elde ettiği sonuçlar bu çalışmada yapılan 8 saatlik titreşim ölçümünün sonuçları ile kıyaslandığında benzer değerlerin ortaya çıktığı söylenebilir.

Sağlam, "Çalışma Hayatında Maruz Kalınan Titreşimin Ölçülmesi ve Bu Maruziyetten Kaynaklanan Titreşimin

İnsan Sağlığına Etkisi” konulu tezinde el kol titreşimi için yapılan ölçümlerde en yüksek değer tersanecilik sektöründeki taşlama titreşim değerinin ($14,1 \text{ m/s}^2$) olduğunu belirtmiştir (Sağlam, 2011). Bu makalede ölçtüğümüz değerler ile kıyaslandığında Sağlam’ın elde ettiği sonuçlar ile bu makaledeki sonuçların benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Clarke ve arkadaşları tarafından 1986 yılında yayınlanan bir çalışmada keskinden ele gelen titreşimin 24 m/s^2 değerlere çıktığını ve bu durumun beyaz parmak hastalığına sebep olabileceğini belirtmişlerdir (Clarke, 1986). Bu çalışmada ise motor blok taşlamada kullanılan havalı keski (çekiç)’den ele geçen titreşim $95,69 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüş ve Clarke’ın çalışmasındaki değere göre yüksek çıkmıştır.

Christ, 2004 yılında Amerika’da yapılan 10.Uluslararası El Kol Titreşim Kongresinde yayınladığı çalışmasında taşlama motoru ile taşlama yapan çalışmada $x:5,4 \text{ m/s}^2$, $y:6,7 \text{ m/s}^2$ ve $z:6,4 \text{ m/s}^2$ olarak ölçmüş ve a_{hv} ’nin $10,7 \text{ m/s}^2$ olduğunu bildirmiştir (Christ, 2004). Christ’in elde ettiği sonuçları bu makaledeki sonuçlar ile kıyasladığımızda benzer değerlerin ölçüldüğü söylenebilir.

Lindell ve arkadaşları 2015 yılında Beijing’de yayınladıkları bir makalede taşlama motoru ile yaptıkları ölçümde $7,1 \text{ m/s}^2$ titreşim değeri elde ettiklerini bildirmişlerdir (Lindell vd., 2015). Bu makalede taşlama motoru ile yapılan ölçümlerde ortalama 4 m/s^2 titreşim değerleri ölçülmüş ve Lindell ve arkadaşlarının sonuçlarına göre düşük değerler elde edilmiştir.

Bovenzi ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada 1 ile 12 yıl kıdemi olan dökümhane işçilerinde yapılan ölçümlerde taşlama operatörlerinde x, y, z toplamı $8,9 \text{ m/s}^2$ olduğunu belirtmişlerdir. (Bovenzi vd., 1983) Bu makalede ise birinci grup (Tablo 2) operatörün titreşim değerleri ortalaması $3,27 \text{ m/s}^2$, ikinci grup (Tablo 3) taşlama operatörlerinin titreşim değerlerinin ortalaması $6,34 \text{ m/s}^2$ olarak tespit edilmiş ve Bovenzi ve arkadaşlarının sonuçlarına göre düşük değerler elde edilmiştir.

Xie ve arkadaşları otomobil parçaları dökümü ve montajı yapan bir fabrikada EN 5349’a göre yaptıkları titreşim 8 saatlik ölçümlerinde; taşlama çarkı $1,61$ ile $8,97 \text{ m/s}^2$, iç taşlama işleminde $1,46$ ile $8,70 \text{ m/s}^2$ ve havalı çekiçte $11,10$ ile $14,50 \text{ m/s}^2$ arasında değişen titreşim değerleri (a_{hv}) elde etmişlerdir (Xie vd., 2016). Bu makalede elde edilen veriler ile kıyaslandığında özellikle havalı çekiçte elde edilen değerlerin benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Liljelind ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada döküm parça taşlama operatörünün maruz kaldığı titreşim büyüklüğünün $3,4 \text{ m/s}^2$ olarak ölçüldüğünü bildirmişlerdir (Liljelind vd., 2011). Bu çalışmada ise benzer pozisyonda çalışan taşlama operatörleri ortalama $3,27 \text{ m/s}^2$ titreşime maruz kalmış olup kıyaslama yapıldığında değerlerin benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Tablo 7. Literatürde ki Titreşim İle İlgili Çalışmalar (Studies on Vibration in The Literature)

Araştırmacılar	Çalışma Konusu	Bulgular
Gerhardsson vd.	15 dökümhane işçisinde titreşim ölçülmesi	<ul style="list-style-type: none"> A(8):$6,2 \text{ m/s}^2$ En yüksek titreşim değeri: A(8):20 m/s^2 (Havalı keski)
Reynolds vd.	Taşlama operatörlerinde titreşim ölçümü	<ul style="list-style-type: none"> A (8) -->6 ile 21 m/s^2 arasında değişen değerler elde edilmiştir
Taylor vd.	49 dökümhane işçisinde titreşim ölçümü	<ul style="list-style-type: none"> A(8):10 m/s^2
Sağlam	Tersane taşlama işçileri titreşim ölçümü	<ul style="list-style-type: none"> A(8):$14,1 \text{ m/s}^2$
Clarke	Keskinden gelen titreşim	<ul style="list-style-type: none"> a_{hv}:24 m/s^2
Christ	Taşlama motorundan ele geçen titreşim	<ul style="list-style-type: none"> a_{hv}:$10,7 \text{ m/s}^2$
Lindell vd.	Taşlama motorundan ele geçen titreşim	<ul style="list-style-type: none"> a_{hv}:$7,1 \text{ m/s}^2$
Bovenzi vd.	Dökümhane işçilerinde titreşim ölçümü	<ul style="list-style-type: none"> A(8):$8,9 \text{ m/s}^2$
Xie vd.	Otomobil parçaları dökümü ve montajında ölçümler	<ul style="list-style-type: none"> Taşlama çarkı a_{hv}: $1,61$ ile $8,97 \text{ m/s}^2$ İç taşlama işleminde a_{hv}: $1,46$ ile $8,70 \text{ m/s}^2$ Havalı çekiçte a_{hv}: $11,10$ ile $14,50 \text{ m/s}^2$
Liljelind vd.	Döküm parça taşlama	<ul style="list-style-type: none"> A(8):$3,4 \text{ m/s}^2$

Tablo 7 incelendiğinde literatürde dökümhane işlerinde titreşim ile ilgili çalışmalar yapıldığı anlaşılmaktadır.

Yazarların elde ettiği titreşim değerleri ile bu makalede elde edilen değerlerin benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Döküm yöntemi ile elde edilen teknolojik parçalarda çapak oluşumu mümkün olduğu kadar engellenmeye çalışılmakta ancak her şeye rağmen ayırım yüzeyi çapağı, çıkıcı vb. fazlalıklar engellenememektedir. Bu fazlalıklarda döküm parça sevk edilmeden önce temizlenmeli ve müşteriye çapaksız parça gönderilmelidir. Temizleme ya da dökümcülükteki adıyla "tamamlama" birçok taşlama metodunu barındırmaktadır. Çalışmamızda incelenen temizleme metodlarından havalı çekiç ile motor blok parçasının deliklerinin temizlenmesi işleminde birinci operatörde x yönünde ölçülen $95,7 \text{ m/s}^2$ titreşim değeri ile dikkat çekmektedir. İkinci operatörde ise $4,61$ ile $5,90 \text{ m/s}^2$ arasında değerler elde edilmiştir. İki ölçüm arasındaki fark motor blok girintili yüzeylerde oluşan döküm kumunun yüzeye yapışmış kısımlarının temizlenmesinden kaynaklanmaktadır. Döküm parçada, yüzeyde veya girintili kısımlarda oluşabilecek bu tür döküm hataları operatörlerin havalı çekici dik vaziyette ve yüksek kuvvetle uygulamalarına bu da çok yüksek titreşim değerlerine sebep olacaktır. Motor blok taşlamadaki yüksek titreşim değerlerine nazaran düşük olan ancak limit değerlerin üstünde olan başka titreşim değerleri ölçülmüştür. Bu değerler final taşlama yapan 1., 3. ve 9. operatörlere aittir. Bu ölçümlerde operatörler havalı çekici her üç yönde de (x,y,z) neredeyse eşit titreşim büyüklüklerine sebep olacak şekilde motor blok kafa parçasının deliklerine uygulamıştır. Yere sabitlenmiş bir taşlama tezgahının diskine döküm parçanın çapaklı kısımlarının bastırılarak fazlalıklarının temizlenmesinde 12 m/s^2 seviyelerinde büyüklükler elde edilmiştir. A(8) hesaplandığında operatörün maruz kaldığı titreşim büyüklüğü $20,43 \text{ m/s}^2$ olarak hesap edilmiştir ve bu değer günlük limit değerinin yaklaşık 4 katıdır. Aynı zamanda Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te verilen eylem değeri ve sınır değerlerini aştığı görülmektedir. Taşlama diskinin bağlı olduğu mekanizmayı iki elle tutan operatörlerde ise titreşim değerleri $1,5 \text{ m/s}^2$ ile $2,5 \text{ m/s}^2$ arasında değişmiştir ve yönetmelikte verilen değerlerin altında kalmıştır. Yere sabit olan taşlama diskine göre düşük olmasının nedeni diskin bir mekanizma ile asılı şekilde taşlama yapmasıdır. Bu durumda el ve kola iletilen titreşim büyüklüğünün azalmasına yardımcı olmaktadır. Tüm operatörler için Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te verilen eylem ve sınır değerlerine göre günlük maruziyet değerleri değerlendirilmiştir Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Elde edilen günlük maruziyet değerlerinin "Çalışanların titreşimle ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik"te verilen eylem değeri ve sınır değerleri ile kıyaslanması (Comparison of the daily exposure values obtained with the action value and limit values given in the "Regulation on the protection of employees from vibration-related risks")

Operatör No	A(8) m/s^2	El-kol titreşimi için Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet		Değerlendirme
		Eylem değeri (m/s^2)	Sınır değeri (m/s^2)	
1.Operatör	2,80	2,5	5	Eylem değeri aşılmış, sınır değerinin altında kalmıştır.
2.Operatör	3,41	2,5	5	Eylem değeri aşılmış, sınır değerinin altında kalmıştır.
3.Operatör	4,37	2,5	5	Eylem değeri aşılmış, sınır değerinin altında kalmıştır.
4.Operatör	4,20	2,5	5	Eylem değeri aşılmış sınır değerinin altında kalmıştır.
5.Operatör	2,32	2,5	5	Hem eylem hem sınır değeri aşılmamıştır.
6.Operatör	2,53	2,5	5	Eylem değeri aşılmış sınır değerinin altında kalmıştır.
7.Operatör	12,76	2,5	5	Hem eylem hem sınır değeri aşılmıştır.
8.Operatör	2,82	2,5	5	Eylem değeri aşılmış sınır değerinin altında kalmıştır.
9.Operatör	8,92	2,5	5	Hem eylem hem sınır değeri aşılmıştır.
10.Operatör	5,73	2,5	5	Hem eylem hem sınır değeri aşılmıştır.
11.Operatör	1,80	2,5	5	Hem eylem hem sınır değeri aşılmamıştır.
12.Operatör	2,22	2,5	5	Hem eylem hem sınır değeri aşılmamıştır.
13.Operatör	6,91	2,5	5	Hem eylem hem sınır değeri aşılmıştır.
14.Operatör	3,30	2,5	5	Eylem değeri aşılmış sınır değerinin altında kalmıştır.
15.Operatör	12,65	2,5	5	Hem eylem hem sınır değeri aşılmıştır.
16.Operatör	95,69	2,5	5	Hem eylem hem sınır değeri aşılmıştır.
17.Operatör	9,20	2,5	5	Hem eylem hem sınır değeri aşılmıştır.
18.Operatör	20,43	2,5	5	Hem eylem hem sınır değeri aşılmıştır.
19.Operatör	2,75	2,5	5	Eylem değeri aşılmış sınır değerinin altında kalmıştır.
20.Operatör	4,14	2,5	5	Eylem değeri aşılmış sınır değerinin altında kalmıştır.
21.Operatör	3,70	2,5	5	Eylem değeri aşılmış sınır değerinin altında kalmıştır.

Döküm parçaların taşlanması işlerinde ölçülen yüksek titreşim değerlerinin nedeni döküm sırasında oluşan döküm hatalarıdır. Bunun önlenmesi için özellikle havalı çekiç kullanımına ihtiyaç duyulmayacak şekilde döküm parametreleri ayarlanmalı ve temizleme işleminde yüksek titreşime neden olmayacak şekilde parça üretilmelidir. İkincil önlem olarak parça taşlama yöntemi üzerinde düşünülmeli ve titreşim yaratmayacak

yöntemler seçilmeye çalışılmalıdır. Örneğin motor blok içerisindeki kumları titreşimli bir mekanizma ile el değmeden temizlemek bu yöntemlerden biri olabilir.

Bu çalışma titreşim ölçümleri kısa süreler yerine 8 saat süreyle kesintisiz olarak ölçülmüş ve 15 dakikalık değerler kaydedilerek sonuçlar verilmiştir. Döküm parça taşıma yapılırken kısa sürelerde yapılan ölçümlerin sürecin tamamını yansıtmayacağı ve dolayısıyla hatalı sonuçlar vereceğini bunun yerine ölçümlerin bir vardiya boyunca yapılmasının daha sağlıklı sonuçlar vereceğini göstermektedir. İleride geliştirilecek daha teknolojik ölçüm cihazları ile 8 saatlik sürenin tamamı tek bir grafikte verilebilir. Bu çalışmanın literatürde ki bu eksikliği gidermeye yol açacağını düşünüyoruz.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışmanın oluşunda katkılarını sunan Sn. Ertuğrul İri, Sn. Kerem Topal, Sn. Serdar Pala ve Sn. Sedat Can Türk'e en derin teşekkürlerimizi sunarız.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Armstrong T.J., Marshall M.M., Martin B.J., Foulke J.A., Grieshaber D.C., Malone G., 2002. Exposure to forceful exertions and vibration in a foundry, *International Journal of Industrial Ergonomics* 163-179.
- Barot R.S., Patel J., Sharma B., Rathod B., Solanki H., Patel Y., 2020. Lean six sigma feasibility and implementation aspect in cast iron foundry, *Materials Today: Proceedings*, Volume 28, Part 2, Pages 1084-1091.
- Bovenzi M., Fiorito A., Giansante C., Calabrese S., Negro C., 1983. Platelet function and clotting parameters of vibration-exposed foundry workers, *Scand J Work Environ Health* 1983;9(4):347-352.
- Bovenzi M., 2021. Hand-Transmitted Vibration, *ilocis.org*, <https://www.iloencyclopaedia.org/>, Yayın tarihi : Mart 2011, Erişim tarihi Ekim 10, 2021.
- Burström L., Neely G., Lunström R., Lilsson T., 2019. Occupational exposure to vibration from hand-held tools: a teaching guide on health effects, risk assessment and prevention, *World Health Organization*.
- Carraa S., Monica L., Vignali G., 2019. Reduction of workers' hand-arm vibration exposure through optimal machine design: AHP methodology applied to a case study. *Safety Science* 120, 706-727, 201
- Christ E., 2004. Method For Assessing The Reduction Of The Risk Of Musculoskeletal Disorders By Using Ergonomically Designed Vibrating Tools, p195-200, *Conference Proceedings, 10th International Conference on Hand-Arm Vibration*, 7-11 June 2004, Las Vegas, Nevada, USA.
- Clarke J.B., William D., John F. G., 1986. Chipping hammer vibration, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* Vol. 12, No. 4, Fourth international symposium on hand-arm vibration: pp. 351-354 Published By: *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*.
- ÇSGB, 2013. Çalışanların titreşimle ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik.
- Directive 2002/44/EC, The European Parliament And Of The Council, Article 3, Exposure limit values and action values.
- Gerhardsson L., Ahlstrand C., Ersson P., Jonsson P., Gustafsson E., 2021. Vibration related symptoms and signs in quarry and foundry workers, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 94(3):1-8.
- Hand-Arm Vibration In Foundries, 2001. Applications for reproduction should be made in writing to: Copyright Unit, Her Majesty's Stationery Office, St Clements House, 2-16 Colegate, Norwich NR3 1BQ ISBN 0 7176 1798, p:6.
- Health and Safety Executive, 2019. Hand-arm vibration, The Control of Vibration at Work Regulations, Guidance on Regulations, <https://www.hse.gov.uk/vibration/hav/regulations.htm>, Yayın tarihi 2019, Erişim tarihi Aralık 15, 2021
- ISO 5349-1, 2021. Mechanical vibration - Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration. *International Organization for Standardization*.
- Kaya Ö., Özok A.F., 2018. Hazır Giyim İşletmelerinin Ergonomik Risk Etmenleri Yönünden Değerlendirilmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 6 (ÖS: Ergonomi 2017), 263-270, 2018 e-ISSN: 1308-6693.
- Liljelind I., Wahlstro J., Nilsson L., Toomingas A., Burstrom L., 2011. Variability in Hand-Arm Vibration During Grinding Operations, *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 55, No. 3, pp. 296-304.
- Lindell H., Grétarsson S.L., Maches M., 2015. High frequency shock vibrations and implications of ISO 5349 - Measurement of vibration, simulating pressure propagation, risk assessment and preventive measures, *Hand-arm vibration: Exposure to isolated and repeated shock vibrations -Review of the International Expert Workshop 2015 in Beijing*, p: 18-30.
- Mgonja, C.A., 2017. A Review on Effects of Hazards in Foundries to Workers and Environment, *IJISSET International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, Vol. 4 Issue 6, page 324-336.
- NIOSH, 1989. Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Hand-Arm Vibration, p:51
- NIOSH, 1983. Vibration Syndrome, <https://www.cdc.gov/niosh/docs/83-110/default.html/> *Current Intelligence Bulletin* 38, DHHS (NIOSH) Publication Number 83-110, Yayın tarihi Mart 1983, Erişim tarihi Ekim 10, 2021
- Pelmear P.L., Leong D., Taraschuk I., Wong L., 1986. Hand-Arm Vibration Syndrome in Foundrymen and Hard Rock Miners, *Journal of Low Frequency Noise and Vibration* Vol.5 No.1, page 26-43.

- Reynolds D.D., Basel R., Wasserman D.E., Taylor W., 1983. A Study Of Hand Vibration On Chipping And Grinding Operators, Part I:Vibration Acceleration Levels Measured On Pneumatic Tools Used In Chipping And Grinding Operations, Journal of Sound and Vibration 95(4), 479-497.
- Safe Work Australia, 2013 Guide To Managing Risks Associated With Foundry Work, 2013. Vibration, <https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/guide-managing-risks-associated-foundry-work.docx>, Yayın tarihi Nisan, 2013, Erişim tarihi Kasım 11, 2021
- Sağlam, H., 2011. Çalışma Hayatında Maruz Kalınan Titreşimin Ölçülmesi Ve Bu Maruziyetten Kaynaklanan Titreşimin İnsan Sağlığına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Shen S.C., House R.A., 2017. Hand-arm vibration syndrome, What family physicians should know, Can Fam Physician, p:206-210.
- Şahin O., Özay M.E., Uçan R., 2021. Dökümhane Maça Üretim Çalışmalarında İş Sağlığı ve Güvenliği, Cilt no:1, Editör:İsa Burak Güngör, Efe Akademi Yayınevi, ISBN:978-625-7664-40-0, İstanbul.
- Tunay M., Emir T., 2015. Farklı Ağaç Türleri Üzerinde Motorlu Testerelerden Operatöre İletilen El kol Titreşimlerinin İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 3(3),ÖS:Ergonomi2015,441-447,2015 ISSN:1308-6693.
- Vhihlborg P., Bryngelsson LI., Lindgren B., Gunnarsson GL., Graff P., 2017. Association between vibration exposure and hand-arm vibration symptoms in a Swedish mechanical industry, International Journal of Industrial Ergonomics p:1-5.
- Xie X.S., Qi C, Du X.Y., Shi W.W., Zhang M., 2016. Measurement and analysis of hand-transmitted vibration of vibration tools in workplace for automobile casting and assembly, Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi, 34(2):107-10.