

**DOĞALTAŞ OCAKLARINDA ÇALIŞAN OPERATÖRLERİN TÜM VÜCUT
TİTREŞİMİNE MARUZ KALMALARININ ÜRETİLEN KAYACIN FİZİKSEL-
MEKANİK ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zişan MEMİŞ

Danışman

Doç. Dr. Ali Ekrem ARITAN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2024

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DOĞALTAŞ OCAKLARINDA ÇALIŞAN OPERATÖRLERİN TÜM
VÜCUT TİTREŞİMİNE MARUZ KALMALARININ ÜRETİLEN
KAYACIN FİZİKSEL-MEKANİK ÖZELLİKLERİ İLE İLŞKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Zişan MEMİŞ

Danışman

Doç. Dr. Ali Ekrem ARITAN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2024

TEZ ONAY SAYFASI

Zişan MEMİş tarafından hazırlanan “Doğaltaş Ocaklarında Çalışan Operatörlerin Tüm Vücut Titreşimine Maruz Kalmalarının Üretilen Kayacın Fiziksel-Mekanik Özellikleri İle İlişkisinin İncelenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 16/07/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliğı / oy çokluğı** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Anabilim Dalı Adı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ / DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Ali Ekrem ARITAN

Başkan : Doç. Dr. Hakan ÖZŞEN
Konya Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bil. Fak.

Üye : Doç. Dr. Erkan ÖZKAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Ali Ekrem ARITAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. Bekir YALÇIN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

16/ 07 / 2024

İmza

Zişan MEMİŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOĞALTAŞ OCAKLARINDA ÇALIŞAN OPERATÖRLERİN TÜM VÜCUT TİTREŞİMİNE MARUZ KALMALARININ ÜRETİLEN KAYACIN FİZİKSEL- MEKANİK ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

Zişan MEMİŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali Ekrem ARITAN

Madencilik, tarihin en eski ve tehlikeli mesleklerinden biridir. Madende çalışanlar fiziksel ve psikolojik birçok risk etmenine maruz kalmaktadır. Maden çalışmalarındaki en önemli unsur çalışanların sağlık ve güvenliğidir. İş sağlığı ve güvenliği tam olarak sağlanamayan madenlerde çalışanlar iş kazaları ve meslek hastalığına maruz kalmaktadır. Maden çalışanları biyolojik ve fiziksel risk etmenlerine maruz kalmaktadır. Doğaltaş madenciliği yaygın olarak açık işletme yöntemiyle uygulanmaktadır. Açık işletme yöntemiyle çalışan bir ocakta bulunan ekskavatör operatörlerinde titreşim maruziyeti yaygın olarak görülmektedir. Ekskavatör operatörünün maruz kaldığı titreşimi; kayacın sertliği, yapısı doğrudan etkilemektedir. Operatör, kayaç sertliği arttıkça makine gücünü artırmakta ve bu doğrultuda daha fazla titreşim ortaya çıkmaktadır. Operatörler maruz kaldığı titreşim sonucunda meslek hastalıklarına yakalanma ihtimalleri oldukça fazladır. Bu araştırmada, on beş farklı ocaktan alınan numuneler kaya mekaniği testleri ile analiz edilmiştir. Her bir ocaktaki ekskavatör operatörlerinin tüm vücut titreşim maruziyetleri ölçülmüştür. Titreşim ölçüm sonuçlarıyla karakterize edilen numunelerin özellikleriyle ilişkisi incelenmiştir. Değerlendirmeler neticesinde çalışanın ve iş verenin alması gereken önlemler belirtilmiştir.

2024, viii + 32 sayfa

Anahtar Kelimeler: Doğaltaş ocağı, Kayaç yapısı, Ekskavatör, Titreşim Maruziyeti.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

AN INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN WHOLE BODY VIBRATION EXPOSURE OF OPERATORS WORKING IN NATURAL STONE QUARRIES AND THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF THE ROCK PRODUCED OF

Zişan MEMİş

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Ali Ekrem ARITAN

Mining is one of the oldest and most dangerous professions in history. Mine workers are exposed to many physical and psychological risk factors. The most important factor in mining is the health and safety of workers. In mines where occupational health and safety is not fully ensured, workers are exposed to occupational accidents and occupational diseases. Mine workers are exposed to biological and physical risk factors. Natural stone mining is widely practiced by open pit method. Vibration exposure is common among excavator operators in an open pit mine. The vibration to which the excavator operator is exposed is directly affected by the hardness and structure of the rock. As the rock hardness increases, the operator increases the machine power and more vibration occurs in this direction. Operators are very likely to get occupational diseases as a result of the vibration they are exposed to. In this study, samples taken from fifteen different quarries were analyzed by rock mechanics tests. Whole body vibration exposures of excavator operators in each quarry were measured. The relationship between the vibration measurement results and the properties of the characterized specimens was examined. As a result of the evaluations, the precautions to be taken by the employee and the employer are indicated.

2024, viii + 32 pages

Keywords: Natural stone quarry, Rock structure, Excavator, Vibration Exposure.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğum çalışmalar boyunca beni destekleyen, büyük katkılarda bulunan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ali Ekrem ARITAN' a her konuda öneri ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Her konuda arkamda duran, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili babam Mustafa MEMİŞ'e ve annem Fatma MEMİŞ'e, varlığıyla her daim yanımda olan sevgili ablalarım Şeyma ve Hatice'ye teşekkür ederim.

Zişan MEMİŞ
Afyonkarahisar 2024

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
ŞİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
RESİMLER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Madencilik	3
2.1.1 Doğaltaş Açık Ocak Madenciliği	5
2.1.2 Açık Ocak Madenciliğinde Kullanılan Ekskavatörler	6
2.2 Fiziksel Risk Etmenleri.....	6
2.2.1 Doğaltaş Açık Ocaklarında Fiziksel Risk Etmenleri	7
2.3 Titreşim.....	8
2.3.1 İş Makinasının Oluşturduğu Titreşim	9
2.4 Titreşim Maruziyeti	9
2.4.1 Tüm Vücut Titreşimi.....	11
3. MATERYAL ve METOT	12
3.1 Materyal	12
3.2 Metot.....	13
3.2.1 Fiziko-Mekanik Kayaç Testleri.....	15
4. BULGULAR	19
4.1 Risk Değerlendirmesi	24
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	25
6. KAYNAKLAR.....	27
ÖZGEÇMİŞ.....	30

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

TVT	Tüm vücut titreşimi
-----	---------------------



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1 Tek eksenli basınç dayanımı test sonuçları.....	20
Şekil 4.2 Knoop sertliği test sonuçları	20
Şekil 4.3 Shore sertliği test sonuçları	21
Şekil 4.4 Kılcal su emme test sonuçları	21
Şekil 4.5 Atmosferde Emme test sonuçları	22
Şekil 4.6 Görünür yoğunluk sonuçları	22
Şekil 4.7 Toplam gözeneklilik sonuçları.....	23
Şekil 4.8 Açık gözeneklilik sonuçları.....	23
Şekil 4.9 Tüm vücut maruziyet sonuçları.....	24

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Maruziyet eylem ve maruziyet sınır değerleri	10
Çizelge 4.1 Ocaklardan alınan veriler	19



RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2.1 Maden işletme sahası	23
Resim 2.2 Açık ocak işletmesi	45
Resim 2.3 Kırıcı uç takılı ekskavatör	23
Resim 2.4 Fiziksel risk etmenleri	23
Resim 3.1 Ölçüm alınan ocağı gösteren harita.....	15
Resim 3.2 Kırıcı uç	16
Resim 3.3 CESVA VC 431- Vibrasyon ölçüm cihazı	17
Resim 3.4 Tek eksenli basınç dayanımı ölçüm cihazı	18
Resim 3.5 Shore sertlik ölçüm cihazı	19
Resim 3.6 Knoop sertlik indeksi ölçüm cihazı	19

1. GİRİŞ

Madenlere günümüzde birçok alanda ihtiyaç duyulmaktadır. Madencilik her geçen gün dahada büyüyerek teknolojinin gelişmesine, gelişen sanayiye, ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Madencilik faaliyetleri yeraltı, sondaj, deniz, cevher ve açık işletme olarak ayrılmaktadır. Doğaltaş sektöründe üretim yöntemi olarak genel olarak açık işletme tercih edilmektedir. Doğaltaş ocağında çalışan işçiler psikolojik, biyolojik ve fiziksel risk etmenlerine maruz kalmaktadır. Doğaltaş açık ocak çalışmalarında toz, gürültü, titreşim, termal konfor gibi birçok fiziksel risk etmeni ortaya çıkmaktadır.

Ocaklarda bulunan ekskavatör, lastikli yükleyici, kaya kamyonu gibi makina operatörlerinin en çok maruz kaldığı fiziksel risk etmenlerinden biri titreşimdir. Doğaltaş maden ocağı çalışanları, farklı duruş pozisyonlarında çeşitli titreşim büyüklüklerine maruz kalmaktadırlar (Mansfield 2005).

Titreşim maruziyeti ile alakalı yönetmelik 6331 sayılı kanunun çıkmasından sonra 2013 yılında yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik çalışanlarda meydana gelen maruziyeti 2 bölge ile açıklamaktadır. Bunlar el-kol ve tüm vücut titreşimleridir.

Maruz kalınan titreşimin büyüklüğünü doğaltaş üretimi yapılan zeminin yapısı, operatörün kullandığı ekskavatörün durumu, operatörün çalışma tekniği etkilemektedir (Arıtan ve Memiş 2022).

Doğaltaş madeninin sertliği genellikle 3-3,5 arasındadır. Ekskavatör makinası; kırıcı, ripper ve kova olarak üç farklı uçla çalışmaktadır. Operatörün kullandığı her uçta kayacın sertliği, yapısı, karakterizasyonu titreşim maruziyetini etkilemektedir. Ekskavatör operatörleri tüm vücut titreşimine maruz kalmaktadır.

Tüm vücut titreşiminin maruziyete uğrayan çalışanlarda kas rahatsızlıkları, denge, işitme, görme, sinir sistemi problemleri ve sırtta ağrılara sebep olduğu bilinmektedir. El- kol titreşimi maruziyetinin karpal tünel sendromu, beyaz parmak, kan dolaşımı bozukluğu sebep olduğu tespit edilmiştir. Devamlı olarak tüm vücut titreşimine maruz

kalan çalışanlarda bel kaslarının hasar görmesi sebebiyle meslek hastalıkları ortaya çıkmaktadır. Titreşim maruziyetinin disk dejenerasyonuna sebep olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda titreşim maruziyetinin insanlarda bel fıtığı sağlık problemine sebep olmadığı tespit edilmiştir. (Salmon vd. 2007). Genellikle birkaç yıl süren titreşim maruziyeti sonrasında sağlık problemleri ortaya çıkmaktadır (Fritz 2000).

Titreşim maruziyetinden kaynaklanan sağlık riskleri kontrol edilebilir ve çalışanlar, titreşim maruziyetinden korunabilir. Çalışanların titreşim maruziyetinden korunması için işverenler, risk değerlendirmesi yapmalı ve nasıl kontrol edeceklerini planlamalıdır (HSE 2005).

Tüm vücut titreşiminde oturma pozisyonu ve otururken vücutta oluşan titreşimi azaltma tekniklerine daha önce çalışılmıştır. Doğaltaş madenciliğinde ekskavatör operatörlerinin tüm vücut titreşimine maruz kalmalarının kayaç karakterizasyonu ile olan ilişkisi daha önce incelenmemiştir (Tümer 2018).

Bu çalışmada, farklı doğaltaş ocaklarında çalışan ekskavatör operatörlerinin maruz kaldıkları titreşim boyutu ve kayaç karakterizasyonları değerlendirilip meydana gelen meslek hastalıkları incelenmiştir. Operatörlerin maruz kaldıkları titreşim büyüklükleri ve çalışma yapılan zemindeki kayacın yapısı göz önüne alınarak risk değerlendirmesi yapılmış ve sağlık problemleri konusunda bilgi verilmiştir. Titreşim maruziyetinin çalışan üzerindeki sağlık etkilerini en aza indirmek için gerekli olan önlemler paylaşılmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Madencilik

Madencilik sektörü kendine has riskleri ile çok tehlikeli iş kolları arasında bulunmaktadır. Dünya tarihine baktığımızda çağlara da ismini veren bir meslek dalı olarak karşımıza çıkmaktadır. Madencilik binlerce yıldır insan ihtiyacını karşılamak için yapılan en önemli faaliyetler arasında bulunmaktadır. Tabi insan sayısının, ihtiyaçların artmasıyla birlikte, arz-talep dengesini sağlayabilmek için madencilik faaliyetleri de her geçen gün artmaktadır. Bu artışla birlikte madenlerde çalışan insan sayıları artmaktadır. Üretimin bu denli hızlandığı bir iş kolunda makineleşme de kaçınılmaz olmuştur. İşte bu hem insan sayısının hem de makineleşmenin artışı ile birlikte iş sağlığı ve güvenliği açısından problem de artmıştır.

Ayrıca bakıldığında madencilik sektörü birçok ülke için hayati önem taşıyan bir iş koludur (Groves vd. 2007). Bu kadar önemli olan ve vazgeçilemez bir iş kolunda istihdam da taktir edilir ki oldukça yüksektir. İstihdamın yüksek olması yani çalışan insan sayısının fazla olması iş sağlığı güvenliği açısından alınacak önlemlerinde önemini artırmaktadır.

Dünyada madenler bulunduğu ülkenin ekonomisine, teknolojinin gelişmesine, sanayi sektörüne ve işçi istihdamına büyük katkıda bulunmaktadır. Madencilik, doğal oluşan kaynakların bulunması, bulunan doğal kaynakların çıkarılması ve zenginleştirilmesiyle ilgilenen çalışma alanıdır. Madenler yeraltında veya yerüstünde bulunmaktadır. Jeolojik araştırmalar ve sondaj çalışmaları sonrasında bulunan madenin değeri analiz edilmektedir (Çetinkaya vd. 2023).

Madenin çıkarılması için uygun olan üretim yöntemi seçilir. Madencilik faaliyetleri yeraltı ve açık işletme olarak iki ana üretim yöntemiyle uygulanmaktadır. Doğaltaş maden ocakları genel olarak açık işletme yöntemiyle uygulanmaktadır (Arıtan vd. 2022).

Madencilik, iş sağlığı ve güvenliği açısından en riskli çalışma alanına sahiptir. Maden ocağı çalışanları çeşitli risklere maruz kalmaktadır. Maden çalışma ortamındaki tehlike ve riskler değişken olabilir. Bir yeraltı maden ocağı çalışanı, göçük, ocak yangınları, toz patlamaları, gaz maruziyeti, grizu patlamaları, su basması gibi risklere maruz kalmaktadır.

Yerüstü maden ocaklarında uygun yükseklikte kademe oluşturulmaması, patlatma işlemleri sırasında, toprak kayması, ekipmanların bilinçli kullanılmaması gibi sebeplerle oluşan riskler mevcuttur (Kasap vd. 2011). Açık ocak işletmesinde çalışanlar iş sağlığı ve güvenliği açısından titreşim, termal konfor, gürültü, toz gibi fiziksel risk etmenlerine maruz kalmaktadır.



Resim 2.1 Maden işletme sahası

Maden işletmeleri, yasal düzenlemelere uyarak iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini geliştirmeli ve bu tedbirlerin uygulanmasını sağlamalıdır. İş sağlığı ve güvenliğinin

önemini çalışanlara yaymak önemlidir. Madencilik alanında çalışanlara belirli zaman aralıklarında iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri verilmelidir. Uzmanlar tarafında kontroller yapılmalıdır. Çalışanların bu önemi sağlaması ve gerekli tedbirlerin alınmasıyla maden çalışanlarının sağlığı ve güvenliği korunarak, risklerin en aza indirilmesi sağlanabilir (Dündar ve Bilim 2018). Resim 2.1’de ölçüm alınan doğaltaş sahalarından biri görülmektedir.

2.1.1 Doğaltaş açık ocak madenciliği



Resim 2.2 Açık ocak işletmesi

Dünyada doğaltaş madenciliği yeraltı ve açık işletme metotları ile yapılırken ülkemizde neredeyse tamamen açık ocak işletme yöntemi ile yapılmaktadır. Üretim sırasında elmas tel kesme, hidrolik delici makine, paletli ekskavatör, kamyon, sayalama makinesi, kollu kesici, lastikli yükleyici ve martopikör gibi makine ve ekipmanlar kullanılmaktadır. Resim 2.2’de doğaltaş ocaklarında kullanılan ekskavatör ve yükleyiciler görülmektedir.

2.1.2 Açık ocak madenciliğinde kullanılan ekskavatörler

Ekskavatörler, madencilikte ve inşaatlarda kullanılan ağır araçlardır. Ekskavatör, zemin kazmak, meydana olan malzemeyi bir yere yığıp toplamak, yükleme yapmak veya malzeme kırmak için kullanılan iş makinasıdır (Resim 2.3). Yapılan çalışmaya ekskavatör üç farklı uçla (riper, kova ve kırıcı uç) çalışmaktadır. Ekskavatörler sahada hidrolik silindirleri ve motorları marifetiyle kazma, koparma, taşıma ve kırma olaylarını yapabilmektedirler. Aynı makinanın başlık uçları değiştirilerek farklı işlerde kullanılmaktadır (Tatar Ç, 2016).



Resim 2.3 Ekskavatör

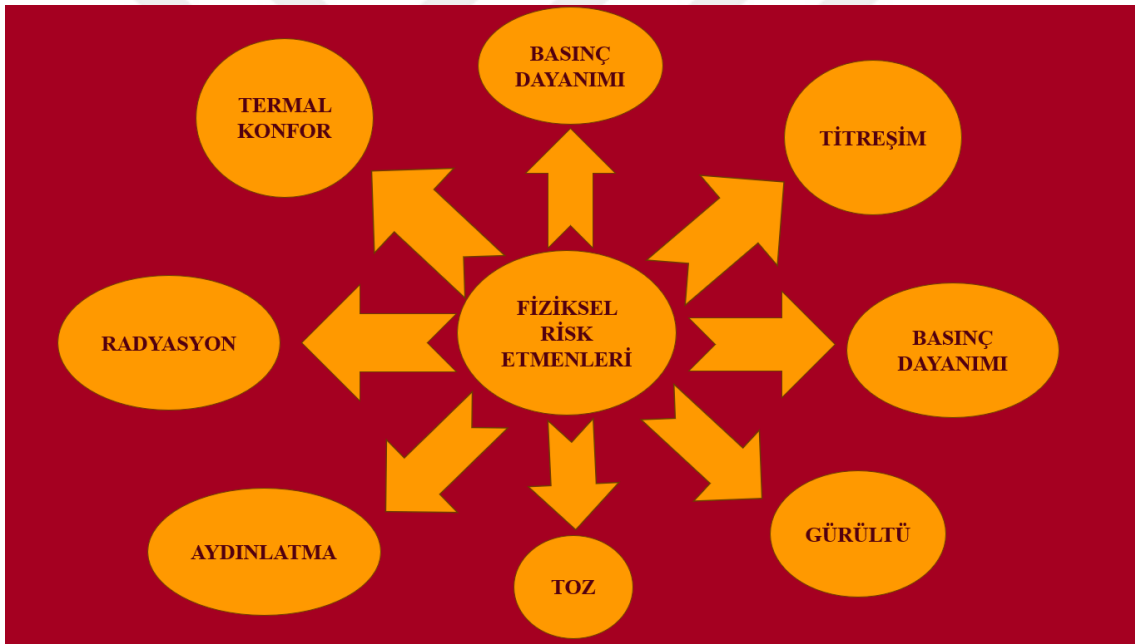
2.2 Fiziksel Risk Etmenleri

Fiziksel risk etmenleri, çalışanlar üzerinde mesleki hastalıklar ve iş ortamında kazalara sebebiyet veren risk grupları arasındadır. Maden ocaklarında çalışanların genel

sağlıklarını bozabilecek birçok etken vardır. Bu etkenler kendilerine has etkileri olsa da çalışanların maruz kaldıkları gerçeği değişmemektedir. Fiziksel risk etmenlerinin başlıca ögeleri termal konfor, aydınlatma, gürültü, titreşim olarak sıralayabiliriz (Resim 2.4).

İnsanlar zamanının çoğunu çalışma ortamlarında geçirdiği için sağlıklarını etkileyen risk etmenlerine maruz kalmaktadırlar. Çalışan sağlığını negatif yönde etkileyen titreşim maruziyeti çalışma ortamlarında yüksek miktarda risk oluşturmaktadır (Akduman ve Pekey 2010).

Bu etmenler aşağıda verilmiştir;



Resim 2.4 Fiziksel risk etmenleri

2.2.1 Doğaltaş Açık Ocaklarında Fiziksel Risk Etmenleri

Fiziksel risk etmenleri çalışanların bulunduğu iş yeri ortamındaki çevrenin, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile doğrudan ilgilidir. Çalışanlar; etmenin şiddeti ve maruz kalınan süreye bağlı olarak olumsuz etkilenmektedir. Bu etmenlerden bazıları titreşim, gürültü, sıcaklık, nem, aydınlatma ve termal konfordur (Sabır 2019).

Çalışılan ortamlar, türlü tehlikelerin olduğu sağlık ve güvenlik açısından risk bulunduran yerlerdir. Sadece işyerinde çalışan işçiler değil çalışma ortamının çevresinde yaşayanlarda meslek hastalıkları ve iş kazaları bakımından risk altında kalmaktadırlar.

İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerindeki asıl hedef, işyeri çalışanlarının maruz kaldığı risk etmenlerini kontrol etmek, çalışma ortamının çevresinde yaşamını devam ettirenlerin de sağlık ve güvenliğini korumaktır. Yapılan çalışmalar bu sebeple, toplumun sağlık düzeyi açısından büyük önem taşımaktadır (Dedeler 2008; Kınalı 2008). Fiziksel risk etmenlerinin başlıca öğeleri termal konfor, aydınlatma, gürültü, titreşim olarak sıralayabiliriz.

İşveren çalışanların sağlık ve güvenliğinden sorumludur. Dolayısıyla işveren işletmelerde çalışma ortamından kaynaklanan işçilerin sağlık ve güvenliklerini tehlikeye atabilecek durumlar ve bu durumların sebep olabileceği risklerin tespitini yapılmalıdır.

2.3 Titreşim

Titreşim, cismin denge halinde tekrarlı olarak salınım yapması durumunda meydana gelir (4). Titreşim periyodik ve aperiodyk olarak ikiye ayrılabilir. Literatürde yapılan araştırmalarda titreşim dendiğinde akla periyodik hareketin geldiği görülür. Ancak her titreşim periyodik değildir. Belirli ve eşit zaman aralıklarında, bütün özellikleriyle aynen tekrarlanan titreşime periyodik titreşim denir (Sağlam, 2011; Serway & Beichner, 2000; Çalış, 2022). Titreşim maruziyeti, titreşimin frekansı (Hz) ve büyüklüğü (m/sn²) ile bağıntılıdır (Akduman N, 2008).

Titreşim, başta madencilik olmak üzere çeşitli sektörleri de etkileyen en önemli mesleki tehlikelerden biridir. Uzun süreli titreşim maruziyeti, çeşitli semptomlar ve hastalıklara yol açan bir risk faktörüdür (Duarte vd., 2020).

Maden aracı operatörleri, kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları da dahil olmak üzere çeşitli sağlık problemlerinin yüksek yaygınlığından mağdurlardır (Kia vd., 2020). Maden

işletmelerinde (Açık ve yeraltı) çalışanlar, farklı çalışma pozisyonlarında farklı boyutta titreşim şiddetlerine ve sürelerine maruz kalırlar (Mansfield 2005). Doğaltaş ocaklarında iş makinelerinin oluşturduğu mekanik sistem titreşimler serbest titreşimler veya zorlanmış titreşimler olabilirler. Serbest titreşimler; iş makinası statik serbest denge konumundan uzaklaştırılıp bırakıldığı zamanda oluşturduğu periyodik hareketken zorlanmış titreşim; dış kuvvetlerin iş makinelerine etki etmesi haline oluşan titreşimdir. Ayrıca, çalışmaları sırasında uzun süreler tüm vücut titreşimine maruz kaldıklarında, iş performansları azalır, bedensel fonksiyonları negatif yönde etkilenirler. Bu maruziyet sonucunda sensöryel hassasiyet bozuklukluları, ortam sıcaklığına ve ağrı hissine karşı direnç oluşur (Camkurt 2007).

2.3.1 İş Makinasının Oluşturduğu Titreşim

Doğaltaş ocaklarının zemini serttir. Bazı zeminlerde kırık ve çatlaqlara rastlanabilir. İş makinaları yüksek güçle çalıştıkları için yoğun titreşimler oluştururlar. Kayaç yapısına bağlı olarak titreşimleri de artmaktadır.

Makinaların yapılarından ve çalışma şartlarından dolayı oluşan yüksek miktardaki titreşimler, makina operatörlerini direk etkilemektedir.

Makine parçalarının hareketleri periyodiktir. Hareketleri esnasında makineleri oluşturan bazı elemanlarına periyodik değişen kuvvet ve momentler uygulanır. Bu olay sonucu ortaya titreşim çıkar. Makineler tasarımılandırılırken titreşimlerin ve titreşimle gelen moment ve kuvvet değişikleri göz önüne alınmalıdır. Bu kuvvetler zamanla genliklerinin de yüksek olması sebebiyle makinelere büyük zararlar verebilmektedirler (Aktürk 1993).

2.4 Titreşim Maruziyeti

Titreşim maruziyeti sonucunda insan vücudunda farklı etkileşimler ve hasarlar oluşur. Bunlar genel olarak biyomekanik, sensöryel-psikolojik, fizyolojik ve dokusal etkiler

olarak ortaya çıkabilirler. İnsan vücudu birçok manada karmaşık bir doğaya sahiptir (Sağlam 2011).

Titreşimin etkileri, “Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik’te” iki şekilde incelenmiştir. Bunlar;

1. El- Kol Titreşimi
2. Tüm Vücut Titreşimi

olarak adlandırılmıştır. Ve her ikisi içinde farklı maruziyet sınır ve eylem değerleri verilmiştir (Yönetmelik 2013).

El-kol titreşimi için;

1. Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri 5 m/s^2 ,
2. Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri $2,5 \text{ m/s}^2$ ’dir (Yönetmelik 2013).

Bütün vücut titreşimi için;

1. Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri: $1,15 \text{ m/s}^2$.
2. Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri: $0,5 \text{ m/s}^2$ ’dir (Yönetmelik 2013).

Çizelge 2.1 Maruziyet eylem ve maruziyet sınır değerleri

Maruziyet Tipi	Maruziyet Eylem Değeri [m/s^2]	Maruziyet Sınır Değeri [m/s^2]
El-kol titreşimi	2,5	5
Tüm vücut titreşimi	0,5	1,15

Maden makineleri kullanan operatörler titreşime maruz kalmaktadırlar (Park vd., 2021).

İş gücü azalmasında, vücut fonksiyonlarının olumsuz olarak etkilenmesinde çalışanların maruz kaldıkları TVT’nin etkisi bilinmektedir. Maruziyete bağlı olarak insan vücudunda hassasiyet problemleri, sıcak-soğuk ve ağırlara karşı direnç meydana gelir (Camkurt 2007).

Tıbbi araştırmalarda, titreşime yoğun bir biğimde maruz kalan ęalıřanlarda özellikle kaslarında, kan dolaşımlarında, sırtlarında ve bellerinde, sinir sistemlerinde sıkıntılar oluşur. Ayrıca duyu organlarında da problemler oluşmaktadır (göz ve kulak). Titreşime maruz kalmanın disklerde bozulmaz sebep olduğu da bilinmektedir (Salmonı vd. 2007).

Fazlaca TVT'ye maruz kalma sonucunda ęalıřanların omurgasında, uç plaklarında, disklerde ve bel bölgesi kaslarında hasarlar oluşması ile meslek hastalıkları da meydana gelebilmektedir (Wikstrom vd. 1994).

Titreşimin ęalıřanların vücudunda oluşturduğu hastalıklar özellikle titreşimin büyüklükleri olan frekansına ve şiddetine, titreşimin süresine ve titreşimin vücuda direk ettiği bölgeye bağlıdır. Titreşim insan vücuduna ettiği noktaya yakın olmayan doku ve organlara da hasar verme potansiyeli mümkündür (Zeyrek 2009).

2.4.1 Tüm Vücut Titreşimi

Bu tip titreşim insan vücuduna etki ettiğinde, ęalıřanın omurgasında sırt bölgesinin alt tarafında sağlık problemleri ve travmalar oluşurmaktadır (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi). Farklı pozisyonlarda, yani ayaktaiken otururken veya titreşim kaynağıyla temas halinde tüm vücut titreşimine maruz kalınabilir (ISO 2631-1 1997).

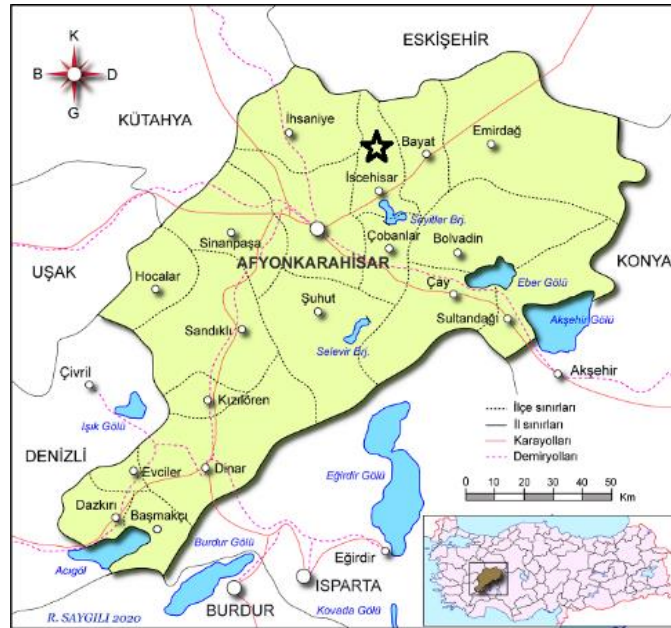
3. MATERİYAL ve METOT

Tez çalışmasında ekskavatör kullanan operatörlerin maruz kaldıkları tüm titreşimi incelenmiştir. İnceleme yapılırken makineden insana tesir eden titreşimin üzerinde işlem yapılan kayacın fiziko-mekanik özellikleriyle ilişkisi incelenmiştir

3.1 Materyal

Tüm vücut maruziyet ölçümleri, doğaltaş ocaklarında günlük rutin çalışma saatlerinde kullanılan ekskavatörlerin operatörlerinden alınmıştır. Doğaltaş ocakları, Afyonkarahisar il sınırlarında bulunan 20 açık ocak doğal madenciliğinde uzun yıllardır faaliyet göstermektedir (Resim 3.1).

Ocaklarda operatörlerinden ölçümlerin alındığı ekskavatörler ortalama olarak 30.000-40.000 kg çalışma ağırlığına sahiptir. Tamamı paletli ekskavatördür. Bu paletli ekskavatörlerin periyodik bakımları düzenli olarak yapılmış ve hali hazırda çalışır durumda olan makinelerdir. Ölçümler alınırken ekskavatörlerin kullandıkları aparatların farklı olmamasına dikkat edilmiş ve tüm titreşim ölçümleri tüm makinelerde kırıcı uç takılı iken alınmıştır.



Resim 3.1 Ölçüm alınan ocağı gösteren harita (Coğrafya harita 2024)

3.2 Metot

Ekskavatör operatörlerine ait TVT ölçümleri CESVA VC 431 cihazının AC033 kodlu üç eksenli ivmeölçeri ile alınmıştır. Ölçüm alma süresi EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifine uygun olarak, 7 dakikadan az olmayacak şekilde belirlenmiştir. TVT maruziyet ölçümleri $-x$, $-y$ ve $-z$ eksenleri boyunca alınmıştır.



Resim 3.2 Kırıcı uç

Ölçümlere başlamadan ocakta ölçüm alınacak ekskavatörlerin çalışma süreleri ve bakım periyodları ile ilgili bilgi edinmek amaçlı ön inceleme yapılmıştır. Ölçümleri yanıltacak, titreşim maruziyetinde elde edilen verileri yüksek kılacak ve ölçümü etkileyecek tüm

etkenler ve işler belirlenmiştir. Ekskavatörlerde kırıcı uç takılı iken ölçümler alınmıştır (Resim 3.2).

Titreşim ölçümleri alınırken; ekskavatörün ısınması için yeterli zaman (en az 10 dakika), çalıştıktan sonra ölçümler alınmıştır (TS EN 1032+A1, 2011). Tüm vücut titreşim ölçümlerinde; TS ISO 2631-1 (2013) standardında belirtildiği üzere ölçüm alınacak süre 7 dakikadan az olmayacak şekilde -x, -y ve -z eksenleri ile ölçüm alınmıştır. Titreşim genliğini belirlemek için, Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO)'nün önermiş olduğu m/s^2 biriminden frekans ağırlıklı ivmenin RMS (Root Mean Square) değerinden ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler (günlük titreşime maruziyet ölçümleri) 8 saatlik frekans ağırlıklı toplam titreşim değeri olan A (8) ile ifade edilmiştir (Arıtan ve Tümer 2019; Arıtan, 2020; Memiş ve Arıtan 2024). Tüm vücut titreşim ölçümleri ISO 2631-1 standardına göre, CESVA VC431- titreşim ölçüm cihazı ile tüm vücut ölçümleri için AC033 üç eksenli ivmeölçer ile yapılmıştır (Resim 3.3). Standart dikkate alındığında koltuk üzerinde, maruziyet oluşturan titreşimi ölçmek için kullanılan prob, koltukta oturan operatörün altına, -x eksenini çalışana doğru olacak şekilde yerleştirilerek ölçümler alınmıştır.



Resim 3.3 CESVA VC431-Vibrasyon ölçüm cihazı

Ekskavatör operatörlerinin tüm vücut titreşimine maruziyetinin tespit edilmesinde kullanılan standart; “Mekanik titreşim ve şok-tüm vücut titreşimine maruz kalma

değerlendirilmesi-Bölüm 1’de genel kurallar başlıklı TS ISO 2631-1/A1dir. Standart, üç durum için uygulanabilir. Bunlar; çalışanın oturup, ayakta durup çalışırken veya titreşimli bir yüzeyde yatarken tüm vücut titreşimi ile etkilendiği kaldığı durumlardır.

3.2.1 Fiziko-Mekanik Kayaç Testleri

Tek eksenli basınç dayanımı deneylerinde standart olarak TS EN 1926 kullanılmıştır. Deney sürecinde standarda uygun olarak boyutlandırılmış doğaltaş numuneleri kullanılmıştır. Numuneler etüvde (70 ± 5 °C) sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Numune boyutlarının doğruluğunun teyidi kumpasla yapılmıştır. Numunelerin ölçümleri hidrolik preste alınmıştır (Resim 3.4).



Resim 3.4 Tek eksenli basınç dayanımı ölçüm cihazı

Shore sertliği tayininde her kayaç için 20 x 20 x 2 cm ebatlarında boyutlandırılmış örnekler, bir yüzeyi parlatılarak pürüzsüz hale getirilecek şekilde hazırlanmıştır. Bu numunelerin sertlik ölçümleri ISRM’nin önerdiği “Suggested Methods for Determining the Shore Hardness Value for Rock – 2006” yöntemine göre yapılmıştır. Shore sertliğinin ölçümü PROCEQ marka cihaz kullanılarak yapılmıştır (Resim 3.5). Numunelerin parlatılmış yüzeyinde 20 adet ölçüm yapılmış olup elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.



Resim 3.5 Shore sertliği ölçüm cihazı

Knoop Sertlik indeksi tayininde 10x7x1 cm boyutlarında bir yüzeyi parlatılmış numuneler kullanılmıştır. Numunelerin bu parlatılmış yüzeylerinde ölçümler, SHIMADZU HMV marka mikro sertlik cihazında yapılmış ve ölçümlerde TS EN 14205 standardı kullanılmıştır (Resim 3.6).



Resim 3.6 Knoop Sertlik indeksi ölçüm cihazı

Görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini deneyleri TS EN 1936 standardına göre yapılmıştır. Ocaklardan alınan temsili numuneler, 5×5×5 cm boyutuna getirildikten sonra etüvde (70±5 °C) kurutulmuştur. Sabit tartıma (m_d) ulaşana kadar beklenmiştir. Sabit tartıma gelen numuneler uygun bir kaba yerleştirilmiştir. 20±5°C’ de sıcaklığında su konularak 24±2 saat su içinde bırakılmışlardır. Bu işlemlerden sonra numuneler su içerisinde tartılmış ve sudaki kütlesi (m_h) ve suya doymuş (m_s) kütlesi tartılmıştır.

Tartıma hazır hale gelen numunelerin görünür yoğunlukları (P₀) Eşitlik 3.1’e, açık gözeneklilik (P_b) Eşitlik 3.2’ye ve toplam gözeneklilik (P) Eşitlik 3.3’e göre hesaplanmıştır.

$$P_0 = (m_s - m_d) / (m_s - m_h) \times 100 \quad (3.1)$$

$$P_b = m_d / (m_s - m_h) \times P_{rh} \quad (3.2)$$

$$P = (1 - P_b / P_r) \times 100 \quad (3.3)$$

P_b: Görünür yoğunluk, g/cm³

m_d: Numunenin kuru kütlesi, g

m_s: Numune doygunlaştırılmış kütlesi, g

m_h: Numunenin su içerisindeki kütlesi, g

P_{rh}: Suyun yoğunluğu, g/cm³

P₀: Açık gözenekliliği, %

P_r: Gerçek yoğunluğu, g/cm³

P: Toplam gözenekliliği, %

Atmosfer basıncında su emme deneyleri TS EN 13755 standardında tarif edilen şekilde yapılmıştır. Ocaktan alınan ham numuneler öncelikle 5×5×5 cm düzgün yüzeyli olacak şekilde boyutlandırılmışlardır. Daha sonra numuneler sabit tartıma gelene kadar etüvde (70±5°C) sıcaklıkta kurutulmuştur (m_d). Numuneler hassasiyeti 0,01 gr olan hassas terazi ile tartılmıştır. Numuneler yarısına kadar 25±5°C sıcaklıkta su ilave edilmiş bir

kaba alınmıştır. 60 dakika sonra numune yüksekliğinin 3/4'ü su içerisinde kalacak şekilde su ilavesi yapılmıştır. 120 dakika sonra numuneler 25 ± 5 mm derinlikte kalacak şekilde kaba su ilave edilerek 48 saat sonra tartılmıştır. Sabit tartıma ulaşan deney numuneleri Arşimet terazisinde 0,1 gr hassasiyetle tartılarak kaydedilmiştir (ms). Sonuçlar % 0,1 yaklaşımla yüzde (%) olarak ifade edilmiştir (Eşitlik 3.4).

$$A_b = (m_s - m_d) / m_d \times 100 \quad (3.4)$$

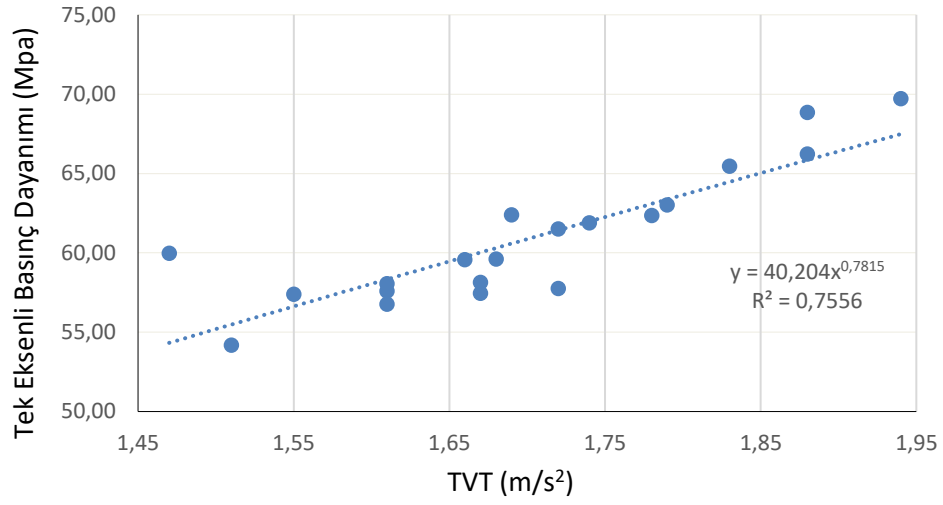
Kılcal etkiye bağlı su emme katsayısının tayininde 6 adet deney numunesi $5 \times 5 \times 5$ cm boyutlarında hazırlanmıştır. Numuneler TS EN 1925 standardında belirtildiği gibi $70 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur (m_d). Sabit tartıma gelen numuneler uygun bir kaba alınıp 3 ± 1 mm su ilave edilmiştir. Numunelerin bulunduğu kaptaki su seviyesinin sabit tutulmuştur. Numuneler nemini kaybetmeden; 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 480, 1440, 2880 ve 4320 dakikaya ulaşıldığında hassas terazi ile tartılıp kaydedilmiştir.

4. BULGULAR

Ocaklardan hem TVT ölçümleri alınmıştır hem de ocakta kazılan kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. 20 doğaltaş ocağından alınan verilere ait sonuçlar Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

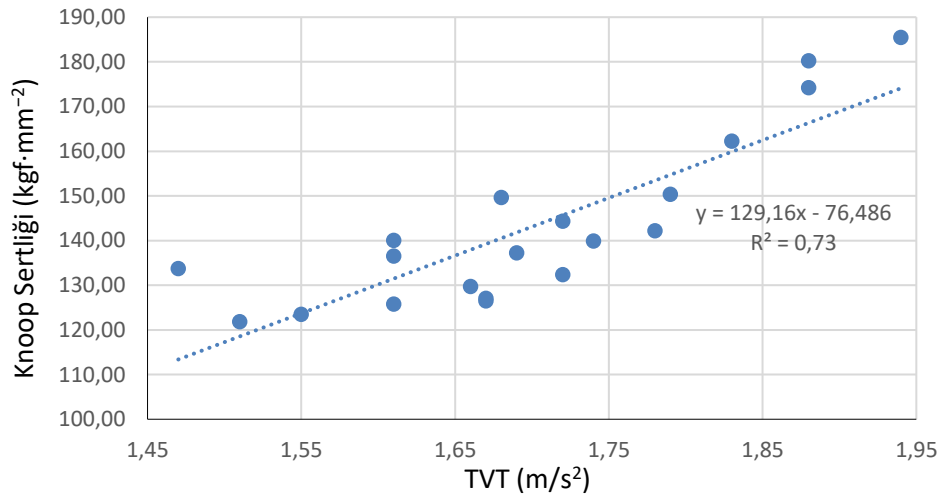
Çizelge 4.1 Ocaklardan alınan veriler

Ocaklar	Tüm Vücut Titreşimi (m/s ²)	Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	Knoop sertliği	Shore Sertliği	Kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı (%)	Atmosfer basıncında su emme (%)	Görünür Yoğunluk (g/cm ³)	Toplam gözeneklilik (%)	Açık gözeneklilik (%)
O1	1,61	58,06	125,75	45,48	1,62	1,24	2,57	4,85	0,32
O2	1,51	54,17	121,84	45,15	1,73	1,19	2,55	5,03	0,30
O3	1,67	57,45	126,47	45,52	1,40	1,15	2,55	4,71	0,34
O4	1,55	57,38	123,49	44,62	1,59	1,21	2,58	4,69	0,35
O5	1,67	58,13	127,07	44,13	1,49	1,16	2,60	4,06	0,30
O6	1,72	57,75	132,35	46,84	0,38	0,25	2,57	3,78	0,37
O7	1,69	62,39	137,23	49,89	0,43	0,30	2,69	3,41	0,34
O8	1,66	59,56	129,71	47,24	0,56	0,23	2,58	3,65	0,33
O9	1,61	56,75	140,07	45,63	0,48	0,26	2,58	4,01	0,39
O10	1,72	61,51	144,36	48,55	0,45	0,27	2,65	2,97	0,40
O11	1,74	61,89	139,89	50,90	0,53	0,22	2,67	2,85	0,35
O12	1,79	63,01	150,39	50,37	0,42	0,21	2,69	2,60	0,38
O13	1,78	62,34	142,17	51,48	0,44	0,25	2,63	2,74	0,36
O14	1,47	59,96	133,73	47,25	0,48	0,20	2,60	3,92	0,36
O15	1,61	57,59	136,54	49,77	0,49	0,19	2,61	3,48	0,36
O16	1,88	66,22	174,24	59,78	0,23	0,10	2,68	2,20	0,40
O17	1,83	65,45	162,27	56,13	0,29	0,21	2,67	2,33	0,39
O18	1,94	69,72	185,47	60,93	0,27	0,14	2,78	1,91	0,40
O19	1,88	68,85	180,24	57,99	0,24	0,11	2,70	1,52	0,41
O20	1,68	59,61	149,68	50,13	0,29	0,27	2,60	3,25	0,34



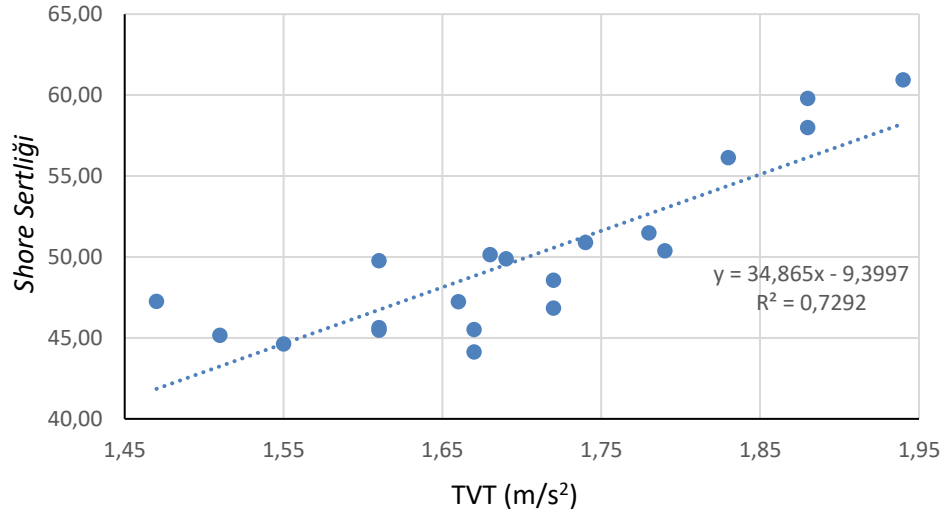
Şekil 4.1 Tek eksenli basınç dayanımı test sonuçları

Şekil 4.1’de tek eksenli basınç dayanımları ile TVT ölçümleri korele edilmiştir. %75,56 oranında bir ilişki olduğu görülmüştür.



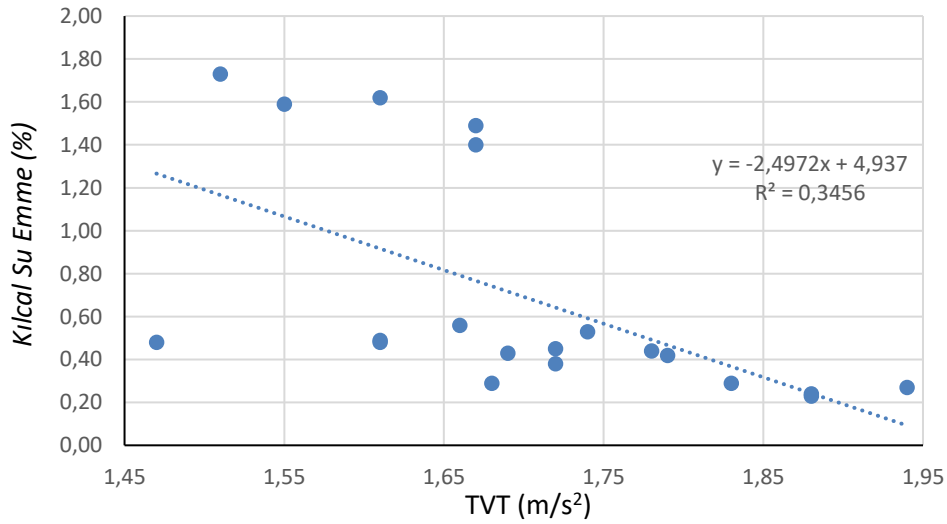
Şekil 4.2 Knoop sertliği test sonuçları

Doğaltaş ocaklarından alınan numuneler üzerinde yapılan Knoop sertliği deney sonuçları ile yine aynı ocaklardan alınan TVT ölçümleri korele edilmiş ve Şekil 4.2’deki sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre %73 oranında ilişki bulunmuştur.



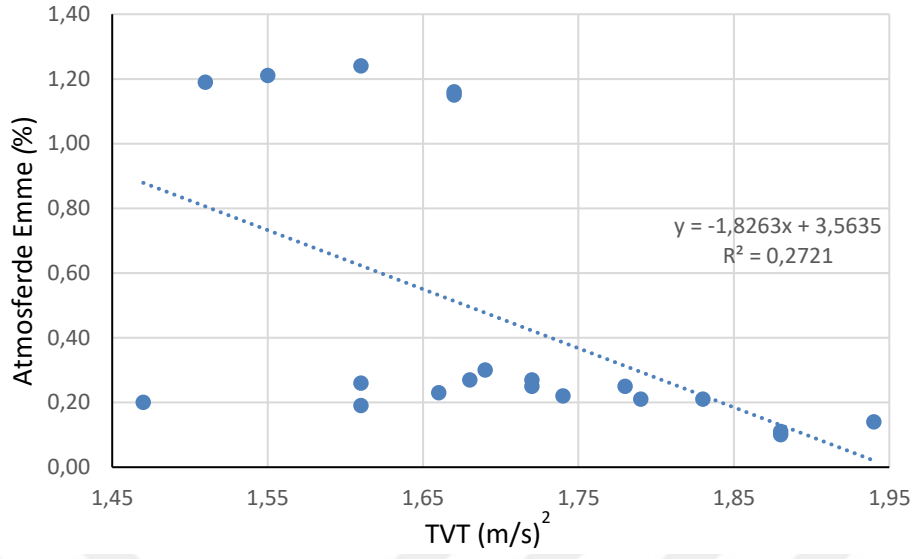
Şekil 4.3 Shore sertliği test sonuçları

Numuneler üzerinde yapılan shore sertlik test sonuçlarının TVT ölçümleri ile ilişkisi Şekil 4.3’de görülmektedir. Shore sertlikleri ile TVT arasındaki ilişki %72,92 bulunmuştur.



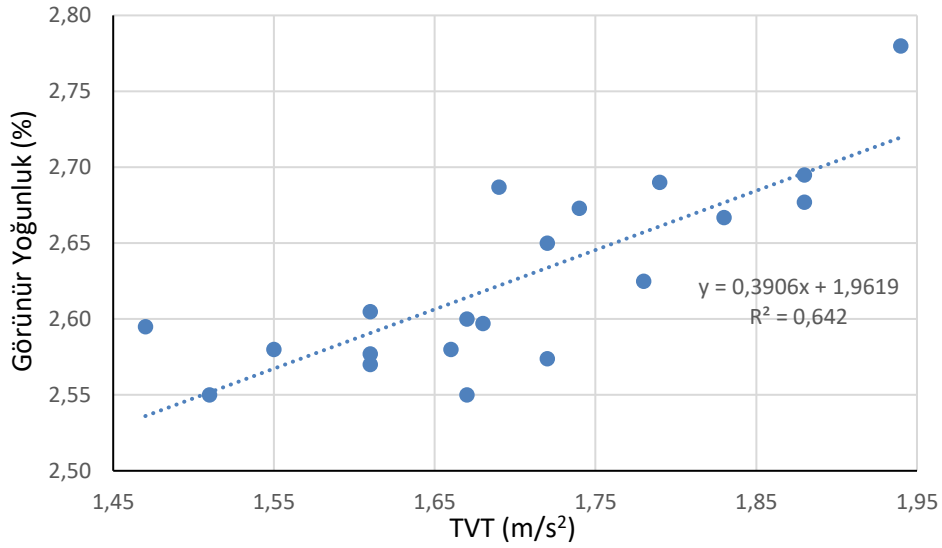
Şekil 4.4 Kılcal su emme test sonuçları

Ocaklarda çalışan ekskavatör operatörlerinden alınan TVT ölçüm sonuçları ile numuneler üzerinde yapılan kılcal su emme testlerinin sonuçları ilişkilendirilmiş ve %34,56 korelasyon tespit edilmiştir.



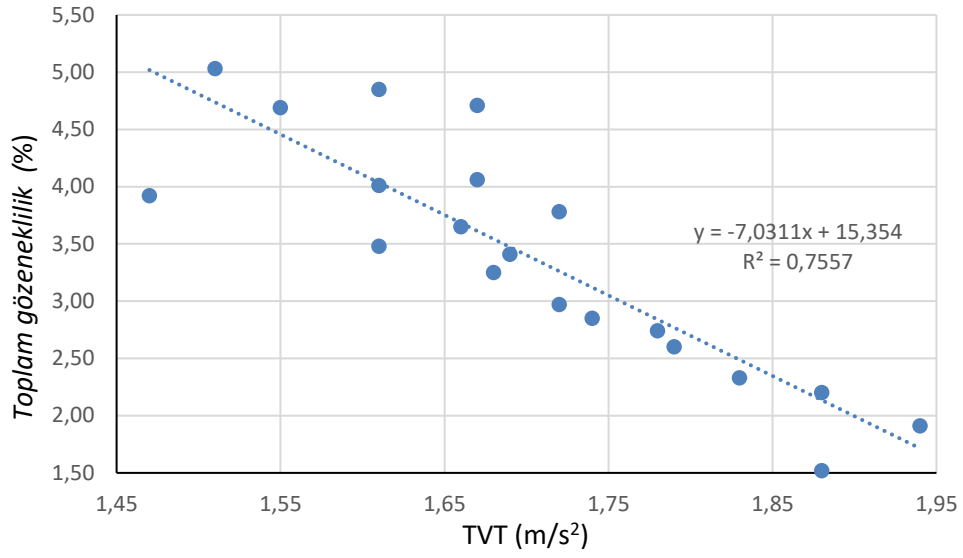
Şekil 4.5 Atmosferde emme test sonuçları

Ocaklarda ekskavatörlerin kırdıkları doğaltaşlardan alınan numuneler üzerinde yapılan atmosferde su emme test sonuçları ile TVT sonuçları arasında %27,21 korelasyon tespit edilmiştir.



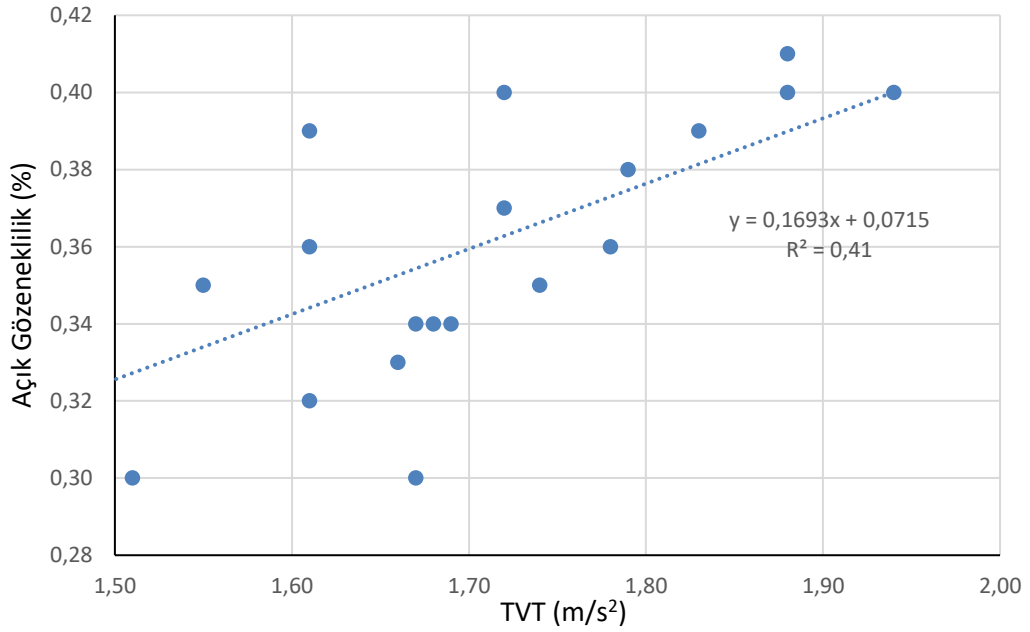
Şekil 4.6 Görünür yoğunluk sonuçları

Numunelerin görünür yoğunluk test sonuçları ile ekskavatöre operatörlerinden alınan TVT ölçüm sonuçları arasındaki istatistiksel ilişki %64,20 bulunmuştur.



Şekil 4.7 Toplam gözeneklilik sonuçları

Toplam gözeneklilik test sonuçları ile TVT ölçüm sonuçları arasındaki ilişki Şekil 4.7’de görülmektedir. %75,57 oranında bir korelasyon ortaya çıkmıştır.

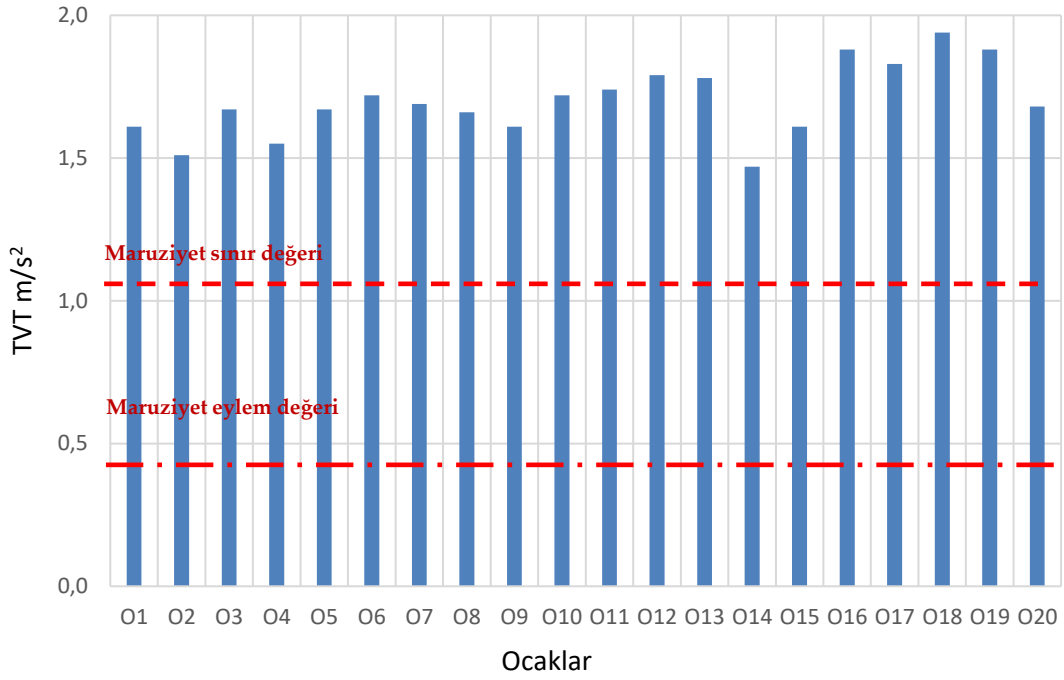


Şekil 4.8 Açık gözeneklilik sonuçları

Numuneler üzerinde yapılan açık gözeneklilik testi ile operatörlerden alınan TVT ölçüm sonuçları arasındaki ilişki Şekil 4.8’de görülmektedir.

4.1 Risk Değerlendirmesi

20 ayrı doğaltaş ocağında çalışan ekskavatör operatörlerinden alınan TVT maruziyet sonuçları Şekil 4.9'da görülmektedir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde tüm operatörlerin maruziyet eylem değerini ($0,5 \text{ m/s}^2$) ve maruziyet sınır değerini ($1,15 \text{ m/s}^2$) aştığı görülmektedir.



Şekil 4.9 Tüm vücut maruziyet sonuçları

Operatörlerde TVT maruziyet değerleri sınır ve eylem değerlerini aştığı sebebiyle titreşim ile ilgili meslek hastalığı, bel ve sırt bölgesinde problem yaşamları, kas – iskelet sıkıntıları görülmektedir (TS ISO 2631-1). Operatörlerde titreşim maruziyeti sonucunda göz ve kulak rahatsızlıkları, psikolojik problemlerin yaşanması da mümkündür.

Standartlar doğrultusunda yapılan çalışmalarla TVT maruziyetini zemin yapısının ve özelliklerinin etkilediği görülmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapılan çalışma ile; gerçek çalışma koşullarında doğal taş ocaklarında tüm vücut titreşiminin kayaç özellikleriyle ilişkisi ortaya konulmuştur. TVT ölçümü ve değerlendirmesi için hidrolik kırıcı paletli ekskavatörlerle titreşim ölçümleri yapılmıştır. Paletli ekskavatör operatörlerinin maruz kaldığı el-kol titreşimini (HAV) BS EN ISO 5349-1'e göre değerlendirmek için sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır.

Bu araştırma, kırıcı uç kullanılırken maruz kalınan titreşimi tahmin etmek için gerekli bilgileri sağlamaktadır. Örnekleme havuzu, farklı doğaltaş ocaklarında çalışan ekskavatörlerden oluşmuştur. Ekskavatörler kırıcı ekipmanla çalıştırılmış ve operatörlerden titreşim ölçümleri alınmıştır.

Operatörlerde titreşim maruziyeti oturdukları koltuk aracılığı ile oluşmaktadır. Song ve arkadaşları bir ekskavatörün kırıcı ile çalışırken yarattığı titreşimi ayrıntılı olarak açıklamıştır. Kaya ile karşılıklı bir hareket meydana gelir. Kırma işlemi, kayayı doğrudan kıran ve bir keski görevi gören kırıcı tarafından gerçekleştirilir. Hidrolik kırıcı, madencilikte bulunan tipik bir ataşmandır. Ekskavatör kayaları kırıcı ile kıldığında, kayanın mekanik özelliklerinden dolayı titreşim meydana gelir. Sonuç olarak, ekskavatör operatörü titreşime maruz kalır.

Kırıcı operatörlerinin tüm vücut titreşim maruziyeti yüksektir ($1,47$ ile $1,94 \text{ m/s}^2$) ve Titreşim Yönetmeliğinde verilen sınırın ($1,15 \text{ m/s}^2$) üzerindedir. Çalışmada elde edilen TVT ölçüm sonuçları çoğunlukla literatürde bulunan çalışmaların verileri ile karşılaştırılabilir niteliktedir.

Yönetmeliğe göre, $0,5 \text{ m/s}^2$ maruz kalma eylem değerinin üzerinde acil önlemler alınmalıdır. $1,15 \text{ m/s}^2$ üzerindeki TVT değerlerinde ise çalışmak aynı yönetmeliğe göre uygun görülmemiştir.

En yüksek korelasyon toplam gözeneklilik ile ilişkilendirmede çıkmıştır ($75,57$). En düşük korelasyon ise atmosferde su emme test sonuçları ile TVT sonuçları arasında

çıkıştır (%27,21).

Söz konusu 20 doğal taş ocağından elde edilen numuneler üzerinde yapılan kaya mekaniği deneyleri, problemin tanımlanması için gerekli veri tabanını oluşturmaktadır.

Kayaların mühendislik özellikleriyle ilişkilendirilen korelasyona dayalı denklemler, ekskavatör operatörlerinin maruz kaldığı titreşimin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. İstatistiksel çalışma sonucunda, doğal taşların fiziksel-mekanik test sonuçlarına dayanarak TVT maruziyeti tahmin edilebilir.

Titreşimi en düşük düzeyde oluşturacak makinelerin seçimi, bakım periyotlarının aksatılmaması, çalışma zamanlarının yüksek titreşime maruziyeti azaltacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akduman, N. & Pekey, B. (2010). Metal İşleme Tesisinde Titreşim ve Gürültü Ölçümlerinin Değerlendirilmesi, İ.T.Ü. 12. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu 16-18 Haziran.
- Akduman, N., 2008 Metal İşleme Tesisinde Titreşim ve Gürültü Ölçümlerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Aktürk, N, 1993. Mekanik Titreşimler Ders Notu, Ankara, 83 s.
- Arıtan, A.E. (2020). Investigation of Correlation of Excavator Operators' Hand-Arm Vibration Exposure with Produced Rock Physical-Mechanical Properties in Natural Stone Quarries. Mining, Metallurgy & Exploration, 37, 231–238.
- Dedeler H. Bir işletmede işyeri fiziksel risk etmenlerinin çalışanların sağlığına olan etkisinin saptanması ve değerlendirilmesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Edirne, 2008.
- Camkurt, M.Z., “İşyeri Çalışma Sistemi ve İşyeri Fiziksel Faktörlerinin İş Kazaları Üzerindeki Etkisi”, Tühis İş Hukuku ve İktisat Dergisi, Cilt 20, Sayı 6, Cilt 21, Sayı 1, Türkiye, 80-106, (2007).
- Çalış, Ç. (2022). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Titreşim Maruziyet Ölçümü, İksad Yayınevi, 8, Ankara.
- Duarte, J., Branco J.C., Matosb, M.L. & Baptistaa J.S. (2020). The Extractive Industries and Society, 7, 1607–1623.
- EU., 2006, “Non-binding guide to good practice with a view to implementation of directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibrations)“, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion, European Commission, 61.
- Groves , W.A., Kecojevic, V.J. & Komljenovic D. (2007). Analysis of fatalities and injuries involving mining equipment. Journal of Safety Research, 38, 461–470.
- ISO 2631-1., 1997, Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 1: General requirements, Geneva.

- Kasap, Y., Subaşı, E., 2011. Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Açık İşletme Madenciliğinde Risk De-netimi. Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu'2011 Bildiriler Kitabı, 24-25 Kasım 2011, Zonguldak.
- Kınalı, G. (2008). "İşçilerde Fiziksel Uygunluk Seviyesi ve İşe Bağlı Fiziksel Risk Faktörleri İle Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları Arasındaki İlişki", Abant İzzet Baysal Ün. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kia, K., Fitch, S.M., Newsom, S.A & Kim, J.H. (2020). Effect of whole-body vibration exposures on physiological stresses: Mining heavy equipment applications. Applied Ergonomics, 85, 1-7.
- Mansfield, N J. Human Response to Vibration Standard. New York Washington, D.C.: CRC Press; (2005).
- N. Bilim, S. Dünder, ve A. Bilim, Ülkemizdeki maden sektöründe meydana gelen iş kazası ve meslek hastalıklarının analizi, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(2), 423-432, 2018.
- Park, J.H., Kia, K., Srinivasan, D. & Kim, J.H. (2021). Postural balance effects from exposure to multi-axial whole-body vibration in mining vehicle operation. Applied Ergonomics, 91, 1-7.
- Tatar, Ç. 2016. Türkiye’de Maden Makinaları Kullanımı, Yeraltı Kaynakları Dergisi, Sayı 9, 2016.
- TS EN 1032+A1, 2011. Mekanik titreşim-Titreşim Emisyon Değerinin Belirlenmesi Amacıyla Hareketli Makinaların Deneye Tâbi Tutulması, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS ISO 2631-1/A1, 2013. Mekanik titreşim ve şok-tüm vücut titreşime maruz kalma değerlendirilmesi-Bölüm 1: Genel kurallar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN ISO 5349, 2005. Mekanik titreşim-Kişilerin maruz kaldığı elle iletilen titreşimin ölçülmesi ve değerlendirilmesi-Bölüm 1: Genel kurallar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Sağlam, H, 2011. Çalışma Hayatında Maruz Kalınan Titreşimin Ölçülmesi ve Bu Maruziyetten Kaynaklanan Titreşimin İnsan Sağlığına Etkisi, Yüksek Lisans

- Tezi, Süleyman Demirel Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 101 s.
- Salmon, A.W., Cann, A.P., Gıllın, E.K., Eger, T.R., Case Studies In Whole Body Vibration Assessment In Transportation Industry-Challenges In The Field. International Journal Of Industrial Ergonomics, (2007).
- Serway, R.A. & Beichner R.J. (2000). Fen ve Mühendislik İçin Fizik 1. Ankara: Palme Yayıncılık, 390.
- Song C, Kim DJ, Chung J, Lee KW, Kweon SS, Kang YK (2012) Estimation of impact loads in a hydraulic breaker by transfer path analysis. Shock Vib 2017:1–16.
- Şahin, M.N. ve Işık, G, 2007. Titreşim, İş Sağlığı ve İş Güvenliği Açısından Etkileri Risklerin Kontrolü ve Uygulamalar, İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, Ankara, 241 s.
- Wikstrom, B., O., Kjellberg, A., Landstrom, U., 1994, “Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration: a review “, International Journal of Industrial Ergonomics, Cilt 14, 273-292.
- Zeyrek, S., 2009, “Titreşim, İş Sağlığı ve Güvenliği “, Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- 28743 Sayılı Resmî Gazete, 2013. Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, Ankara.
- BS EN ISO 5349-2:2001. Mechanical vibration. Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Practical Guidance for Measurement at the Workplace, British Standards Institution, England.
- Arıtan, A.E. ve Memiş, Z. (2022). Doğaltaş Madenciliğinde Ekskavatörde Farklı Uç Kullanımının Titreşim Maruziyetine Etkisinin Araştırılması.
- Kun, N. 2000. Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi Kitabı, İzmir, p. 149.

İnternet Kaynakları

- 1- Afyonkarahisar Haritası,
<http://cografyaharita.com/haritalarim/4l-afyonkarahisar-ili-haritasi.png>, Son Erişim: 04.06.2024.