



**DOĞALTAŞ MADENCİLİĞİNDE OLUŞAN
TİTREŞİMİN ÇALIŞANLAR
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melek TÜMER

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ali Ekrem ARITAN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Kasım 2018

Bu tez çalışması 17.FEN.BİL.56 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞALTAŞ MADENCİLİĞİNDE OLUŞAN TİTREŞİMİN
ÇALIŞANLAR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Melek TÜMER

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ali Ekrem ARITAN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Kasım 2018

TEZ ONAY SAYFASI

Melek TMER tarafından hazırlanan ‘‘Doğaltaş Madenciliğinde Oluşan Titreşimin Çalışanlar Açısından Değerlendirilmesi’’ adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 08/11/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliğı** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Maden Mühendisliğı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ali Ekrem ARITAN



Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÖZŞEN

Konya Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bil. Fak.

İmza



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ali Ekrem ARITAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi



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

.....

Prof. Dr. İbrahim EROL

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.

08/11/2018


Melek TÜMER

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**DOĞALTAŞ MADENCİLİĞİNDE OLUŞAN TİTREŞİMİN ÇALIŞANLAR
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Melek TÜMER
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Ekrem ARITAN

İstatistikler incelendiğinde, Ülkemiz doğaltaş madenciliğinde fiziksel risk etmenleri kaynaklı meslek hastalıkları ile ilgili yeterli bilinç oluşmadığı görülmektedir. Literatüre bakıldığında özellikle titreşim konusu ile ilgili çalışmaların eksikliği görülmektedir. Doğaltaş madenciliğinde çalışanlar, farklı sürelerde titreşime maruz kalırlar. Titreşime mesleki maruziyet sonucu, çalışanlarda meslek hastalıkları görülmektedir.

Bu araştırmada, çalışanların titreşime mesleki maruziyet büyüklükleri ölçülmüştür. Ülkemiz yönetmeliği ve Avrupa Direktifi göz önünde bulundurularak maruziyet eylem ve sınır değerlerine göre değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlendirmeler neticesinde çalışanların titreşime mesleki maruziyet sonucunda mesleki hastalıklara yakalanabileceği tespit edilmiştir. Ölçülen titreşim büyüklükleri; trafik lambası sistemi ve maruziyet puanlama sistemine göre değerlendirilerek işverenin alması gereken önlemler tespit edilmiştir.

Ayrıca farklı doğaltaş ocaklarından alınan titreşim ölçümlerinin, ocaklardan alınan numunelerin fiziko-mekanik özellikleriyle ilişkisi araştırılmıştır. Ocaklardan alınan numuneler bir dizi deneye tabi tutularak ortaya konan fiziko-mekanik özelliklerinin, titreşim büyüklüğü ile ilişkisini tespit etmek için korelasyon yapılmıştır.

2018, viii + 84 sayfa

Anahtar Kelimeler: Doğaltaş Madenciliği, Titreşim, Mesleki Maruziyet

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**EVALUATION OF THE VIBRATION GENERATED IN NATURAL STONE
MINING FOR WORKER**

Melek Tümer

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Ali Ekrem ARITAN

When the statistics are examined, it is seen that there is not enough consciousness about occupational diseases caused by physical risk factors in the natural stone mining of our country. When reviewing the literature, it is seen that there is a lack of studies especially about vibration. In natural stone mining employees are exposed to vibrations at different times. As a result of occupational exposure to vibration, occupational diseases are seen in employees.

In this study, the occupational exposure magnitudes of workers were measured. Evaluations were made according to the exposure actions and border values of our country and the European Directive. As a result of the evaluations, it has been determined that workers may get occupational diseases as a result of occupational exposure to vibration. The measured vibrations were evaluated according to the traffic lamp system and exposure scoring system and the measures to be taken by the employer were determined.

In addition, the relationship between vibration measurements taken from different natural stone quarries and the physico-mechanical properties of samples taken from quarries were investigated. The samples from the quarries were subjected to a series of experiments and correlated to determine the relationship between the physico-mechanical properties revealed and the magnitude of vibration.

2018, viii + 84 pages

Keywords: Naturalstone Mining, Vibration, Occupational Exposure

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca ilminden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli hocam, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali Ekrem ARITAN'a teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmam sırasında, bilgileriyle ve içtenlikleriyle üzerimde emeği bulunan Sayın Dr. Öğr. Üyesi M. Fatih CAN, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Z. Özgür YAZICI ve tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmamı, 17.FEN.BİL.56 numaralı proje ile maddi olarak destekleyen Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (BAPK) desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Maddi ve manevi her türlü desteklerini esirgemeyen, hep sabırla yanımda olan ve beni bugünlere getiren babam Enver TÜMER'e, annem Ayşe TÜMER'e, kardeşlerim Burhan ve Meltem TÜMER'e teşekkür ederim.

Melek TÜMER
AFYONKARAHİSAR, 2018

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Doğaltaşların Tanımı ve Sınıflandırılması.....	3
2.2 Titreşim	5
2.2.1 Tanım	5
2.2.2 El-Kol Titreşimi	8
2.2.3 Tüm Vücut Titreşimi	10
2.3 Maruziyetin Hesaplanması İçin Yöntemler	14
2.3.1 Günlük Maruziyet Grafiği	14
2.3.2 Günlük Maruziyet Nomogramı.....	15
2.3.3 Trafik Lambası Sistemi.....	16
2.3.4 Maruz Kalma Noktaları Sistemi ve Hazır Hesap	17
2.3.5 HSE, EKT ve TVT Hesaplayıcı.....	19
2.4 Titreşim İle İlgili Standartlar	21
3. MATERYAL ve METOT	23
3.1 Materyal	23
3.2 Metot.....	25
3.2.1 Titreşim Ölçümü	25
3.2.2 Knoop Sertlik İndeksi Ölçümü	27
3.2.3 Shore Sertliği (SH) Ölçümü.....	28
3.2.4 Tek Eksenli Basınç Dayanım Tayini	29
3.2.5 Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini.....	29
3.2.6 Atmosfer Basıncında Su Emme Deneyi	30
3.2.7 Kılcal Etkiye Bağlı Su Emme Deneyi	31
4. BULGULAR	32

4.1 Titreşim İle Kaya Mekaniği Değerlerinin İlişkisinin Araştırılması.....	35
4.2 Risk Değerlendirme	38
4.2.1 EKT Risk Değerlendirmesi.....	38
4.2.2 El-Kol Titreşim Sendromu	39
4.2.3 Karpal Tünel Sendromu (KTS)	42
4.2.4 TVT Risk Değerlendirmesi.....	43
4.2.5 Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları.....	43
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	45
5.1 Titreşimin Çalışanların Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi	45
5.2 Titreşim İle Kaya Mekaniği Değerlerinin İlişkisinin Sonuçları	50
5.3 El-Kol Titreşimi Azaltma Yöntemleri	53
5.4 Tüm Vücut Titreşimi Azaltma Yöntemleri.....	54
6. KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	63

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

CaCO ₃	Kalsiyum karbonat (Kireçtaşı)
CaMg(CO ₃) ₂	Kalsiyum magnezyum karbonat (Dolomit)
SiO ₂	Silisyum dioksit
CO ₃	Karbonat
Hz	Hertz
m	Metre
cm	Santimetre
mm	Milimetre
m/s ²	Metre/saniye kare
kg/m ³	Kilogram/metre küp
MPa	Megapaskal
A(8)	8 saatlik frekans ağırlıklı toplam titreşim değeri
°C	Santigrat derece
P _e	Maruziyet puanları

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
ASTM	American Society for Testing and Materials
ÇSGB	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
EKT	El-kol titreşimi
EKTS	El-kol titreşim sendromu
EU	European Union (Avrupa Birliği)
HSE	Health and Safety Executive (Sağlık ve güvenlik yöneticisi)
ISO	International Standards Organization (Uluslararası Standartlar Örgütü)
KTS	Karpal tünel sendromu
RMS	Root Mean Square (karekök ortalama)
SH	Shore sertliği
TCEB	Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TVT	Tüm vücut titreşimi
VDV	Vibration dose value

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Doğaltaşların kökenlerine göre sınıflandırılması (TS 699 2009).....	3
Şekil 2.2 a: Magmatik kökenli doğaltaş (andezit), b: Metamorfik kökenli doğaltaş (mermer), c: Sedimanter kökenli doğaltaş (traverten).	5
Şekil 2.3 Titreşim dalgası (Brüel&Kjaer 2002).	6
Şekil 2.4 Kütle-yay sönümlleme sistemi.	6
Şekil 2.5 El kavrama ve avuç içi konumu (TS EN ISO 5349-1 2005).	8
Şekil 2.6 İnsanı etkileyen mekanik titreşimler için koordinat sistemlerinin yönleri (TS ISO 2631-2 2013).....	12
Şekil 2.7 Operatöre etki eden titreşimler (Erzi 2002).	13
Şekil 2.8 Günlük titreşim maruziyetini A(8) titreşim büyüklüğünden ve maruz kalma süresinden saptamak için grafik.	15
Şekil 2.9 El-kol titreşimi maruziyet nomogramı (EU 2006).	16
Şekil 2.10 Maruziyet puanları.	19
Şekil 2.11 HSE, EKT ve TVT titreşim maruziyet hesaplayıcısı.	20
Şekil 3.1 Yer bulduru haritası.	23
Şekil 3.2 Titreşim ölçüm cihazı.....	24
Şekil 3.3 Vibrasyon eldiveni.	25
Şekil 3.4 Tüm vücut titreşim ölçüm yeri.	26
Şekil 3.5 El-kol titreşim ölçüm yerleri.	27
Şekil 3.6 Mikrosertlik tayin cihazı.	28
Şekil 3.7 Shore sertlik tayini cihazı.....	28
Şekil 3.8 Tek eksenli basınç dayanımı ölçüm cihazı.....	29
Şekil 3.9 Su emme tayini.....	31
Şekil 4.1 Ölçüm alınan iş makinaları. a) Ekskavatör, b) Yükleyici, c) Kaya kamyonu.	36
Şekil 4.2 Beyaz parmak hastalığı.	40
Şekil 4.3 Karpal tünel sendromu.	42
Şekil 5.1 İş makineleri EKT maruziyet eylem değeri ölçümleri.	46
Şekil 5.2 Martopikör EKT maruziyet eylem ve sınır değeri.	47
Şekil 5.3 İş makineleri eldivenli EKT maruziyet eylem değeri ölçümleri.	47
Şekil 5.4 Martopikör eldivenli EKT maruziyet eylem ve sınır değeri.	48
Şekil 5.5 Makine/ekipman TVT maruziyet eylem ve sınır değerleri.	49
Şekil 5.6 EKT'nin fiziko-mekanik özelliklerle ilişkisi (korelasyonu).	51
Şekil 5.7 TVT'nin fiziko-mekanik özelliklerle ilişkisi (korelasyonu).	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Titreşim maruziyet değerleri (EU 2006-2002/44/ EC sayılı AB Direktifi). .	7
Çizelge 2.2	Trafik lambası sistemi için örnek renk kodlama şeması (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi).....	17
Çizelge 2.3	Maruziyet puanları değerlendirme skalası (HSE 2018).	19
Çizelge 3.1	Deneylerde kullanılan doğaltaşların kod ve bölgeleri.....	23
Çizelge 3.2	Cesva VC431 titreşim ölçüm cihazı özellikleri.	24
Çizelge 4.1	Fiziko-mekanik deney sonuçları.	32
Çizelge 4.2	El-kol titreşimi maruziyet ölçüm sonuçları.....	32
Çizelge 4.3	El-kol titreşimi maruziyet ölçüm (eldivenli) sonuçları.	33
Çizelge 4.4	Tüm vücut titreşimi maruziyet ölçümleri.....	33
Çizelge 4.5	EKT maruziyet puanlaması.....	34
Çizelge 4.6	EKT eldivenli maruziyet puanlaması.....	34
Çizelge 4.7	TVT maruziyet puanlaması.....	35
Çizelge 4.8	EKT'nin fiziko-mekanik özelliklerle ilişkisi (korelasyonu).	36
Çizelge 4.9	TVT'nin fiziko-mekanik özelliklerle ilişkisi.	37
Çizelge 4.10	EKT eldivensiz ve eldivenli ölçümleri trafik lambası sistemine göre değerlendirme.	38
Çizelge 4.11	Taylor-Palmear aşamalara göre titreşim kaynaklı beyaz parmak sendromunun sınıflandırılması (1975).....	41
Çizelge 4.12	Stockholm sınıflandırma ölçeği el-kol titreşimi sendromu ile parmaklarda belirtiler (TS EN ISO 5349-1 2005).	41
Çizelge 4.13	TVT trafik lambası sistemine göre sıralama.	43

1. GİRİŞ

Türkiye, doğaltaş sektöründe dünya ülkelerine ihracat yapan ve ihracat rakamları giderek artan bir pazardır. Ülkemizin blok mermer-traverten pazar payı % 34,71'dir. Doğaltaş üretiminin tamamına yakın kısmı özel sektör tarafından yapılmaktadır. Ülkemizde doğaltaş üretimi yıllık 11,5 milyon ton olup doğaltaş işleme tesislerinin plaka üretim kapasitesi toplam 6,5 milyon m² civarındadır (TCEB 2018).

Ülkemizin ekonomisi için önemli yere sahip olan doğaltaş madenciliğinde çalışanların sağlık gözetimi yeteri kadar yapılmamaktadır. İstatistikler incelendiğinde görüldüğü üzere, çalışanların fiziksel risk etmenleri ile ilgili hastalıkları yoktur (TCEB 2018). Bu durum gösteriyor ki çalışanların ileriki yıllarda ortaya çıkan mesleki hastalıklarına gereken önem verilmemiştir.

Doğaltaş madenciliğinde çalışanlar işyerinde aktiviteleri esnasında titreşime, ayakta dururken, otururken ve bazı hallerde titreşim kaynağı ile temas halinde iken maruz kalırlar. Titreşim sebepli sağlık etkileri genellikle birkaç yıl süren titreşim maruziyetinden sonra ortaya çıkar (Fritz 2000). Çalışanların titreşime maruziyetinin biyo-dinamik cevabı doğrudan titreşimin vücuda girdiği nokta ile ilgilidir (Griffin 1990). Titreşim maruziyeti doğaltaş madenciliğinde çalışanlarda görülen mesleğe bağlı hastalıkların gizli nedenlerinden biri haline gelmektedir.

El-kol titreşimi (EKT), birçok endüstride ve meslekte çalışanlar için yaygın bir tehlikedir. İşyerinde EKT maruziyeti, el tipi elektrikli aletlerin (darbeli matkaplar), el kılavuzlu makinelerin (martopikör) ve el ile beslenen makinelerin (öğütücüler) kullanımından kaynaklanabilir. Bu titreşime uzun süreli ve düzenli maruz kalma, operatörün sağlığını etkileyebilir. Ancak titreşimden kaynaklanan riskler kontrol edilebilir ve çalışanlar, titreşimin neden olduğu kötü etkilere karşı korunabilir. Çalışanları korumak ve titreşim düzenlemelerine uymak için işverenler, riskleri değerlendirmeli ve bunları nasıl kontrol edeceklerini planlamalıdır (HSE 2005).

Çalışanlar yaşamlarının büyük bir kısmında tüm vücut titreşimini (TVT) deneyimlerler. Bir maden çalışanı, endüstriyel kamyonları kullanır; engebeli arazide çok sayıda paletli ve tekerlekli araç kullanır. Maden çalışanları tüm vücut titreşimine maruz kalır veya titreşimin insan üzerindeki etkilerini inceleyen deneysel araştırmaya katılabilir. Açık ve yeraltı maden ocak işletmelerinde insanlar, oturduklarında ve ayakta kaldıklarında çok çeşitli titreşim büyüklüklerine ve sürelerine maruz kalırlar (Mansfield 2005).

TVT, oturma pozisyonundan maruz kalma ve otururken vücuda giren titreşimi azaltma teknikleri yaygın olarak çalışılmıştır. Benzer şekilde, hızla titreşen kavrama aleti ile ilişkili EKT maruziyeti daha derinlemesine incelenmiştir ve araştırmacılar, EKT maruziyetini azaltmak için titreşim önleyici aletlerin ve eldivenlerin geliştirilmesine yönelmiştir. EKT ve TVT maruziyeti ile ilgili sağlık sorunlarına rağmen, doğaltaş madenciliğinde kullanılan makine/ekipmanların çalışması sırasında EKT ve TVT ile ilişkili sağlık riski değerlendirilmemiştir.

Bu çalışmada, farklı doğaltaş ocaklarında çalışanların titreşime mesleki maruziyetlerinin boyutu ve maruziyet sonucu çalışanlarda meydana gelen titreşim kaynaklı mesleki hastalıklar incelenmiştir. Ülkemiz literatüründe gerekli önemi görmeyen titreşim maruziyeti için farklı yöntemlere göre değerlendirmeler yapılarak çalışanların sağlığı gözetilmiştir. Ayrıca kişisel koruyucu donanımın gerekliliğini ortaya koymak amacıyla, kişisel koruyucu donanımla ölçümler alınarak titreşim sönümleme miktarları belirtilmiştir. Titreşim büyüklükleri göz önünde bulundurularak risk değerlendirme yapılmış ve sağlık etkileri konusunda bilgi verilmiştir.

Bunların yanı sıra salt titreşim maruziyet ölçümlerine ek olarak farklı fiziko-mekanik özelliklere sahip kayaçların titreşim büyüklüğü ile ilişkisi araştırılmıştır. Farklı ocaklardan alınan doğaltaşların fiziko-mekanik özellikleri TSE standartlarına göre belirlendikten sonra titreşim büyüklüğü ile korelasyon ilişkisine bakılmıştır.

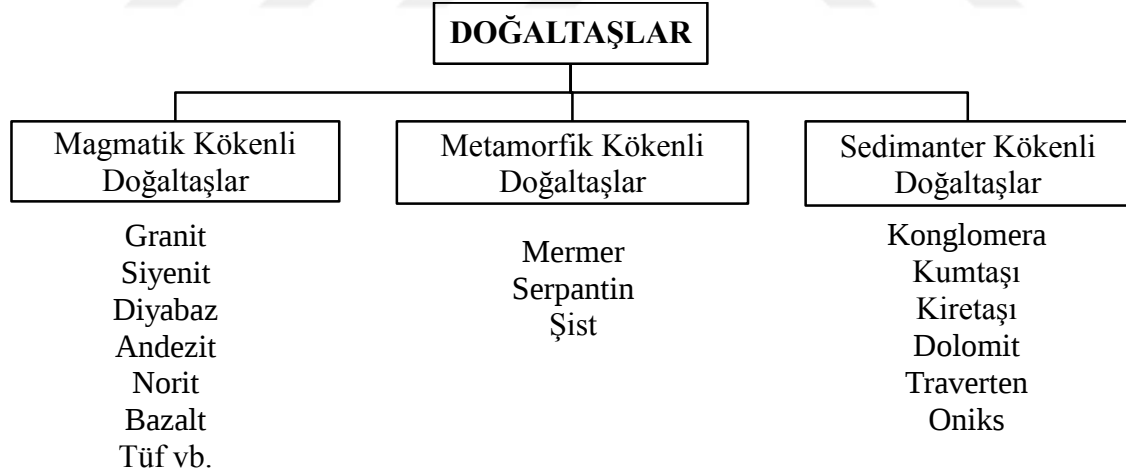
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Doğaltaşların Tanımı ve Sınıflandırılması

Kireçtaşı (CaCO_3), dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] ve dolomitik kireçtaşlarının yüksek basınç ve ısı altında metamorfizma geçirerek tekrar kristalleşmesi ile oluşan yeni doku ve yapıya sahip kayalara doğaltaş adı verilmektedir. Doğaltaşların bileşiminde ağırlıklı olarak kalsiyum karbonat bulunur. Bununla birlikte mangan oksit, magnezyum karbonat, demir oksit, feldspat, mika, silis, fluorit ve organik maddeler de yer alır (Onargan ve ark. 1997).

Ticari anlamda doğaltaş ise, blok olarak kesilebilen, ekonomik olarak uygun boyutlarda ebatlanabilen, isteğe göre cila ve parlatma alabilen ve dekoratif olarak kullanılan kayalara doğaltaş denilmektedir (Onargan ve ark. 2006).

Doğaltaşlar kökensel oluşum bakımından sınıflandırıldığında magmatik, metamorfik ve sedimanter olarak üç sınıfa ayrılır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Doğaltaşların kökenlerine göre sınıflandırılması (TS 699 2009).

Magmatik kökenli doğaltaşlar; yerin derinliklerinde akkor halinde bulunan magmanın yerin altında ve yüzeye yakın kısmında soğuyup katılaşmasıyla oluşmuşlardır (Kun 2001 ve Kibici 2006). Bu kayalar amorf, iri ve ince kristalli, güzel renk veren iyi cila alan ve cilasını koruyan kayalardır. Kütleler halinde bulunur, tabakalanma yoktur ve sertlikleri

yüksek olduğundan işlenmeleri zordur. Bünyelerinde fosil barındırmazlar ve asitten etkilenmezler (Kibici 2006).

Magmatik kökenli doğaltaşlar kendi araların da yüzey, derinlik ve damar kayaçları olarak sınıflandırılmaktadır. Yüzey kayaçları, andezit, bazalt, diyabaz, kuvars, porfir, riolit ve trakittir (Şekil 2.2). Derinlik kayaçları, gabro, granit serpantin ve siyenittir. Magmatik kayaçlar için bir diğer sınıflandırma ise kimyasal bileşimlerdeki SiO_2 oranına göre yapılır. Asidik kayaçların SiO_2 oranı % 66'dan büyük, nötr kayaçların SiO_2 oranı % 66-52 arasında, bazik kayaçların SiO_2 oranı % 52-45 arasında, ultrabazik kayaçların ise SiO_2 oranı % 45'den küçüktür (Kulaksız 2005).

Metamorfik kökenli doğaltaşlar; kayaçların yüksek basınç ve sıcaklık altında kalarak yeniden kristallenmesi ile oluşurlar (Önenç 2004 ve Görgülü 1994). Yeni kristaller soğuma hızına ters orantılı olarak çeşitli büyüklüklerde gözlemlenmektedir (Görgülü 1994). Bu kayaçlar incelendiğinde, birbirine kenetlenmiş kalsit kristallerinden oluştuğu görülmektedir. Kalsiyum karbonat kristallerinden oluşan doğaltaşlarda ise % 95-96 oranında kalsit ve farklı oranlarda demiroksit, flüorit, silikat, silis ve organik maddeler bulunmaktadır (Arıkan 1968). Bu kayaçlara örnek olarak dolomit ve kireçtaşı verilebilir (Kibici 2006) (Şekil 2.2).

Sedimanter kökenli doğaltaşlar; atmosferik koşulların etkisiyle ufalanan ve taşınan kayaçların, bir yerde çökmesi ve birbiri ile karışarak doğal bir bağlayıcı ile yeniden sertleşmesi sonucu oluşurlar (Kibici 2006 ve Kun 2001). Bu kayaçlar tabakalar halinde bulunur ve fosil içerirler. Arduvaz, dolomit, kireçtaşı, kumtaşı ve traverten sedimanter kökenli doğaltaşlardır (Şekil 2.2). Atmosferik koşulların etkilerine dayanımları düşüktür. Kolay işlenir iyi cila alırlar (Kibici 2006).



Şekil 2.2 a: Magmatik kökenli doğaltaş (andezit), b: Metamorfik kökenli doğaltaş (mermer), c: Sedimanter kökenli doğaltaş (traverten).

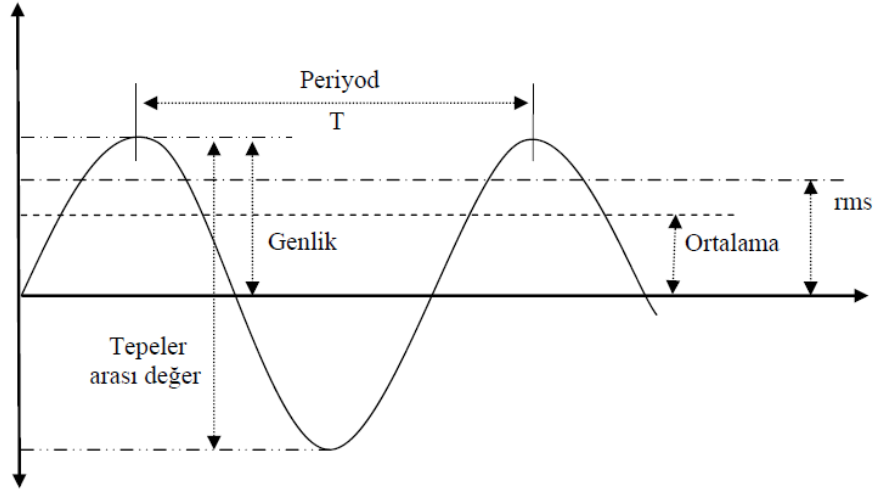
Doğaltaşlar sertliklerine göre yumuşak ve sert doğaltaşlar olarak sınıflandırılmaktadır. Yumuşak doğaltaşların içeriği karbonattır (CO_3). Mohs skalasına göre sertlikleri 3-4 arasındadır. İşlenebilirliği ve kesilebilirliği daha kolaydır. Traverten, oniks ve hakiki mermerler örnek olarak verilebilir (Kibici 2006).

Sert doğaltaşlar bileşiminde feldispat, kuvars, mika ve piroksen gibi silikatlı mineraller bulundurulur. Sertlikleri Mohs skalasına göre 6-7 arasındadır (Çelik 2007). Kesimi ve işlenebilirliği zor olmasına rağmen çok sağlamdır ve iyi cila alırlar. Gnays, granit, bazalt, diyabaz, siyenit ve labradorit sert doğaltaşlara örnektir (Kibici 2006).

2.2 Titreşim

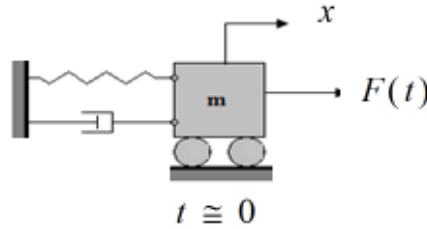
2.2.1 Tanım

Titreşim, frekansı, büyüklüğü ve süresi ile karakterize edilen, bir referans noktası etrafındaki salınımlı harekettir (Griffin 1990). Periyodik titreşim, bir parçacık veya gövdenin, bir referans pozisyonu etrafında salınan hareketi olarak görülebilir, hareket belirli zaman aralıklarından sonra kendini tekrar eder. Periyodik titreşimin en basit şekli, zamanın bir fonksiyonu olarak çizildiğinde, sinüzoidal bir eğri ile temsil edilen, harmonik harekettir (South 2004) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Titreşim dalgası (Brüel and Kjaer 2002).

Kütlesi m olan bir bloğu uzun ve yatay bir masa üzerinde $F(t)$ başlangıç hızı ile harekete geçirirsek, bloğa paralel hızdaki bir F kuvveti dengeleyebilir. Örneğin, kütle hafifçe aşağıya doğru itilir ve sonra serbest bırakılırsa, yay eskisinden daha fazla gerilir ve yayın uyguladığı kuvvet yerçekimi kuvvetinden daha büyüktür (South 2004) (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Kütle-yay sönümlleme sistemi.

Vücuttaki titreşim ile ilgili sağlık etkilerini belirlemek için titreşimin frekansı, büyüklüğü ve süresinin anlaşılması ve belgelenmesi gerekir (Cardinale and Rittweger 2006). Bununla birlikte, belgelenmiş zarar ve hasar için titreşim maruziyetinin frekansı, büyüklüğü, yönü ve süresinin kesin rolü belirsizdir. Bir kişi titreşime maruz kaldığında, titreşim enerjisi vücuttaki dokuların ve sıvıların sıkışması ve nadir olması (dalga yayılımı) yoluyla vücuda iletilir (Griffin 1998).

Titreşim frekansı saniyedeki döngü sayısına karşılık gelir. Frekansı tartışırken, titreşen nesnenin rezonans frekansları da incelenmelidir. Vücut içindeki rezonans frekansı,

hareket arttıkça ve organlar ile iskelet sistemi arasında maksimum yer değiştirme meydana geldiğinde oluşur (Matsumoto and Griffin 2001, Randall *et al.* 1997). Vücuttaki farklı bölümlerin farklı doğal rezonans frekansları vardır (Cardinale and Rittweger 2006). Genlik, bir süre boyunca sistemin maksimum tepkisinin ölçüsüdür.

Titreşimin büyüklüğü (m), hızı (m/s) veya ivmesi (m/s^2) ile ölçülebilir. RMS (root mean square, karekök ortalama) büyüklüğü, titreşim enerjisi ve dolayısıyla titreşim hasar potansiyeli ile ilgilidir. -x, -y-ve -z eksenleri için RMS (titreşim toplam değeri olarak da bilinir), ivme frekansının karekök toplamıdır (EU 2006-2002/44/ EC sayılı AB Direktifi).

“2002/44/ EC sayılı AB Direktifi” ve “Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik”, hem elle iletilen titreşim hem de tüm vücut titreşimi için “günlük maruz kalma eylemi değerlerini” ve “günlük maruz kalma sınır değerlerini” belirtmektedir (Çizelge 2.1). Direktif ve yönetmelikte açıklandığı üzere idari, teknik ve tıbbi önlemlerin işverenler tarafından uygulanması gerekmektedir. Çalışanların titreşime maruz kalmasından kaynaklanan risklere karşı korumayı amaçlamaktadır. Çalışanların sağlığı açısından titreşim, el-kol ve tüm vücut titreşimi olarak ikiye ayrılmaktadır.

Çizelge 2.1 Titreşim maruziyet değerleri (EU 2006-2002/44/ EC sayılı AB Direktifi).

	El-Kol Titreşimi A(8)	Tüm Vücut Titreşimi A(8)	Tanımlar
Maruziyet Eylem Değeri	2,5 m/s^2	0,5 m/s^2	Bir veya daha fazla önlemin* alındığı değer. Korunmasız bir çalışanın kabul edilemez risklere maruz kaldığı değer. Bu değerin aşılması yasaktır ve yönetmelik** uygulanarak önlem alınmalıdır.
Maruziyet Sınır Değeri	5 m/s^2	1,15 m/s^2	

* Bilgilendirme, eğitim, teknik önlemler, sağlık denetimleri.

** Sağlık ve güvenliğin korunması için uygun önlemler.

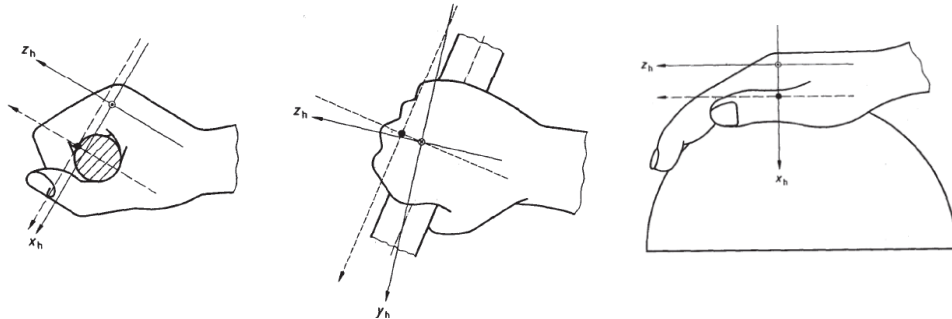
2.2.2 El-Kol Titreşimi

El-kol titreşimi; insan el-kol sistemine iletildiğinde, çalışanların sağlık ve güvenliği için risk oluşturur. Özellikle vasküler, kemik veya eklem, nörolojik veya kas bozuklukları meydana getirir (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi). İnsanın titreşime ve darbelere verdiği tepkiyi dikkate alarak, hem mekanik hem de psikolojik etkilerini dikkate almak gerekir (Brüel and Kjaer 2002).

İnsan vücudu hem fiziksel hem de biyolojik olarak son derece karmaşık bir yapıya sahip bir sistemdir. EKT maruziyet sırasında oluşan rahatsızlıklar ile ilgili değişkenler vibrasyonun karakteristikleri, araçlar veya işlemler, maruziyet koşulları, toplam maruziyet süresi ve kişisel karakteristiklerdir. Vibrasyonun karakteristikleri; büyüklük, frekans ve yn (-x, -y ve -z eksenleri) olarak tanımlanırken araçlar veya işlemler araç dizaynı ve araç tipidir (Vurgulu, dönen, dönerek vurgulu) (İşsever 1999).

Xu ve arkadaşlarının (2017) Kuzey in kömür madeninde EKT'ye sebep olan aletler kullanarak kömür çalışanlarıyla ilgili belirtileri tespit etmek ve EKTS için risk faktörlerini belirlemek için çalışma yapmışlardır. Titreşime maruziyet süreleri farklı olmakla birlikte el uyuşma sıklığı, karpal tünel sendromu, el ağrısı, kulak çınlaması, hafıza kaybı, baş dönmesi ve baş ağrısı gibi rahatsızlıkları raporlamışlardır.

Elle iletilen titreşimin yönü şekil 2.5'de görüldüğü gibi yapılan işin durumuna göre iki şekilde tespit edilmektedir.



şekil 2.5 El kavrama ve avuç içi konumu (TS EN ISO 5349-1 2005).

Kişisel el-kol titreşim maruziyetini ölçmek için toplam değer hesaplaması Eşitlik 2.1'e göre yapılmaktadır (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi). RMS ivmeleri (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz}), TS ISO 2631-1'de (2013) tarif edilen uygun ağırlıklandırma faktörleri kullanılarak hesaplanmaktadır (x-ekseni = h_{wx} ; y-ekseni = h_{wy} ; z-ekseni = h_{wz}).

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \quad (2.1)$$

Günlük titreşime maruz kalma "A (8)", işverenlerin sağladığı maruz kalma süresinin "bildirilen frekans ağırlıklı RMS hızlanma titreşim toplam değerinin" beyan edilen değerlerinden hesaplanır. Günlük maruz kalma süresi, çalışma günündeki titreşime maruz kalan el(ler) in toplam zamanıdır. Titreşime maruz kalma süresi, kişinin güç araçları veya işyerlerinde çalışma süresi daha kısa olabilir. Çeşitli çalışma koşulları ve süreleri ve zamanlamaları için uygun temsilci numuneleri için günlük toplam maruziyet süresini tahmin etmek önemlidir (TS EN ISO 5349-1 2005). Günlük titreşime maruz kalma A (8) (8 saatlik bir enerji eşdeğeri frekans ağırlıklı RMS hızlanma değeri), Eşitlik 2.2 tarafından, frekans ağırlıklı RMS hızlanma toplam değeri kullanılarak bulunur. Bu nedenle, farklı günlük titreşim maruz kalma süreleri ile kolay karşılaştırmalar yapılabilir. Bir çalışanın günlük kişisel titreşim maruziyeti (A (8)) saniyede metre kare cinsinden ifade edilir (m/s^2) ve formülü kullanarak tanımlanmıştır (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi):

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (2.2)$$

Burada; T: Titreşim büyüklüğüne maruz kalma süresidir. T_0 : 8 saat referans süresidir. Eğer çalışma, günlük toplam titreşim maruziyetinin, farklı titreşim büyüklüklerine sahip birkaç işlemten oluşuyorsa, o zaman günlük titreşim maruziyeti, A (8), Eşitlik 2.3 kullanılarak elde edilecektir:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i} \quad (2.3)$$

Burada; a_{hvi} : i işleminin titreşim toplam değeridir. n: bireysel titreşim maruziyetinin sayısıdır. T_i : i işleminin süresidir (TS EN ISO 5349-1 2005).

Maruziyet koşulları süre ve maruziyet şekline (sürekli, kesikli, dinlenme periyotları) bağlı değişkendir. Toplam maruziyet süresi; çevresel şartlar, ortam sıcaklığı, hava akım hızı, nemlilik, gürültü, parmak el- kol sisteminin dinamik cevabı ve vibrasyonun iletilebilirliği, asorbe edilen enerji ile ilişkilidir. Çalışma metodu (kavrama kuvveti, itme kuvveti, el-kol postürü, vücut pozisyonu), sağlık, eğitim, beceriler, eldiven kullanımı ve hasara karşı kişisel hassasiyet ise kişisel karakteristik değişkenleridir (İşsever 1999).

El-kol titreşimi, el ve kollara avuç içi ve parmaklardan iletilen titreşimden kaynaklanır. Makinenin tutamağı ya da bir alet parçasının yüzeyi hızla titreşir ve bu hareket elinize ve kolunuza ekipman tutulduğu esnada iletilir (Wang *et al.* 2005). El-kol sistemi aracılığıyla titreşim aktarılabilirliği, elin fiziksel özelliklerine, el tutacağına, takım çalıştırma tekniğine ve aletle temas halindeki el alanına, itme kuvvetine bağlı olarak elin biyodinamik cevabı ile büyük ölçüde belirlenir (Griffin 1990).

2.2.3 Tüm Vücut Titreşimi

Tüm vücut titreşimi (TVT), tüm vücuda iletildiğinde, özellikle çalışanın sağlık ve güvenlik riski ile omurganın alt sırt hastalık oranını ve travmasını arttıran mekanik bir titreşimdir (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi). TVT'ye maruz kalma, otururken, ayakta dururken veya titreşim kaynağıyla temas halinde olabilir (TS ISO 2631-1 2013).

Rakheja ve Sankar'a (1983) göre, kamyon, traktör ve diğer arazi taşıtlarını bozuk arazilerde sürekli kullanan çalışanlarda fiziksel sağlık sorunlarının yanı sıra psikolojik rahatsızlıklara da rastlanmaktadır. Çalışanların verimliliği ve sağlığı açısından, bu sorunların giderilmesi büyük öneme sahiptir.

Marin ve arkadaşları 2017 yılında yaptıkları çalışmada, açık ocak madenciliği ekipmanı operatörlerinin TVT'ye yüksek seviyelerde maruz kaldıklarını söylemişlerdir. Bu

Çalışmanın ayrıntılı sonuçları, tüm vücut titreşimini azaltmanın yanı sıra belirli bir eksen veya maruz kalma eksenleri üzerindeki etkilerini izleme konusunda potansiyel mühendislik kontrollerinin etkinliğini araştırmak için kullanılabilir.

Aye ve Hens, 2011 yılında Güney Afrika’da açık ocak madenciliğinde tüm vücut titreşim ölçümü ve değerlendirmesi yapmışlardır. Ölçümleri SVAN 958 marka cihazla almışlardır ve değerlendirmelerini TS ISO 2631-1 (2013) standardı çerçevesinde yapmışlardır. A(8) ve VDV parametreleri kullanılarak yapılan ölçümlerde görülmüştür ki ekipmanların % 95’i maruziyet sınır değerinin altındadır. Ekipmanların % 50’si ise maruziyet eylem değerini aşmakta ve titreşim risklerine sebep olmaktadır. Bu durum madencilikte titreşim için risk değerlendirmesi ve yönetiminin gerekliliğini göstermektedir. Titreşim seviyelerinin azaltılması ve çalışanlara eğitim verilmesi tavsiye edilmektedir.

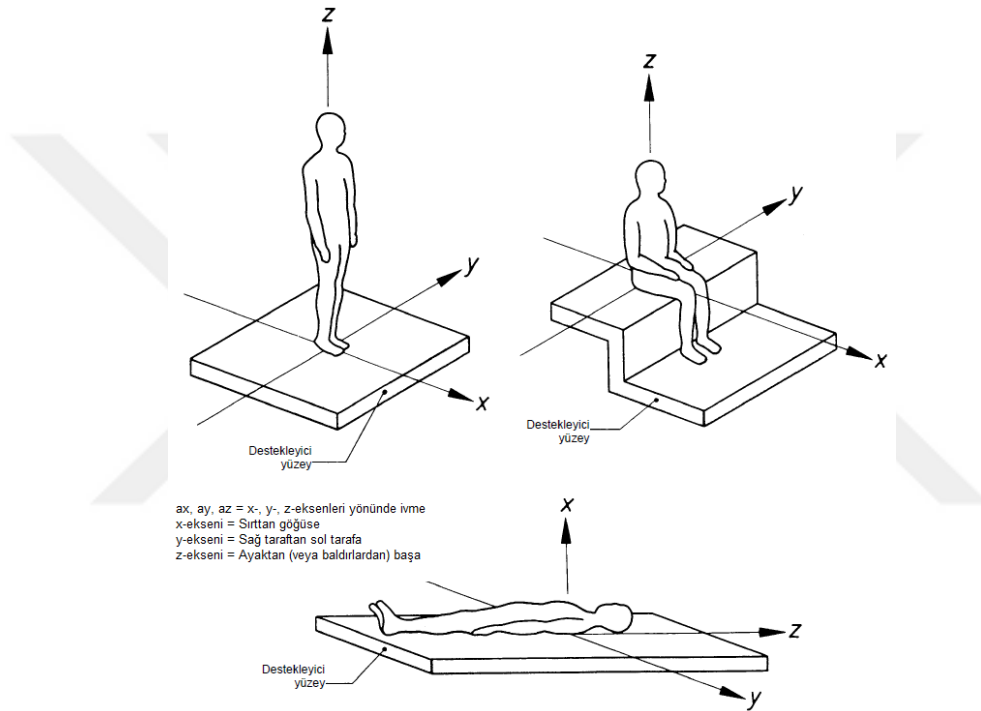
Mandal ve arkadaşları, 2013 yılında, maden makinelerinin titreşim düzeylerini ve titreşime maruz kalma süresini izlemeyi, maden makineleri operatörlerinin çalışma uygulamalarını incelemeyi ve operatörün titreşim maruziyetinin sağlık riskini öngörmeyi belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda kamyonlar, z ekseninde titreşimi azaltmak için mühendislik kontrolünü gerektirirken, yükleyiciler veya dozerler için x eksenine için gerekli önlemlerin alınması gerektiğini söylemişlerdir. Ekskavatörler, düzenli izleme haricinde acil önlem gerektirmez. Çalışanları titreşime bağlı hastalıklardan korumak için iş uygulamalarında iyileştirme gerekmektedir. İşyerinde titreşimin ölçülmesi ve kontrolü için uygun kuralların formüle edilmesi sonucuna varmışlardır.

Doğaltaş ocaklarında çalışan operatörlerde TVT’ye mesleki maruziyet, işle ilgili bel ağrısı riskinin artmasıyla ilişkilidir (Bovenzi *et al.* 2006). Yaralanmaya sebep olacak dört olası maruz kalma türü belirlenmiştir. 1) Daha uzun süreler boyunca düşük seviyeli titreşimlere maruz kalma, 2) Daha kısa periyotlarda birden fazla titreşime maruz kalma, 3) Tek veya birkaç bölümün üst düzey titreşimine maruziyet. 4) 1 ve 2 kombinasyonu (Pope *et al.* 2002).

TVT, vücuda ayaklardan, kalçadan, sırt veya başın arka tarafından girmektedir (Şekil 2.6). TVT maruziyeti vücuda girdiği noktaya yakın olmayan organları da etkileyebilme

potansiyeline sahiptir. Titreşim ivmesinin sebep olduğu konforsuzluk, titreşimin yönüne, frekansına, maruziyet süresine ve vücuda iletildiği noktaya bağlıdır (Zeyrek 2009).

TVT, defalarca bel ağrısı için bir risk faktörü olarak tanımlanmıştır (Bernard 1997, Bovenzi 1992, 1994, 1999, Lis *et al.* 2007 and Seidel 2005). Uzun süreli TVT maruziyeti omurgaya, omurga uç plaklarına, omurlar arası disklere ve bel kaslarının mekanik hasar görmesine neden olarak ağırlara neden olabilir (Wikstrom *et al.* 1994).



Şekil 2.6 İnsanı etkileyen mekanik titreşimler için koordinat sistemlerinin yönleri (TS ISO 2631-2 2013).

TVT için titreşim analizi, TS ISO 2631-1 (2013) standardında yer alan formüllere göre hesaplanmaktadır. Bu çalışmada RMS ivmesi ve 8 saatlik eşdeğer titreşim dozu değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümlerin her biri için hesaplamalar Eşitlik 2.4'deki gibidir. Burada T ölçüm süresi, $a_w(t)$; t zamanındaki frekans ağırlıklı ivmedir.

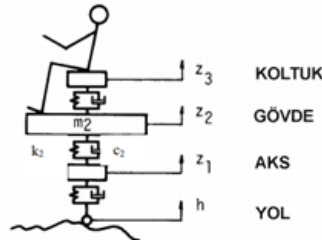
$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt} \quad (2.4)$$

Frekans ağırlıklı ortalama karekök (RMS) ivmeleri (a_{wx} ; a_{wy} ; a_{wz}), TS ISO 2631-1'de (x-axis= W_d ; y-axis= W_d ; z-axis= W_k) tanımlanan uygun ağırlıklandırma faktörleri kullanılarak hesaplanır. Yerleşik maruziyet için sağlığın belirlenmesi ile ilişkili ölçeklendirme faktörleri de uygulanır (x-ekseni, $k=1.4$; y-ekseni, $k=1.4$; z-ekseni, $k=1.0$).

Her bir eksen için tepe ivmelenmeleri (ölçüm süresi boyunca maksimum anlık hızlanma), aynı zamanda frekans ağırlıklı RMS vektörü toplamı değeri (Eşitlik 2.5) ile birlikte hesaplanır, burada a_v , frekans ağırlıklı RMS vektörü toplam değeri ve a_{wx} , a_{wy} , ve a_{wz} , sırasıyla x, y ve z eksenindeki frekans ağırlıklı RMS hızlandırma değerleridir.

$$a_v = \sqrt{(1,4a_{wx})^2 + (1,4a_{wy})^2 + (1,0a_{wz})^2} \quad (2.5)$$

Bu tezde doğaltaş ocaklarında kullanılan iş makineleri üzerinde titreşim ölçümleri değerlendirilecektir. Bu sebeple taşıt titreşimleri incelediğinde titreşimin kaynakları yol pürüzlülüğü, taşıtın dönen elemanlarının düzgünsüzlüğü, motor titreşimleri ve seyir hareketleridir. Operatör kabin içerisinde oturur pozisyonda bulunacağından Şekil 2.7'deki titreşimlere maruz kalacaktır.



Şekil 2.7 Operatöre etki eden titreşimler (Erzi 2002).

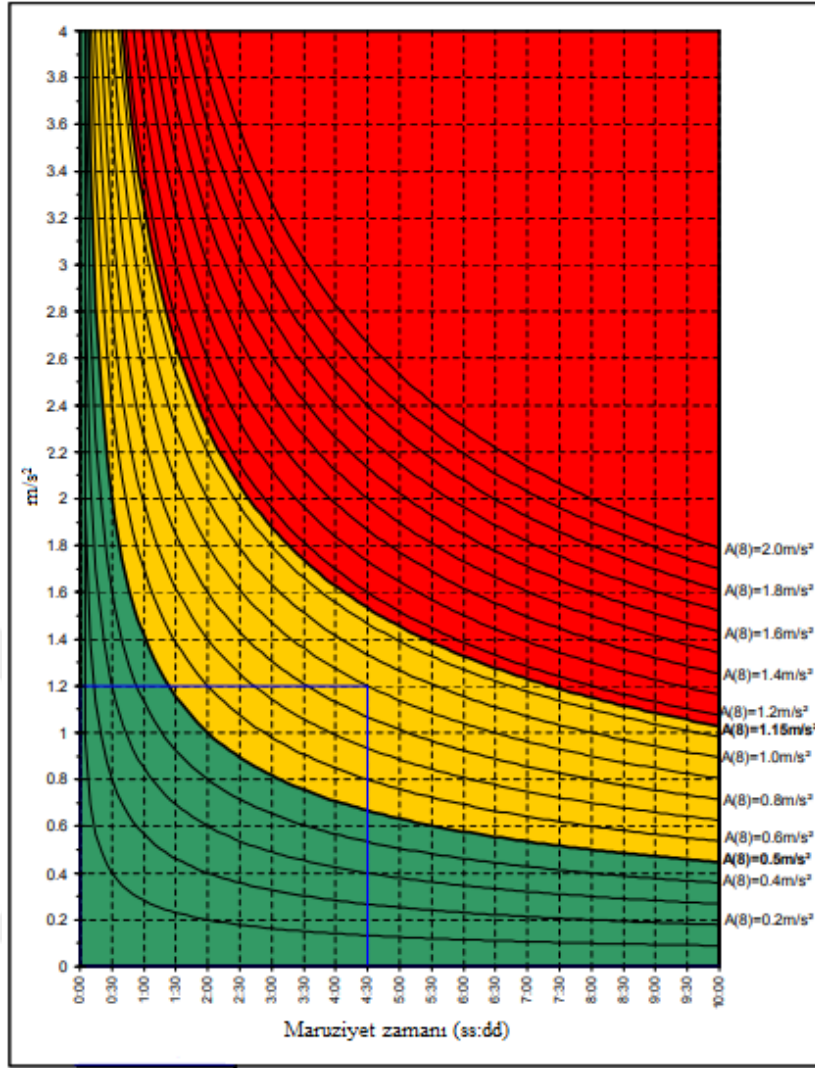
İş makineleri seyir esnasında iken yol pürüzlülüğü titreşime sebep olmaktadır. Yol pürüzlülüğünden kaynaklanan titreşimler rastlantısal titreşimlerdir ve ancak istatistiksel olarak tanımlanabilmektedir (Güney ve Ereke 1990). 1979 yılında Robson yaptığı çalışmada yol yüzeyinin pürüzlüğünün yoğunluğunu veren ifadeyi elde etmiştir. Bunu takiben Sharp ve Crolla (1987) çalışmalarında tali yol, anayol ve otoyol için Robson'un formülünde yer alan pürüzlülük katsayısının alacağı ortalama aralığı belirlemiştir.

İş makinelerinin üzerinde bulunduğu zeminin sebep olduğu titreşimlerin makine gövdesine iletilen kısmı bazı çalışma ve tasarım parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Tekerlek ve süspansiyon sisteminin dinamik ve statik özellikleri, titreşimin genlik ve frekans aralıklarını belirlemektedir (Çakan 2013).

2.3 Maruziyetin Hesaplanması İçin Yöntemler

2.3.1 Günlük Maruziyet Grafiği

Şekil 2.8'deki grafik, bir hesap makinesi gerekmeden günlük maruziyetlerin veya kısmi titreşim maruziyetinin aranması için basit ve alternatif bir yöntem sunmaktadır. Grafiğin kullanımı için, titreşim büyüklüğünü temsil eden sol taraftaki ölçeğin ilgili noktasından ve maruziyet süresini temsil eden yatay ölçeğin ilgili noktasından diğerine yatay çizgi çizilerek kesiştikleri noktada okunan değer maruz kalınan miktardır (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi).

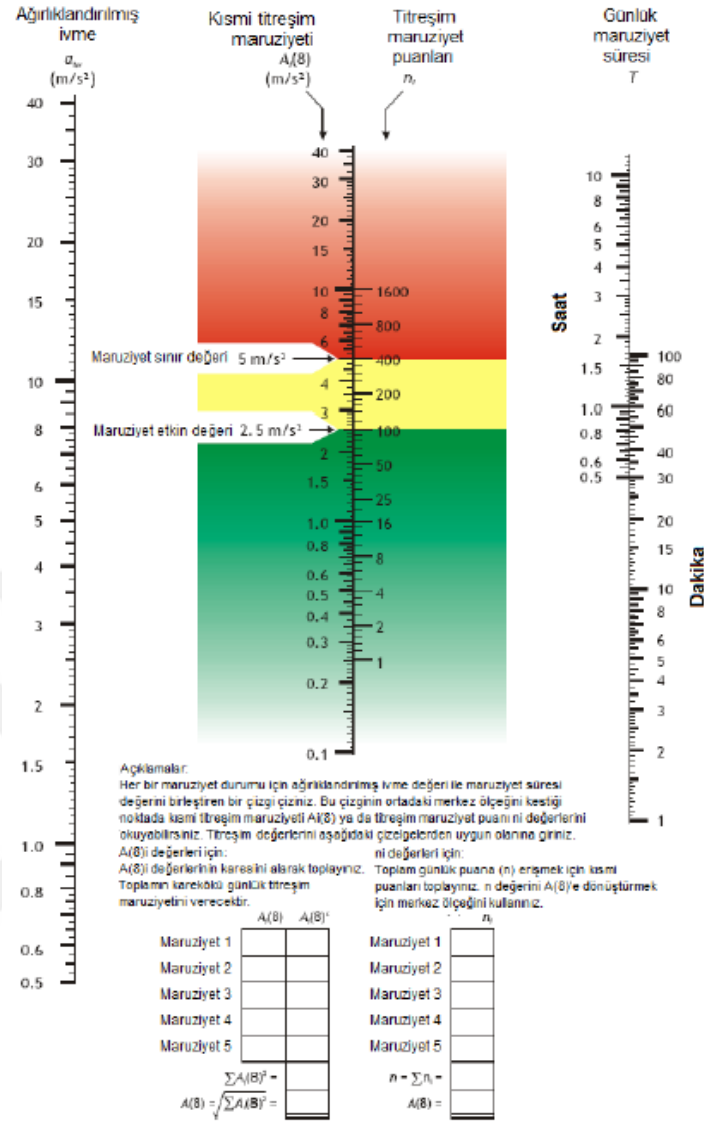


Şekil 2.8 Günlük titreşim maruziyetini $A(8)$ titreşim büyüklüğünden ve maruz kalma süresinden saptamak için grafik.

2.3.2 Günlük Maruziyet Nomogramı

Şekil 2.9'daki nomogram, denklemleri kullanmadan, günlük titreşim maruziyetlerini elde etmek için basit bir alternatif yöntem sağlamaktadır. Her bir araç veya süreç için:

- ❖ Ağırlıklandırılmış ivme ölçeğinden günlük maruziyet süresine bir çizgi çekilir,
- ❖ Çizginin orta skalayı kestiği kısmi titreşim maruziyeti okunur,
- ❖ Her kısmi titreşim maruziyet değerinin kareleri alınır,
- ❖ Toplamın karekökü günlük titreşim maruziyetini verecektir (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi).



Şekil 2.9 El-kol titreşimi maruziyet nomogramı (EU 2006).

2.3.3 Trafik Lambası Sistemi

Makine üreticileri ve tedarikçileri ile çalışan bazı işverenler, her aracın el-kol titreşimi renk kodlaması ile işaretlenmiş olduğu yeşil/sarı/kırmızı “trafik ışığı” sistemi geliştirmiştir (Çizelge 2.2). Çalışanlara bir bakışta titreşim araçlarını seçebilmeleri ve aracı ne kadar süre kullanabileceklerini bilmeleri için renk kodlama düzeni konusunda eğitim verilir (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi).

Çizelge 2.2 Trafik lambası sistemi için örnek renk kodlama şeması (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi).

Renk kodu	Titreşim büyüklüğü (m/s ²)	Eylem değerine ulaşma süresi	Sınır değerine ulaşma süresi
Yeşil	0-5	2 saatten fazla	8 saatten fazla
Sarı	5-10	30 dakika-2 saat	2-8 saat
Kırmızı	>10	30 dakikadan az	2 saatten az

2.3.4 Maruz Kalma Noktaları Sistemi ve Hazır Hesap

Günlük titreşim maruziyetini belirleyen basit bir yöntem, Şekil 2.10 ve Çizelge 2.3’de tasvir edilen nokta bazlı bir sistemin kullanılmasıdır. Bu yöntemin kullanımı; maruziyet süresine karşılık gelen, maruziyet büyüklüğü ile kesişen puanın okunması yoluyla olmaktadır. Maruz kalma eylem ve sınır değerlerine karşılık gelen maruz kalma puanları (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi):

- ❖ Maruziyet eylem değeri EKT ve TVT için 100 puan.
- ❖ Maruziyet sınır değeri EKT için 400, TVT için 529 puan.

El-kol titreşimi maruziyet yönetimi bir maruziyet puan sistemi kullanılarak basitleştirilebilir. Herhangi bir araç veya işlem için, bir saat içinde biriken maruziyet puanlarının sayısı ($P_{E,1h}$) bağıntı (2.6) kullanılarak titreşim şiddetine (a_{hv}) göre elde edilebilir:

$$P_{E,1h} = 2a_{hv}^2 \quad (2.6)$$

Maruz kalma noktaları basitçe eklenebilir, böylece bir günde herhangi bir çalışan için maksimum maruziyet noktası belirlenebilir.

Genel olarak EKT için, maruziyet puanlarının (P_E) sayısı Eşitlik 2.7’ye göre tanımlanır. Burada, a_{hv} : Titreşim maruziyeti (m/s²), T: maruziyet süresi (saat).

$$P_E = \left(\frac{a_{hv}}{2,5}\right)^2 \frac{T}{8 \text{ saat}} 100 \quad (2.7)$$

Günlük maruziyet $A(8)$, Eşitlik 2.8 kullanılarak maruz kalma noktasından hesaplanabilir:

$$A(8) = 2,5 \sqrt{\frac{P_E}{100}} \quad (2.8)$$

Tüm vücut titreşim maruziyet yönetimi, bir maruziyet puan sistemi kullanılarak basitleştirilebilir. Kullanılan herhangi bir araç veya makine için, bir saat içinde biriken maruz kalma puanlarının sayısı ($P_{E,1h}$) bağıntı 2.9, titreşim büyüklüğünden ve k faktöründen (x ve y -eksenleri için 1.4, z eksen için 1.0) elde edilebilir:

$$P_{E,1h} = 50(k a_w)^2 \quad (2.9)$$

Genel olarak TVT için, maruziyet puanlarının (P_E) sayısı şu şekilde tanımlanır (Eşitlik 2.10):

$$P_E = \left(\frac{k a_w}{0,5} \right)^2 \frac{T}{8 \text{ saat}} 100 \quad (2.10)$$

Günlük TVT maruziyeti $A(8)$, Eşitlik 2.11 kullanılarak maruz kalma noktasından hesaplanabilir:

$$A(8) = 0,5 \sqrt{\frac{P_E}{100}} \quad (2.11)$$

Titreşim büyüklüğü, m/s ²	40	267	800									
	30	150	450	900								
	25	105	315	625	1250							
	20	67	200	400	800							
	19	60	180	360	720	1450						
	18	54	160	325	650	1300						
	17	48	145	290	580	1150						
	16	43	130	255	510	1000						
	15	38	115	225	450	900	1350					
	14	33	98	195	390	785	1200					
	13	28	85	170	340	675	1000	1350				
	12	24	72	145	290	575	865	1150	1450			
	11	20	61	120	240	485	725	970	1200	1450		
	10	17	50	100	200	400	600	800	1000	1200		
	9	14	41	81	160	325	485	650	810	970	1300	
	8	11	32	64	130	255	385	510	640	770	1000	1200
	7	8	25	49	98	195	295	390	490	590	785	865
	6	6	18	36	72	145	215	290	360	430	575	720
	5.5	5	15	30	61	120	180	240	305	365	485	605
	5	4	13	25	50	100	150	200	250	300	400	500
4.5	3	10	20	41	81	120	160	205	245	325	405	
4	3	8	16	32	64	96	130	160	190	255	320	
3.5	2	6	12	25	49	74	98	125	145	195	245	
3	2	5	9	18	36	54	72	90	110	145	180	
2.5	1	3	6	13	25	38	50	63	75	100	125	
2	1	2	4	8	16	24	32	40	48	64	80	
1.5	1	1	2	5	9	14	18	23	27	36	45	
1	1	1	1	2	4	6	8	10	12	16	20	
	5d	15d	30d	1s	2s	3s	4s	5s	6s	8s	10s	
	Günlük maruziyet süresi											

Şekil 2.10 Maruziyet puanları.

Çizelge 2.3 Maruziyet puanları değerlendirme skalası (HSE 2018).

Renk	Yorum
Kırmızı	Sınır değerinin üstünde
Sarı	Eylem değerinin üstünde
Yeşil	Eylem değerinin altında

2.3.5 HSE, EKT ve TVT Hesaplayıcı

HSE, EKT ve TVT hesap makinesi, HSE web sitesinin sayfalarından indirilebilen bir Excel elektronik tablosudur (Şekil 2.11). Hesap makinesi, günlük titreşim maruziyeti tahminlerini hesaplamak için tasarlanmıştır; Kullanıcının ayarlama yapmasını, iş

modellerinde ve makinelerde meydana gelen değişikliklerin maruziyeti nasıl etkileyebileceğini göstermektedir.



HAND-ARM VIBRATION EXPOSURE CALCULATOR

Version 4.3 January 2014

Tool or process name	Vibration magnitude m/s ² r.m.s.	Exposure points per hour	Time to reach EAV 2.5 m/s ² A(8)		Time to reach ELV 5 m/s ² A(8)		Exposure duration hours minutes	Partial exposure m/s ² A(8)	Partial exposure points
			hours	minutes	hours	minutes			
Tool or process 1									
Tool or process 2									
Tool or process 3									
Tool or process 4									
Tool or process 5									
Tool or process 6									

☒ Lock Tool or process names

Zoom to fit

Help

Reset

Instructions for use:

Enter vibration magnitudes and exposure durations in the white areas

To calculate, press <Enter>, or move the cursor to a different cell

The results are displayed in the yellow areas

To clear all cells, click on the 'Reset' button

Tick the 'Lock tool or process name' check box to prevent 'Reset' clearing these cells

For more information, click the 'Help' button

Daily exposure
m/s² A(8)

Total exposure
points



Whole-Body Vibration Calculator

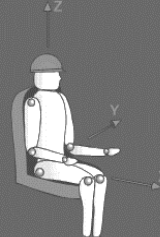
Version 1.06 March 2006
© Crown copyright 2006

Daily Vibration Exposure A(8)

☐ K-factor included in input values

Operation description	Measured or estimated vibration magnitude		
	a _{xx} X-axis m/s ²	a _{yy} Y-axis m/s ²	a _{zz} Z-axis m/s ²
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Copy descriptions from VDV calculator



Exposure time

hours	mins

Partial Daily Vibration Exposures

A(8) X-axis m/s ² A(8)	A(8) Y-axis m/s ² A(8)	A(8) Z-axis m/s ² A(8)

Total A(8) exposures

Daily Vibration exposure, m/s² A(8)

Colour key

Less than EAV (0.5 m/s² A(8)):

EAV (0.5 m/s² A(8)) or higher:

ELV (1.15 m/s² A(8)) or higher:

Reset calculator

Go to VDV calculator

Print

HELP

Re-size screen

Şekil 2.11 HSE, EKT ve TVT titreşim maruziyet hesaplayıcısı.

Tez kapsamında, HSE titreşim hesaplayıcısı, maruziyet puanlarını hesaplamak ve diğer hesaplama yöntemleriyle karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır.

2.4 Titreşim İle İlgili Standartlar

EKT ve TVT ilişkin ölçüm metotları ve maruziyet değerlendirmesi esas alınan TSE standartları ve Avrupa direktifi aşağıda genel kapsamıyla anlatılmıştır.

Avrupa parlamentosunun titreşim ile ilgili hazırladığı 2002/44/EC sayılı direktif kapsamı; çalışanların maruz kaldıkları titreşimden doğacak veya ortaya çıkma olasılığı olan sağlık ve güvenliğinden kaynaklanan risklere karşı korunmaları için asgari şartlardır.

Mekanik titreşim-kişilerin maruz kaldığı elle iletilen titreşimin ölçülmesi ve değerlendirilmesi başlıklı TS EN ISO 5349-1 (2005) standardı, birbirine dik olan üç eksenle elle iletilen titreşime maruz kalmayı ölçmek ve rapora kaydetmek ile ilgili genel kuralları kapsamaktadır. TS EN ISO 5349-2 (2004) iş yerlerinde ölçme yapmak için pratik kılavuz ise iş yerlerinde elle iletilen titreşimin ölçülmesi ve değerlendirilmesi için kılavuzluk bilgilerini ve kurallarını kapsamaktadır.

Mekanik titreşim ve şok-tüm vücut titreşimine maruz kalma değerlendirilmesi - Bölüm 1'de genel kurallar başlıklı TS ISO 2631-1 standardı, tüm vücut titreşimini değerlendirmek için kılavuzluk eder. Kılavuz, bir kişinin otururken, ayakta dururken veya titreşimli bir yüzeyde yatarken tüm vücut titreşimine maruz kaldığı durumlara uygulanabilir. TS ISO 2631-2 (2013) insanın tüm vücut titreşimine maruz kalmasının değerlendirilmesi-binalarda sürekli ve darbe ile meydana gelen titreşim (1-8 Hz) standardı, esas olarak bina titreşimine maruz kalan insanların rahatsızlıklarına bakılarak a) Sürekli titreşim, b) Kesikli titreşim hususlarıyla sınırlandırılmıştır. Geçici (darbeli) titreşimle ilgili son gelişmeler eklerinde verilmiştir.

TS ISO 5805 (1999) “Mekanik Titreşim ve Şok-İnsanın Maruz Kaldığı Terimler ve Tarifler” başlıklı standart, insan biyodinamiği veya mekanik titreşim ve titreşime maruz kalan insanın değerlendirmesini kapsamaktadır.

TS ISO 2041 (2013), mekanik titreşim, şok ve durum izleme alanlarına özgü terimleri ve ifadeleri tanımlar.

TS EN 1032+A1 (2011) standardı, hareketli makinanın deneye tâbi tutulması esnasında kullanıcının bulunduğu konumdaki/konumlardaki tüm vücut ve el-kol titreşim emisyonunun belirlenmesini kapsar.

TS EN 12096 (2001) standardı, titreşim emisyon değerlerinin bildirimi ve doğrulanması için kuralları kapsar. Bu standart, ölçülen el-kol ve bütün vücut titreşim değerlerine uygulanır.

TS EN ISO 20643 (2012) standardı, elle tutulan ve elle yönlendirilen motor gücü ile çalışan makinalar için titreşim deney kodlarının hazırlanmasında temel oluşturur. Standard, elle iletilen titreşim emisyonunun tip deneyi süresince ivmenin frekans ağırlıklı karelerinin ortalamasının karekökü (RMS) cinsinden tayinini tarif eder. Bu standart, titreşim deney kodu mevcut olmayan makinalarda emisyon değerlerinin tayini ve uygun bir deneyin tasarımı için yeterli seviyede kılavuz bilgileri içermektedir.

3. MATERİYAL ve METOT

3.1 Materyal

Çalışma kapsamında, Afyonkarahisar il sınırları içerisinde bulunan ocaklardan, TSE standartlarına uygun titreşim ölçümleri alınmıştır. Numunelerin alındığı bölgelere ait yer bulduru haritası Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Yer bulduru haritası.

Doğaltaşların fiziko-mekanik özelliklerini belirlemek için yapılan deneylerde kullanılmak üzere, Afyonkarahisar ili Emirdağ, Şuhut, Çay ve İncehisar ilçelerinden metamorfik ve sedimanter kökenli doğaltaş numuneleri alınmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Deneylerde kullanılan doğaltaşların kod ve bölgeleri.

Numuneler	Numunelerin Kodları	Numunelerin Bölgeleri	Numunelerin Kökenleri
Traverten	A1	Emirdağ	Sedimanter
Mermer	A2	İncehisar	Metamorfik
Mermer	A3	İncehisar	Metamorfik
Mermer	A4	Şuhut	Metamorfik
Mermer	A5	Çay	Metamorfik

Çalışma kapsamında, doğaltaş ocaklarında bulunan ekskavatör, kamyon, yükleyici, martopikör operatörlerinden kişisel titreşim maruziyet ölçümleri TSE standartları ve

Ülkemiz yönetmeliklerine göre alınmıştır. Titreşim ölçümleri için Cesva VC431 cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.2).

Titreşim ölçümü salınım hareketlerinin iletilmesini gerektirir (enerji hareketlerini temsil eden bir forma dönüştürülür). Ölçüm yöntemi, uygun duyarlılığa, büyüklüğe, maliyete vb. sahip dönüştürücülerin mevcudiyetine göre yıllar içinde değişmiştir. Ölçülen sinyal, hareketin ilgili bölümlerini (frekanslar, büyüklükler ve ilgi yönleri) uygun doğrulukla takip ettiğinde titreşimi yeterli ölçüde temsil etmektedir (Çizelge 3.2). Ölçümler, daha sonra değerlendirilmek üzere, kâğıt üzerine çizilen dalgaları, analog kayıtlar veya bilgisayarların kullanımı için sayısallaştırılarak sayılar tablosu şeklinde saklanabilir (Griffin 1990).



Şekil 3.2 Titreşim ölçüm cihazı.

Çizelge 3.2 Cesva VC431 titreşim ölçüm cihazı özellikleri.

Hassasiyet	10 mV / g
Frekanslarının farkı (% 10)	17000 Hz'de 0.4 Hz
Çalışma sıcaklığı	-20-120°C'de

Doğaltaş ocaklarında çalışanların maruz kaldığı titreşimi önlemek için, Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü İş Sağlığı ve Güvenliği Laboratuvarından temin edilen vibrasyon eldiveni kullanılmıştır (Şekil 3.3). CE belgesine sahip Starline marka eldiven TS EN ISO 10819 (2013) standardına göre üretilmiştir.



Şekil 3.3 Vibrasyon eldiveni.

3.2 Metot

3.2.1 Titreşim Ölçümü

Ocakta bulunan makine ve ekipmanlar da titreşim maruziyet ölçümleri yapılmaya başlanmadan önce, normal çalışma şartlarına ulaşmak amacıyla lâstikler dâhil, makinanın ısınması için yeterli zaman (en azından 10 dakika) belirlenmiştir. Ayrıca makinanın belirli bir süre hareket etmesi ve koltuk süspansiyon mekanizmasının (yerleştirilmişse) çalışması sağlanmıştır (TS EN 1032+A1 2011). Kamyon için özel olarak, ölçüm süresi, yükleme, taşıma, boşaltma ve yükleme noktasına geri dönme dahil olmak üzere bir çalışma döngüsünü temsil edecek şekilde tasarlanmıştır. Tüm vücut ve el-kol titreşimi ölçümleri alınırken, titreşimin vücuda girdiği yere en yakın olan noktadan ölçümler alınmıştır.

Ölçümlere başlanmadan ocakta ölçüm alınacak makinelerin çalışma süresini ve bakım periyodunu kontrol amaçlı ön inceleme yapılmıştır. Titreşime sebep olan tüm çalışma koşulları incelenerek titreşime maruz kalma değerini yüksek oranda etkilemesi muhtemel olan işler belirlenmiştir.

Ölçüm alınacak süre 7 dakikadan az olmayacak şekilde $-x$, $-y$ ve $-z$ eksenleri ile ölçüm alınmıştır. Titreşim genliğini belirlemek için m/sn^2 biriminden frekans ağırlıklı ivmenin RMS değerinden ölçümler alınmıştır. Günlük titreşime maruziyet ölçümleri için 8 saatlik frekans ağırlıklı toplam titreşim değeri $A(8)$ ile ifade edilir.

Tüm vücut titreşim ölçümleri TS ISO 2631-1 standardına göre, Cesva VC431 titreşim ölçüm cihazına ait AC033-üç eksenli ivmeölçer ile yapılmıştır. Standart dikkate alındığında koltuk üzerinde, maruziyet oluşturan titreşimi ölçmek için kullanılan prob, koltukta oturan çalışanın kalçasının altına, -x eksenine çalışana doğru olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.4). Ekipman, üretici firma tarafından önerilen yöntem kullanılarak kalibre edilmiştir. Her ölçümden sonra, elde edilen veriler daha fazla işlem için bir dizüstü bilgisayara kopyalanmıştır.



Şekil 3.4 Tüm vücut titreşim ölçüm yeri.

Ocak içerisinde el-kol titreşim maruziyetini belirlemek için CESVA VC 431 cihazı el-kol uygulamaları için AC031 üç eksenli ivmeölçer ile ölçümler alınmıştır. Titreşimin ölçülmesi için Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO), standart ölçü birimi olarak RMS önermiştir. TS EN ISO 5349-1 (2005) standardı esas alınarak yapılan ölçümler RMS (m/s^2) olarak hesaplanmıştır. El-kol titreşim probu titreşimin vücuda girdiği en yakın nokta olan bilekten ölçülmüştür (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 El-kol titreşim ölçüm yerleri.

3.2.2 Knoop Sertlik İndeksi Ölçümü

Afyon Kocatepe Üniversitesi Doğaltaş Analiz Laboratuvarı'nda (DAL) yaptırılan Knoop Sertlik indeksi Ölçümünde $5 \times 5 \times 5$ cm boyutlarında bir yüzeyi parlatılan doğaltaş numuneleri kullanılmıştır. Numunelerin yüzeylerinde ölçümler, SHIMADZU HMV (Şekil 3.6) marka mikro sertlik cihazında yapılmış ve ölçümlerde TS EN 14205 standardı kullanılmıştır. Uygulamada belirtilen yük ve hız değerlerinde numune yüzeyine bırakılan

iz mikroskop yardımıyla odaklanır ve en uzun diagonal uzunluk ölçülür; belirtilen izler arası mesafe en az 2 mm olacak şekilde 40 adet ölçüm alınır.



Şekil 3.6 Mikrosertlik tayin cihazı.

3.2.3 Shore Sertliği (SH) Ölçümü

Shore sertliği tayininde her kayaç için 5×5×5 cm boyutlarında 1'er adet örnek alınmış ve bir yüzeyi parlatılarak pürüzsüz hale getirilmiştir. Bu numunelerin sertlik ölçümleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Doğaltaş Analiz Laboratuvarı'nda (DAL) yapılmıştır. Shore sertliğini belirlemek için PROCEQ marka cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.7). Parlatılmış yüzeyde 20 adet okuma yapıp bu değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.7 Shore sertlik tayini cihazı.

3.2.4 Tek Eksenli Basınç Dayanım Tayini

TS EN 1926 standardı kullanılarak yapılan basınç dayanım deneylerinde 5×5×5 cm boyutlarında doğaltaş numunesi kullanılmıştır. Numuneler 70±5 °C etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Numune boyutları kumpasla ölçüldükten sonra tek eksenli basınç dayanım tayin cihazının hidrolik pres tablalarının arasına yerleştirilmiş ve ölçümler alınmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Tek eksenli basınç dayanımı ölçüm cihazı.

3.2.5 Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini

Deneylerde kullanılan doğaltaş örneklerinin görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini TS EN 1936 standardına göre yapılmıştır. Standartta bağlı olarak deneylerde şu adımlar uygulanmıştır. 5×5×5 cm boyutunda ocaklardan alınan temsili numuneler 70±5 °C etüvde kurutulmuştur. Sabit tartıma (m_d) ulaşan numuneler su emme tayini için uygun bir kaba yerleştirilmiş ve 20±5°C’ de su eklenerek 24±2 saat su içinde muhafaza edilmiştir (Şekil 3.9). Daha sonra numuneler su içerisinde tartılmış ve sudaki kütlesi (m_h) ve suya doymuş (m_s) kütlesi tartılmıştır.

Görünür yoğunluk (P_b) Eşitlik 3.1'e, açık gözeneklilik (P_o) Eşitlik 3.2'ye ve toplam gözeneklilik (P) Eşitlik 3.3'e göre hesaplanmıştır.

$$P_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} P_{rh} \quad (3.1)$$

$$P_o = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} 100 \quad (3.2)$$

$$P = \left(1 - \frac{P_h}{P_r}\right) 100 \quad (3.3)$$

P_b : Numunenin görünür yoğunluğu, kg/m³

m_d : Kuru numune kütlesi, g

m_s : Doygunlaştırılmış numune kütlesi, g

m_h : Su içerisine batırılmış numunenin kütlesi, g

P_{rh} : Suyun yoğunluğu, kg/m³

P_o : Numunenin açık gözenekliliği, %

P_r : Numunenin gerçek yoğunluğu, kg/m³

P : Numunenin toplam gözenekliliği, %

3.2.6 Atmosfer Basıncında Su Emme Deneyi

Doğaltaş örneklerinin atmosfer basıncında su emme deneyleri TS EN 13755 standardına göre yapılmıştır. Standartta göre; 5×5×5 cm boyutlarındaki düzgün yüzeyli temsili numuneler 70±5°C sıcaklıkta sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur (m_d). Numuneler hassasiyeti 0,01 gr olan hassas terazi ile tartılmıştır. Uygun bir kaba alınan numuneler yarısına kadar 25±5°C sıcaklıkta su ilave edilmiştir. Zaman olarak 60 dakikaya gelindiğinde 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 (m_s). Sonuçlar % 0,1 yaklaşımla yüzde (%) olarak ifade edilmiştir (Eşitlik 3.4).

$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.7 Kılcal Etkiye Bağlı Su Emme Deneyi

Deney numuneleri 5×5×5 cm boyutlarında küp olarak 6 adet hazırlanmıştır. Numuneler 70±5°C’de etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur (m_d). Kurutma sonrası hassas terazi ile tartılan numuneler uygun bir kaba alınıp 3±1 mm su ilave edilmiştir (Şekil 3.9). Deney süresi boyunca kaptaki su seviyesinin sabit tutulması sağlanmıştır. 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 480, 1440, 2880 ve 4320 dakika ulaşıldığında numuneler nemini kaybetmeden hassas terazi ile tartılıp kaydedilmiştir.



Şekil 3.9 Su emme tayini.

4. BULGULAR

Bu tez çalışması kapsamında, belirlenen farklı doğaltaş ocaklarında iş makinesi ve el aleti kullanan operatörler üzerinde kişisel el-kol ve tüm vücut titreşim maruziyet ölçümleri yapılmıştır. Ocaklardan alınan temsili numunelerin fiziko-mekanik özelliklerinin tespiti için deneyler yapılmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Fiziko-mekanik deney sonuçları.

Deneyler	A1	A2	A3	A4	A5
Knoop sertliği	125,75	132,35	138,9	181,93	169,00
Shore sertliği	42,48	46,84	50,9	61,78	55,09
Kılcal su emme deneyi	1,62	0,38	0,49	0,13	0,38
Atmosfer basıncında su emme (%)	1,24	0,25	0,29	0,10	0,40
Görünür yoğunluk (kg/m ³)	2470	2674	2673,8	2677	2635
Açık gözeneklilik (%)	2,43	0,44	0,46	0,29	0,47
Toplam gözeneklilik (%)	8,85	2,78	2,85	1,20	2,56
Tek eksenli basınç (MPa)	54,06	95,75	96,89	120,22	109,00

Doğaltaş ocaklarında mevcut durumda çalışan, bakımları yapılmış makine ve ekipmanların operatörlerinden alınan el-kol titreşim maruziyet değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 El-kol titreşimi maruziyet ölçüm sonuçları.

Doğaltaş Ocağı	A1	A2	A3	A4	A5
El-kol titreşim maruziyeti (m/s ²)					
Ekskavatör	3,15	3,32	3,38	3,65	3,4
Yükleyici	1,65	1,78	1,15	1,85	1,9
Kamyon	1,22	1,03	1,81	1,14	1,09
Martopikör	19,31	20,78	20,69	20,81	23,45

Ocaklardan alınan EKT ölçüm sonuçları “Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik”e göre değerlendirildiğinde; yükleyici ve kamyon operatörlerinin titreşim ölçümlerinin maruziyet eylem değeri altında olduğu görülmüştür. Kırıcı uçla çalışan ekskavatör operatörlerine ait EKT ölçümlerinin maruziyet eylem değerinin üstünde olup sınır değerine ulaşmadığı görülmektedir. Martopikör kullanan

Çalışanlarda alınan EKT lm sonuçlarına bakıldığında maruziyet sınır değerinin çok üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Tez kapsamında EKT maruziyetini önlemek amacıyla, titreşim sönümleyici eldiven ile alınan ölçümler izelge 4.3’de verilmektedir.

Çizelge 4.3 El-kol titreşimi maruziyet ölçüm (eldivenli) sonuçları.

Doğaltaş Ocağı	A1	A2	A3	A4	A5
El-kol titreşimi eldivenli maruziyeti (m/s ²)					
Ekskavatör	2,91	2,52	2,57	2,08	2,70
Yükleyici	1,00	1,03	1,10	1,13	1,28
Kamyon	1,17	0,73	0,80	0,98	0,97
Martopikör	16,75	19,84	19,92	17,64	21,76

Çizelge 4.3’de verilen titreşim ölçümleri genel hatlarıyla incelendiğinde açıkça görülmektedir ki titreşim sönümleyici eldivenler maruziyeti azaltmaktadır (Laszlo and Griffin 2011). A4 kodlu ocakta çalışan ekskavatör operatörüne ait eldivenli EKT maruziyet ölçümlerinin eylem değerinin altına düştüğü tespit edilmiştir. Diğer ekskavatör operatörlerinin eldivenli EKT maruziyet ölçümleri ise maruziyet eylem değerine yaklaşmaktadır. Martopikör kullanan çalışanlarda titreşim maruziyet seviyesi azalmış fakat sınır değerine yaklaşamamıştır.

Doğaltaş ocaklarında bulunan ekskavatör, yükleyici ve kamyon operatörlerine ait TVT lm sonuçları izelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Tüm vücut titreşimi maruziyet lmleri.

Doğaltaş Ocağı	A1	A2	A3	A4	A5
Tüm vücut titreşim maruziyeti (m/s ²)					
Ekskavatör	1,59	1,15	1,24	0,81	1,27
Yükleyici	1,16	1,30	1,37	1,69	1,55
Kamyon	1,76	0,99	1,23	1,83	1,76

Alınan titreşim ölçümlerine göre; A2 ocağında bulunan ekskavatör ve kamyon operatörlerinin TVT maruziyet değerinin, maruziyet eylem değeri altında olduğu tespit edilmiştir. A4 ocağından alınan ölçümlerde, maruziyet eylem değeri göz önünde

bulundurularak değerlendirme yapıldığında, ekskavatör ve yükleyici operatörlerinin eylem değerinden daha az TVT'ye maruz kaldıkları belirlenmiştir.

A1, A3 ve A5 ocaklarından alınan kişisel TVT ölçümlerinde tüm operatörlerin maruziyet sınır değerinden daha yüksek titreşime uğradıkları görülmüştür. Ayrıca A2 ocağı yükleyici operatörü ve A4 ocağı kamyon operatörünün TVT ölçümlerinin maruziyet sınır değerini aştıkları tespit edilmiştir.

“2002/44 / EC sayılı AB Direktifi”ne göre, HSE’den alınan hazır titreşim hesaplama programı ile hesaplanan maruziyet puanları Çizelge 4.5’de ve maruziyeti azaltmak amacıyla kullanılan vibrasyon eldivenleriyle yapılan EKT maruziyet puanları Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.5 EKT maruziyet puanlaması.

Doğaltaş Ocağı	A1	A2	A3	A4	A5
El-kol titreşim maruziyet puanlaması					
Ekskavatör	159	177	183	213	185
Yükleyici	44	51	52	55	58
Kamyon	24	17	19	21	19
Martopikör	5971	6915	6855	6935	8806

Doğaltaş ocaklarından alınan EKT ölçümleri dikkate alınarak hesaplanan maruziyet puanlarına göre yükleyici ve kamyon operatörleri, maruziyet eylem puanından daha düşük puana sahiptir. Ekskavatör operatörlerinin maruziyet eylem ve sınır değeri aralığında olduğu görülmektedir. Martopikörle çalışan çalışanlarda ise en yüksek maruziyet puanından daha da fazla puana maruz kalındığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.6 EKT eldivenli maruziyet puanlaması.

Doğaltaş Ocağı	A1	A2	A3	A4	A5
El-kol titreşim eldivenli maruziyet puanlaması					
Ekskavatör	135	102	106	69	117
Yükleyici	16	17	19	20	26
Kamyon	22	9	10	15	14
Martopikör	4493	6303	6354	4983	7582

Titreşim sönümleyici eldiven ile yapılan titreşim ölçümlerine göre hesaplanan maruziyet puan hesaplamaları Çizelge 4.6'da verilmektedir. Maruziyet eylem puanının altında bulunan yükleyici ve kamyon operatörlerine ait puanlar düşüş göstermiş ve tehlike olmadığı tespit edilmiştir. Ekskavatör operatörlerinin eldivensiz maruziyet puanları eylem değerinin üzerinde iken, eldivenli puanlamalar eylem değerine yaklaşmış veya altında kalmıştır.

Doğaltaş ocaklarında TVT maruziyeti olan operatörlerde hesaplanan maruziyet puanları Çizelge 4.7'de yer almaktadır. Maruziyet sınır değeri olan 529 puan göz önünde bulundurulduğunda tüm operatörlerin maruz kaldığı titreşimin maruziyet eylem değerinden fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7 TVT maruziyet puanlaması.

Doğaltaş Ocağı	A1	A2	A3	A4	A5
Tüm vücut titreşim maruziyet puanlaması(m/s ²)					
Ekskavatör	1010	529	607	264	643
Yükleyici	541	674	724	1108	964
Kamyon	1245	395	603	1340	1246

4.1 Titreşim İle Kaya Mekaniği Değerlerinin İlişkisinin Araştırılması

Farklı doğaltaş ocaklarından alınan numunelere uygulanan fiziko-mekanik deneyler ile bu ocaklara ait titreşim ölçümleri arasında lineer korelasyon ilişkisi araştırılmıştır. Bu ocaklarda hali hazırda çalışan, bakımları yapılmış ve teknik arızası bulunmayan Şekil 4.1'deki makine/ekipman operatörlerinden alınan titreşim ölçümleri ile makine/ekipmanların temas halinde bulunduğu doğaltaş numunelerinin korelasyon ilişkileri Çizelge 4.8'de verilmektedir. Yapılan korelasyon hesaplamalarına ait grafik ve formüller Ekler' de yer almaktadır.

Paletli ekskavatör operatörüne ait EKT ile kayaçların fiziko-mekanik özellikleri arasındaki korelasyon katsayısı incelendiğinde, Knoop ve Shore sertliği, tek eksenli basınç dayanımı ve kayaç gözenekliliğinin titreşimi etkilediği görülmektedir. Yapılan hesaplamalara göre tüm deneyler titreşim ile orta ve yüksek düzeyde korelasyona sahiptir (Şekil Ek 1.1-1.8).

Çizelge 4.8 EKT'nin fiziko-mekanik özelliklerle ilişkisi (korelasyonu).

Deneyler/Ölçümler	Ekskavatör	Kamyon	Yükleyici	Martopikör
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	0,83	0,33	0,87	0,80
Knoop sertliği	0,78	0,002	0,64	0,42
Shore sertliği	0,94	0,90	0,68	0,46
Kılcal su emme deneyi (%)	0,70	0,54	0,78	0,81
Atmosfer basıncında su emme deneyi (%)	0,67	0,57	0,66	0,70
Görünür yoğunluk deneyi (kg/m ³)	0,53	0,68	0,62	0,69
Açık gözeneklilik deneyi (%)	0,59	0,65	0,77	0,83
Toplam gözeneklilik deneyi (%)	0,72	0,51	0,80	0,79

Kaya kamyonu operatörünün EKT sonuçları ile kaya mekaniği deney sonuçları korelasyon hesaplamasına göre ekskavatör operatörüne oranla tek eksenli basınç dayanımı deneyinde daha az ilişki saptanmıştır. Kamyon operatörünün EKT sonuçları ile kayaların porozitesi arasında ilişki olduğu belirlenmiştir. Shore sertliği ile titreşim korelasyon hesaplaması ise % 90'dır (Şekil Ek 1.9-1.16).



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.1 Ölçüm alınan iş makinaları. (a) Ekskavatör, (b) Yükleyici, (c) Kaya kamyonu.

Lastik tekerlekli yükleyici operatörü EKT ölçümü diğer operatörlere göre farklılık göstermektedir. Tek eksenli basınç dayanım korelasyonu % 87 olarak hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra gözeneklilik tayini ile % 80 oranında ilişki bulunmaktadır. Kamyonu ait korelasyon hesaplamalarından farklı olarak Knoop ve Shore sertliği korelasyon yüzdeleri 64 ve 68 olarak hesaplanmıştır (Şekil Ek 1.17-1.24).

Martopikör ile çalışan işçilere ait EKT ölçümlerinin fiziko-mekanik deneylerle ilişkisi incelendiğinde tek eksenli basınç dayanımı ile doğrudan ilişkili olduğu açıkça görülmektedir. Doğaltaşların su emme katsayıları ve gözeneklilik miktarlarının titreşimi yüksek oranda etkilediği görülmüştür (Şekil Ek 1.25-1.32).

Ekskavator, kamyon ve yükleyici operatörlerinden alınan TVT ölçümleri ile doğaltaşların fiziko-mekanik özelliklerinin ilişkisi Çizelge 4.9’da verilmektedir. Bu sonuçlara göre ekskavator için tek eksenli basınç dayanımı ile % 78 oranında korelasyon ilişkisi belirlenmiştir. Benzer şekilde Knoop, Shore sertliği ve görünür yoğunluk deneyi ile ilişkiler saptanmıştır (Şekil Ek 1.33-1.40).

Çizelge 4.9 TVT’nin fiziko-mekanik özelliklerle ilişkisi.

Deneyler/Ölçümler	Ekskavator	Kamyon	Yükleyici
Tek eksenli basınç (MPa)	0,78	0,001	0,83
Knoop sertliği	0,66	0,32	0,96
Shore sertliği	0,72	0,15	0,99
Kılcal su emme deneyi (%)	0,48	0,05	0,63
Atmosfer basıncında su emme (%)	0,004	0,11	0,53
Görünür yoğunluk (kg/m ³)	0,66	0,19	0,41
Açık gözeneklilik (%)	0,004	0,10	0,52
Toplam gözeneklilik (%)	0,01	0,04	0,11

Kamyon operatörlerine ait TVT ölçümleri ile korelasyon hesaplamaları sonucu düşük oranda ilişkiler belirlenmiştir (Şekil Ek 1.41-1.48).

Yapılan korelasyon hesaplamalarında yükleyici operatörleri TVT ölçümlerinin, tek eksenli basınç dayanımı, Knoop ve Shore sertliği, kılcal su emme, atmosfer basıncında su emme ve açık gözeneklilik ile ilişkili olduğu saptanmıştır (Şekil Ek 1.49-1.56).

4.2 Risk Değerlendirme

EKT ve TVT'nin sebep olduğu riskleri yönetmeye yönelik ilk adım ana titreşim faktörlerini araştırmaktır. Birçok madencilik işlerinde makine/ekipman kullanımı ön planda olduğu için, bu makine/ekipmanların uyguladığı titreşim ana faktör olarak varsayıldı. Bu nedenle, mevcut EKT ve TVT'nin miktarını belirlemek, riski azaltmak ve öneriler geliştirmek için eldivenli ve eldivensiz EKT ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

4.2.1 EKT Risk Değerlendirmesi

Ölçülen titreşim büyüklükleri göz önünde bulundurulduğunda özellikle martopikör kullanan çalışanların yüksek oranda EKT maruziyetine uğradıkları görülmektedir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 EKT eldivensiz ve eldivenli ölçümleri trafik lambası sistemine göre değerlendirme.

Operatör	EKT (m/s ²) Eldivensiz	Risk Rengi	EKT (m/s ²) Eldivenli	Risk Rengi	Fark
Ekskavatör 1	3,15		2,91		0.24
Ekskavatör 2	3,32		2,52	SARI	0.80
Ekskavatör 3	3,38	SARI	2,57		0.81
Ekskavatör 4	3,65		2,08	YEŞİL	1.57
Ekskavatör 5	3,4		2,70	SARI	0.70
Kamyon 1	1,22		1,17		0.05
Kamyon 2	1,03		0,73		0.30
Kamyon 3	1,81	YEŞİL	0,80	YEŞİL	1.01
Kamyon 4	1,14		0,98		0.16
Kamyon 5	1,09		0,97		0.12
Martopikör 1	19,31		16,75		2.56
Martopikör 2	20,78		19,84		0.94
Martopikör 3	20,69	KIRMIZI	19,92	KIRMIZI	0.77
Martopikör 4	20,81		17,64		3.17
Martopikör 5	23,45		21,76		1.69
Yükleyici 1	1,65		1,00		0.65
Yükleyici 2	1,78		1,03		0.75
Yükleyici 3	1,15	YEŞİL	1,10	YEŞİL	0.05
Yükleyici 4	1,85		1,13		0.72
Yükleyici 5	1,90		1,28		0.62

Ekskavatör ve yükleyici operatörleri trafik lambası sisteminde sarı bölgeye girerek daha az risk altında olduğu belirlenmiştir. Kamyon operatörleri ise aynı sistemle değerlendirildiğinde yeşil bölgeyi temsil ederek düşük risk grubunda yer almaktadır.

Çizelge 4.10'da görüldüğü üzere kişisel koruyucu donanım olarak kullanılan EKT sönümleyici eldiven çalışanları titreşim maruziyetinden korumaktadır. Bazı ekskavatör operatörlerinin riskleri sarıdan yeşile geçerken tüm maruziyet değerlerinin düştüğü görülmektedir. Bu ölçümlere göre çalışanlarda EKT'ye mesleki maruziyet sonucu görülebilecek meslek hastalıkları; el-kol titreim sendromu ve Karpal Tünel Sendromu'dur.

4.2.2 El-Kol Titreşim Sendromu

El-kol titreşimine bağlı rahatsızlıkların gelişimi, aletlerin ürettiği titreşim miktarının büyüklüğü, maruziyet süresi ve kullanılan aletin ergonomisini (kavrama, duruş, ayarlanabilirlik) içeren Wang *et al.* (2005) tarafından tanımlanan çeşitli faktörlere bağlıdır.

Palmer ve Wasserman (1998), hastalığın klinik belirtilerini şu şekilde özetlemiştir;

- a. Başlangıçta parmaklarda karıncalanma ve / veya uyuşukluk - Karpal Tünel Sendromu (KTS) ile benzerdir.
- b. Maruziyet devam ederken, parmak ucunun beyazladığı görülür. Fakat bu durum her zaman havanın soğuk olmasından kaynaklanmaz. Titreşime bağlı beyaz parmak ve el kol titreşim sendromu (EKTS) olarak bilinen hastalıklar meydana gelir.
- c. Özellikle soğuk koşullarda titreşim süresinin ve yoğunluğunun artışı maruziyet etkilerini arttırmaktadır.
- d. Maruziyetin yoğun olduğu durumlarda, parmaklardaki kan akışının durması, ilgili uzuvların kesilmesine sebep olabilir.

Uzun süreli ve düzenli titreşim maruziyeti olan çalışanlar, dokunsal ve termal duyularında değişiklikler ve hassas el fonksiyonlarında azalma ve kavrama aktivitelerinde azalma bildirmiştir. EKT'nin aynı zamanda kas zayıflığı, el ve kollarda ağrı, bilek ve dirsek

osteoartriti, yumuşak dokuların sertleşmesi, karpal tünel sendromu ve tendinite neden olduğu bildirilmiştir (EU Guide to good practice on HAV 2006).

Doğaltaş madenciliğinde martopikör gibi delici araçların kullanımı çalışanlarda EKT bağlı beyaz parmak sendromlarına sebep olmaktadır. Beyaz parmak sendromu, el-kol vibrasyonu sendromu olarak da bilinmektedir. Bu hastalık çalışanların vücuduna parmak ve eller yoluyla iletilmektedir. Damarlarda, sinirlerde, kas ve eklemlerde oluşan, his ve doku kaybına sebep olan ağrılı bir rahatsızlıktır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Beyaz parmak hastalığı.

Beyaz parmakların belirtileri çeşitli sınıflama sistemlerine göre değerlendirilmektedir. “Taylor-Palmear Ölçeği”ne (1975) göre erken evreleme, beyaz parmak semptomları, yaz ve kış mevsiminde semptomların ortaya çıkışı ve iş bozukluğu ile ilgili bilgilere dayanmaktadır (Çizelge 4.11). Sonraki “Stockholm Atölyesi Ölçeği”ne göre evreleme, semptomlara ve beyaz parmakların eldeki dağılımına ilişkin bilgileri temel almıştır. Durumun derecesinin belirlenmesi her el için ayrı ayrı yapılır. Yapılan değerlendirmeler, bozukluğun derecesini, her eldeki aşamaları ve etkilenen parmakların sayısını belirtir (TS EN ISO 5349-1 2005).

Çizelge 4.11 Taylor-Palmear aşamalara göre titreşim kaynaklı beyaz parmak sendromunun sınıflandırılması (1975).

Evre	Belirti-bulgu	Etkinliklere müdahale
O	Yok	Yok
OT	Aralıklı karıncalanma	Yok
ON	Aralıklı uyuşma	Yok
OTN	Karıncalanma ve uyuşma	Yok
1	Karıncalanma ve uyuşma olan bir veya daha fazla parmak ucunun beyazlaşması	Yok
2	Genellikle kış aylarında uyuşma olan bir veya daha fazla parmağın uyuşması	Ev ve sosyal aktivitelerde hafif müdahale; İşe müdahale yok
3	Hem yaz hem kış aylarında sık görülen geniş beyazlaşmalar	İş, ev ve sosyal aktivitelere kesin müdahale
4	Çoğu parmağın geniş ölçüde beyazlaşması; yaz ve kış aylarında sık görülür; parmak ülserasyonu.	Daha fazla titreşime maruz kalmamak için meslek değişikliği gerekiyor

OT: Occupational tingling: Mesleki karıncalanma.

ON: Occupational numbness: Mesleki uyuşma.

OTN: Occupational tingling and numbness: Mesleki karıncalanma ve uyuşma.

1986'da Stockholm konferansında, parmakların beyazlaşmasının şiddetini, Taylor ve Palmear (1975) sınıflandırması kriterlerine göre geliştirmiştir. Tıpta, beyaz parmak hastalığı sınıflandırması için çeşitli evre sistemleri geliştirilmiştir. Stockholm ölçeği (1986), el-kol titreşim sendromunda soğuk kaynaklı beyaz parmak sendromunu sınıflandırmak için uluslararası kabul görmüş bir derecelendirme sistemidir (TS EN ISO 5349-1 2005) (Çizelge 4.12). Beyaz parmağı hastalığını teşhis etmek için çeşitli laboratuvar testleri kullanılır. Bu testlerin çoğu, parmakların ve ellerin soğutulmasından önce, esnasında ve sonrasında soğuğa, parmak cilt sıcaklığı veya dijital kan akışının ve basıncının ölçülmesine dayanır (TS EN ISO 5349-1 2005).

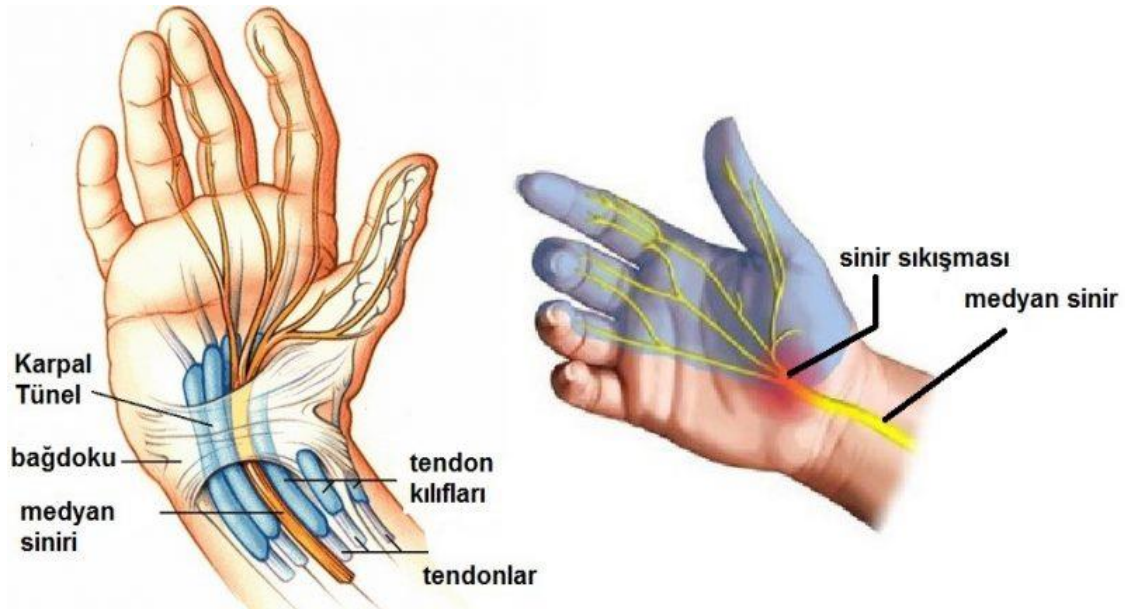
Çizelge 4.12 Stockholm sınıflandırma ölçeği el-kol titreşimi sendromu ile parmaklarda belirtiler (TS EN ISO 5349-1 2005).

Vasküler (Damar)		
Evre	Sınıf	Açıklama
0	-	Saldırı yok
1	Hafif	Bir veya daha fazla parmağın uçlarını etkileyen ara sıra saldırı
2	Orta	Parmak uçlarını ve parmağın ortasını etkileyen ara sıra saldırılar
3	Şiddetli	Çoğu parmağı etkileyen sık saldırılar
4	Çok şiddetli	Parmak ucunda dejenere deri değişiklikleri ile 3. aşamadaki gibi aynı belirtiler.
Sensöryel (Sinir)		
Evre	Bulgu	
0SN	Maruziyet var, semptom yok	
1SN	Aralıklı uyuşma, karıncalanma	
2SN	Aralıklı veya sürekli uyuşma, duyuşsal algılamada azalma	
3SN	Aralıklı veya sürekli uyuşma, dokunsal ayırım ve/veya manipülatif beceri azalması	

Sensory Neural: Sinir ve duyu iletimine ait

4.2.3 Karpal Tünel Sendromu (KTS)

Fizyopatolojisi, karpal tünelden geçen bilek bölgesinde bulunan medyan sinirinin sıkışması olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4.3). Medyan siniri hastalığı olarak da bilinmektedir. KTS'nin risk faktörleri; avuç içinde mekanik stres, ellerin belli pozisyonlarda kalması, tekrarlayan el hareketleri, sıkı kavrama, el-kol titreşimidir (ÇSGB 2010). El ve bilek üzerinde hareket eden ergonomik streslerin (tekrar eden hareketler, kuvvetli kavrama, garip duruşlar) titreşimli alet kullanan çalışanlarda KTS'ye yol açabileceği düşünülmektedir (TS EN ISO 5349-1 2005).



Şekil 4.3 Karpal tünel sendromu.

KTS'nun başlıca belirtileri, elin medyan sinir bulunan kısmında ağrı, yanma, uyuşukluk ve güçsüzlük olmasıdır. Bu semptom geceleri ve elin tekrarlayan hareketleri sonucunda artmaktadır (Phalen 1966).

KTS tedavisinde, ağrıların azaltılması ve kas gücünün sürdürülebilirliği, el fonksiyonlarının hasar uğramaması amaçlanır. Tedavide cerrahi, tıbbi ve fizik tedavi müdahaleleri uygulanır (Açıkgöz ve Sümer 2000).

4.2.4 TVT Risk Değerlendirmesi

Doğaltaş madenciliğinde kullanılan ekskavatör, yükleyici ve kamyon operatörlerinden alınan TVT maruziyet ölçüm sonuçlarına göre tüm operatörler meslek hastalığına yakalanma riski taşımaktadır (Çizelge 4.13). Operatörlerin TVT maruziyet ölçümleri incelendiğinde tamamının maruziyet eylem değerini aştığı görülmektedir. Tüm yükleyici operatörleri kırmızı bölgede yer aldığından meslek hastalığına yakalanma olasılığı daha yüksektir. Çalışanlar mesleki TVT maruziyeti sonucu kas-iskelet sistemi hastalıklarına yakalanmaktadırlar. Trafik lambası sistemine göre sarı ve kırmızı risk bölgesinde bulunan operatörler için işveren gerekli önlemleri almalıdır.

Çizelge 4.13 TVT trafik lambası sistemine göre sıralama.

Operatör	TVT (m/s ²)	Risk Rengi
Ekskavatör 1	1.59	KIRMIZI
Ekskavatör 2	1.15	SARI
Ekskavatör 3	1.24	
Ekskavatör 4	0.81	
Ekskavatör 5	1.27	KIRMIZI
Kamyon 1	1.76	
Kamyon 2	0.99	SARI
Kamyon 3	1.23	
Kamyon 4	1.83	
Kamyon 5	1.76	
Yükleyici 1	1.16	
Yükleyici 2	1.30	KIRMIZI
Yükleyici 3	1.23	
Yükleyici 4	1.83	
Yükleyici 5	1.76	

4.2.5 Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları

Tüm vücut titreşimi, rahatsızlık ve yorgunluk kaynağı olabilir. Maruz kalma süresi, titreşim büyüklüğü ve titreşim sıklığı, yaşanan rahatsızlık ve yorgunluk dereceleri üzerinde etkili faktörler olarak tanımlanmıştır, ancak bunların etkilerini ölçmek zordur. Yaş, fiziksel durum ve çalışma duruşu gibi birtakım faktörler olması, birçok operatörlerde ve ağır ekipman kullanan çalışanlarda mesleki sırt rahatsızlıkları için oluşan yüksek riski arttırmaktadır (Teschke *et al.* 1999).

TVT'nin solunum hızının artışına bağlı olarak oksijen tüketiminin artmasından kaynaklı enerji harcamasına, kalp atışının hızlanmasına, kan basıncının yükselmesine, performansın düşmesine, algıda bozulmaya, kandaki glikozun azalmasına sebep olduğu bilinmektedir (Cardinale *et al.* 2006, Bosco *et al.* 2000 and Di *et al.* 2004). Yapılan bir çalışmada tüm vücut titreşiminin performansı olumsuz etkilediği gösterilmiştir (Conway *et al.* 2007).

Titreşime, tekrarlı ve uzun süreli maruz kalmak fitik veya omurların erken dejenerasyonu gibi ciddi sırt sorunlarına neden olabilmektedir. Genellikle operatörün yaptığı işin niteliğine bağlı olarak gerekli olan bükme ve dönme duruşları, titreşim iletimini artırır. TS ISO 2631-1, frekans ağırlıklı hızlanma ve maruz kalma süresine göre sağlık yönetimi uyarı bölgelerini tanımlamıştır (Griffin 1990, Teschke *et al.* 1999).

Yapılan araştırmalarda TVT'ye maruz kalan çalışanlarda en fazla sırt problemleri bildirilmiştir. Bunu takiben üreme sistemi yakınmaları ve sindirim sistemi yakınmaları ile karşılaşmıştır. Operatör ve çalışanlarda bu yakınmaların etkisi kalıcı ya da geçici olabilmektedir.

TVT'nin vücuda girdiği noktada (kalça, ayaklar ve sırt), oluşabilecek hasarlar; baş ağrısı, boyun ve sırt kaslarında sertlik ve ağrı, gözlerde uzağı görememe ve salınım, periferik kılcal damarlarda daralma ya da gevşeme sonucu zedelenmeler, eklem boşluklarında daralma nedeniyle hareket kısıtlılıkları, iç organlarda hasar nefes darlığı, iç kulak denge organında fonksiyon bozuklukları, göğüs ağrısı, iç kanamalar ve idrarda kan görülmesidir. TVT'nin kas-iskelet ve sinir sistemlerine olan etkilerini konu alan çalışmalar son yıllarda artış göstermektedir (Cardinale *et al.* 2006, Bosco *et al.* 2000 and Di *et al.* 2004).

Ülkemiz yasa ve yönetmeliklerinde, kas-iskelet sistemi hastalıkları meslek hastalığı olarak nitelendirilmektedir. Fakat meslek hastalığının görülme sıklığı, iş günü kaybı, risk etmenleri, sigorta tazminatları ve maliyetler konusunda veri yok denecek kadar az bulunmaktadır.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1 Titreşimin Çalışanların Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi

Farklı doğaltaş ocaklarından alınan el-kol ve tüm vücut titreşimi mesleki maruziyet ölçüm sonuçlarına göre çalışanların meslek hastalıklarına yakalanma ihtimalleri incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde görüleceği üzere operatörlerin büyük çoğunluğu risk altındadır (Çizelge 4.10 ve 4.13). Operatörlerin, mevcut durumda çalıştıkları koşullarda önleyici tedbirlerin alınmadığı bilinmektedir.

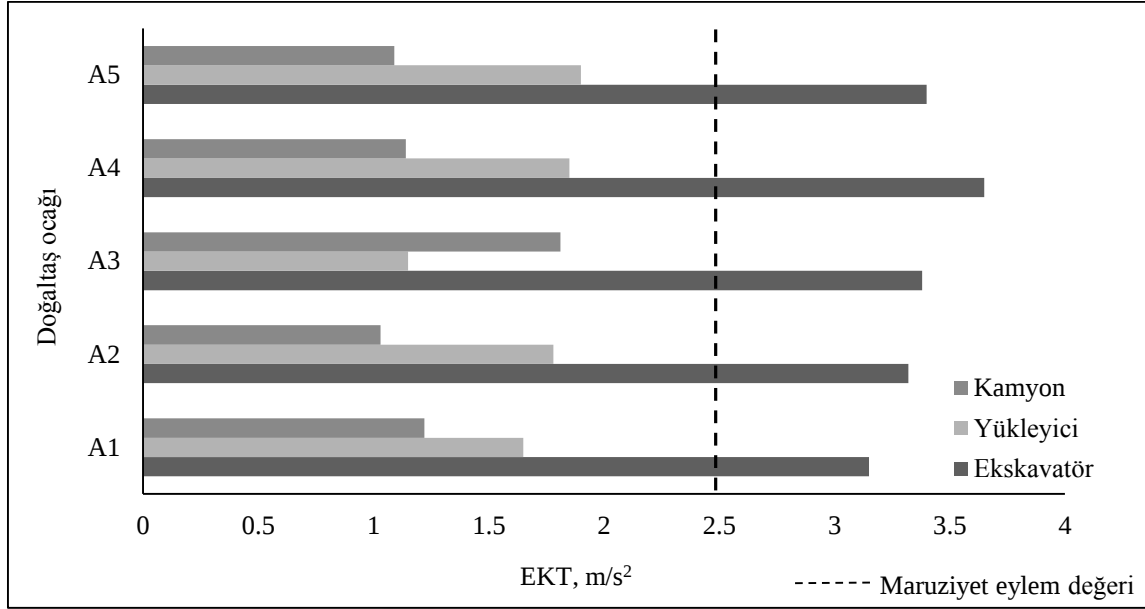
Şekil 5.1’de görüldüğü üzere, kırıcı uçla çalışan ekskavatör operatörleri en yüksek EKT maruziyetine sahiptir. Çalışma süreleri de dikkate alındığında, ekskavatör operatörlerinin maruz kaldığı EKT miktarı maruziyet eylem değerini aştığından, meslek hastalığına yakalanma oranları daha yüksek olacaktır. En düşük titreşim maruziyeti $3,15 \text{ m/s}^2$ olan ölçümlerden görüldüğü üzere önleyici tedbirlerin alınmadığı aşikârdır. Alınan ölçümlerde gözlemlendiği üzere ekskavatör operatörlerinin maruz kaldıkları EKT ve TVT ölçümleri, maruziyet eylem değerini aşmaktadır.

Ekskavatör operatörlerinde yüksek maruziyet sonucu EKTS ve KTS hastalıkları görülmesi muhtemeldir. Çalışanların bireysel faktörleri (yaş, kilo, boy, sigara ve alkol alışkanlığı vb.), el ve parmaklarında daha önceden görülmüş yaralanmalar, titreşimin miktarı ve maruziyet süresi bu hastalıkların görülme sıklığını doğrudan etkileyecektir.

Kamyon operatörlerinden alınan EKT mesleki maruziyet ölçümleri maruziyet eylem değerinin altındadır. Operatörler düşük titreşim miktarına maruz kalmaktadırlar. Bu durum meslek hastalıklarına yakalanma olasılığının düşük olacağını göstermektedir. Düşük maruziyetin sebebi operatörlerin sadece yol pürüzlülüğü kaynaklı titreşime maruz kalmalarından kaynaklamaktadır.

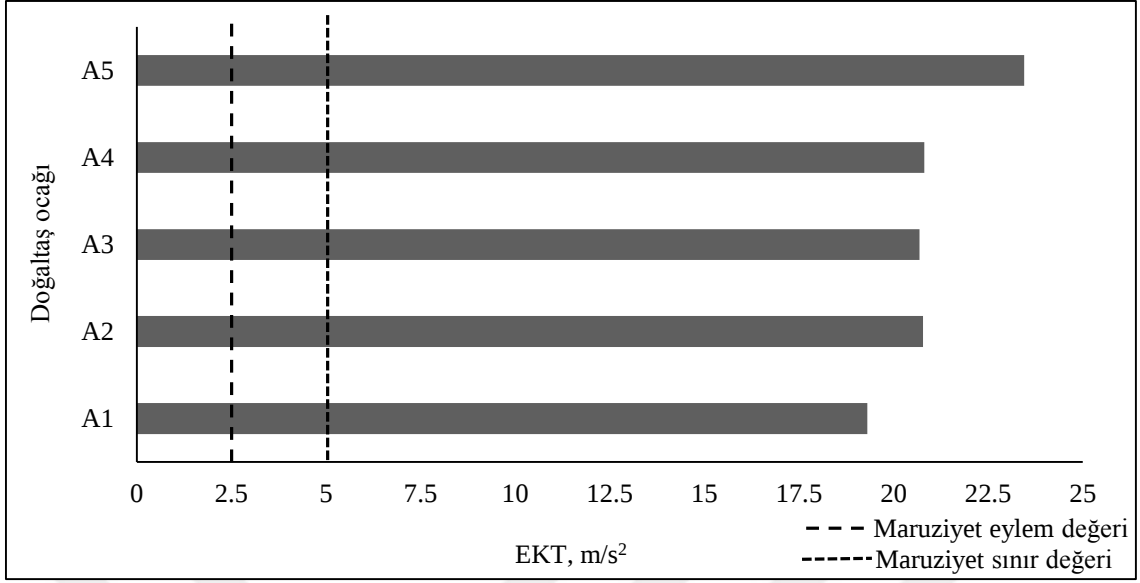
Yükleyici operatörlerinden alınan EKT mesleki maruziyet ölçüm sonuçları, maruziyet eylem değerinin altındadır. EKT maruziyet aralığı $1,15-1,90 \text{ m/s}^2$ olan yükleyici operatörleri, kamyon operatörlerine kıyasla yüksek maruziyet miktarına sahiptir. Bunun

sebebi yükleme esnasında yükleyicinin zorlanmasıyla oluşan titreşimlerdir. Bu titreşim tüm makineyi sarstığından operatör hem el-kol hem de tüm vücut titreşimine maruz kalmaktadır.



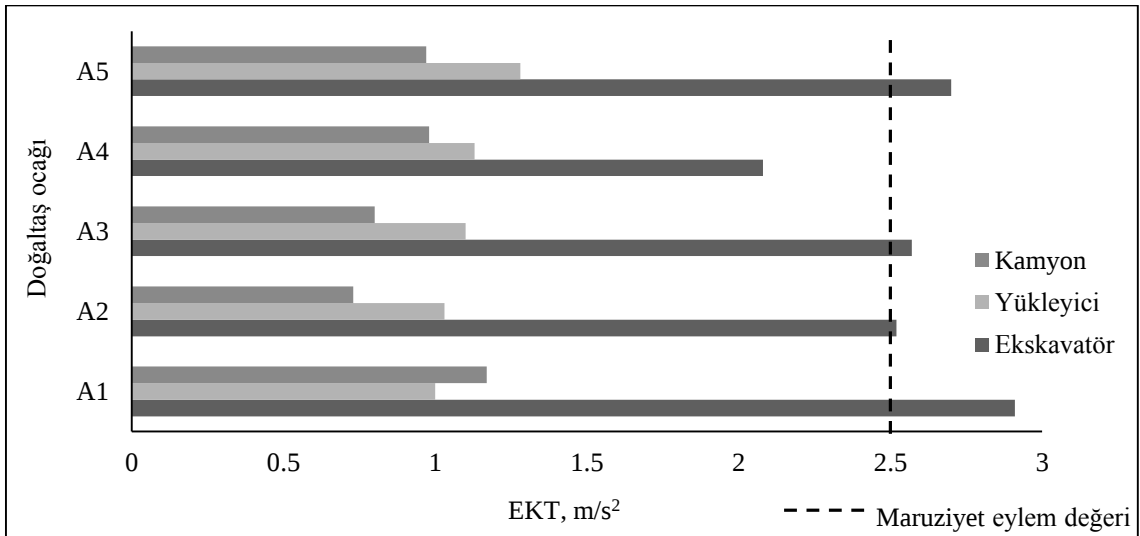
Şekil 5.1 İş makineleri EKT maruziyet eylem değeri ölçümleri.

Martopikör kullanan çalışanlarda EKT maruziyet ölçüm sonuçları en yüksek titreşim miktarına sahiptir. Martopikörlerde yay ve sönümleme elemanları bulunmadığından çalışanlar daha yüksek EKT maruziyetine uğramaktadırlar. Yönetmelikte belirtilen maruziyet sınır değeri 5 m/s^2 iken martopikör kullanan çalışanlardan alınan en düşük EKT maruziyet miktarı $19,31 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüştür. Bu durum çalışanların sağlığının tehlike altında olduğunu göstermektedir (Şekil 5.2).



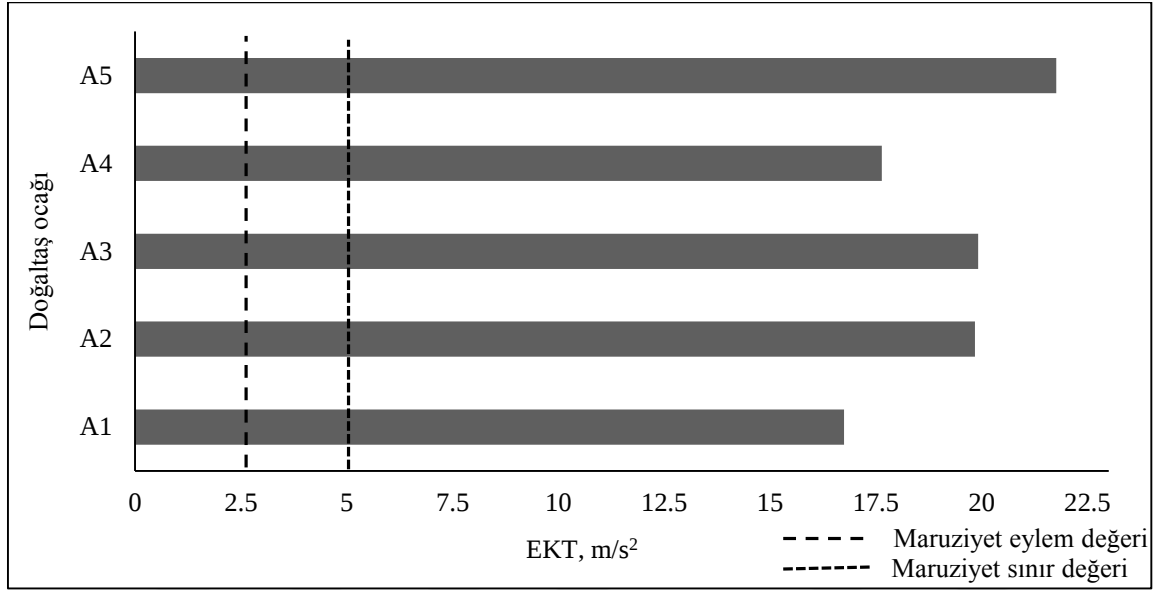
Şekil 5.2 Martopikör EKT maruziyet eylem ve sınır değeri.

Titreşim sönümleyici eldivenler ile alınan ölçümlerden görüldüğü üzere; eldivenler titreşimi bir miktar sönümleyerek maruziyet miktarını azaltmaktadır (Çizelge 4.10). Eldivensiz alınan ölçümlerde ekskavatör operatörlerinin tamamı maruziyet eylem değerini aşarken, eldivenli ölçümlerde A1, A2 ve A5 ocaklarında çalışan operatörler eylem değerini aşmaktadır. Diğer operatörlerin maruziyet miktarı düşerek meslek hastalığına yakalanma olasılığı azalmıştır. Maruziyet eylem değerinden düşük maruziyete sahip kamyon ve yükleyici operatörlerde ise maruziyet miktarı azalmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 İş makineleri eldivenli EKT maruziyet eylem değeri ölçümleri.

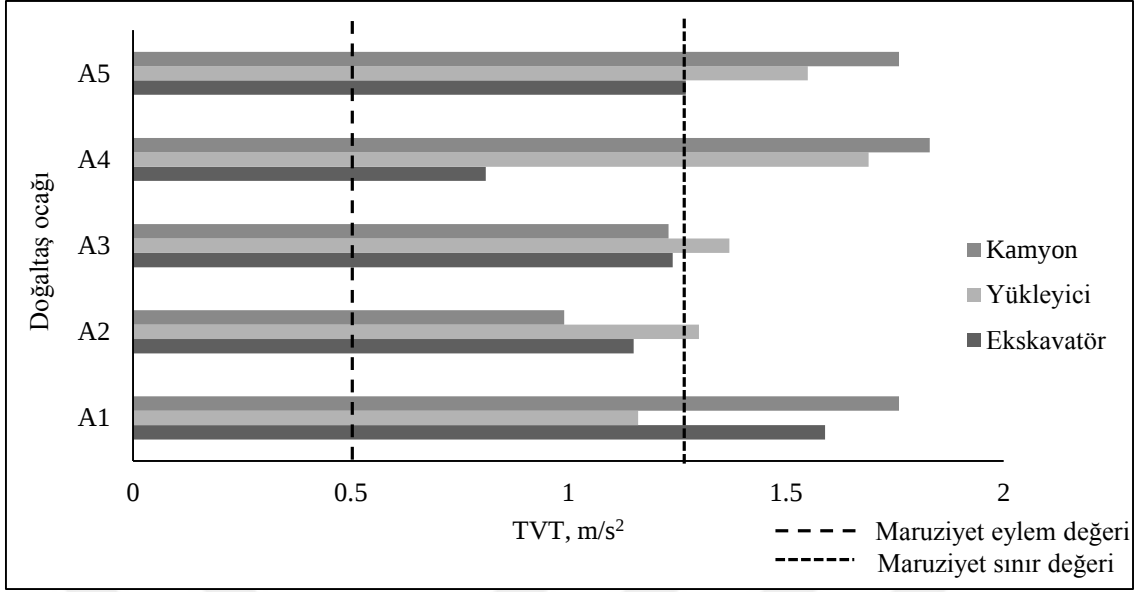
Martopikör kullanan çalışanlarda eldivenli alınan EKT ölçüm sonuçları titreşim büyüklüğünün azaldığını fakat sınır değerine ulaşamadığını Şekil 5.4’de göstermektedir. Titreşim sönümleyici eldivenlerin büyük miktardaki titreşimleri daha fazla sönümlediği Şekil 5.3 ve 5.4 incelediğinde görülecektir. Bu sonuçlar incelendiğinde eldivenlerin maruziyet miktarını % 5-13 arasında azalttığı görülmüştür.



Şekil 5.4 Martopikör eldivenli EKT maruziyet eylem ve sınır değeri.

Doğaltaş ocaklarında bulunan kamyon, yükleyici ve ekskavatör operatörlerinden alınan TVT ölçümlerinden görüldüğü üzere tüm operatörler maruziyet eylem değerinin üzerindedir.

Kamyon operatörleri yükleme/boşaltma esnasında ve yol pürüzlülüğü kaynaklı mesleki TVT maruziyetine uğrarlar. Yol pürüzlülüğü kaynaklı titreşim, tekerlekler, yay ve sönümleme sistemleri ile makine gövdesine geçer. Kamyon gövdesine iletilen titreşimler sürücü kabine ulaşmaktadır. Sürücü kabini ile koltuk arasında bulunan yay ve sönümleme elemanları titreşimin bir miktarını daha sönümleyerek operatöre iletir. Bu sebeple operatörler mesleki TVT’ye maruz kalırlar. Bu maruziyetin büyüklüğü ve süresi operatörün meslek hastalığına yakalanma olasılığını vermektedir.



Şekil 5.5 Makine/ekipman TVT maruziyet eylem ve sınır değerleri.

Kamyon operatörleri TVT sonuçları incelendiğinde en yüksek tehlike sınıfında yer almaktadır. Operatörlerin titreşim büyüklüklerinin maruziyet sınır değerini aştığı Şekil 5.5’de görülmektedir. En yüksek titreşim değeri $1,83 \text{ m/s}^2$ olan kamyon operatörlerinin titreşim kaynaklı meslek hastalığına yakalanma olasılığı yüksek olacaktır. Hali hazırda bulunan çalışma koşullarında önlem alınmadığından titreşim ile ilgili meslek hastalığı görülme sıklığı artacaktır (TS ISO 2631-1).

Yükleyici operatörlerinin bulunduğu kabinlere titreşim iletimi kamyon operatörleri ile benzer şekildedir. Yükleyici operatörleri, yükleme esnasında zorlanmadan ve yol pürüzlülüğünden dolayı titreşime uğrarlar. Şekil 5.5’de görüldüğü üzere operatörlerin titreşim maruziyet aralığı $1,16\text{-}1,69 \text{ m/s}^2$ olup maruziyet sınır değerinin üzerindedir. Operatörlerin çalışma süreleri de dikkate alındığında ileriki yıllarda meslek hastalığına yakalanma olasılığı tahmin edilecektir.

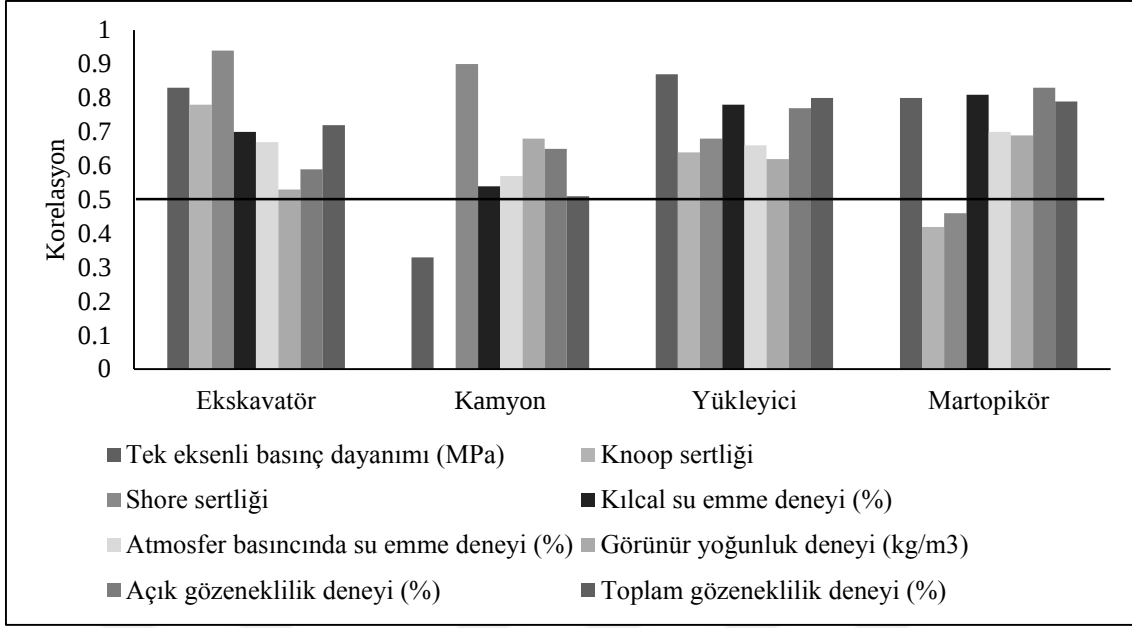
Ekskavatör operatörlerinin, maruziyet eylem değerinden yüksek TVT’ne maruz kaldıkları ölçüm sonuçları incelendiğinde görülmektedir. Tüm operatörlerin titreşim ölçüm sonuçlarının maruziyet eylem değerinin üzerinde olduğu belirlendiğinden önlemlerin alınması gerekmektedir. Ölçüm aralığı $0,81\text{-}1,59 \text{ m/s}^2$ olan titreşim maruziyet sonuçları çalışanların sağlığının risk altında olduğunu göstermektedir.

TVT açısından araştırılan üç ana ekipman çeşidi arasında, ekskavatör operatörlerinin en az sağlık riski taşıdığı bulunmuştur. Aksine, kamyonlar ve yükleyiciler sağlık riskleri orta ila yüksek arasında değişen yüksek risk potansiyeline sahip olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışma, operatörün tek ekipman kullanımından kaynaklanan risklere dayanmaktadır. Bu nedenle, çok görevli bir ortamda, herhangi bir operatör birden fazla ekipman kullanıyorsa veya işten önce ve sonra diğer titreşim kaynaklarına maruz kalıyorsa, toplam sağlık riskini belirlemek için kümülatif maruziyetlerinin değerlendirilmesi gerekir.

Bu çalışmada, doğaltaş ocaklarında çalışan operatörlerden alınan EKT ve TVT maruziyeti ölçüm sonuçları standart ve yönetmeliklere göre değerlendirilmiştir. Bu sonuçlara göre titreşim büyüklüğünün çalışanların sağlığını olumsuz etkilediği ve meslek hastalığına yakalanma riski taşıdığını ortaya koymaktadır. EKT maruziyetinden korunmak için eldivenler ile alınan ölçümlerde görüldüğü üzere maruziyet miktarı ve risk azalmaktadır.

5.2 Titreşim İle Kaya Mekaniği Değerlerinin İlişkisinin Sonuçları

Doğaltaş madenciliğinde çalışan EKT'ye maruz kalan operatörlerin titreşim ölçümleri ile kayaçların fiziko-mekanik deney sonuçlarının korelasyon sonuçları Çizelge 4.8 ve Şekil 5.6'da verilmektedir. Bu sonuçlara göre ekskavatör ile çalışanların EKT maruziyet sonuçları ile kayaçların tek eksenli basınç, toplam gözeneklilik, kılcal su emme, atmosfer basıncında su emme, görünür yoğunluk ve Shore sertliği deney sonuçları doğrudan ilişkilidir.



Şekil 5.6 EKT'nin fiziko-mekanik özelliklerle ilişkisi (korelasyonu).

Kırıcı uçla çalışan ekskavatör operatörlerinde, belirtilen deney sonuçlarıyla ilişkilerinin yüksek çıkma sebebi doğrudan kayaçların sertliği, gözenekliliği ve dayanımları ile ilişkilidir. Kırıcı uca temas eden yüzeyin dayanımı arttıkça zorlanma artacağından geri tepme enerjisi olarak titreşimde yüksek olacaktır.

Kamyon operatörlerinde ki durum ise; Shore sertliği, kılcal su emme, atmosfer basıncında su emme, görünür yoğunluk, açık ve toplam gözeneklilik deneyleri ile EKT arasında % 50 üzerinde ilişki hesaplanmıştır. Kamyon operatörlerinde ki titreşim yükleme/boşaltma esnasında ve yol pürüzlülüğü kaynaklı meydana gelmektedir. Bu sebeple korelasyon sonuçları gözeneklilik ve sertlikle ilişkilidir.

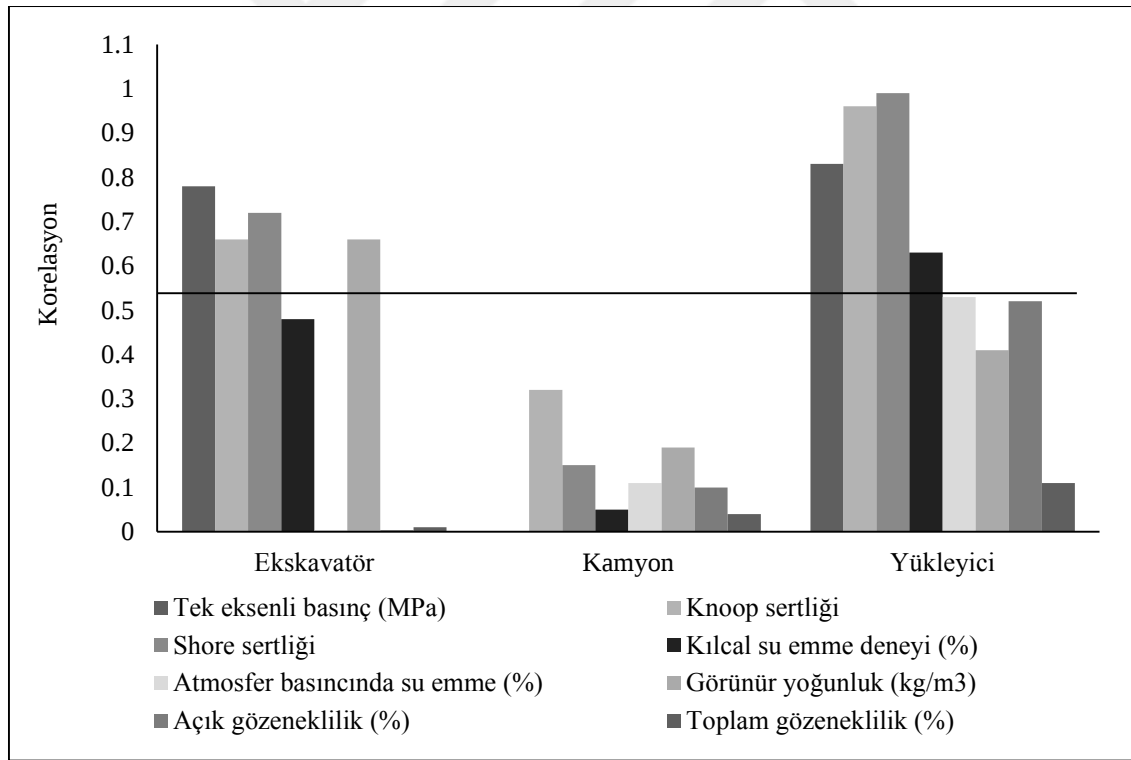
EKT ölçümü alınan yükleyici operatörlerinin sonuçları ile kaya mekaniği deney sonuçlarının korelasyon hesaplamaları; tüm deneylerde % 50 üzerinde ilişki olduğunu belirtmektedir.

Martopikör kullanan çalışanların EKT ölçümleri ile doğaltaşların fiziko-mekanik deney sonuçlarının korelasyon sonuçlarına göre % 50 üzerinde benzerlik bulunan deneyler; tek eksenli basınç dayanımı, kılcal su emme, atmosfer basıncında su emme, görünür yoğunluk, açık ve toplam gözenekliliktir. Martopikör üzerinde yay ve sönümleme

sistemleri bulunmadığından titreşim doğrudan ekipman gövdesine ve ellere aktarılmaktadır. Makinenin delici ucu direkt olarak kayaçların yüzeyine temas ettiğinden titreşim büyüklüğü kayaçların dayanımı, yoğunluğu ve gözenekliliği ile ilişkili çıkmaktadır.

Genel olarak EKT korelasyon hesaplamaları değerlendirildiğinde makine operatörlerinin titreşim maruziyetinin tek eksenli basınç dayanımı, sertlik ve gözeneklilik ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca göre yay ve sönümleme sistemi elemanları içeren makinelerde titreşim miktarı kayaçların dayanımı ve gözenekliliği ile ilişkilidir.

5 farklı doğaltaş ocağında çalışan makine operatörlerinden alınan TVT ölçüm sonuçlarının, bu ocaklarda bulunan kayaçlara ait fiziko-mekanik deney sonuçları ile korelasyon hesaplamaları Şekil 5.7’de verilmektedir.



Şekil 5.7 TVT’nin fiziko-mekanik özelliklerle ilişkisi (korelasyonu).

Ekskavatör operatörünün TVT’ye bağlı korelasyon hesaplamalarının sonucuna göre, % 50’den fazla ilişkili olduğu deneyler; tek eksenli basınç dayanımı, Knoop sertliği, Shore

sertliği ve görünür yoğunluktur. Bu sonuçlardan anlaşılabacağı üzere, kırıcı uç takılı ekskavatörle çalışan operatöre iletilen titreşim miktarı kayaçların dayanımı ve sertliğiyle ilişkilidir.

TVT'ye bağlı korelasyon hesaplamalarında kamyon operatörlerinin durumu incelendiğinde, ilişki olmadığı belirlenmiştir.

Yükleyici operatörünün TVT ölçümleri ile kayaçların deney sonuçlarının korelasyon hesaplama sonuçları; tek eksenli basınç dayanımı, Knoop ve Shore sertliği, kılcal su emme ve atmosfer basıncında su emme deneyleri ile % 50 üzerinde ilişki olduğunu göstermiştir.

Titreşim miktarı ile doğaltaşların fiziko-mekanik özellikleri arasındaki ilişki yüzdesini belirlemek için yapılan araştırmalar sonucunda bazı deneyler/ölçümler arasında % 50 üzerinde ilişki olduğu belirlenmiştir. Ülkemiz literatürüne eklenen bu ilişki miktarını ve değişim parametrelerini belirlemek için yeni araştırmalar yapılmalıdır.

5.3 El-Kol Titreşimi Azaltma Yöntemleri

El-kol titreşim maruziyetini azaltmak için bazı genel teknikler vardır. El-kol titreşimini azaltmak için, kaynaktaki titreşimi azaltmak ve/veya çalışana iletilen titreşimi azaltmak için stratejiler kullanılır. Mühendislik kontrolleri, titreşim azaltıcı tutamaklar gibi özelliklere sahip düşük emisyonlu titreşim araçları üretmeye odaklanır. El aletleri, yüksek kavrama kuvvetlerine ve el-parmak maruziyetini en aza indirmek için ergonomik olarak tasarlanmalıdır. Aletler ayrıca, titreşimin neden olduğu beyaz parmak riskini artırdığından, çalışanların ellerinde soğğun yayılması önlenmelidir.

Martopikör kullanan çalışanların titreşimle ilgili meslek hastalığına yakalanmaması için titreşim sönümleyici eldivenlerin yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu durumda işveren, maruziyet sürelerini düzenlemeli ve ekipman için yay ve sönümleme sistemi elemanları kullanmalıdır. ISO onaylı (TS EN ISO-10819 2013) antivibrasyon eldivenlerinin, titreşim maruziyeti sırasında el-kol sistemine girmesinden kaynaklanan zararlı titreşimleri

azalttığı bulunmuştur. Bununla birlikte, titreşim önleme eldivenlerinin etkinliği, elin maruz kalan alanına bağlıdır.

Tıbbi yönetim de önemlidir. Titreşime düzenli olarak maruz kalan çalışanlar, uzun süreli titreşim maruziyetinin olumsuz etkileri konusunda bilgilendirilmeli ve meslek hastalıkları için çalışanlara rutin bir sağlık kontrolü yapılmalıdır. Tetikleme süreleri gibi uygun uyarılar, zararlı titreşimler yaydığı bilinen araçlara etiketlenmelidir.

5.4 Tüm Vücut Titreşimi Azaltma Yöntemleri

En iyi ergonomik uygulamalar, titreşim maruziyetinin şiddetini azaltmaya veya titreşim maruziyet süresini azaltmaya odaklanarak, titreşime maruziyetin genel sağlık etkisini en aza indirir. Geliştirilmiş aks süspansiyonu, motor montajı veya süspansiyonlu koltuklar gibi mühendislik çözümleri, operatöre titreşim iletimini en aza indirmek için ağır taşıtlarda uygulanabilir. Ocak yol bakımının, ekipman operatörlerinin yaşadığı sarsıntı ve zararlı titreşimlerin azaltılmasına yardımcı olur. Bazı operatörler, titreşimin dozunda bir azalmanın araçların hızının izlenmesiyle sağlandığını bildirmiştir.

Doğaltaş madenciliğinde günlük çalışma için seçilen makine/ekipman uygun olmalı ve işi verimli bir şekilde yapabilecek kapasite de olmalıdır. Uygunsuz veya yetersiz kapasiteye sahip makine/ekipmanın günlük işi yapabilmesi için daha fazla çalışması ve istenen kapasiteye ulaşmak için zorlanması muhtemeldir. Aşırı zorlanmalar makine ve ekipmanlarda gereksiz titreşime sebep olduğu bilinmektedir. Bu ise operatörü daha fazla titreşime maruz bırakmaktadır. Bu yüzden uygun makine/ekipman seçimi son derece önemlidir.

Operatörlerin rahat bir dik duruşu koruyabilmesi ve gövdeyi aşırı bir şekilde bükmemesi ya da herhangi bir süre boyunca bükülmüş duruşları sürdürmesi gerekmeyecek şekilde düzenlenmiş kabin düzenleri ve kontrol kolları olan makineleri seçilmelidir.

Mühendislik çözümlerine ulaşamıyorsa, maruziyeti azaltmak için titreşim süresini azaltmak ideal bir önlem olarak düşünülmelidir. Ekipman operatörlerinin ergonomik

olarak uygun bir duruş sağlamak ve titreşime maruz kalma ile ilgili sağlık etkilerini azaltmak için eğitim verilmelidir. Son olarak, tüm çalışanlar titreşim maruziyetlerini ve sağlık durumlarını izlemek için düzenli aralıklarla rutin tıbbi kontrollerden geçirilmelidir.



6. KAYNAKLAR

- Açıkgöz, B. ve Sümer, M. (2000). Karpal Tünel Sendromu. *Türk Nöroşirurji Dergisi*, **10**: 79-84.
- Arıkan, M. (1968). Mermer ve Mermercilik. Ankara Basımevi, Ankara.
- Aye, S. and Heyns, P. S. (2011). The evaluation of whole body vibration in a South African opencast mine. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, **111(11)**: 751-758.
- Bernard, B.P. et al. (1997). Low-back musculoskeletal disorders: Evidence for work relatedness. In: musculoskeletal disorders and workplace factors. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati.
- Brüel&Kjaer. (2002). Human vibration, Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S. Nærum, Denmark.
- Bosco, C., Lacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi M. and Tihanyi J. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology*, **81(6)**: 449–454.
- Bovenzi, M. and Betta, A. (1994). Low back pain disorder in agricultural tractor drivers exposed to whole body vibration and postural stress. *Applied Ergonomics*, **25**: 231-241.
- Bovenzi, M. and Zadini, A. (1992). Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole body vibration. *Spine*, **17**: 1048-1059.
- Bovenzi, M. and Hulshof, C.T. (1999). An updated review of epidemiological studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, **72**: 351-365.
- Bovenzi, M., Rui, F., Negro, C., D'Agostin, F., Angotzi, G., Bianchi, S. and Stacchini, N. (2006). An epidemiological study of low back pain in professional drivers. *Journal of Sound and Vibration*, **298(3)**: 514-539.
- Cardinale, M., Leiper, J., Erskine, J., Milroy, M. and Bell, S. (2006). The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young

healthy men: A preliminary study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, **26**: 380-384.

Cardinale, M. and Rittweger, J. (2006). Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: fact or fiction. *Journal of the British Menopause Society*, **12(1)**: 12-18.

Conway, G. E., Szalma, J. L. and Hancock, P. A. (2007). A quantitative met analytic examination of whole body vibration effects on human performance. *Ergonomics*, **50(2)**: 228-245.

Çakan, A. (2013). Karayolu Taşıtları Süspansiyon Sisteminde Aktif Titreşim Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB). (2010). Çalışma Yaşamında Sağlık Gözetimi Rehberi, Ankara.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB). (2013). Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, Ankara.

Çelik, M.Y. (2007). Mermer Jeolojisi Ders Notları, Afyonkarahisar.

Di, L. C., Ranchelli, A., Lucidi, P., Murdolo, G., Parlanti, N., De C. A. (2004). Effects of whole-body vibration exercise on the endocrine system of healthy men. *Journal of Endocrinological Investigation*, **27(4)**: 323-7.

Erzi, A.I. (2002). Cadde ve Ray Taşıtları Titreşimleri. İTÜ Makina Fakültesi Matbaası, İstanbul.

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 pp.

European Union (EU). (2006). EU Guide to Good Practice on Hand Arm Vibration; Implementation of Directive 2002/44/EC, England.

European Union (EU). (2006), EU Guide to Good Practice on Whole Body Vibration; Implementation of Directive 2002/44/EC, England.

- 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.
- Griffin, M. J. (1990). Handbook of Human Vibration. Academic Press, London.
- Griffin, M.J. (1998). Evaluating the effectiveness of gloves in reducing the hazards of hand-transmitted vibration. *Occupational and Environmental Medicine*, **55**: 340-348.
- Görgülü, K. (1994). Bazı Mermer Ocaklarında (Isparta-Burdur-Sivas) İşletme Sistemlerinin İncelenmesinin ve Öncelikli Kaya Madde/Kütle Özellikleri ile İlişkilendirilmesi Araştırmaları. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Güney, A. ve Ereke, M. (1990). Devrilebilir Sürücü Kabini Askı Elemanlarının Titreşim Konforuna Etkisi. Dördüncü Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu, Yalova, 233-243.
- İşsever, H. (1999) Vibrasyon ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. İş Sağlığı ve Güvenliği Konferansı, İstanbul, 85-98.
- Kibici, Y. (2006). Doğaltaş Atlası. Kubilay Ofset Repro, İzmir.
- Kulaksız, S. (2005) Doğaltaş Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri, Ankara.
- Kun, N. 2001. Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi. Madencilik Endüstriyel Hammaddeler (Yapı Malzemeleri)., Özel İhtisas Raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005), İzmir.
- Laszlo, H. E. and Griffin, M. J. (2011). The transmission of vibration through gloves: effects of push force, vibration magnitude and inter-subject variability. *Ergonomics*, **54(5)**: 488–496.
- Lis, A. M., Black, K. M., Korn, H. and Nordin, M. (2007). Association between sitting and occupational LBP. *European Spine Journal*, **16(2)**: 283- 98.
- Mandal, B.B., Pal, A.K. and Sishodiya, P.K. (2013). Vibration characteristics of mining equipment used in Indian mines and their vibration hazard potential. *International Journal of Environmental Health Engineering*, **2(4)**: 1-10.

- Mansfield, N.J. (2005). Human response to vibration, New York, 266 p.
- Marin, L.S., Andres, C., R., Estefany, R., Hugo, P., Lope, H. B., Jack, T.D. and 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*, **61(6)**: 669–680.
- Matsumoto, Y. and Griffin, M.J. (2001). Modelling the dynamic mechanisms associated with the principal resonance of the seated human body. *Clinical Biomechanics*, **16(1)**: 31-44.
- Onargan, T. ve Köse, H. (1997). Mermer, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- Onargan, T., Köse, H. ve Deliormanlı, A. (2006). Mermer, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir,
- Önenç, D. İ. (2004). Ocak Açılımını ve Blok Kullanımını Etkileyen Koşullar. Mermer Blok Çıkarma Teknolojileri Semineri, Ankara. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Sürekli Eğitim Merkezi, 33-50.
- Palmear, P.L. (1998). Clinical picture (vascular, neurological and musculoskeletal). Hand-arm vibration: A comprehensive guide for occupational health professionals. 2nd ed. OEM Press: Beverly FaRMS, 27-43.
- Phalen G.S. (1966) The carpal tunnel syndrome: experince in diagnosis and treatment of six hundred fifty-four hands. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **48(2)**: 211–228.
- Pope, M., Magnusson, M., Lundström, R., Hulshof, C., Verbeek, J. and Bovenzi, M. (2002) Guidelines for whole-body vibration health surveillance. *journal of sound and vibration, Vibration Injury Network*, **253(1)**: 131-167.
- Randall, J. M., Matthews, R. T. and Stiles, M. A. (1997). Resonant frequencies of standing humans. *Ergonomics*, **40(9)**: 879-886.
- Rakheja, S. and Sankar, S. (1983). An optimum seat-suspension for off-road vehicles, *The Shock and Vibration Bulletin*, **53**: 19-35.
- Robson, J. D. (1979). Road surface description and vehicle response. *International Journal of Vehicle Design*, **1(1)**: 25-35.

- Seidel, H. (2005). On the relationship between whole-body vibration exposure and spinal health risk. *Industrial Health*, **43**: 361-377.
- Sharp, R. S. and Crolla, D. A. (1987). Road vehicle suspension system design - A review. *Vehicle system dynamics*, **16**: 167-192.
- South, T. (2004). *Managing Noise and Vibration at Work*, 1. Edition, London.
- Taylor, W. and Pelmear, P. L. (1975). *Vibration White Finger in Industry. A report comprising edited versions of papers submitted to the Department of Health and Social Security in 1973*, Academic Press, London.
- Türkiye Cumhuriyeti-Ekonomi Bakanlığı (TCEB). (2018) *Doğaltaş Sektörü, Sektör Raporları*.
- Teschke, K., Nichol, A. M., Davies, H. and Ju, S. (1999) *Whole body vibration and back disorders among motor vehicle drivers and heavy equipment operators: A review of the scientific evidence. Report to the Workers Compensation Board, British Columbia*.
- TS 699. (2009). *Türk Standartları, Doğal Yapı Taşları - İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri*, TSE, Ankara.
- TS EN 1032+A1. (2011). *Türk Standartları, Mekanik titreşim-Titreşim emisyon değerinin belirlenmesi amacıyla hareketli makinaların deneye tabi tutulması*, TSE, Ankara.
- TS EN 1926. (2013). *Türk Standartları, Doğal Taşlar - Deney Yöntemleri - Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini*, TSE, Ankara.
- TS EN 1936. (2010). *Türk Standartları, Doğal Taşlar - Deney Yöntemleri - Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini*, TSE, Ankara.
- TS EN 12096. (2001). *Türk Standartları, Mekanik Titreşim- Titreşim Emisyon Değerlerinin Bildirimi ve Doğrulanması*, TSE, Ankara.
- TS EN 13755. (2014). *Türk Standartları, Doğal Taşlar - Deney Yöntemleri - Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini*, TSE, Ankara.
- TS EN 14205. (2004). *Türk Standartları, Doğal Taş Deney Metotları - Knoop Sertliğinin Tayini*, TSE, Ankara.

- 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.
- TS EN ISO 5349-2. (2004). Türk Standartları, İş Yerlerinde Ölçme Yapmak İçin Pratik Kılavuz, TSE, Ankara.
- TS EN ISO 10819. (2013). Türk Standartları, Mekanik Titreşim ve Şok-El, Kol Titreşimi -Eldivenden El Ayasına Geçen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi İçin Metot, TSE, Ankara.
- TS EN ISO 20643. (2012). Türk Standartları, Mekanik Titreşim - Elde Tutulan ve Elle Yönlendirilen Makinalar - Titreşim Emisyonunun Değerlendirilmesi İçin Prensipler, TSE, Ankara.
- TS ISO 2041. (2013). Türk Standartları, Mekanik Titreşim Mekanik Darbe ve Durum İzleme - Terimler ve Tarifler, TSE, Ankara.
- TS ISO 2631-1. (2013). Türk Standartları, Mekanik Titreşim ve Şok - Tüm Vücut Titreşime Maruz Kalma Değerlendirilmesi - Bölüm 1: Genel Kurallar, TSE, Ankara.
- TS ISO 2631-2. (2013). Türk Standartları, İnsanın Tüm Vücut Titreşimine Maruz Kalmasının Değerlendirilmesi, TSE, Ankara.
- TS ISO 5805. (1999). Türk Standartları, Mekanik Titreşim ve Şok - İnsanın Maruz Kaldığı- Terimler ve Tarifler, TSE, Ankara.
- Wang, L., Zhang, C., Zhang, Q., Zhang, K. and Zeng, X. (2005). The study on hand-arm vibration syndrome in China. *Institute for Occupational Health and Environmental Medicine*, **43**: 480- 483.
- Wikstrom, B. O., Kjellberg, A. and Landstrom, U. (1994). Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration: a review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **14**: 273-292.
- Xu, X., Yuan, Z., Gong, M., He, L., Wang R., Wang, J., Yang, Q. and 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.

Zeyrek, S. (2009). Titreşim, İş Sağlığı ve Güvenliği, Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.

İnternet Kaynakları

1) www.hse.gov.uk/vibration, 12.03.2018



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Melek TÜMER
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara, 03.06.1994
Yabancı Dili : İngilizce – Orta Düzey
İletişim (Telefon/e-posta) : 05051387892/ mlktumer03@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ömer Seyfettin Lisesi, (2008-2012)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği
Bölümü, (2012-2016)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, (2016-2018)

Staj Yaptığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Ege Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü Soma /Manisa (04.08.2014-29.08.2014)
Türkiye Taşkömürü Kurumu Kozlu/Zonguldak (01.07.2015-30.07.2015)
Türkiye Taşkömürü Kurumu Amasra TİM Amasra/Bartın (03.08.2015-
28.08.2015)

Yayınları (SCI ve diğer) :

SCI, SSCI ve AHCI Dışında Taranan Dergilerde Yayımlanan Makaleler:

1. Yeraltı Linyit Kömür Madeninde Termal Konfor Şartlarının İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji, 5/3, 362-369, 2017 (Arıtan A.E., ile birlikte).
2. Elmas Telli Sayalama Makinesi Kullanılan Bir Doğaltaş Fabrikasında Ortam Şartlarının Değerlendirilmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(4), 185-192, 2017 (Arıtan A.E., ile birlikte).
3. Doğaltaş Ocaklarında Martopikör Kullanımında El-Kol Titreşim Maruziyetinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(4), 2018 (Arıtan A.E., ile birlikte).

Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler:

1. Doğaltaş İşleme Tesisinde Termal Konfor Analizi, MCBÜ Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergi, 23(1), 2017 (Arıtan A.E. ve Şensöğüt C. ile birlikte).

Uluslararası Konferans ve Sempozyumlardaki Tebliğler:

1. Kırmataş Tesislerinde Çalışanların Maruz Kaldığı Fiziksel Risk Etmenleri, 8. Uluslararası Kırmataş Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016, 439, 2016 (Arıtan A.E., Şensöğüt C. ve Ören Ö. ile birlikte).

2. Kırmataş Sektöründe Titreşim Problemine Genel Bakış, 8. Uluslararası Kırmataş Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016, 453, 2016 (Arıtan A.E. ve Şensöğüt C. ile birlikte).

3. Yeraltı Kömür Madenciliğinde Kullanılan Makina ve Ekipmanlarda Korozyonun Etkisi, 6. Uluslararası Maden Makinaları ve Teknolojileri Kongresi, 18-21 Ekim 2017, 53, 2017 (Arıtan A.E. ve Can M. F. ile birlikte).

4. Yeraltı Kömür Ocaklarında Termal Konfor Şartlarının İncelenmesi, Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, 02-03 Kasım 2017, 521, 2017 (Arıtan A.E. ve Şensöğüt C. ile birlikte).

5. Doğaltaş Fabrikalarında Maruz Kalınan Fiziksel Risk Etmenleri, Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, 02-03 Kasım 2017, 562, 2017 (Arıtan A.E. ve Şensöğüt C. ile birlikte).

6. Kömür Madenlerinde Korozyonu Hızlandıran Değişkenlerinin İncelenmesi, Türkiye 21. Uluslararası Kömür Kongresi, 11-13 Nisan 2018, 85, 2018 (Arıtan A. E. ve Can M F. ile birlikte).

Ulusal Konferans ve Sempozyumlardaki Tebliğler:

1. Madencilik Çalışmalarında Oluşan Titreşimin Makine ve İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi, Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği, 21-22 Aralık 2015, 323, 2015 (Arıtan A.E. ile birlikte).

Projeler:

1. Doğaltaş Madenciliğinde Titreşim ve Gürültü, Afyon Kocatepe Üniversitesi BAPK Projesi, 17.MUH.07, Araştırmacı, 2017-2018 (Tamamlandı).

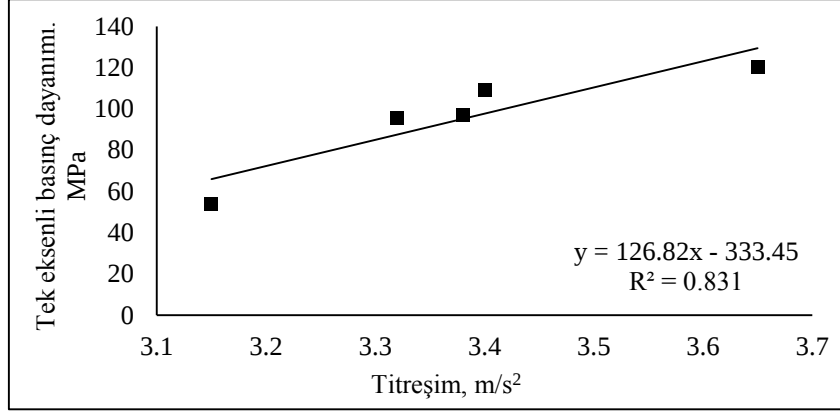
2. Doğaltaş Madenciliğinde Oluşan Titreşimin Çalışanlar Açısından Değerlendirilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi BAPK Projesi, 17.FEN.BİL.56, Araştırmacı, 2017-2018 (Tamamlandı).

3. Doğaltaş Ocaklarında Kullanılan Makine ve Ekipmanlarda Oluşan Titreşime Kayacın Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Etkisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi BAPK Projesi, 18.KARİYER.173, Araştırmacı, 2018- (Devam Ediyor).

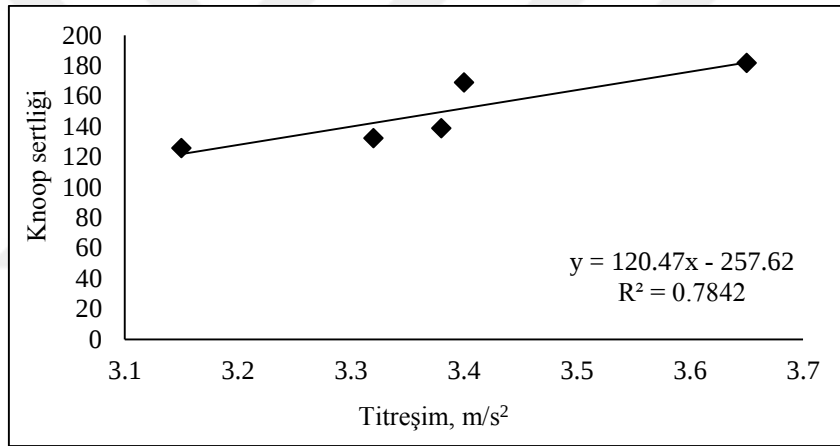


EKLER

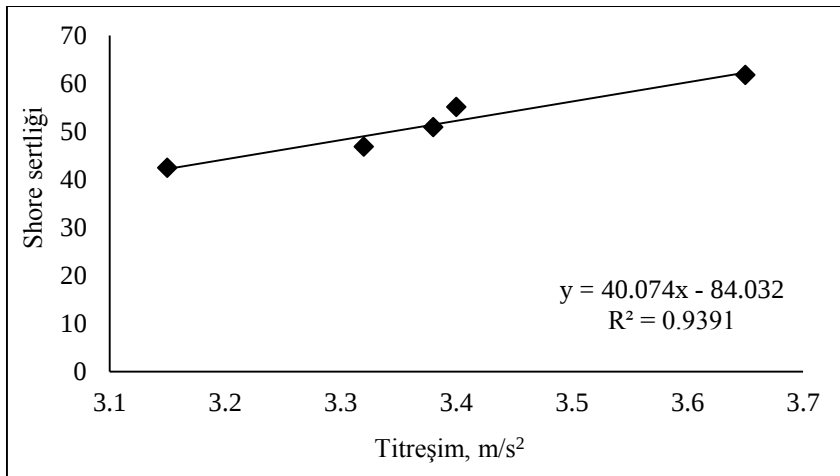
EK 1. EKT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Ekskavatör operatörü EKT ve tek eksenli basınç dayanımı ilişkisi.

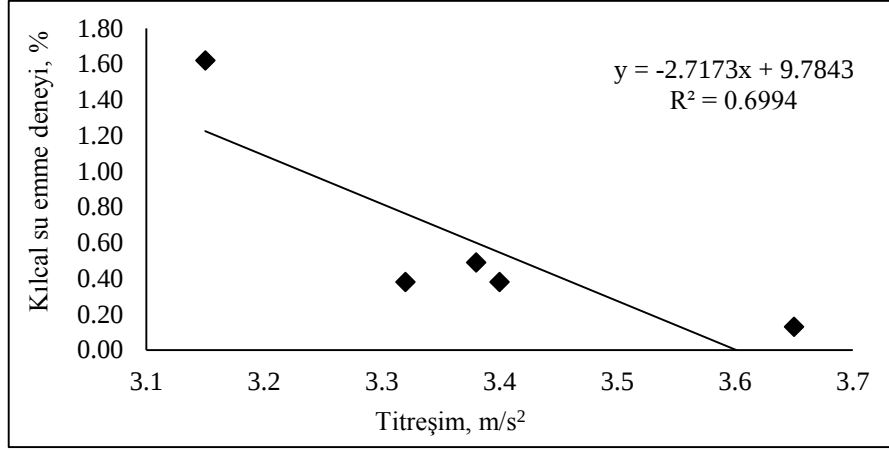


Ekskavatör operatörü EKT ve Knoop sertliği ilişkisi.

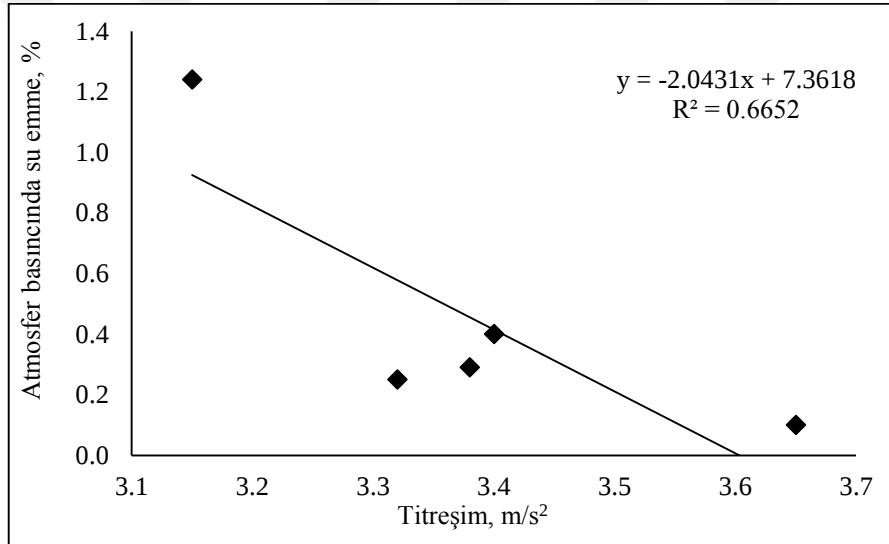


Ekskavatör operatörü EKT ve Shore sertliği ilişkisi.

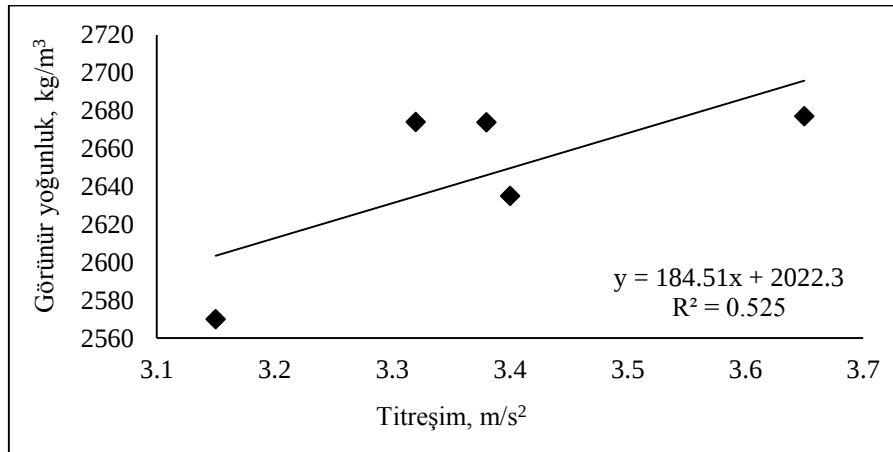
EK 1. (Devam) EKT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Ekskavatör operatörü EKT ve kılcal su emme deneyi ilişkisi.

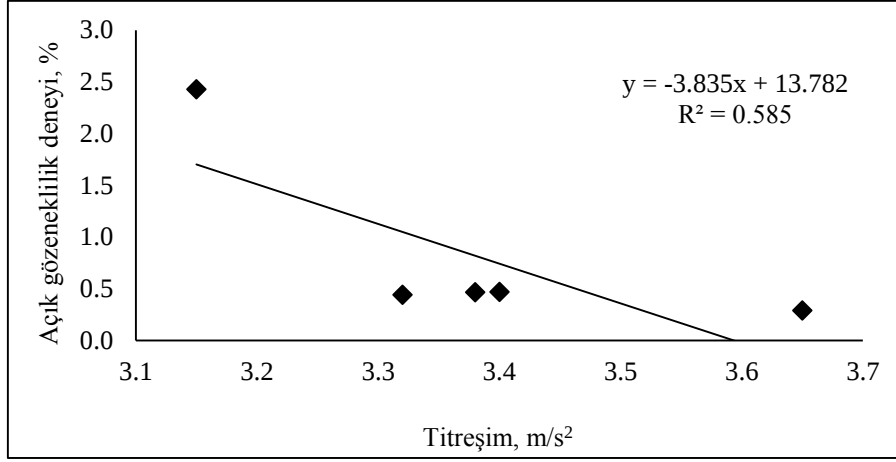


Ekskavatör operatörü EKT ve atmosfer basıncında su emme deneyi ilişkisi.

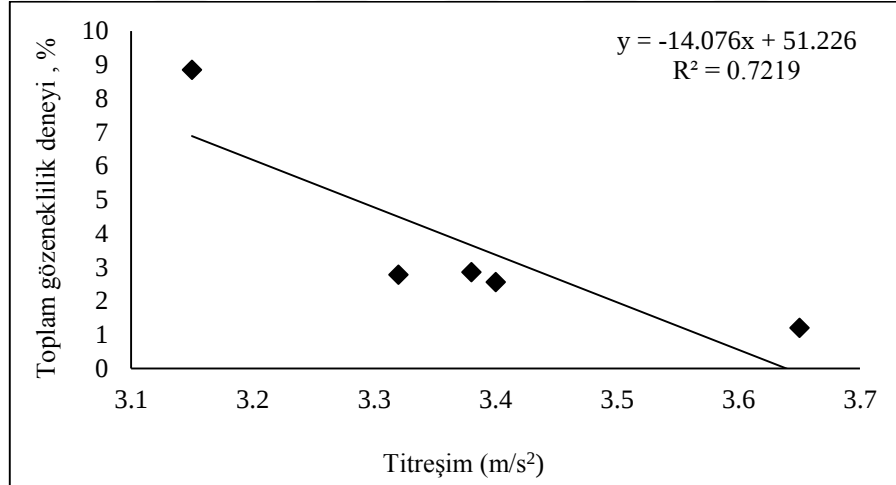


Ekskavatör operatörü EKT ve görünür yoğunluk deneyi ilişkisi.

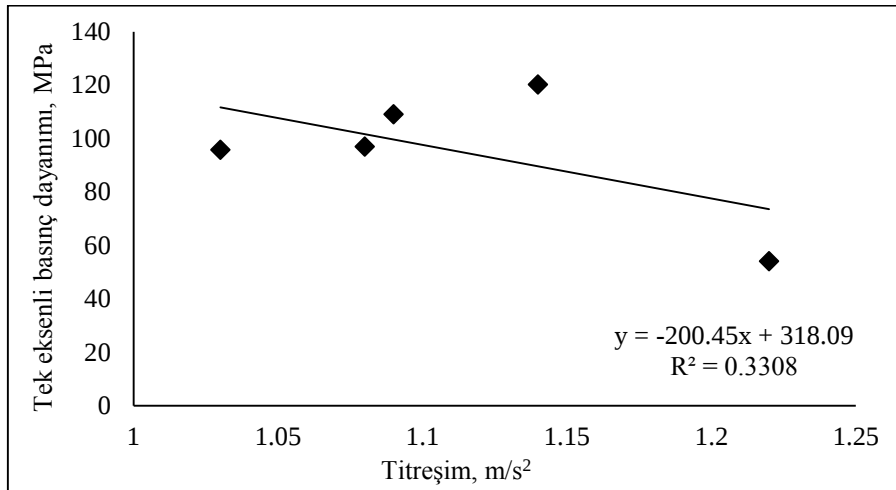
EK 1. (Devam) EKT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Ekskavatör operatörü EKT ve açık gözeneklilik deneyi ilişkisi.

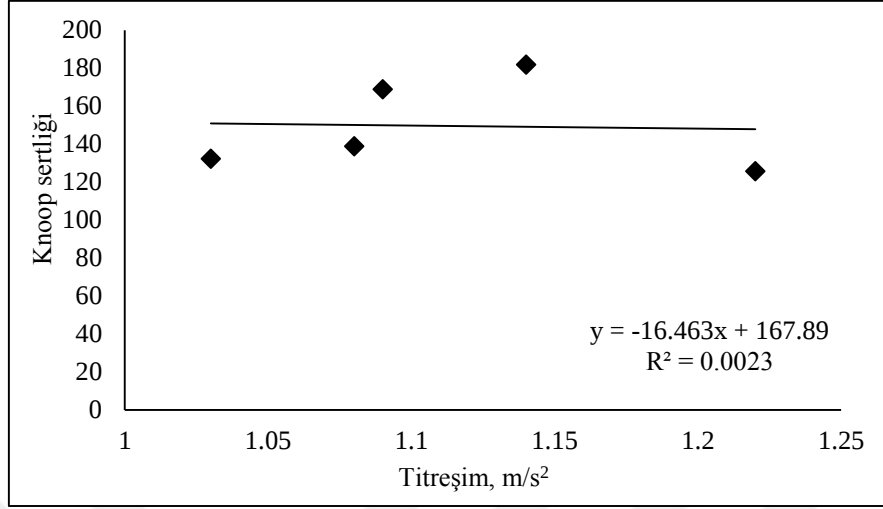


Ekskavatör operatörü EKT ve toplam gözeneklilik deneyi ilişkisi.

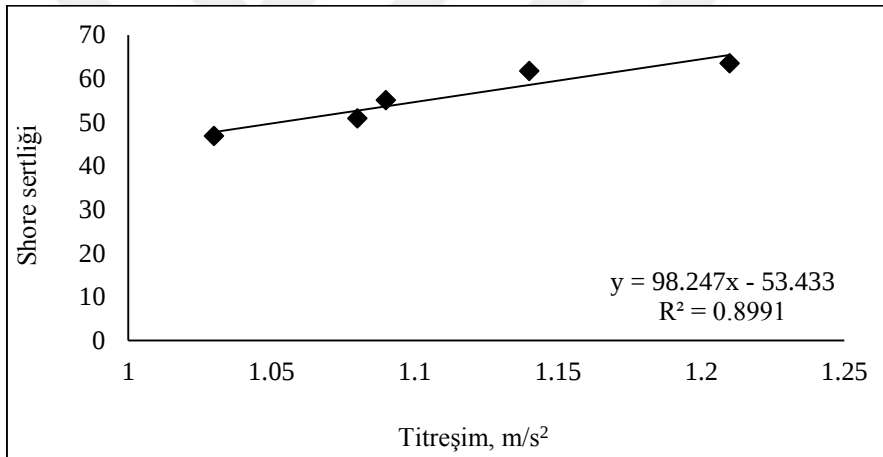


Kamyon operatörü EKT ve tek eksenli basınç deneyi ilişkisi.

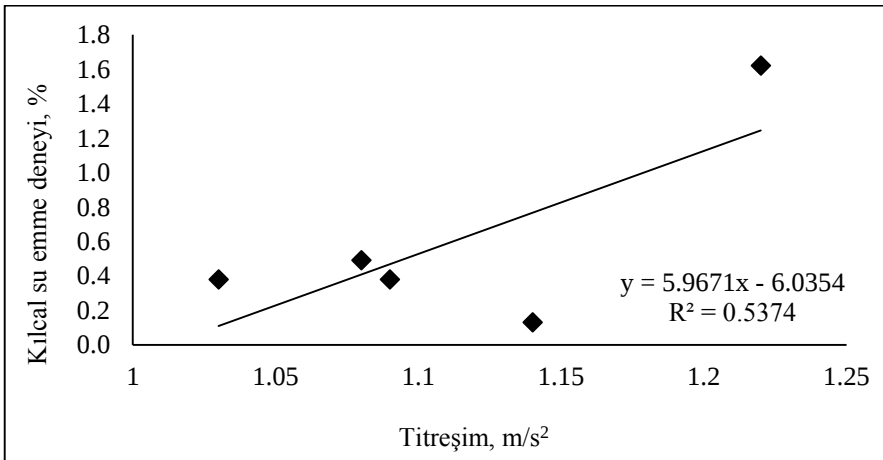
EK 1. (Devam) EKT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Kamyon operatörü EKT ve Knoop sertliği ilişkisi.

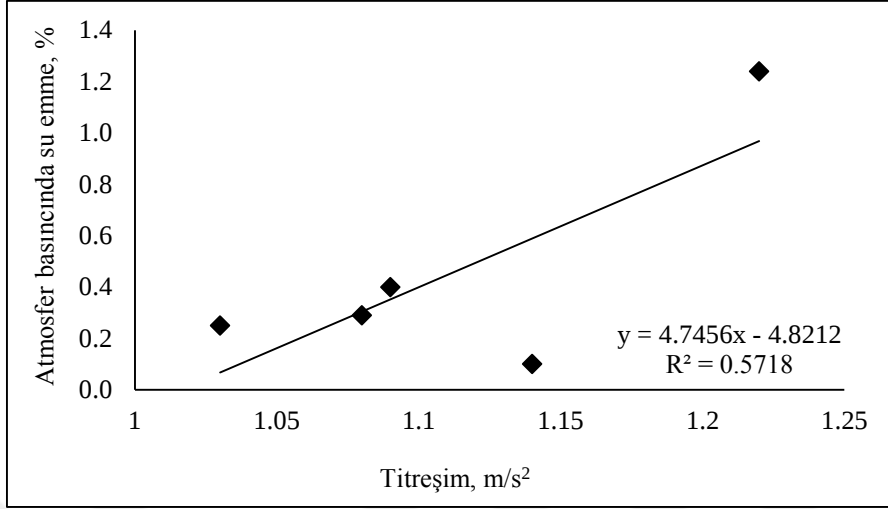


Kamyon operatörü EKT ve Shore sertliği ilişkisi.

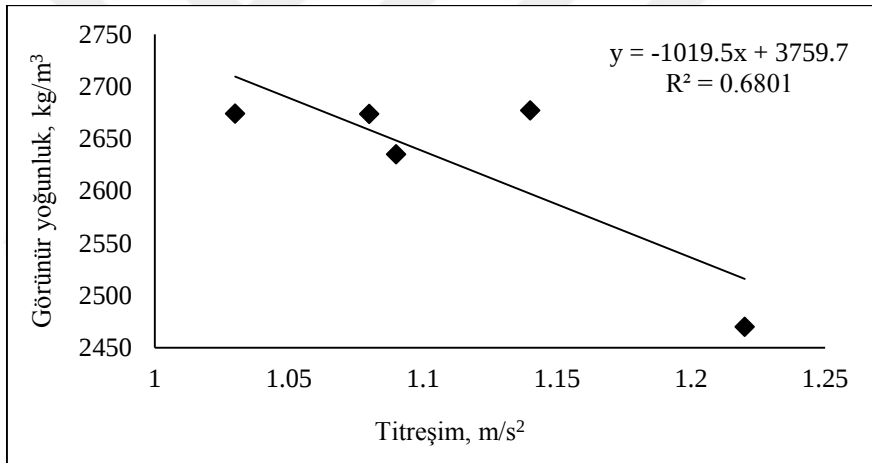


Kamyon operatörü EKT ve kılcal su emme deneyi ilişkisi.

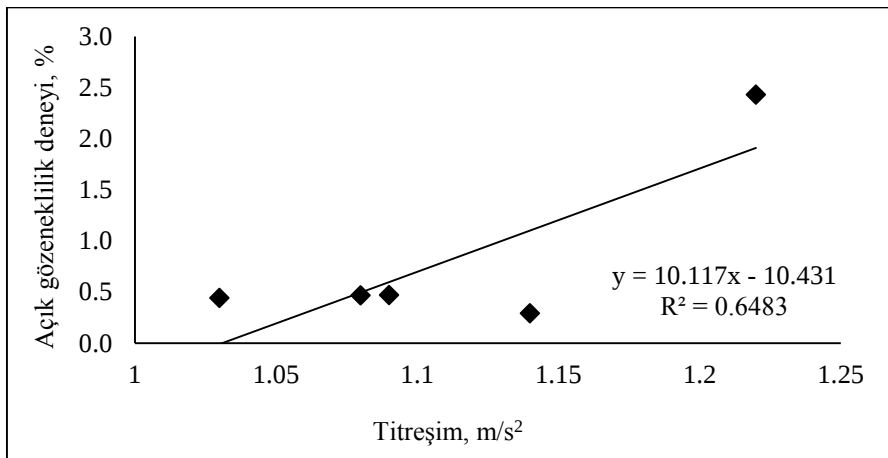
EK 1. (Devam) EKT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Kamyon operatörü EKT ve atmosfer basıncında su emme deneyi ilişkisi.

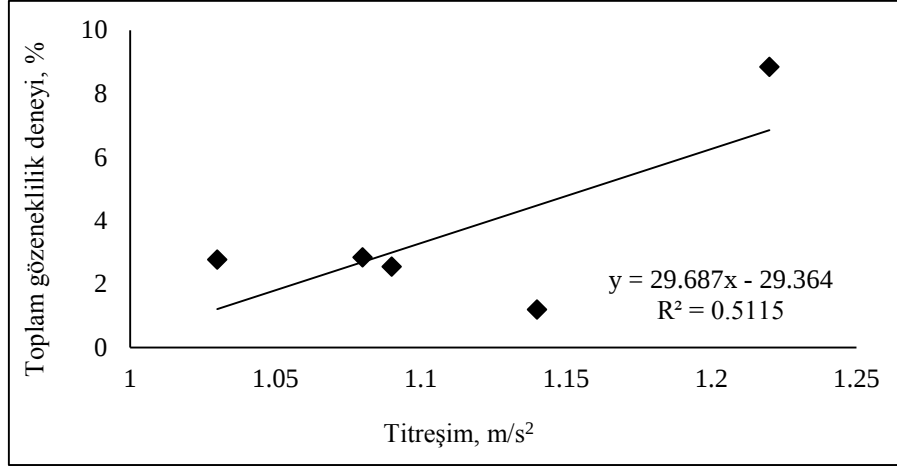


Kamyon operatörü EKT ve görünür yoğunluk deneyi ilişkisi.

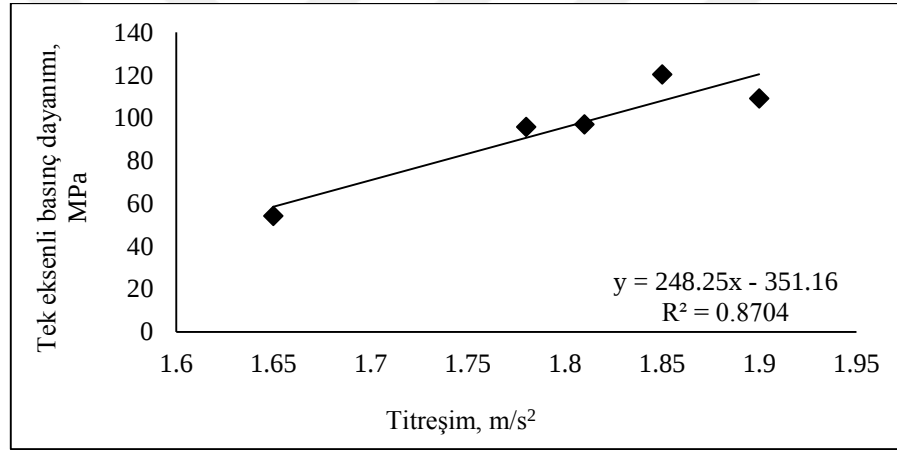


Kamyon operatörü EKT ve açık gözeneklilik deneyi ilişkisi.

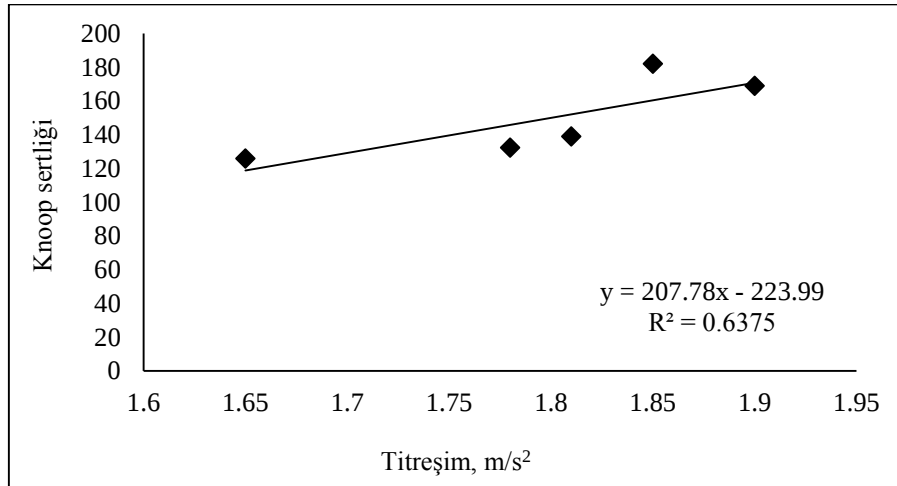
EK 1. (Devam) EKT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Kamyon operatörü EKT ve toplam gözeneklilik deneyi ilişkisi.

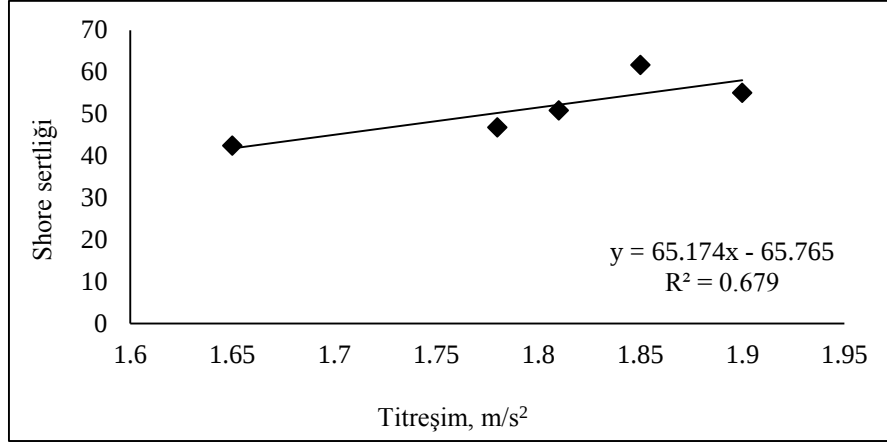


Yükleyici operatörü EKT ve tek eksenli basınç deneyi ilişkisi.

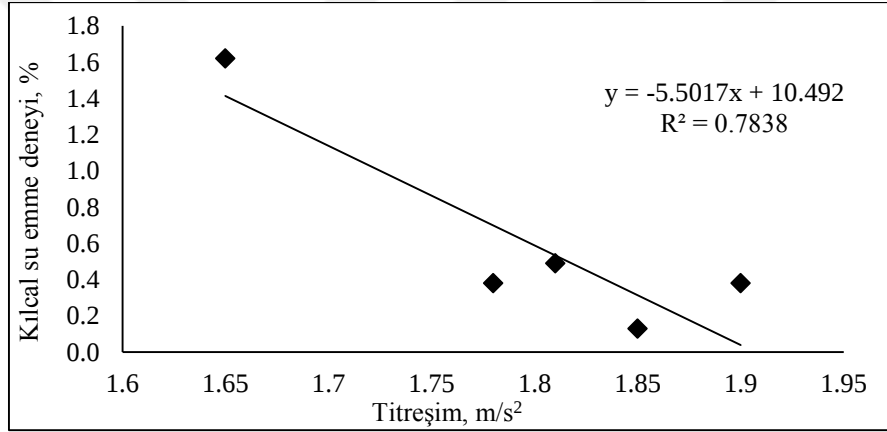


Yükleyici operatörü EKT ve Knoop sertliği deneyi ilişkisi.

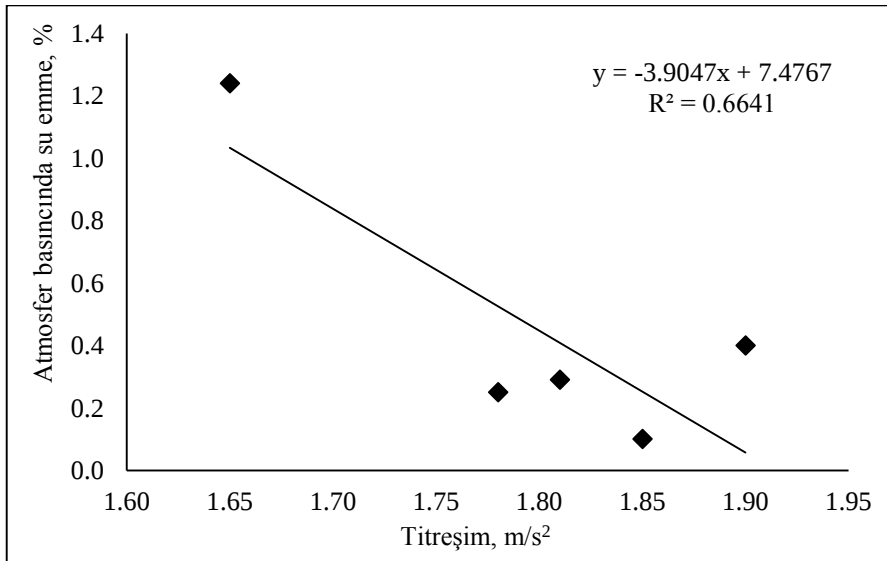
EK 1. (Devam) EKT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Yükleyici operatörü EKT ve Shore sertliği deneyi ilişkisi.

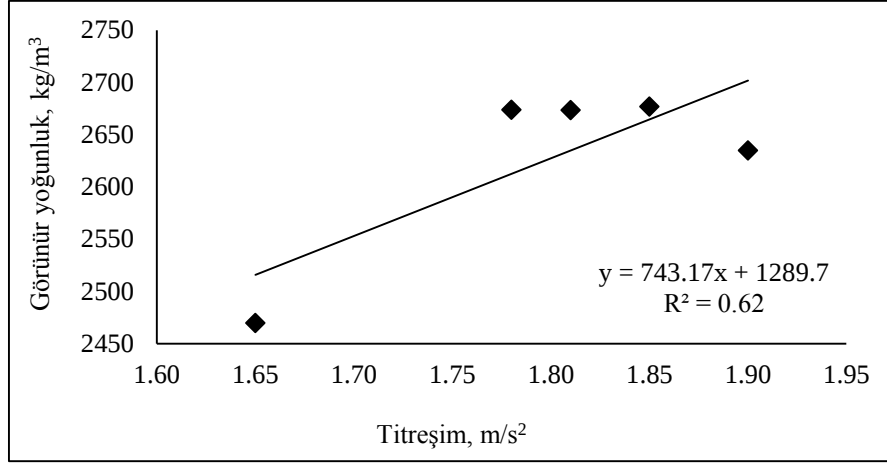


Yükleyici operatörü EKT ve kılcal su emme deneyi ilişkisi.

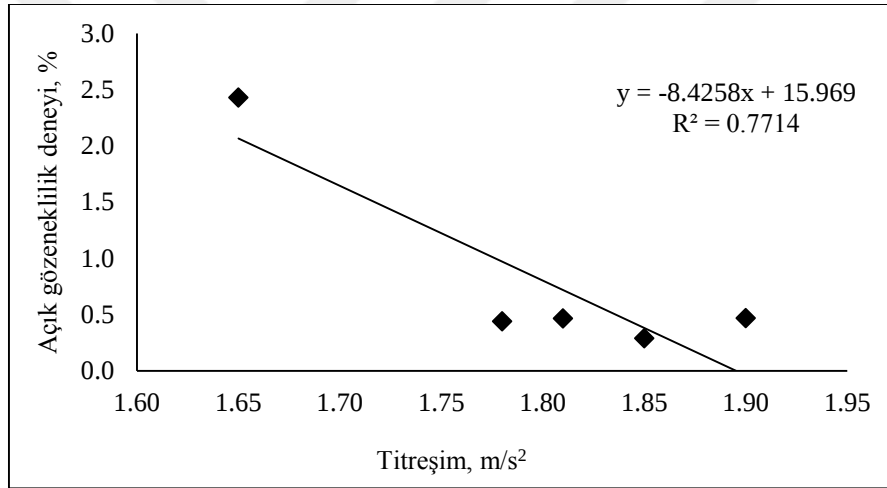


Yükleyici operatörü EKT ve atmosfer basıncında su emme deneyi ilişkisi.

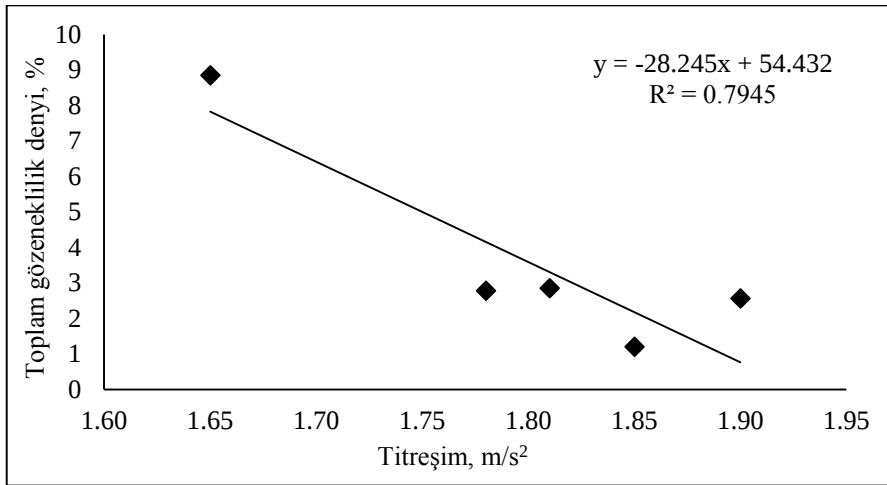
EK 1. (Devam) EKT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Yükleyici operatörü EKT ve görünür yoğunluk deneyi ilişkisi.

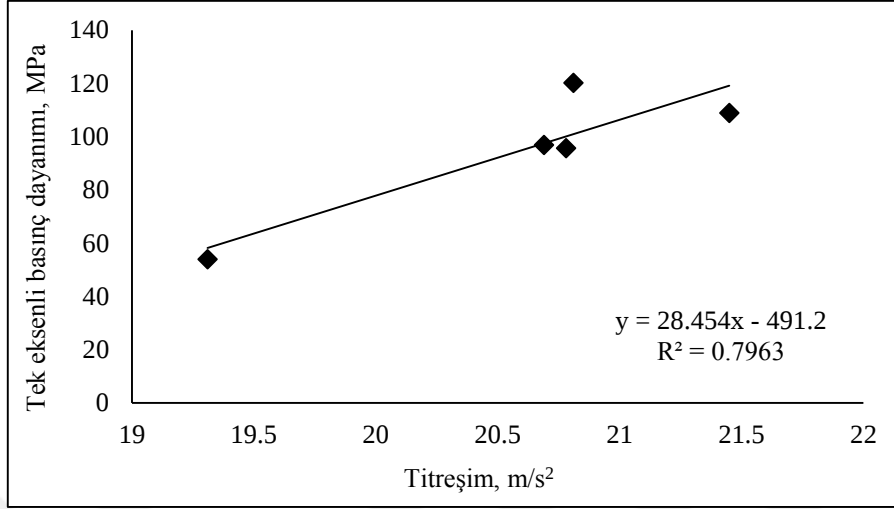


Yükleyici operatörü EKT ve açık gözeneklilik deneyi ilişkisi.

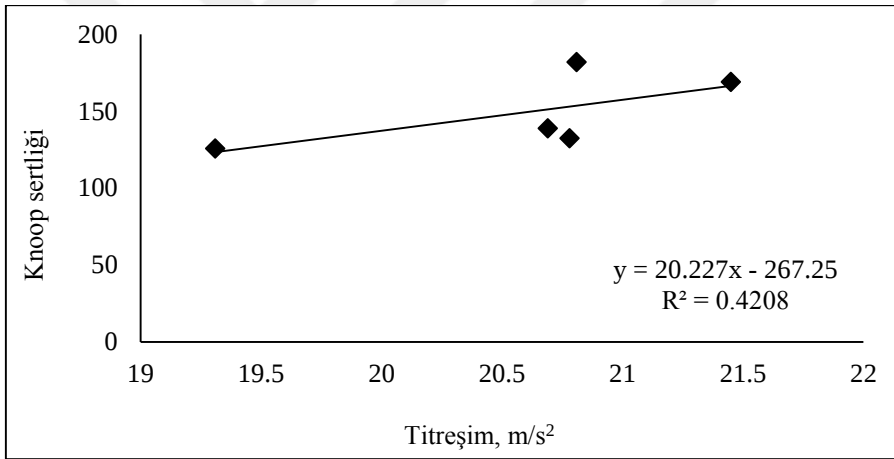


Yükleyici operatörü EKT ve toplam gözeneklilik deneyi ilişkisi.

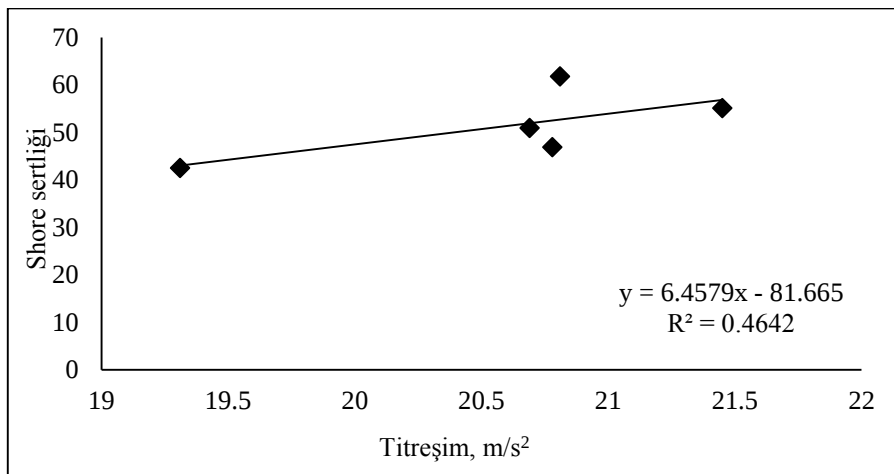
EK 1. (Devam) EKT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Martopikör operatörü EKT ve tek eksenli basınç deneyi ilişkisi.

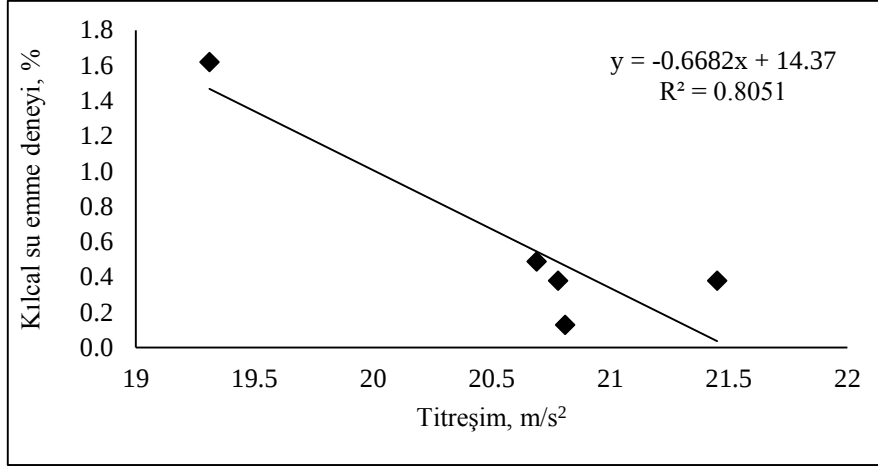


Martopikör operatörü EKT ve Knoop sertliği deneyi ilişkisi.

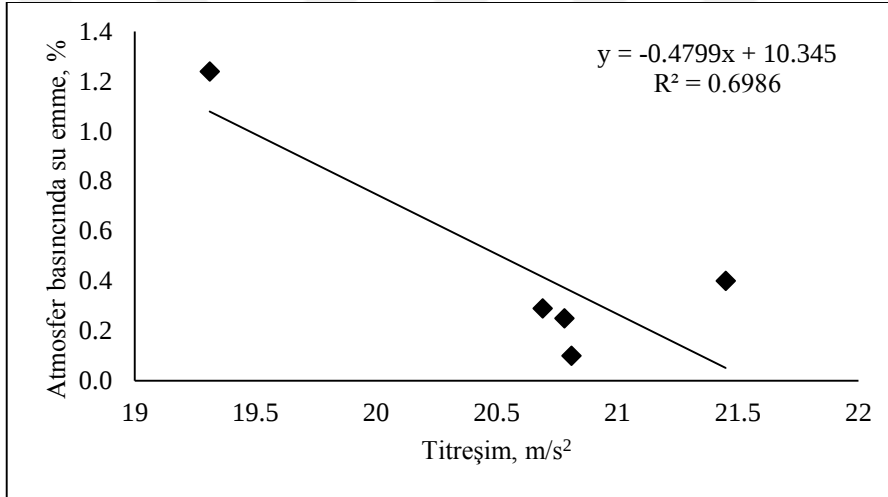


Martopikör operatörü EKT ve Shore sertliği deneyi ilişkisi.

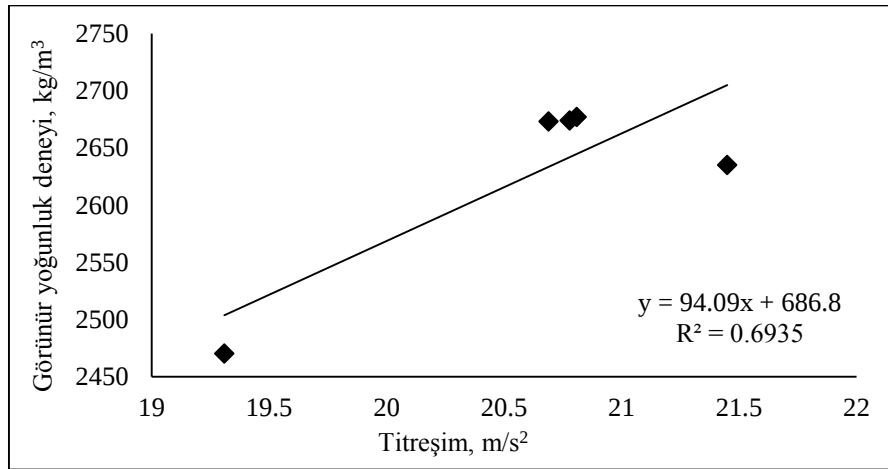
EK 1. (Devam) EKT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Martopikör operatörü EKT ve kılcal su emme deneyi ilişkisi.

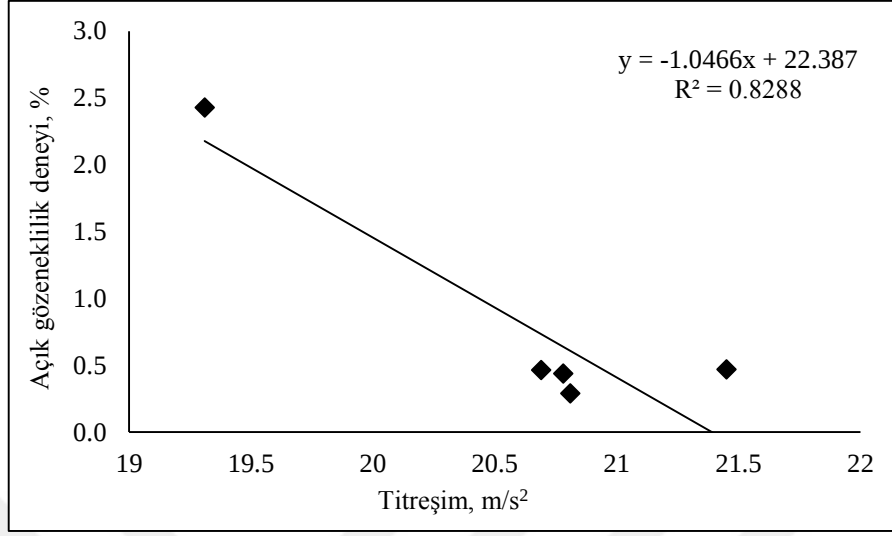


Martopikör operatörü EKT ve atmosfer basıncında su emme deneyi ilişkisi.

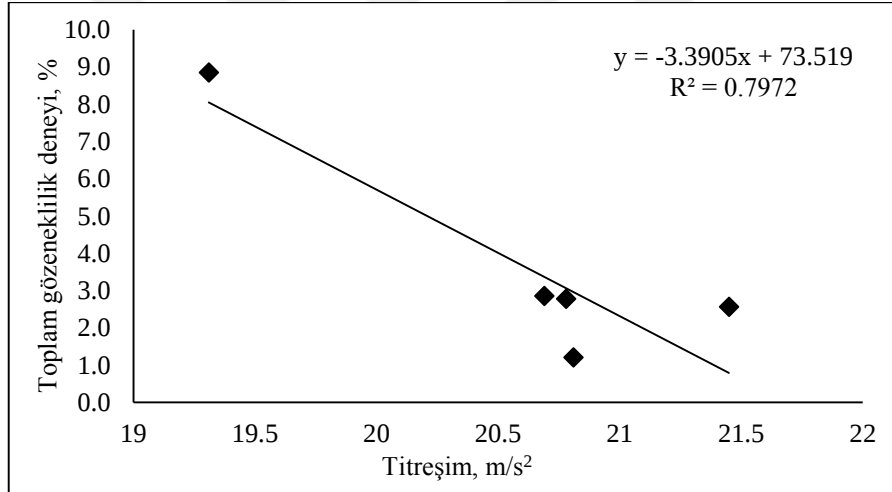


Martopikör operatörü EKT ve görünür yoğunluk deneyi ilişkisi.

EK 1. (Devam) EKT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi

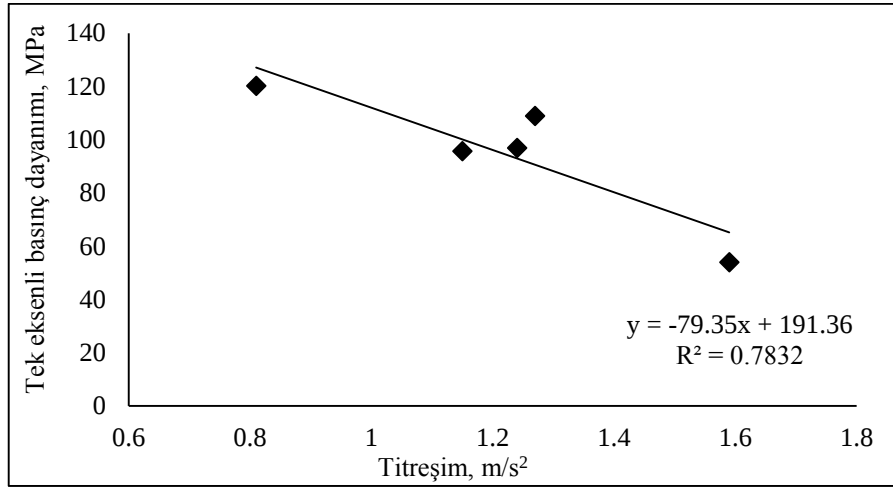


Martopikör operatörü EKT ve açık gözeneklilik deneyi ilişkisi.

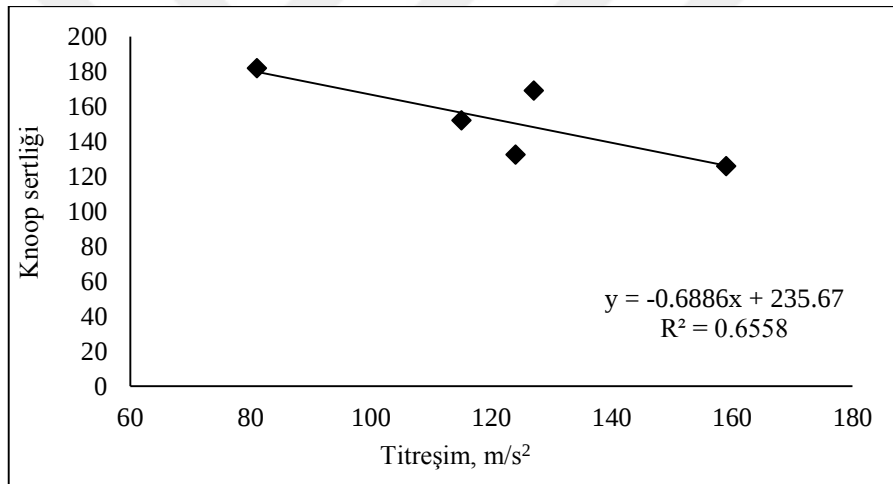


Martopikör operatörü EKT ve toplam gözeneklilik deneyi ilişkisi.

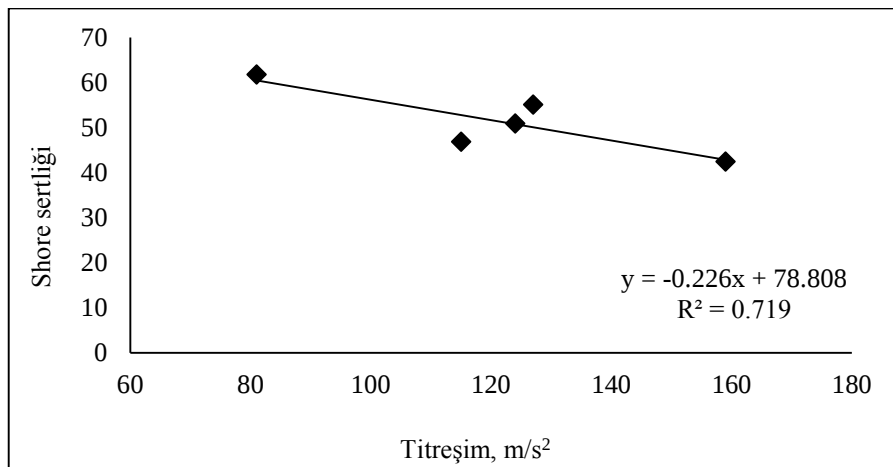
EK 2. TVT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Ekskavatör operatörü TVT ve tek eksenli basınç deneyi ilişkisi.

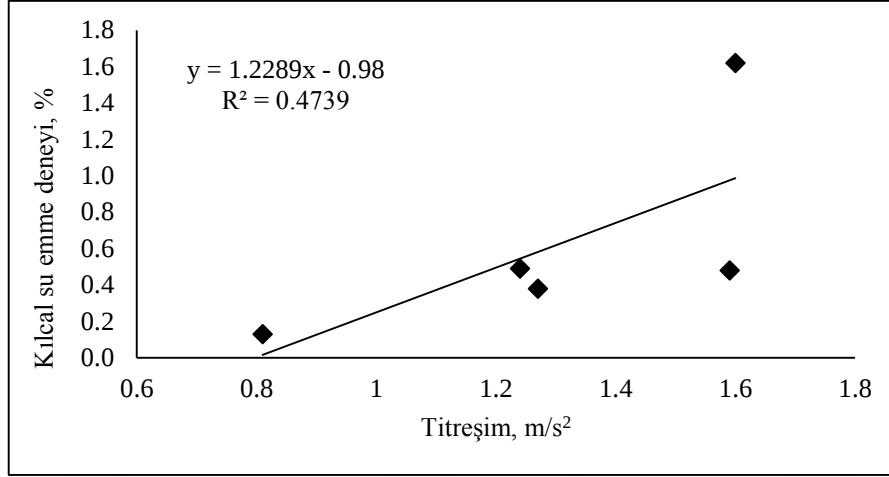


Ekskavatör operatörü TVT ve Knoop sertliği deneyi ilişkisi.

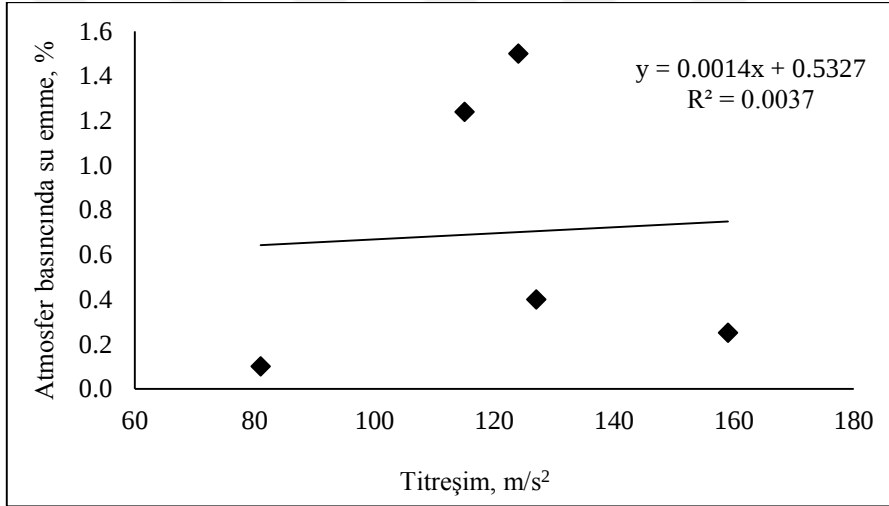


Ekskavatör operatörü TVT ve Shore sertliği deneyi ilişkisi.

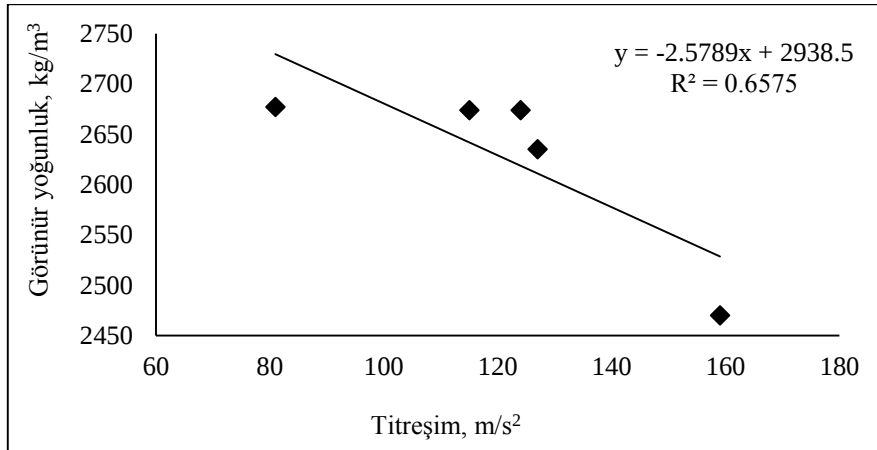
EK 2. (Devam) TVT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Ekskavatör operatörü TVT ve kılcal su emme deneyi ilişkisi.

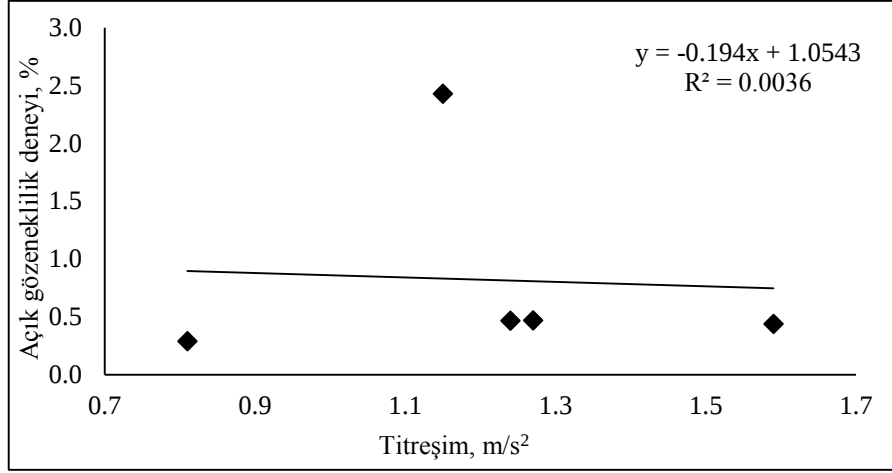


Ekskavatör operatörü TVT ve atmosfer basıncında su emme deneyi ilişkisi.

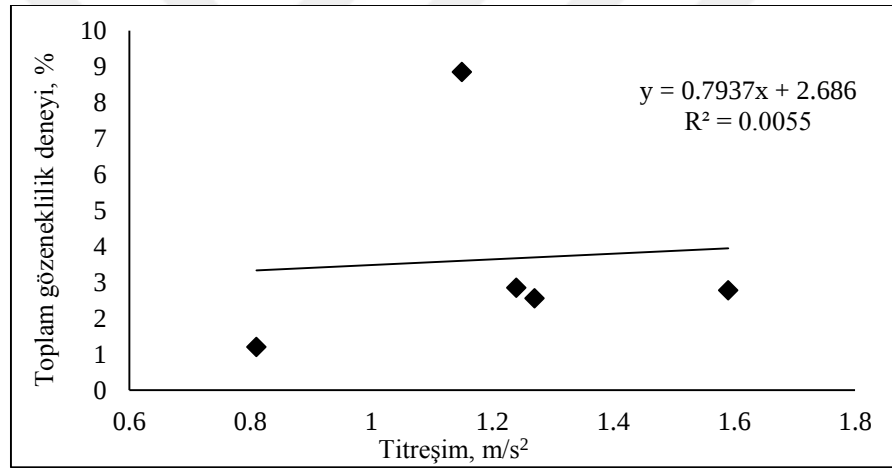


Ekskavatör operatörü TVT ve görünür yoğunluk deneyi ilişkisi.

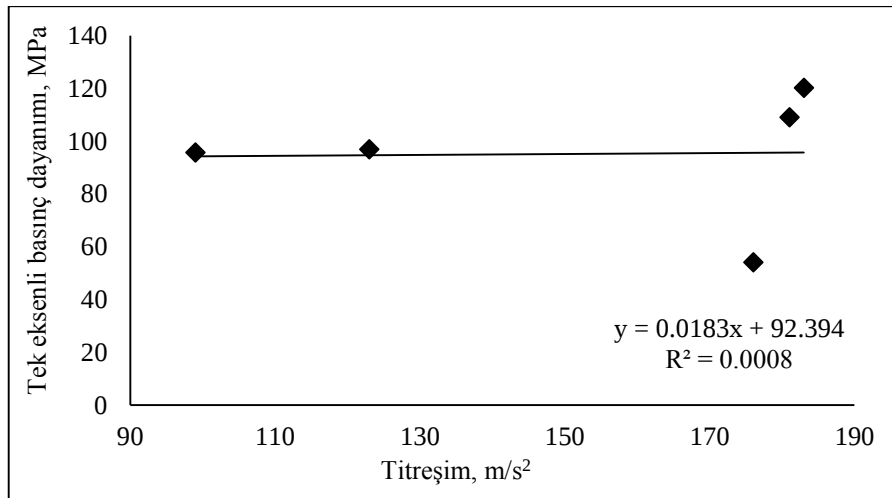
EK 2. (Devam) TVT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Ekskavatör operatörü TVT ve açık gözeneklilik deneyi ilişkisi.

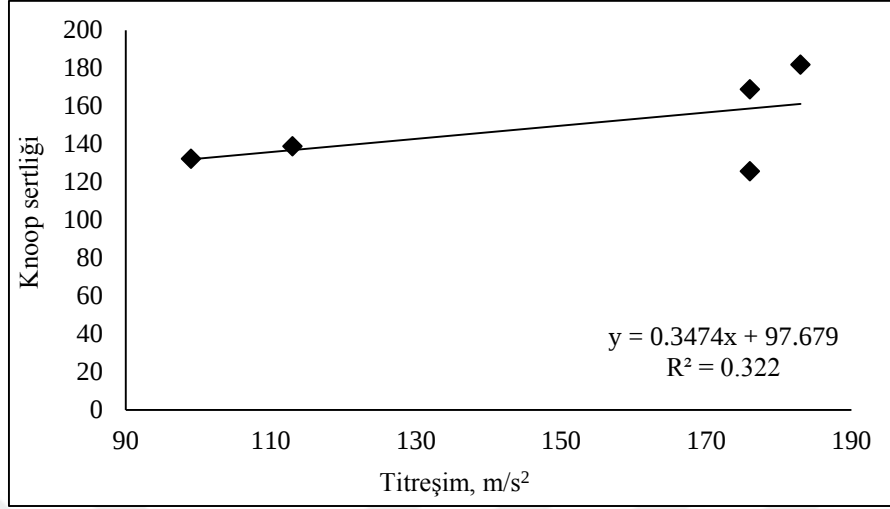


Ekskavatör operatörü TVT ve toplam gözeneklilik deneyi ilişkisi.

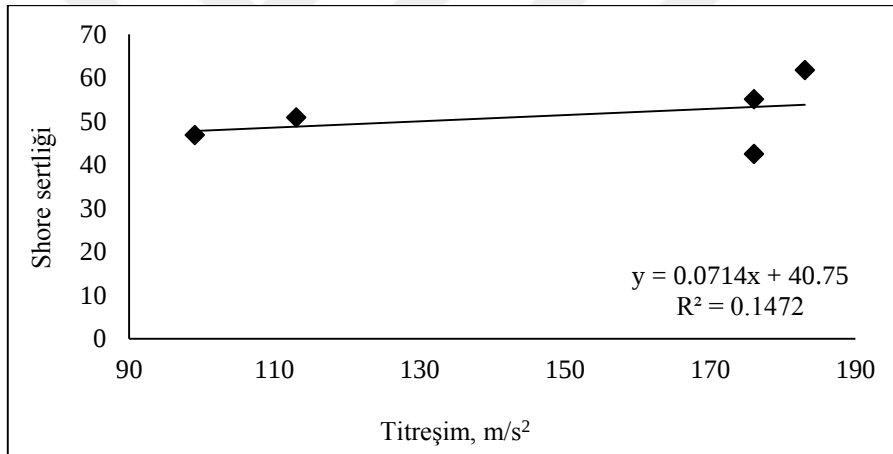


Kamyon operatörü TVT ve tek eksenli basınç deneyi ilişkisi.

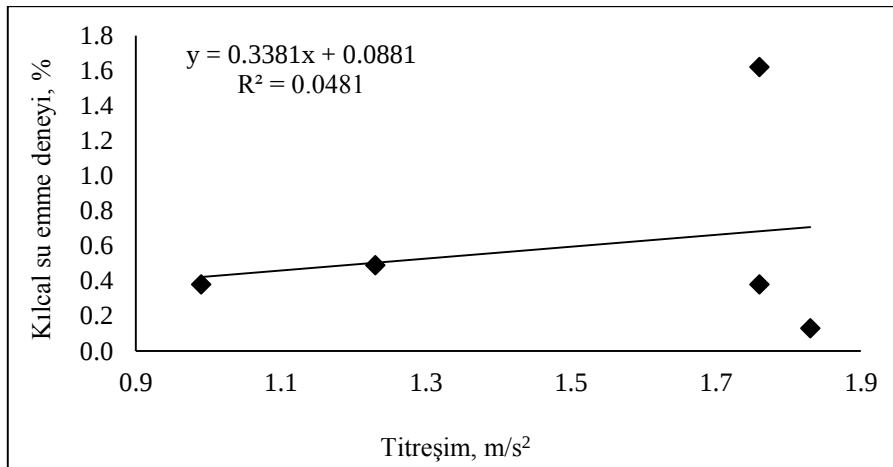
EK 2. (Devam) TVT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Kamyon operatörü TVT ve Knoop sertliği deneyi ilişkisi.

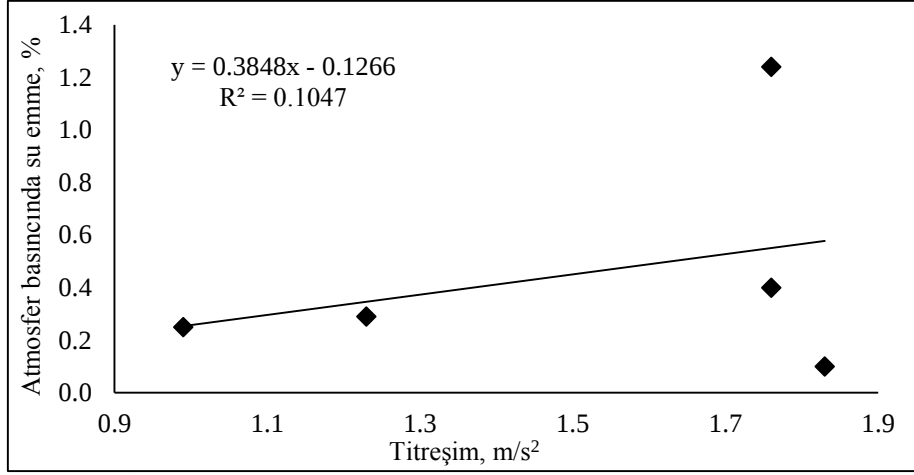


Kamyon operatörü TVT ve Shore sertliği deneyi ilişkisi.

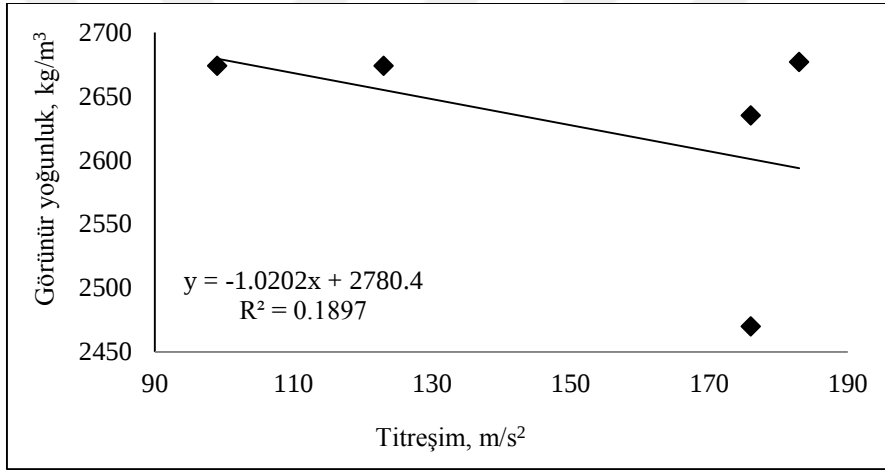


Kamyon operatörü TVT ve kılcal su emme deneyi ilişkisi.

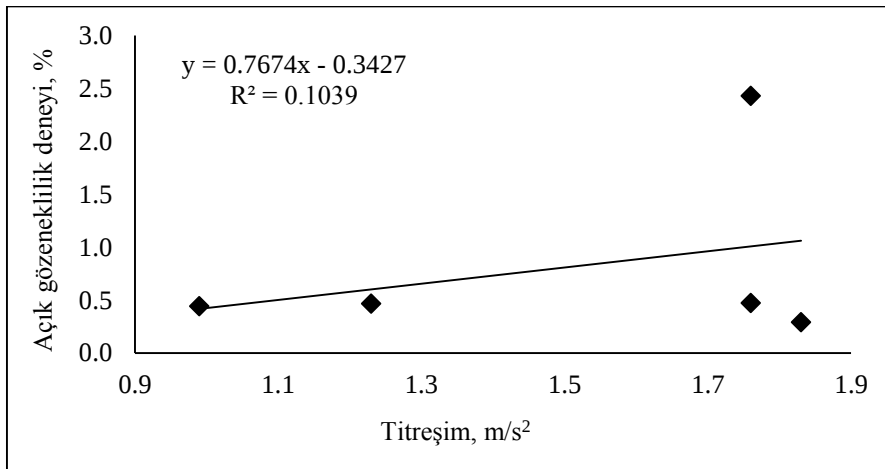
EK 2. (Devam) TVT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Kamyon operatörü TVT ve atmosfer basıncında su emme deneyi ilişkisi.

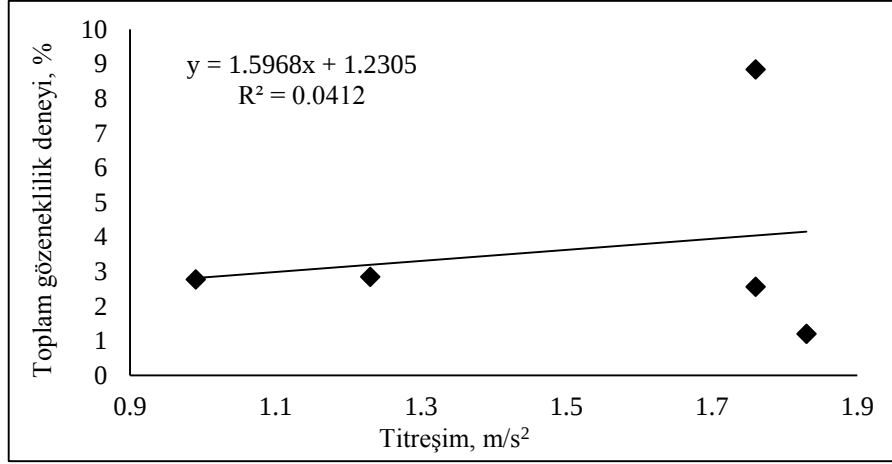


Kamyon operatörü TVT ve görünür yoğunluk deneyi ilişkisi.

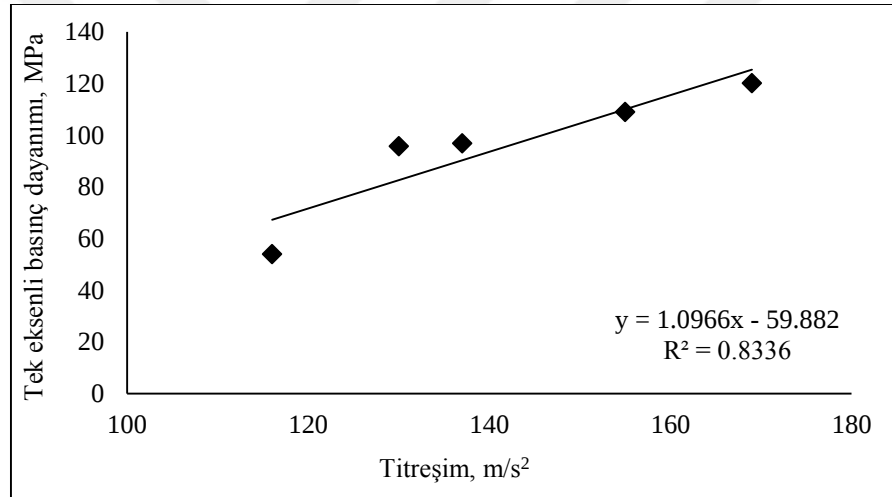


Kamyon operatörü TVT ve açık gözeneklilik deneyi ilişkisi.

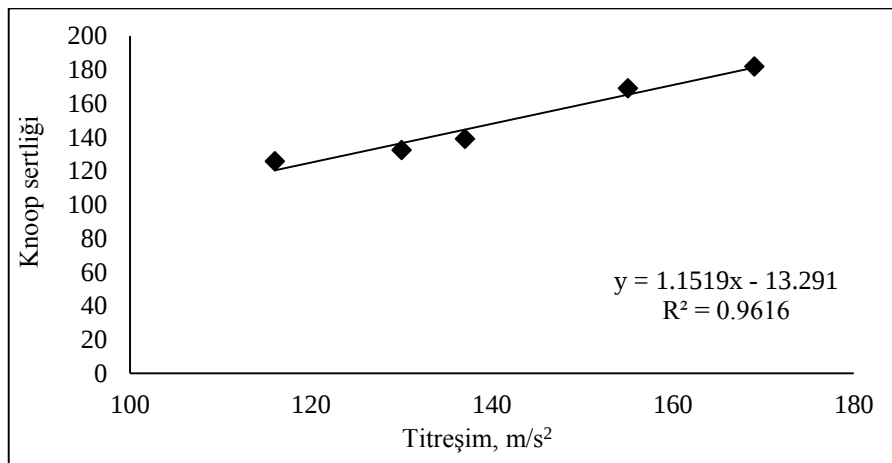
EK 2. (Devam) TVT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Kamyon operatörü TVT ve toplam gözeneklilik deneyi ilişkisi.

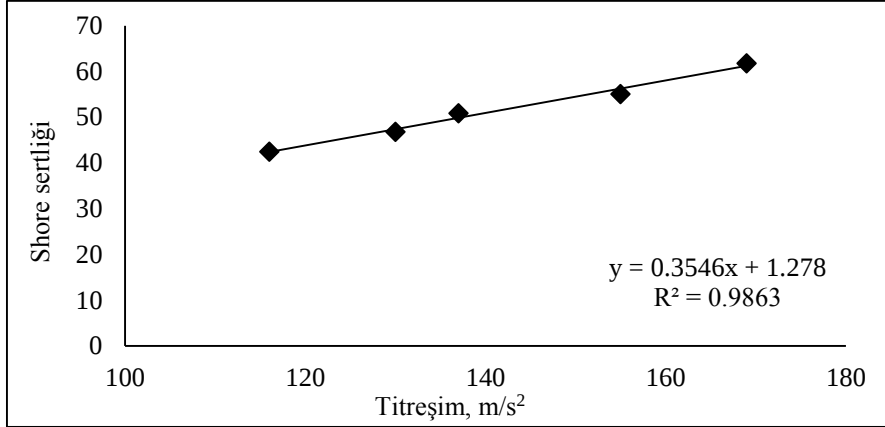


Yükleyici operatörü TVT ve tek eksenli basınç deneyi ilişkisi.

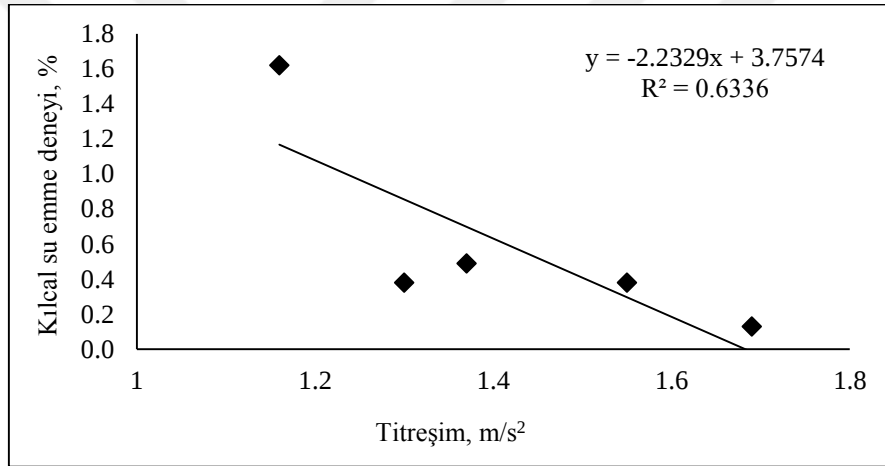


Yükleyici operatörü TVT ve Knoop sertliği deneyi ilişkisi.

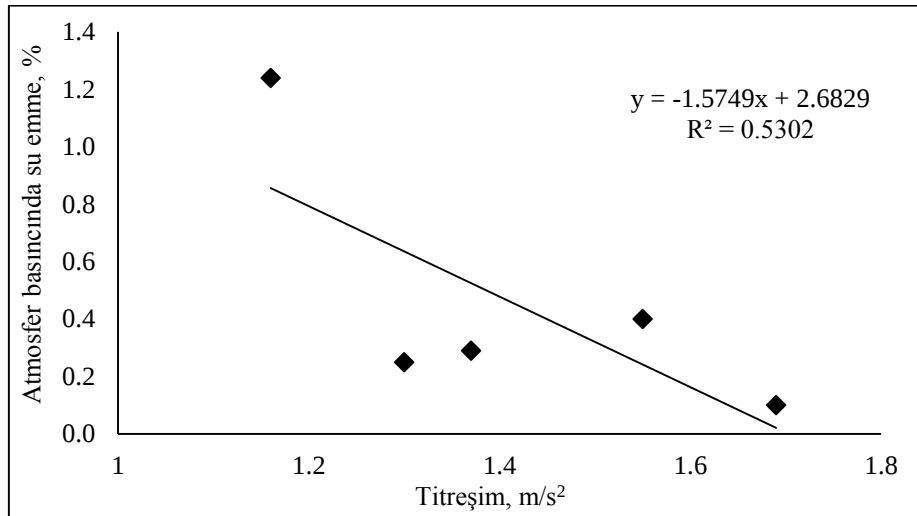
EK 2. (Devam) TVT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Yükleyici operatörü TVT ve Shore sertliği deneyi ilişkisi.

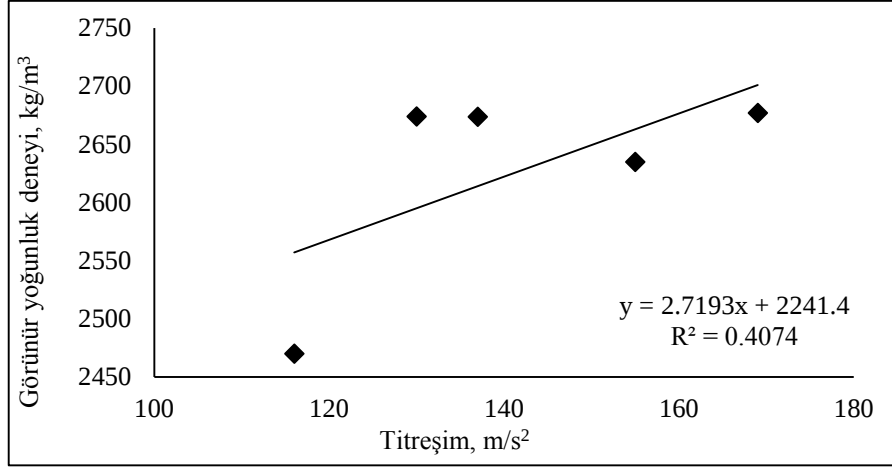


Yükleyici operatörü TVT ve kılcal su emme deneyi ilişkisi.

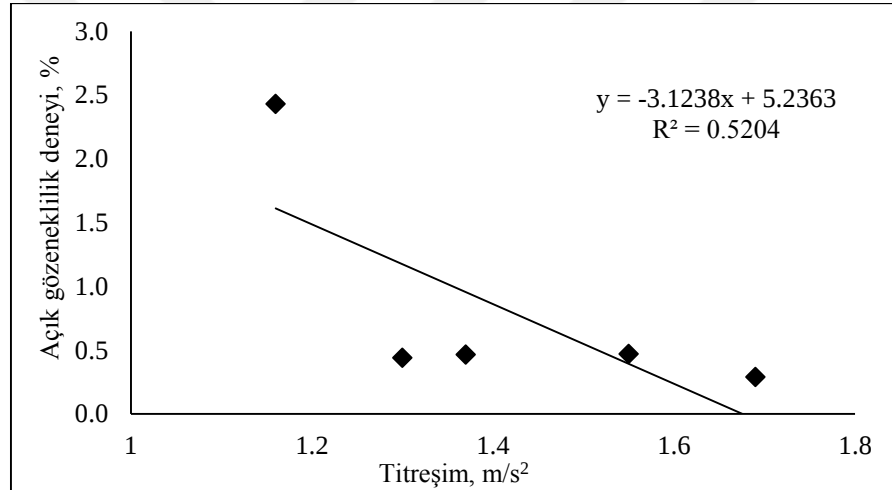


Yükleyici operatörü TVT ve atmosfer basıncında su emme deneyi ilişkisi.

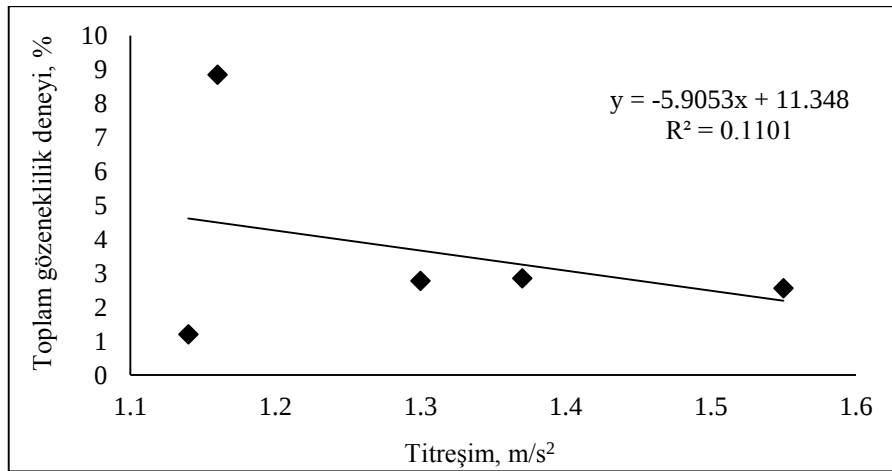
EK 2. (Devam) TVT maruziyeti ile doğaltaşların fiziko-mekanik deneyler ile ilişkisi



Yükleyici operatörü TVT ve görünür yoğunluk deneyi ilişkisi.



Yükleyici operatörü TVT ve açık gözeneklilik deneyi ilişkisi.



Yükleyici operatörü TVT ve toplam gözeneklilik deneyi ilişkisi.