

**TARIM TRAKTÖRLERİ SÜRÜCÜ KOLTUĞU
ÜZERİNDE KULLANILAN MİNDERLERİN
TİTREŞİM ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Musa MARUL

DANIŞMAN

Doç.Dr. Abdurrahman KARABULUT

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Şubat, 2012

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TARIM TRAKTÖRLERİ SÜRÜCÜ KOLTUĞU ÜZERİNDE KULLANILAN
MİNDERLERİN TİTREŞİM ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Musa MARUL

DANIŞMAN

Doç.Dr. Abdurrahman KARABULUT

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Şubat, 2012

TEZ ONAY SAYFASI

Musa Marul tarafından hazırlanan “**Tarım traktörleri sürücü koltuğu üzerinde kullanılan minderlerin titreşim etkisinin incelenmesi**” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 29/02/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy-çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç.Dr. Abdurrahman KARABULUT

İmza

Başkan : Doç.Dr. Yılmaz İÇAĞA

Üye : Doç.Dr. Abdurrahman KARABULUT

Üye : Yrd.Doç.Dr.Said Mahmut ÇINAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

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

- 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.

29/02/2012

İmza

Musa MARUL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TARIM TRAKTÖRLERİ SÜRÜCÜ KOLTUĞU ÜZERİNDE KULLANILAN MİNDERLERİN TİTREŞİM ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Musa MARUL

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Abdurrahman KARABULUT

Bu çalışmada, traktör sürücü koltukları üzerinde oluşan titreşimler deneysel metotla ölçülmüştür. Traktörün arazide çalışması sırasında gerçek sürücü kullanılarak titreşim büyüklükleri ölçülmüştür. Çalışmada oturak üzerinde üç farklı malzemeden yapılmış minder kullanılmıştır. Mindersiz durumla birlikte dört farklı titreşim değerleri alınmıştır. Kullanılan minderler yün, sünger ve pamuktur. Titreşim değerleri HVM100 cihazı ile her minder için farklı arazi şartlarında 60 saniye süre ile kaydedilmiş daha sonra bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Blaze programı ile elde edilen veriler üzerinden yer değiştirme ve ivme grafikleri oluşturulmuştur. Grafiklerin anlaşılması için istatistiksel metotlardan standart sapma, varyasyon katsayısı ve aritmetik ortalama kullanılarak titreşim büyüklüğü hakkında bilgilere ulaşılmıştır. Titreşim yalıtımında, yün, pamuk, sünger ve mindersiz şeklinde bir sıralama meydana gelmiştir. Mindersiz sürücü oturağı ise mindere göre daha zayıf bir yalıtıma sahiptir. Deney sonucunda elde edilen veri değerleri ISO 2631 standardının belirttiği aralıkta çıkmıştır. Ayrıca yer değiştirme grafiklerinden sürücü koltuğunun mekanizmasında hareket sırasında bir sürtünmenin olduğu görülmüştür.

Şubat 2012, ix +79 sayfa

Anahtar Kelime: Sürücü koltuğu, Titreşim, Sürücü koltuğu yalıtımı, Minderin yalıtıma etkisi.

ABSTRACT

M.Sc Thesis

THE DETERMINATION OF THE MATS USED IN DRIVER'S SEAT VIBRATION EFFECTS ON AGRICULTURAL TRACTORS

Musa MARUL

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdurrahman KARABULUT

In this study, vibrations that occurred on the tractor driver's seat have been measured by experimental method. While driving the tractor on the land, the degree of vibration has been measured with a real driver. In the study, three cushions made by different materials have been used on the seat. Together with the no cushion condition, four different values have been taken. The cushions are made of wool, sponge and cotton. With HVM100 device, vibration values were recorded for each cushion in a period of 60 seconds on different terrain conditions and then, recorded values were transferred to computer. Those information were transformed into graphic with Blaze software program. Displacement and acceleration graphs were obtained. By using standard deviation, coefficient of variation and arithmetic average methods, information about the degree of vibration were reached to interpret the graphs. In vibration insulation, there appeared a range of wool, cotton, sponge and the no cushion condition. The driver seat with no cushion has a weaker insulation when compared with the driver seats with cushion. Data obtained from experiments are suitable for ISO 2631 standard and scientific studies. In addition, friction was observed on the mechanism of driver seat during the movement.

February 2012, ix +79 pages

Key words: Driver's seat, Vibration, The driver's seat insulation, Effect of the cushion to insulation.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőmesinde, çalışmanın her basamağında yakın ilgi ve önerileriyle beni yönlendiren, danıőmanım sayın Doç.Dr. Abdurrahman KARABULUT'a, deney sonuçlarının istatistiksel analizini yapmamda bana her türlü destek ve yardımı sağlayan Doç.Dr. Yılmaz İÇAĞA, DTA Mühendislik Őirketine, her konuda öneri ve eleőtirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaőlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Musa MARUL
AFYONKARAHİSAR, 2012

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	5
3. METARYAL ve METOD.....	17
3.1 Deney Düzeneği Elemanları.....	17
3.1.1 HVM100 Titreşim Ölçüm Cihazı.....	18
3.1.2 Ped İvmeölçer.....	22
3.1.3 Bağlantı Elemanları	23
3.1.4 BLAZE Yazılım Programı	24
3.1.5 Traktör Sürücü Koltuğu.....	25
3.2 Kullanılan Minderlerin Özellikleri.....	29
3.2.1 Yün	30
3.2.2 Pamuk	33
3.2.3 Sünger.....	33
3.3 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel Yöntemler.....	34
3.3.1 İvme Değerinin (rms) Belirlenmesi.....	34
3.3.2 Standart Sapma.....	39
3.3.3 Varyasyon Katsayısı	40
4. BULGULAR	41
4.1 Sürücü Koltuğu Yer Değişimi Matematiksel Hesaplamalar.....	41
4.1.1 Mindersiz Koltuk İçin Nümerik Değerler	41
4.1.2 Yün Minder İçin Nümerik Değerler	44
4.1.3 Pamuk minder için nümerik değerler	45
4.1.4 Sünger minder için nümerik değerler	46
4.2 Sürücü Koltuğu İvme Değişimi Matematiksel Hesaplamalar.....	47
4.2.1 Mindersiz Koltuğun Nümerik Hesaplamaları	47
4.2.2 Yün Minderin Nümerik Hesaplamaları	49
4.2.3 Pamuk Minderin Nümerik Hesaplamaları.....	51

4.2.4	Sünger Minderin Nümerik Hesaplamaları.....	52
4.3	Traktör Sürücü Koltuğu Yer Değişimi.....	54
4.3.1	Mindersiz ve Yün Minder Yer Değişimi.....	56
4.3.2	Mindersiz ve Pamuk Minder Yer Değişimi.....	58
4.3.3	Mindersiz ve Sünger Minder Yer Değişimi	59
4.3.4	Yün ve Pamuk Minder Yer Değişimi	60
4.3.5	Yün ve Sünger Minder Yer Değişimi.....	61
4.3.6	Sünger ve Pamuk Minder Yer Değişimi	62
4.4	Traktör Sürücü Koltuğu İvme Değişimi.....	63
4.4.1	Mindersiz ve Yün Minder İvme Değişimi.....	65
4.4.2	Mindersiz ve Pamuk Minder İvme Değişimi	66
4.4.3	Mindersiz ve Sünger Minder İvme Değişimi	68
4.4.4	Yün ve Pamuk Minder İvme Değişimi.....	69
4.4.5	Yün ve Sünger Minder İvme Değişimi	70
4.4.6	Sünger ve Pamuk Minder İvme Değişimi	71
5.	SONUÇLAR	73
6.	KAYNAKLAR.....	76
7.	ÖZGEÇMİŞ	79

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

R	Risk Faktörü
x_{ort}	Titreşim niceliğinin mutlak ortalaması
x_{rms}	Titreşim niceliğinin kareler ortalamasının karekökü
T	Periyot
a	İvme
t	Süre
a_w	Frekans ağırlıklı ivme
n	Veri sayısı
\bar{x}	Aritmetik ortalama
x	Yer değiştirme
dB	Desibel

Kısaltmalar

ISO	International Organization for Standardization
EWG	Direkts Weiterleitung
HGCZ	Health Guidance Caution Zone
VDV	Vibration Does Value
RMS	Root mean square
HVM	Human Vibration Mater
LCD	Liquid Crystal Display
RTS	Request To Send
CTS	Clear To Send
TXD	Transmit Data
RXD	Receive Data
NC	No Connection
ANSI	American National Standards Institute
Sed	Daily equivalent static compressive dose

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2. 1 İnsan vücudunun doğal frekansları	6
Şekil 2. 2 Aktif süspansiyonlu John Deere Active Seat şeması	8
Şekil 2. 3 Otobüslerde dümenleme simidinde ve koltukta titreşim ivmesi ölçümlerinde kullanılan ivme algılayıcıları	10
Şekil 3. 1 HVM100 cihazı bağlantısı	18
Şekil 3. 2 HVM100 cihazı	20
Şekil 3. 3 Oturak ped ivmeölçer	23
Şekil 3. 4 Kablo çeşitleri	24
Şekil 3. 5 Blaze ara yüzü	25
Şekil 3. 6 Vücudun maruz kaldığı titreşim yönleri	26
Şekil 3. 7 Traktör sürücü koltuğu ölçüleri.....	27
Şekil 3. 8 Traktör sürücü koltuğu titreşim yalıtım sisteminin perspektif görünüşü	28
Şekil 3. 9 Traktör sürücü koltuğu titreşim yalıtım sistemi	29
Şekil 3. 10 Deneyde kullanılan minderler	30
Şekil 3. 11 Bir merinos yün lifinin mikroskop altındaki görüntüsü.....	31
Şekil 3. 12 Bir yün lifinin enine ve boyuna kesitinin şematik gösterimi	31
Şekil 3. 13 Mekanik titreşimlerde temel büyüklükler	35
Şekil 3. 14 Sağlık için riskli bölgeler	38
Şekil 4. 1 Sürücü koltuğunun yer değiştirmelerinin ortalamaları, standart sapması ve varyasyon katsayıları değişimleri.	55
Şekil 4. 2 Mindersiz ve yün minder düşey yer değişim grafiği.....	57
Şekil 4. 3 Mindersiz ve pamuk minder düşey yer değişim grafiği.....	59
Şekil 4. 4 Mindersiz ve sünger minder düşey yer değişim grafiği	60
Şekil 4. 5 Pamuk ve yün minder yer değiştirme grafiği	61
Şekil 4. 6 Yün ve sünger minder yer değiştirme grafiği	62
Şekil 4. 7 Sünger ve pamuk minder yer değiştirme grafiği.....	63
Şekil 4. 8 Sürücü koltuğunun ivme ortalamaları, standart sapması ve varyasyon katsayısı değerleri.	64
Şekil 4. 9 Mindersiz ve yün minder ivme zaman grafiği	66
Şekil 4. 10 Mindersiz ve pamuk minder ivme zaman grafiği	67

Şekil 4. 11 Mindersiz ve sünger minder ivme zaman grafiği.....	69
Şekil 4. 12 Yün ve pamuk minder ivme zaman grafiği.....	70
Şekil 4. 13 Yün ve sünger minder ivme zaman grafiği	71
Şekil 4. 14 Sünger ve pamuk minder ivme zaman grafiği	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1 Yün lifinin fiziksel özellikleri	32
Çizelge 3. 2 Pazmuk lifinin fiziksel yapısının şematik gösterimi	33
Çizelge 4. 1 Mindersiz koltuğun zamana göre genliği	41
Çizelge 4. 2 Yün minderin zamana bağlı genliği	44
Çizelge 4. 3 Pamuk minderin zamana bağlı genliği	45
Çizelge 4. 4 Sünger minderin zamana bağlı genliği.....	46
Çizelge 4. 5 Mindersiz koltuğun zamana bağlı ivme değişimi	47
Çizelge 4. 6 Yün minderli koltuğun zamana bağlı ivme değişimi	50
Çizelge 4. 7 Pamuk minderli koltuğun zamana bağlı ivme değişimi	51
Çizelge 4. 8 Sünger minderli koltuğun zamana bağlı ivme değişimi.....	53
Çizelge 4. 9 Sürücü koltuğunun yer değiştirmelerin ortalamaları, standart sapması ve varyasyon kat sayısı değerleri.....	56
Çizelge 4. 10 Sürücü koltuğunun ivme ortalamaları, standart sapması ve varyasyon kat sayısı değerleri	65

1. GİRİŞ

Taşıtların tarihi gelişimine bakıldığında, dinamik davranışlar açısından rijit tekerlekli arabaları ile dikkati çekmişlerdir. Zaman içerisinde, yolcu konforunun önem kazanması ve taşınan yükün hasar görmemesi için tekerlekler kauçukla kaplanmış ve ani darbeleri yumuşatmak amacıyla taşıt gövdesi elastik elemanlarla teker aksamına bağlanmıştır. Sürücü koltukları doğrudan araç kabineye bağlanıyordu. Gelişen bilgi ve tecrübeler sayesinde sürücü koltukları titreşim yalıtım sistemi üzerine bağlanmıştır. Bu sistemler sayesinde ani darbeler önlenmeye çalışılmış fakat sistemin elastikliği arttığı için titreşimler önlenememiştir.

Ağır iş makineleri, kamyon, traktör vb. ticari araçlarda sürücünün karşılaştığı en önemli problemlerden bazıları yol pürüzlüğü, döner elemanların dengesizliği, aracın yaptığı iş vb. nedenlerden dolayı oluşan düşük frekanslı titreşimlerdir. Sürücünün tüm vücuduna etkiyen bu titreşimler gerekli önlemler alınmadığı durumda sürücünün çabuk yorulmasına, çalışma performansının düşmesine ve sürücü sağlığını geçici ve hatta kalıcı zararlar verebilmektedir.

Sürücü koltuğunun düşey yöndeki hareketi sırasında oturak mekanizmasında kuru sürtünme meydana gelmekte ve titreşimi arttırmaktadır. Bunun için oturak mekanizmasının hareket serbestliğini etkileyen parametrelerin ortadan kaldırılması ve hareket yüzeylerinin yağlanarak kayması sürtünmenin ortadan kaldırarak titreşim etkisi azaltmak gerekmektedir. Yoksa yüzeylerde oluşan kuru sürtünme koltuk titreşimini tetikler ve sürtünme şiddetini arttıracaktır. Oturağın hareketli kısmı kanal içinde bütün genlik boyunca serbest hareket etmelidir. Bunun için kanal eksenine sürücü üzerine gelen düşey kuvvetlerin oluşması engellenmesi gerekmektedir. Düşey yöndeki bu titreşimler sürücü sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu titreşim kuvvetlerinin azaltılması veya ortadan kaldırılması durumunda sürücü yorgunluk süresi ve sürücü koltuğunun konforluk seviyesini arttırmaktadır (Karabulut 1995).

Otomotiv sanayisindeki çalışmalar, bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması yönünde önemli gelişmeler sağlamıştır. Başlangıçta araçlardaki titreşimleri önlemek için kuru

sürtünmeli mekanizma ile çalışan elemanlar kullanılmıştır. Bilgi ve teknolojinin gelişmesiyle, kuru sürtünmeli elemanların ortaya çıkardığı olumsuzlukları ortadan kaldırmak için akışkan esaslı viskoz sönümleyiciler yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde titreşim yalıtımında sık kullanılan viskoz sönümleyicilere amortisör adı verilmektedir.

Taşıma ve ulaşımda enerji kaynağı olarak hayvan yerine motorların kullanılmaya başlanması, taşıt hızı, yük taşıma kapasitesi ve hareket kabiliyetini önemli ölçüde artırmıştır. Bu artışlar günlük hayatımızda çok önemli ve gerekli bir ihtiyaçtır. Geliştirilen makine sanayisi ile beraber sağlık problemlerini de beraberinde getirmiştir. Tarım traktörlerinin sürücü koltuklarındaki pasif titreşimleri önlemek için süspansiyon sistemi kullanılarak önlenmeye çalışılmaktadır. Sürücü koltuklarındaki titreşimi önlemek için alınan bu yöntem yetersiz kalmaktadır. Sürücü koltuğundaki kullanılan malzeme farkından kaynaklanan titreşim değerleri araştırılmadığı için pasif titreşimleri önleyecek sistem tam olarak bulunmamaktadır. Tarım traktörlerinin arazi şartlarındaki hareket durumuna bağlı olarak üç yönde titreşim meydana gelmektedir. Bu yönlerden en önemlisi sürücü üzerine doğrudan gelen düşey titreşimdir. Düşey titreşimin etkisi sonucunda sürücü üzerindeki omurga deformasyonu, kalp atışı bozuklukları, hormon salgılamaya yetersizliği, görme bozuklukları, mide rahatsızlıkları, beyin hücre ölümleri gibi sağlık problemleri ortaya çıkmıştır. Titreşimin ayrıca, baş ağrıları, göz yuvarlağında devamlı titreşimler, uzak görme netliği kayıpları, genel denge bozuklukları, sırt ve boyun kaslarında sertlik, sindirim sistemi rahatsızlıkları gibi sorunlar meydana getirmektedir. Bu nedenle sürücü koltuklarına ISO 2631 ve 78/764 EWG yönetmeliği tarafından konfor standardı getirilmiştir. Bu problemlere çözüm bulmak için sürücü koltuğu üzerine gelen düşey yönündeki ivme değerini azaltmaya çalışılmıştır. Pasif titreşimleri önlemek için bu çalışmada üç farklı çeşit minder kullanılmıştır. Bu minderleri sürücü koltuğunun üzerine koyarak pasif titreşimleri önlemeye çalışılmıştır.

Motorlu araç sürücüleri, bozuk ve engebeli arazi şartlarından kaynaklanan çeşitli yol pürüzlülüğü sebeplerden dolayı mekanik titreşimlere maruz bırakılmaktadır. İnsan açısından rahatsızlık verici bu durumun iyileştirilmesi amacıyla son yıllarda pek çok araştırma yapılmıştır. Sürekli olarak arazi şartlarında geniş spektrumlu düşük frekansa

maruz kalan kamyonlarda, traktörlerde ve diğer arazi taşıtlarında çalışan sürücülerde hem fiziksel sağlık sorunlarına hem de psikolojik rahatsızlıklara rastlanmaktadır (Rakheja, Sankar 1983).

Düşük frekanslı titreşimlerin insan vücudu üzerindeki etkileri oldukça fazladır. Bunun en büyük nedeni, bu titreşimlerin insan vücudunun doğal frekansına çok yakın olması ve bundan dolayı rezonans olayının meydana gelmesidir (Sabancı 1984). Çalışma ortamındaki düşük frekanslı titreşim, öncelikli olarak yorulma ve dikkat kaybına, titreşim dozunda ve maruz kalınma süresine bağlı olarak uzun vadede önemli sağlık problemlerine yol açabilir. Özellikle, omurga ve buna bağlı sinir sisteminde dejeneratif oluşumlar görülebilir veya çalışma ortamındaki titreşim, var olan bir rahatsızlığı daha da kötüleştirebilir (Anonim, Griffin 1997).

İnsanın sağlık ve güvenliği üzerinde bu denli önemli etkilere sahip düşük frekanslı titreşimin, yalıtılarak insan vücuduna zarar vermeyecek seviyeye indirgenmesi gerekmektedir. Bu amaçla tarım traktörlerinde titreşimi yalıtılabilen sürücü koltukları kullanılmaktadır. Düşük frekanslı titreşimin yalıtımında en etkili çözüm, aktif yalıtım sistemine sahip koltukların kullanılmasıdır (Orak 1989). Nitekim uygulamada bu tür koltuklardan oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Dufner ve Schick 2002). Ancak bu tip sistemlerin karmaşık yapıları ve maliyetlerindeki yükseklik nedeniyle kullanımı yaygın değildir. Bugün Türkiye’de en yaygın olarak pasif yalıtım sistemine sahip koltuklar kullanılmaktadır. Bu koltuklar basit yapıları ve maliyetlerindeki düşüklük nedeniyle traktör imalatçıları tarafından kolaylıkla benimsenmiştir. Ancak pasif yalıtım sistemlerinde yüksek frekanslı titreşimlerde iyi neticeler alınabilirken, düşük frekanslı titreşimlerde başarı için, koltuk doğal frekansının mümkün mertebe düşük tutulması gerekmektedir (Orak 1989).

Tarım traktörlerinde oluşan düşük frekanslı titreşimleri sönmölemek için süspansiyon koltuk sistemleri tasarlanmaktadır. Sürücü koltuğu ile sürücü arasındaki titreşimi filtre etmek için farklı yapılarda malzemeler kullanılmaktadır. Ayrıca sürücü üzerine gelen titreşimi azaltmak için sürücü koltuğunun üzerinde ekstra minderler kullanılmaktadır. Bu minderler düşük frekanstaki titreşimleri filtre etmektedir.

Titreşimler üzerindeki araştırmaların hedefi yukarıda bahsedilen problemleri incelemek ve bunların sebeplerine araştırarak sağlık üzerindeki etkilerini yok etmek veya azaltma yollarını incelemektedir. Bu nedenle taşıtlarda hareket konforunu arttıracak tedbirlerin alınması gerekmektedir. Tarım traktörleri engebeli ve yüzeyi bozuk yollarda hareket ettiği için sürücü üzerine gelen kuvvetler diğer motorlu taşıtlara göre daha fazladır. Bu konudaki teorik çalışmalar genel olarak matematiksel metotları içerir ve hareket denklemlerinin çıkarılması, bu denklemlerin sistemin sabitlerine ve zorlama kuvvetinin frekanslarına bağlı düzenlenerek çözülmesi, aynı zamanda nümerik çözümlerin elde edilmesiyle parametreler elde edilebilir. Ancak matematik çözümler genellikle basitleştirilmiş ve gerçeklerden kısmen ayrılmış olmasından nümerik sonuçlar deneysel metotlarla kontrol edilmeli ve bulunan deney sonuçlarıyla karşılaştırılmalı, kurulan matematiksel modelin doğruluğu kontrol edilmelidir.

Bu çalışmada sürücü koltuğunun yalıtım etkisini arttıracak önlemler düşünölmüştür. Bu amaç için sürücü koltuğu üzerinde kullanılan, farklı malzemeden yapılmış üç değişik minder kullanılmıştır. Sürücü koltuğu üzerinde kullanılan minderlerin titreşimleri hangi seviyede filtre ettiği ve bunun sonucunda sürücü üzerine gelen titreşim değerleri araştırılmıştır. Sürücü traktörü arazi şartlarında çalışma yaparken deneysel veriler ölçme cihazıyla alınmıştır. Özel bir yazılım programıyla bilgiler değerlendirilmiştir. Bilgilerin elde edilmesinde istatistiksel metotlar kullanılarak grafikler yorumlanmıştır. Yün minderlerin en iyi yalıtım, mindersizinin en zayıf yalıtıma sahip olduğu gösterilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Karabulut (1995), yaptığı çalışmada traktör sürücü koltuklarının yalıtım sistemlerini incelemiştir. Çalışmalarını laboratuvar koşullarında, 6 adet farklı sürücü oturağı üzerinde titreşim ölçümünü gerçekleştirmiştir. Traktör sürücü koltuğunun özelliklerini tespit edilmesi için en hafif, orta, ağır sürücüyü temsil eden 40, 50, 60 kg olmak üzere üç farklı kütle kullanmıştır. Araştırmasında hafif, orta ve ağır sürücü kütlelerinin benzetimi için 40, 50, 60 kg kum torbası kullanılmış, her kütle için oturak yay ayarı, statik yay uzanım ölçümlerinden yararlanarak tespit etmiştir. Çalışma materyalini oluşturan koltukların sönümlü doğal frekanslarının yüksek olduğu, sönümlenme oranlarının yeterli oranlarda olmadığı ve sürücü koltuğunun traktör üzerine bağlı plakası ile hareketli kısım arasındaki düşey harekette ortaya çıkan kuru sürtünmenin minimum değere düşürülmesiyle iletkenliğin önlenmesi sonuçlarına ulaşmıştır.

Çay (2006), yaptığı çalışmada A kategorisindeki tarım traktörlerine takılan süspansiyonlu sürücü koltuklarının, standardize edilmiş deney yöntemlerine göre, statik ve dinamik karakteristikleri incelemiştir. Daha sonra araştırma materyalini oluşturan 18 adet sürücü koltuğu, süspansiyon sistemlerinin yapı elemanlarına göre sınıflandırmıştır. Koltukları standart yöntemler kullanılarak deneylere tabi tutmuştur, koltukların genel olarak deney performanslarının iyi olduğu tespit etmiştir. Koltukların titreşim ortamlarındaki performansları belirleyerek dinamik koltuk karakteristikleri ortaya koymuştur. Deney verilerinden yararlanılarak yapılan istatistiksel analiz sonucunda, pnömatik süspansiyonlu koltuklarda koltuk kütleindeki artışın rezonans frekansı düşürdüğü, yatay tip mekanik ve pnömatik tip koltuklarda koltuk kütlesi ile sönümlenme oranının azaldığı, süspansiyon yolunun artışı ile mekanik ve pnömatik koltuklarda rezonans frekansın azaldığını belirtmiştir. Süspansiyon tip gruplarından elde edilen titreşim deney sonuçlarını Duncan yöntemi kullanılarak yapılan analizlerinde sınıf 1 ve sınıf 2 titreşim deneylerinde en iyi performansı otomatik kütle ayarlı tip pnömatik süspansiyonlu koltuk grubunun gösterdiğini belirtmiştir.

Bölükoğlu ve Kunst (1989), yaptıkları çalışmada traktör koltuklarının tasarımında titreşimin önemine değinmişlerdir. Yazarlar, değişik tip titreşim yoğunluğu ve aralığının

oluşturduğu etkilere ilişkin birçok araştırma raporunun yayınlandığını belirterek, bunların titreşimlerin fizyolojik açıdan birçok etkilerinin olduğu hatta sağlık yönünden olumsuzluklara neden olabileceğini vurguladığını ileri sürmüşlerdir. Yaptıkları çalışmada, insan omurgaları üzerindeki yükün, oturma pozisyonunda, ayakta dikilme pozisyonundan daha fazla olduğu belirtilmişlerdir. İnsan vücudunun hiçbir zaman rijit bir kütle olarak düşünülmemeyeceği, bu özelliği ile vücudun oldukça karmaşık, farklı kütlelerin oluşturduğu yaylanma etkisi, sönümlenme etkisi ve doğal frekansları farklı olan elastik bir sistem olarak değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışmada insan vücudunun bazı uzuvlarının doğal frekansları Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2. 1 İnsan vücudunun doğal frekansları (Bölükoglu ve Kunst 1989)

Bu çalışmada, araştırma materyali olarak bir yaprak yaylı basit bir oturak ile ağırlık ayarlı sönümlenme sistemi ve döşemesi gelişmiş bir oturak tasarlamışlardır. Rezonans koşullarında yaprak yaylı koltuktan alınan ivme değerlerinin kabul seviyesinin çok üzerinde olduğu, diğer gelişmiş koltuktan alınan ivme değerinin ise, kabul edilebilir olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Aye (2009), yaptığı çalışmada ağır yük makineleri koltuğu üzerinden aldığı vücut titreşimlerini ISO 2631-1(1997) standardına göre rms ivme, ISO 2631-5(2004) standardına göre vdv ivme değerini temel almıştır. Çalışmasında bütün vücut titreşim

parametrelerini iki standart model yöntemine göre karşılaştırmıştır. ISO 2631-5(2004) standardına göre S_{ed} ve R değerlerini vurgulamıştır. Yapmış olduğu çalışmada riskli rms ve vdv ivme değerlerini standartlara göre vurgulamıştır.

Griffin (1997), yaptığı çalışmada titreşim ve hareket konulu çalışmasını yayınlamıştır. Çalışmasında titreşimi bütün vücut titreşimi ve el-kol titreşimi olarak sınıflandırmıştır. Araştırmacı, bütün vücut titreşiminin sağlık, rahatlık-algılama ve hareketin hastalık üzerindeki etkilerini incelemiştir. Buna göre titreşim, önemli sağlık problemlerine yol açabilmekte, rahatsızlık meydana getirebilmekte, insanı yorarak dikkat kaybına sebep olabilmekte ve araç tutmasına neden olmaktadır. Titreşim ölçümlerinin değerlendirilmesinde titreşim doz değerinin (TDD) kullanılması önerilmektedir. El-kol titreşimlerinin, el-kol titreşim sendromuna neden olduğunu vurgulamaktadır.

(1997) yılında, Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından, insanların maruz kaldığı bütün vücut titreşiminin değerlendirme yöntemlerinin açıklandığı ISO 2631 standardı yayınlanmıştır. Standart iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde genel özellikler, ikinci bölümde ise, binalarda devamlı ve şoka neden olan titreşimler ele alınmıştır. Bu standart, titreşim ölçüm ve değerlendirmesi ile ilgili bütün standartların atıf yaptığı temel standarttır. Standartta, titreşim ölçümünde aksi belirtilmedikçe, frekans ağırlıklı rms ivme değerinin belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu amaçla, titreşimin sağlık, algılama ve konfor ile hareketin hastalık üzerindeki etkileri için değişik çalışma ve duruş pozisyonlarında frekans ağırlık faktörleri tanımlanmış ve matematiksel eşitlikler verilmiştir. Standart sadece bütün vücut titreşimini kapsamaktadır.

Dufner and Schick (2002) yılında, Budapeste’de yapılan Ziraat Mühendisliği Kongresi’nde John Deere firması tarafından geliştirilen John Deere Active Seat ticari ünvanıyla piyasaya sürülmüş aktif süspansiyonlu bir traktör sürücü koltuğunun tanıtımını yapmışlardır. Tasarlanan ve imalatı gerçekleştirilen aktif süspansiyonlu koltuk ve koltuğun süspansiyon sistemi Şekil 2.2.’de görülmektedir.



Şekil 2.2 Aktif süspansiyonlu John Deere Active Seat şeması (Dufner and Schick 2002)

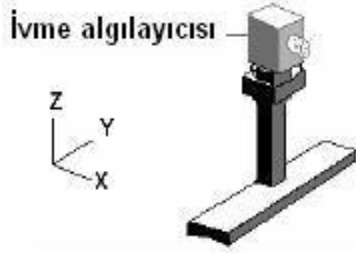
Şekil 2.2’de görülen aktif süspansiyon sistemi, koltuğun hareketini kontrol etmek için bir elektro-hidrolik kontrol sisteminden faydalanır. Koltuğun pozisyon kontrolü elektrohidrolik kontrol valfine bağlı durumdaki hidrolik bir silindir ile yapılır. Dijital bir kontrol cihazı ivme algılayıcısı ve pozisyon sensöründen gelen girdi değerlerini işler. Sistem operatöre gelen hareketi minimize etmek için hidrolik silindire gerekli yağ akışını düzenler. Burada aktivatörün görevi, traktör hidrolik sisteminden hidrolik yağ alarak bunu silindire iletmektir. Aktif süspansiyonlu koltuk % 90 oranında izolasyon imkânı sağlamaktadır. Bu değer piyasadaki hiçbir koltuğun erişebildiği bir değer değildir. ISO normlarına göre yapılan karşılaştırma deneyinde, traktör platformunda belirlenen frekans ağırlıklı rms ivme değeri $1,30 \text{ m/s}^2$, karşılaştırma amacıyla kullanılan pnömatik süspansiyonlu pasif bir koltuk üzerindeki ivme değeri $1,05 \text{ m/s}^2$ ve aktif süspansiyonlu koltukta ise, $0,35 \text{ m/s}^2$ olarak belirlenmiştir. Buna göre aktif süspansiyonlu koltuk, pnömatik süspansiyonlu koltuğa göre % 66 ve traktör platformuna göre % 75 oranında yalıtım imkânına sahiptir. Bunun sonucu olarak traktör sürücüsünün konforu daha da artmış, daha uzun süre çalışma imkânı sağlanmış ve iş verimi artmıştır.

Soydaş (2007), yaptığı beş değişik araç türü için kabin içi gürültü ölçümleri yapmıştır. Çalışmalar sonucunda kaputu açık olan arabanın gürültü seviyesinin yüksek olduğu

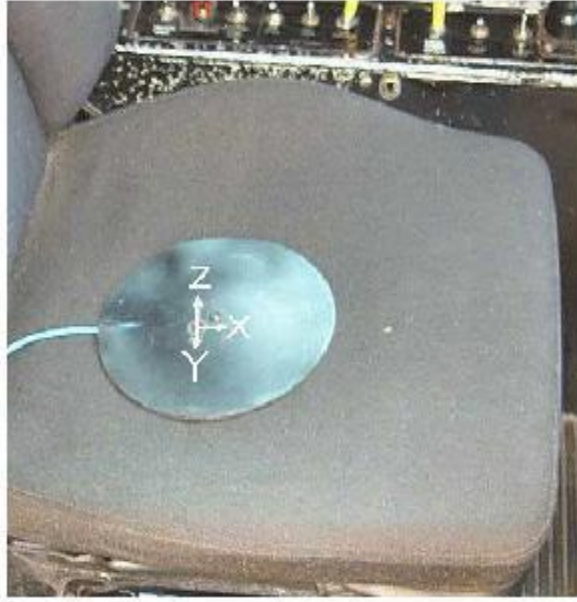
tespit etmiştir. Motor kaputunda yalıtım malzemesi kullanılması durumunda gürültünün azaldığı ortaya koymaktadır. Ayrıca marş dinamosu ve kayış gibi gürültünün etkin kaynağı olan parçalarının motor kaputunun sağ tarafında olması nedeniyle taşıtın sağ tarafından daha yüksek gürültü seviyesi ölçmüştür.

Gülerce (2006), yaptığı çalışmada taşıtlardaki titreşim sistemi temel alarak, koltuk, sürücü kabini, gövde ve tekerleklerden oluşan beş kütleli, iki akslı ve tek izli bir kamyon titreşim sisteminin toplam konfor katsayısı esas alınarak kamyon sürücü kabini süspansiyon optimizasyonu yapmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan kamyon sürücü kabini modeli, iki boyutlu ve yedi serbestlik dereceli bir matematik problemi olarak ele alınarak, bilgisayar programı ile analiz edilmiştir. Yaptığı analizler sonucunda, oluşturulan sistemin matematiksel çözümü elde edilerek, kamyon titreşim modelini oluşturan farklı kütlelere ait yol, ivme büyütme fonksiyonları ve titreşim konforu eğrileri hesaplamıştır. Hesaplanan büyütme fonksiyonları ve diğer parametreler yardımı ile farklı başlangıç şartları için taşıt titreşimi açısından önem taşıyan konfor katsayısı ve maksimum yer değiştirme değerlerini bulmuştur.

Eaton (2003), yaptığı çalışmada otobüs sürücüleri ve insan titreşimi konulu araştırma raporunu yayınlamıştır. Deneilerini otobüslerin çalışma alanlarında yapmıştır. Araştırmada, dümenleme simidi üzerinden el-kol titreşim ölçümleri ve koltuk üzerinden bütün vücut titreşimi ölçümleri yapmış ve değerlendirmiştir. Ölçümlerini üç eksenli ivme algılayıcıları ve titreşim analiz cihazı ile yapmıştır. El-kol titreşim ölçümünde kullanılan ivme algılayıcısı ve bu amaçla geliştirilmiş el adaptörü ile bütün vücut titreşim ölçümleri için kullanılan ivme algılayıcısı Şekil 2.3' de görülmektedir.



- a. El-kol titreşim ölçümlerinde kullanılan ivme algılayıcısı ve el adaptörü
- b. Dümenleme simidinde el-kol titreşim ivmesinin ölçülmesi.



- c. Bütün vücut titreşim ölçümleri için ivme algılayıcısının sürücü koltuğuna yerleştirilmesi

Şekil 2. 3 Otobüslerde dümenleme simidinde ve koltukta titreşim ivmesi ölçümlerinde kullanılan ivme algılayıcıları (Eaton 2003)

Araştırmada farklı frekanslardaki titreşimlere karşı insan vücudunun duyarlılığının ölçüm zincirine eklenen frekans ağırlıkları vasıtasıyla belirlendiğini belirterek, el-kol titreşim ölçümlerinde W_h , bütün vücut titreşim ölçümlerinde x ve y eksenleri için W_d , z eksenini için W_k frekans ağırlıklarını kullanmıştır. Yoldaki engebelerin ve ilerleme

hızının titreşim ivme değerlerini yükseltici bir unsur oldukları vurgulanarak, ölçüm sonuçlarının, American Conference of Government Hygienists ve ISO 2631-1 (1997)'de belirtilen riskli bölgelerin çok altında bulunduğu belirtilmiş ve araştırma kapsamında yer alan otobüsleri kullanan sürücüler için herhangi bir sağlık riskinin bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

Orak (1989), yaptığı çalışmada hafif, orta ve ağır traktör sürücülerinin traktörden iletilen titreşimlerden farklı şekillerde etkilendiğini belirtmektedir. Çalışmada, pasif, yarı aktif ve aktif yalıtım sistemlerine değinilmiştir. Buna göre, uygulamada en çok kullanılan yalıtım sistemi pasif yalıtım sistemidir. Bu sistem yüksek frekanslı titreşimlerde iyi bir yalıtım performansı gösterir. Düşük frekanslarda ise, sürücü koltuğunun doğal frekansının düşük tutulması şartıyla kullanılabilir. Yarı aktif yalıtım sisteminde sönümleme elemanının sönümleme oranı bir sinyal ile değiştirilebilir. Koltuk üzerine yerleştirilmiş bir hız alıcısı ile sönümleme elemanı gerekiyorsa devreye sokulur veya devreden çıkarılır. Aktif yalıtım sisteminde ise, yer değiştirme, hız ve ivme alıcıları bulunmakta, bu alıcılardan alınan veriler kontrol ünitesinde değerlendirilerek, bir servo valf vasıtasıyla hidrolik piston meydana gelen titreşimin zıt yönünde bir hareket yaparak titreşimi sönümlemeye çalışmaktadır. Yazar, düşük frekanslı titreşimlerin yalıtımlarında en iyi neticeyi aktif süspansiyonlu koltukların verdiğini belirtmiştir. Ayrıca bu çalışmada, sürücüye iletilen titreşimleri kontrol altına almak için, bazı konstrüktif yöntemler geliştirilmiştir. Yay, hidrolik eleman ve mesnet arası uzaklığın ayarlanabileceği bir pasif yalıtım sistemi modellenmiş, titreşim masasında farklı frekanslar ve kütlelerle titreşim iletkenlikleri araştırılmıştır.

Sezgin (2009), yaptığı çalışmasında otomobillerin belirli bir hızda yol alırken, yol pürüzlülüğü nedeniyle yolcuya ileten dokusal titreşimlerin yolcuya olan etkisini incelemiştir. Koltuk tarafından ya da yolcunun elleri ve ayaklarıyla yolcuya iletilen hissedilebilir titreşimler genellikle sürüş titreşimleri ile ilişkilendirmiştir. Sürüş titreşimleri çalışmasında bir insan modelinin çeyrek taşıt, yarım taşıt ve tam taşıt modelleri ile birlikte modellenmesi aracılığıyla simüle ederek incelemiştir.

Er ve arkadaşları (2006), yaptıkları çalışmada taşıtta meydana gelen titreşimler teorik olarak incelenmiş ve özellikle yoldan gelen uyarılara karşı taşıtın gösterdiği tepkiler esas almıştır. Taşıt titreşimlerinin teorik analizinden sonra bilgisayar modellemesi oluşturmuşlardır. Burada yerli üretim bir kamyon ele alınmış, kamyonun yüksüz olduğu düşünülmüş ve taşıt hızının engeli geçerken her noktada sabit kaldığı kabul edilmiştir. Üç ayrı yol profilindeki sürücü koltuğu yer değişimi miktarları hesaplanmış ve iletkenlik eğrisi çizilmiştir. Her bir frekans değeri için Z3 sürücü koltuğu yer değişiminin, Z1 taşıt gövdesi yer değişimine bölümü ile iletkenlik oranları hesaplanıp, iletkenlik eğrisi çizilmiştir. İletkenlik eğrisinden doğal frekans saptanmış, bu taşıt için sürücü koltuğunun sönüm oranı hesaplanmış ve öneriler getirilmiştir. Taşıtı kullanan kişinin en çok düşey yönlü yoldan kaynaklanan düşük frekanslı titreşimlerden etkilendiğini ve bununla beraber esas sebebinin bozuk yol şartlarında taşıtın uzun süreli gitmesi durumunda olacağını belirtmektedir. Bu durum kamyon, otomobil, otobüs sürücülerini için kısa bir sürede önem taşımaya karşılık, traktör ve arazi taşıtlarını kullanan sürücüler için büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden araştırmaların traktör ve arazi taşıtları sürücü koltuklarının uygun değer yalıtımı konusunda yoğunlaştırılması gerektiğini vurgulamıştır.

Yazıcı ve arkadaşları (2008), yaptıkları çalışmada sürücünün çalışma performansını düşüren ve sürücü sağlığına ciddi zararlar verebilen titreşimleri sönümleyerek sürücünün sürüş konforunu ve çalışma performansını artırmak amacıyla kullanılan yarı-aktif koltuk süspansiyon sisteminin farklı kontrol algoritmaları ile gerçek zaman performansı incelenmişlerdir. Yapılan gerçek zaman uygulamalarında geliştirilen yarı-aktif koltuk süspansiyon sisteminin bir tahrik düzeneği tarafından üretilen $Asin(\omega t)$ formundaki titreşimleri %70'e varan oranlarda sönülmene bildiği ve böylece sürüş konforunu dolayısıyla sürücü performansını önemli ölçüde artırdığını göstermişlerdir.

Newell and Mansfield (2004), yaptıkları çalışmada mekanik süspansiyonlu koltuk, hava süspansiyonlu koltuk ve konvansiyonel araba koltuklarından ivme ölçümleri almışlardır. Bulgularında, operatörler tarafından üretilen yapay titreşim büyüklükleri

konusuna bağlı olarak dalgalanma olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek ivme giriş ve çıkışlarında, tüm vücut titreşimlerinin riskli değerlerde olacağını vurgulamışlardır.

Mansfield and Atkinson (2003), yaptıkları bu çalışmada farklı araçlar kullanarak titreşimlere maruz kalan insan vücudu üzerinde bir araştırma yapmışlardır. alışmalarını 418 dakika otobüs üzerinde, 414 dakika büyük kamyon üzerinde ve 398 dakika dört tekerlekli yk yükleyici üzerinde deney almıştır. Deneysel çalışmalarında günlük 10 saniye ile 60 dakika aralığında sürücünün titreşime maruz kaldığını vurgulamaktadırlar.

Öztürk ve arkadaşları (2009), yaptıkları çalışmada İstanbul'da iki farklı raylı sistemin titreşim açısından yolculuk konforlarını inceleyerek, düşük konforlu kesimlerde nedenlerini araştırmışlardır. Yolculuk konforunu belirlemek için yapılan titreşim ölçümlerinde; üç eksenli ivmeölçer, sürücü koltuğunun altına yerleştirilmiş ve ISO 2631-4 standardına göre ölçüm sonuçlarını incelemişlerdir. Konforun kötü olduğu kesimler incelendiğinde, balast problemlerinin önemli boyutlarda olduğunu vurgulamışlardır. Tramvay hattında ise tramvay hattının iyileştirme projesi kapsamında, kısmen balastın kaldırılarak yerine beton tabaka inşa edilmiş ve böylece üst yapının kısmen yenilenmiş olması bu kesimlerde konforun arttığını ortaya koymuşlardır.

Avşar ve zgven (2009), yaptıkları çalışmada optik sistemlerin dinamik karakteristiğini belirleyebilmek için toplanmış parametrelili basit bir matematiksel model önermişlerdir. Geliştirilen toplanmış parametrelili titreşim modeli uygulayarak, sonlu elemanlar ve deneysel titreşim biçim analizi (modal analysis) yöntemi ile doğrulanmıştır. Optik sistem içerisinde kullanılan yapıştırıcının malzeme özelliklerini (elastisite modülü ve kayıp faktörü) belirleyebilmek için bir test düzeneği kurmuşlardır. Test düzeneği yardımıyla elde edilen veriler ve tek serbestlik derecelili sistem modeli kullanılarak yapıştırıcının malzeme özellikleri bulunmuştur. Sonlu elemanlar analiziyle, ilgilenilen frekans aralığında optik muhafazanın ve lensin rijit davrandığı görülmüştür. Bu nedenle lensin rijit bir kütle ve yapıştırıcının ise yay ve sönüm olarak modellenmesi ile önerilen basit bir analitik modelin optik sistemleri başarılı bir şekilde temsil edebileceği sonucuna varılmıştır. Geliştirilen dinamik model kullanılarak, basit optik

sistemin farklı dinamik yükler (rastgele titreşim, şok gibi) altındaki davranışı incelenebilmekte ve bu yükler altında oluşan yer değiştirmelerin optik performansa olan etkisi bulunabilmektedir. Geliştirilen basit titreşim modelinin, optik muhafazanın ve lensin rijit davrandığı frekans aralığında basit optik sistemleri başarılı bir şekilde temsil edebileceği gösterilmiştir. Önerilen analitik model ile basit optik sistemlerin farklı dinamik yükler altındaki (rastgele titreşim ve şok gibi) titreşim davranışı incelenebilecek ve bu yükler altında oluşan yer değiştirmelerin optik performansa olan etkisi hesaplanabileceğini vurgulamışlardır.

Gürhan ve Çay (2008), yaptıkları çalışmada pasif titreşim yalıtım sistemine sahip traktör sürücü koltuklarının, benzeştirilmiş giriş titreşim deneylerindeki performanslarını incelenmişlerdir. Deneylerinde 78/764/AT Tip Onayı Yönetmeliği ve ISO 2631-1 numaralı standarttan yararlanılmıştır. Mekanik ve pnömatik olmak üzere iki ana tip grubu oluşturulmuştur. Mekanik süspansiyon grubu içinde L tipi, düşey tip ve yatay tip olmak üzere üç alt grup; pnömatik süspansiyon grubu altında da sürücü kütlesi otomatik ayarlı tip ve sürücü kütlesi elle ayarlanan tip olmak üzere iki alt grup belirlenmiştir. Yapılan deneylerin sonucunda 18 koltuğun tamamı 1. ve 2. sınıf titreşim testlerinden başarı ile çıkmış, sadece L tipi mekanik süspansiyonlu iki koltuk 3. titreşim sınıfı deneylerinde, ağır sürücü kademesinde başarısız olarak değerlendirilmiştir. Üç titreşim sınıfında sadece L tipi mekanik süspansiyonlu koltuk grubu içinde yer alan MLS02 ve MLS03 tip koltukların, sınıf 3 deneylerinin ağır sürücü kademesinde olumsuz netice verdiğini vurgulamışlardır.

Karahan (2005), yaptığı çalışmada demir-çelik endüstrisinde kullanılan makinelerde titreşim analizi kullanılarak kestirimci bakım uygulaması gerçekleştirmiştir. Bu amaçla makinelerde periyodik titreşim ölçümleri gerçekleştirmiş, elde edilen titreşim verileri frekans analizi metodu ile değerlendirerek arızaları tespit etmeye çalışmıştır. Makinelerde ölçüm almadan önce ölçüm alınacak noktaları iyi belirlemek gerektiğini vurgulamıştır. Ölçüm alınan noktanın, sinyal alınmak istenen rulmanla mesafesini bilmek gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca makinenin arıza karakteristiğini yani hangi periyodik aralıklarla arıza çıkardığını iyi bilmek gerekir. Çünkü karışık bir makinede arıza analizi için frekans analizi yeterli olmayabilir. Bu yüzden frekans analizi yanında

makine arıza karakteristiğini de bilmek gerektiğini vurgulamıştır. Yapılan çalışmalar sırasında bir rulman arızası ve kaymalı yatak arızası ve yıpranmalar tespit edilmiştir.

Kin İşler (2007), yaptığı çalışmada kas içiği ve motor ünitelerin verdiği yanıtlar, lokal ve tüm vücut titreşimi olarak uygulanan akut ve kronik titreşimin nöromüsküler performans, esneklik, denge ve metabolik yanıtlara olan etkisi incelemiştir. Özellikle, lokal veya TVT olarak uygulanan titreşimin nöromüsküler performansta oluşturduğu olumlu gelişimler titreşimin kuvvet antrenmanı sırasında kullanımını artırmıştır. Çalışmalar değerlendirildiğinde akut veya kronik titreşim uygulamasından farklı sonuçlara neden olduğu vurgulanmıştır.

Altuntaş (2007), yaptığı çalışmada döner makineler ve hava araçlarında meydana gelen titreşimler ve bu titreşimlerin kestirimci bakım yöntemleri ile nasıl analiz edileceği üzerine genel bir araştırma yapılmıştır. Araştırmanın amacı, bakım okulunda ders olarak verilmesi gerekli olan bu konunun iyice anlaşılmasını sağlamak ve bir temel oluşturmak olduğunu vurgulamaktadır. Helikopterlerin motor ve gövde ömürlerinin uzatılması için titreşimsiz bir uçuşa hazırlanılması şarttır. Titreşimsiz uçabilmesi için rotor pallerinin denge konumunda olması sağlanmalıdır. Bu nedenle, pallere etki eden kuvvetlerin uyum içinde olduğu gerekli kontroller ile test edilmesi gerekmektedir. Genel olarak, tüm hava araçlarında oluşan titreşimler boyutu ne olursa olsun sistemin ömrünü etkilemektedir. Basit olarak oluşan bir arıza kendisini yapı üzerinde titreşim olarak göstermektedir. Oluşan arıza nedeniyle uçamadığı her dakika hava aracının sahibi olduğu havayolu şirketi için zarar demektir. Döner makine elemanları ya da hava aracı üzerinde oluşan titreşimler bir arıza habercisi olarak yorumlanabilir. Bu nedenle en uygun bakım aralıklarının belirlenmesi gerektiğini vurgulanmıştır.

Marks (1998), yaptığı çalışmada inşaat ve kazı faaliyetlerinde kullanılan ağır ekipmanların operatörleri için sağlık risklerini içeren bir rapor yayınlamıştır. Raporda ağır makine operatörlerinin uzun süre oturarak çalışsa, bütün vücut titreşimi ve kontrol kumandalarının tekrarlamalı işletimi yüzünden kas rahatsızlıkları çektikleri belirtilmektedir. İnşaat ortamında çalışan mühendis ve işçilerin en çok omuz problemleri, bel ağrısı, sindirim rahatsızlıkları ve genel yorgunluktan şikayet ettikleri

vurgulanarak, bunlara sebep olarak çalışma ortamı, bütün vücut titreşimi, kısmi titreşim, hava durumu, dizel yakıt egzozu ve gürültü gibi çevre faktörleri ile psikolojik baskı gösterilmiştir. Bunlar arasında yer alan bütün vücut titreşiminin sırt ve bel rahatsızlıklarına, omurgada deformasyonlara ve üreme ve sindirim sistemlerinde problemlere neden olabileceği belirtilerek, titreşimin ayrıca kalp atış hızı ve kan basıncını da değiştirebileceği vurgulanmıştır. Bütün vücut titreşiminin etkilerini azaltmak için ise, taşıtın iyi bir süspansiyon sistemi ile donatılması veya en uygun lastik basınç değerlerinin seçilmesi, süspansiyon sistemli koltuk kullanma (özellikle pnömatik süspansiyonlu bir koltuğun kullanılması), engebeli arazi üzerinde çalışırken azami derecede dikkat gösterme ve ilerleme hızını yavaşlatma, koltuğun eğim açısını 30 dakikada bir değiştirerek, titreşimin vücuda giriş doğrultularını değiştirme ile çalışırken bir veya iki saatte bir beş dakikalık molalar verilmesi önerilmektedir. Raporunda kısmi titreşim başlığı altında el-kol titreşimi tanımlanmıştır. El-kol titreşiminin neden olduğu en önemli rahatsızlığın Raynaud Sendromu da denilen beyaz parmak hastalığı olduğu belirtilerek, özellikle soğuk havalarda çalışmada ellerin sıcak tutulması için eldiven giyilmesi, belirli periyotlar da molalar verilerek parmakların ve ellerin hareket ettirilmesi ve el tutamaklarının absorpsiyon materyali ile kaplanması önerilmektedir.

3. METARYAL ve METOD

Bu çalışmada tarım traktörlerine takılan sürücü koltuklarının üzerindeki kullanılan minderlerin, titreşim yalıtım sistemini deneysel ve matematiksel yöntemlerle belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu yöntemle yer değiştirme ve ivme değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmada üç tip minder kullanılmıştır. Birinci minder için 0,9 kg yün ikinci minder için 0,9 kg pamuk üçüncü minder için 18 daste yoğunluğunda sünger minder, özelliklerine göre üç grupta sınıflandırılmıştır.

Deneysel yöntemde sürücü koltuğu üzerindeki minderlerin, hareket halindeki traktörde meydana gelen titreşim değerleri incelenmiştir. Sürücü koltuğu üzerine gelen titreşim değerlerini belirlemek için, SEN027 model ped ve elde edilen bilgileri sayısal hale getirmek için HVM100 cihazı kullanılmıştır.

Bu çalışmada sürücü üzerine gelen titreşim değerlerini karşılaştırmak amacıyla ISO 78/764 EWG standardına uygun pilot sürücü kullanılmıştır. HVM100 cihazındaki bilgiler bilgisayara aktarılarak bir paket programı kullanılarak veriler grafik halinde dönüştürülmüştür.

3.1 Deney Düzeneği Elemanları

ISO 2361-1,5 standartlarına göre 4-8 saat aralığında kullanılan traktörlerin sürücü koltukları üzerindeki yapılan araştırmalarda sürücüyü rahatsız eden titreşim değerleri oldukça yüksek değerlerde oldukları ve bu değerlerin hangi aralıkta olması gerektiğini vurgulamaktadır. 78/764 EWG standardına uygun pilot sürücü koltuğu üzerinden insan vücuduna gelen titreşimleri ölçmek için 1000-1400 devirde hareket eden traktörden zamana bağlı ivme ve yer değiştirme grafikleri alınmıştır. HVM100 cihazı Şekil 3.1 deki gibi kurulmuştur. Deney düzeneği elemanları ISO standartlarına uygun PCB firmasının üretmiş olduğu serial numarası 01614 olan Larson Davıs HVM100 titreşim ölçme cihazı, Model SEN027 ped, seri porta CTG0810- C027114- kodlu bağlantı elemanları ve GUC232A kodlu USB den dönüştürücü kablo ve verileri bilgisayarda grafik haline dönüştürmek için BLAZE paket programı kullanılmıştır.



Şekil 3. 1 HVM100 cihazı bağlantısı

3.1.1 HVM100 Titreşim Ölçüm Cihazı

Sürücü koltuğu üzerindeki minderlerin titreşim ölçümünü almak için PCB firmasının üretmiş olduğu Şekil 3.2 deki HVM100 cihazı kullanılmıştır. HVM 100 cihazı, insan vücudunun maruz kaldığı titreşimleri ölçen, ilgili hesaplamaları yapan ve sonuçları LCD ekranında gösteren, taşınabilir bir cihazdır. Detaylı titreşim seviyeleri, gerekli metrik sistemleri kapsayan 100 ayrı zaman datası kolayca cihaza kaydedilebilmektedir. Bu bilgiler analiz ve arşiv amacıyla bilgisayara aktarılabilir. Cihaz 3 kanaldan ölçülen dataları otomatik olarak hesaplar. En son ölçüm standartları ile uyumluluk için her bir kanal filtreleri elektronik olarak yenilenir. Farklı ölçümler için bilgisayar tarafından programlanabilir. Cihazın, üzerindeki düğmelerden veya bilgisayar yazılımı “Blaze” üzerinden kontrolü mümkündür. HVM100, Hand-Arm, Whole Body ve General Vibration tipinde ölçümlerde kullanılabilir. HVM100, ivme ölçerden gelen 3 eksene ait işlenmemiş elektronik sinyali anlamlı datalara dönüştürür. İvmeölçerlerin içerisinde 3 adet ölçüm elemanı bulunmaktadır. Bu elemanlar x, y ve z olarak adlandırılırlar. Deney sırasında cihazın güç kaynağı şeklinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu güç kaynakları doğrudan, ICP ve batarya güç kaynağından oluşmaktadır.

Uygulama alanları;

- Ürün uygunluk testi

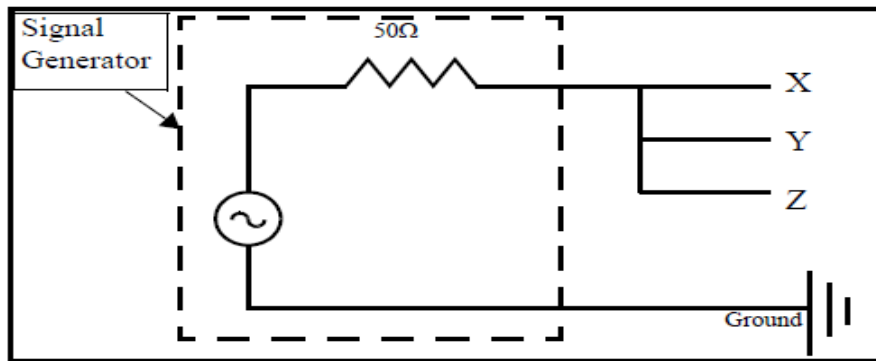
- Tüm vücut titreşiminin ölçülmesi
- El araçları titreşimi
- Titreşim şiddeti ölçümü
- El ve kol'a gelen titreşimin ölçülmesi
- Çalışanların maruz kaldığı titreşimin ölçülmesi
- Endüstriyel sağlık alanlarında ki ölçümler

HVM100 cihazının teknik özellikleri

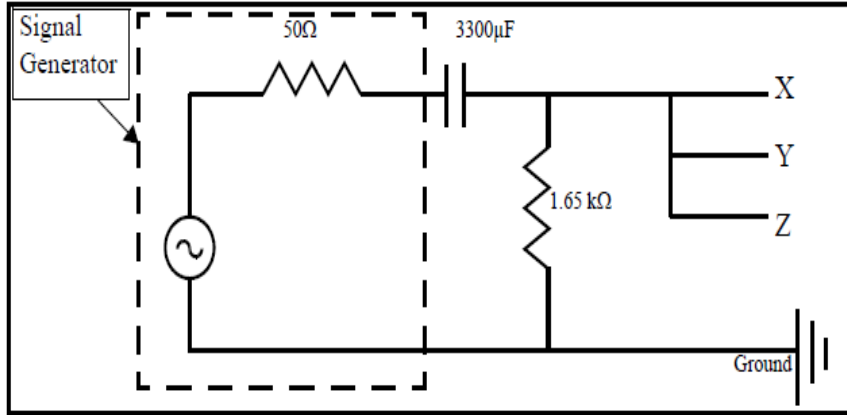
- Giriş aralığı >100 dB
- Birimler m/s^2 , cm/s^2 , ft/s^2 , in/s^2 , g, dB
- 100 dosya kaydetme kapasitesi
- Frekans ağırlıkları
 - Fa (0.4 Hz to 100 Hz)
 - Fb (0.4 Hz to 1250 Hz)
 - Fc (6.3 Hz to 1250 Hz)
- Hafif ve taşınabilir: 2 adet DC pil veya AC güç kaynağı ile işlem
- Hassalık ± 0.5 dB
- 200 saatten fazla ölçümün kaydedilebilmesi
- Programlanabilir AC veya DC sinyal çıkışı
- USB yada seriport ile bilgisayara bağlantı (115.2 kBaud)

Cihazın güç kaynağına göre elektrik sistemi

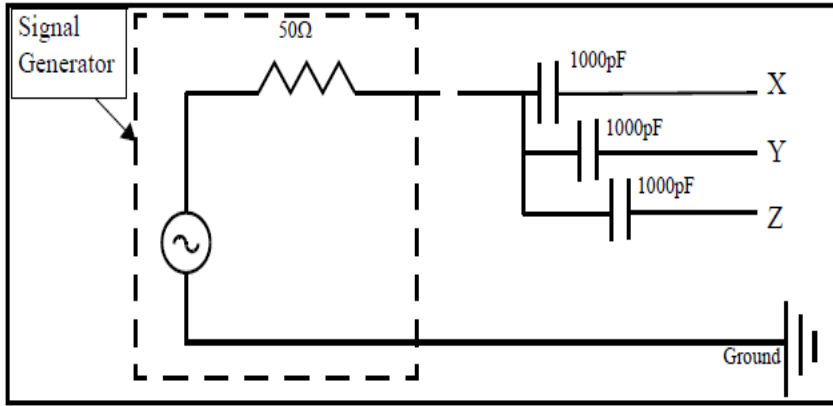
- Doğrudan güç kaynağı



- ICP güç kaynağı

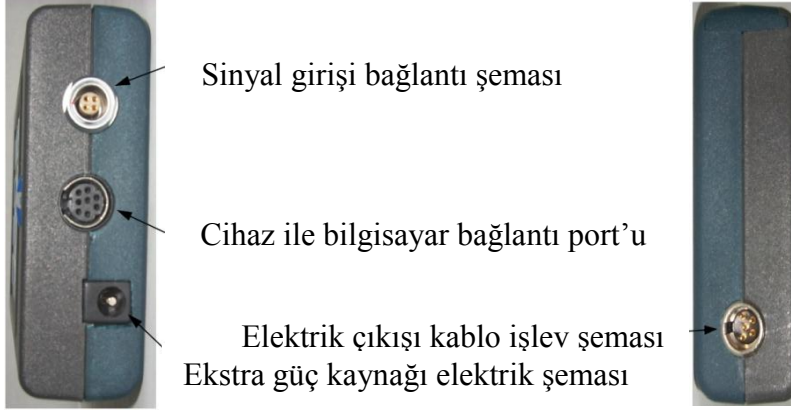


- Batarya güç kaynağı



Şekil 3. 2 HVM100 Cihazı

Cihaza ait giriş ve çıkış portları

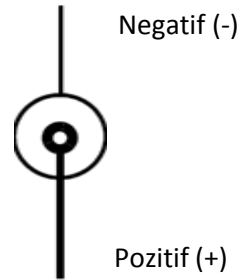
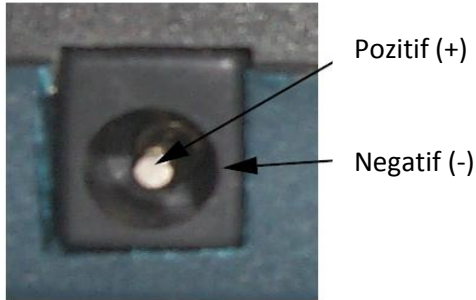


Elektrik çıkışı kablo işlev şeması

- 1 = topraklama
- 2 = X ekseni AC/DC girişi
- 3 = Y ekseni AC/DC girişi
- 4 = Bağlantı sağlanmaz
- 5 = Z ekseni AC/DC girişi



Ekstra güç kaynağı elektrik şeması



Sinyal girişi şeması

- 1 = Z ekseni sinyal girişi
- 2 = Y ekseni sinyal girişi
- 3 = X ekseni sinyal girişi
- 4 = Topraklama



Cihaz ile bilgisayar arasındaki bağlantıyı sağlayan portlar

- 1 = RTS
- 2 = CTS
- 3 = TXD
- 4 = Ground
- 5 = RXD
- 6 = Ground
- 7 = N/C
- 8 = N/C



Cihazın veri standartları

- ISO 2631-1:1997
- ISO 5349-1:2001
- ISO 5349-2:2001
- ISO 2631-4:2001
- ISO 2631-2:2003
- ISO 8041:2005

3.1.2 Ped İvmeölçer.

Sürücü koltuğu üzerinde minderlerin titreşim ölçümlerini almak için PCB firmasının üretmiş olduğu Model SEN027 numaralı ivmeölçer kullanılmıştır. Sürücü koltukları ve üzerindeki kullanılan minderlerin titreşim ölçümü için ped ivmeölçer Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Traktör koltuğu üzerine gelen 0-100 Hz aralığındaki titreşimleri ölçmek için ped ivmeölçerin teknik özellikleri yeterlidir. İvmeölçerde her bir elemanın oluşturduğu sinyaller ISO ve ANSI standartlarına göre işleme tabi tutulur ve değerlendirilir. Ped ivmeölçer x, y, z eksenlerinden aldığı ham sinyalleri ara kablo aracılığıyla HVM100 cihazına iletmektedir.

Ped ivmeölçerin teknik özellikleri

- 100mV/g [10.2 mV/(m/s²)] duyarlılık
- 0.3 to 1000 Hz frekans aralığı
- 272 gram (9.6 oz) ağırlık
- Kablo uzunluğu 1420 mm
- Çapı 200,2 mm
- Yükseklik 12 mm
- İvme alıcısı mounting pad dir.



Şekil 3. 3 Oturak ped ivmeölçer

3.1.3 Bağlantı Elemanları

Şekil 3.4 a da C027114 kodlu teflon kablo ve HVM100 cihazı ile ped ivme ölçer arasındaki bilgilerin aktarılmasını sağlamaktadır. Şekil 3.4 b de CTG0810 kodlu ara kablosu HVM100 cihazı ile bilgisayar arasındaki bilgilerin aktarılmasını sağlamaktadır. Şekil 3.4 c deki CTG0810 kodlu ara kablosu ise HVM100 cihazını ve ped ivmeölçerin kontrolünü sağlamaktadır. IOGEAR firmasının üretmiş olduğu GUC232A numaralı ara kablo, CTG0810 numaralı ara kablosu ve bilgisayar arasındaki veri alış verişini

sağlamaktadır. Toplamda üç adet ara kablo kullanılmıştır. Bu bağlantı kabloları sinyalleri doğru bir şekilde iletmesi ve sağlıklı sonuçlar verdiği bilinmektedir.



(a)



(b)

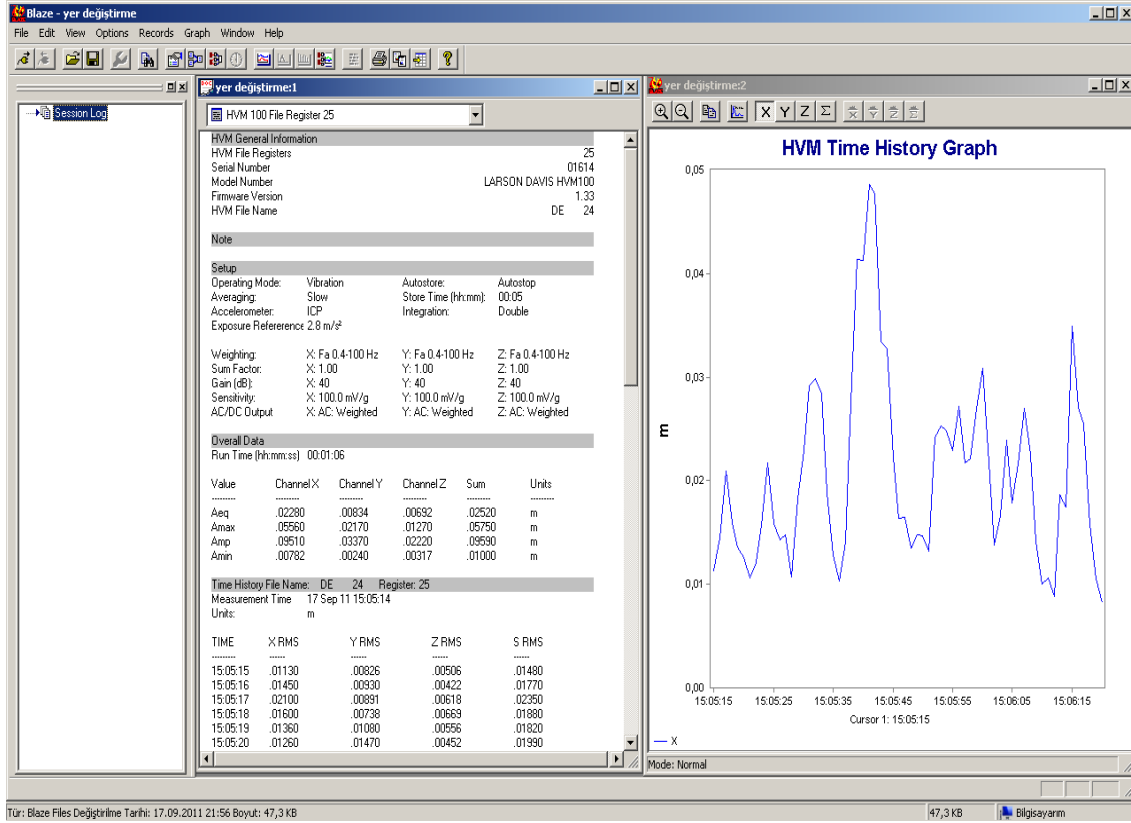


(c)

Şekil 3. 4 Kablo çeşitleri

3.1.4 BLAZE Yazılım Programı

Blaze yazılımı ideal bir veri analizi sağlar ve endüstriyel alanda iş güvenliği için raporlama için kullanılmaktadır. Bu programın kullanımı basit ve kolaydır. Blaze programından alınan veriler standartlarla uyumludur. Blaze programı ile HVM100 cihazı kontrol edilmekte ve sayısal veriler, Blaze programı aracılığıyla grafik haline dönüştürülmektedir. Aynı zamanda tablo şekline de dönüştürülmektedir. Blaze programı ile mühendislik uygulamalarında veri toplama, analiz ve sunum aşamalarında ölçümler elde etmek için kullanılmaktadır. Şekil 3.5 de Blaze yazılım programının ara yüzü gösterilmiştir.



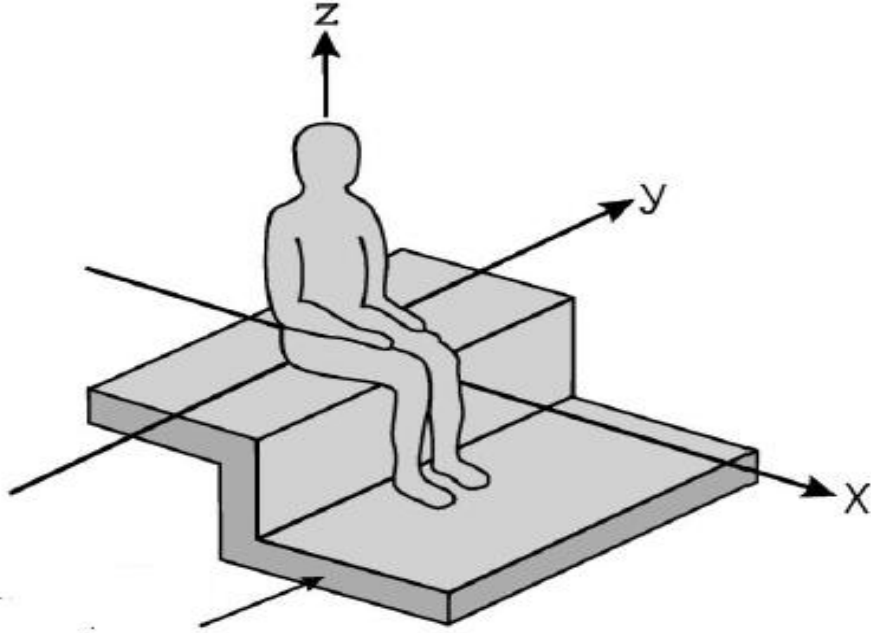
Şekil 3. 5 Blaze ara yüzü

Bu program 6 yılı aşkın bir süredir kullanılmakta, kullanım kolaylığı sayesinde teknolojinin gelişmesiyle programın özellikleri geliştirilmektedir. Dünyada ve ülkemizde titreşim alanında kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Bu program rms grafiklerin elde edilmesi ve bilgisayar ekranında görüntülenmesi için oldukça faydalıdır.

3.1.5 Traktör Sürücü Koltuğu

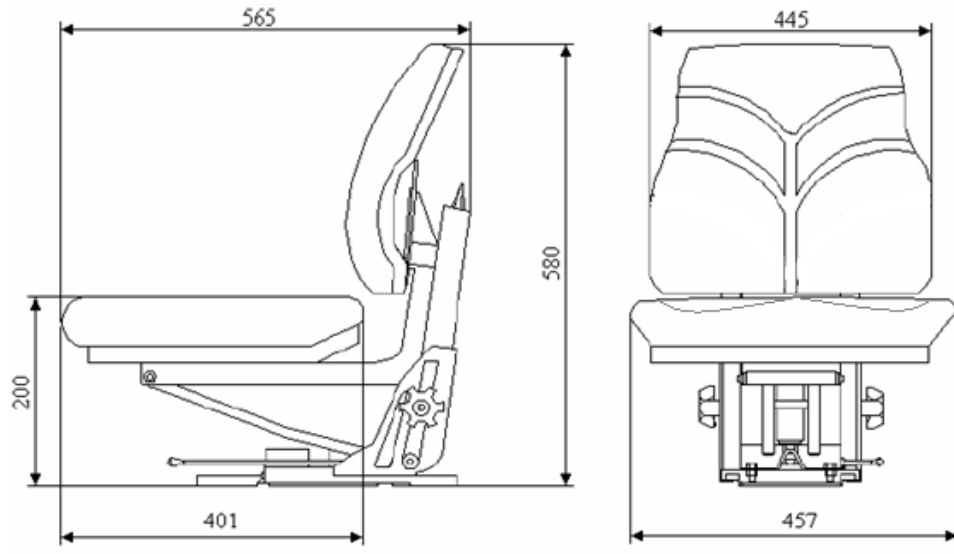
Çalışmada, traktör hareket halindeyken gerekli datalar alınmıştır. Traktörde TS EN ISO 9001 ve 78/764 EWG standardına uygun pilot tipi koltuk kullanılmıştır. Bu koltuğun ait genel bilgiler ölçüleri Şekil 3.7'de verilmiştir. Traktörlerin arazi şartlarında hareketi sırasında düzensiz titreşimler meydana gelmektedir. Bu düzensiz titreşimler sürücü üzerinde sağlık sorunları meydana getirmektedir. Traktörlerde titreşim etkisi önce yorgunluk belirtisi göstermekte ve giderek sürücünün adale gerilimini arttırmakta,

dolaşım ve sinir sistemlerini etkileyerek hormon salgılama bozukluklarına neden olmaktadır(Ünala, 1975). Traktör koltuğunda en büyük titreşim düşey yönde olmaktadır. Bu yönler ISO 5805 (1997) standardına göre Şekil 3.6'da gösterilmektedir.

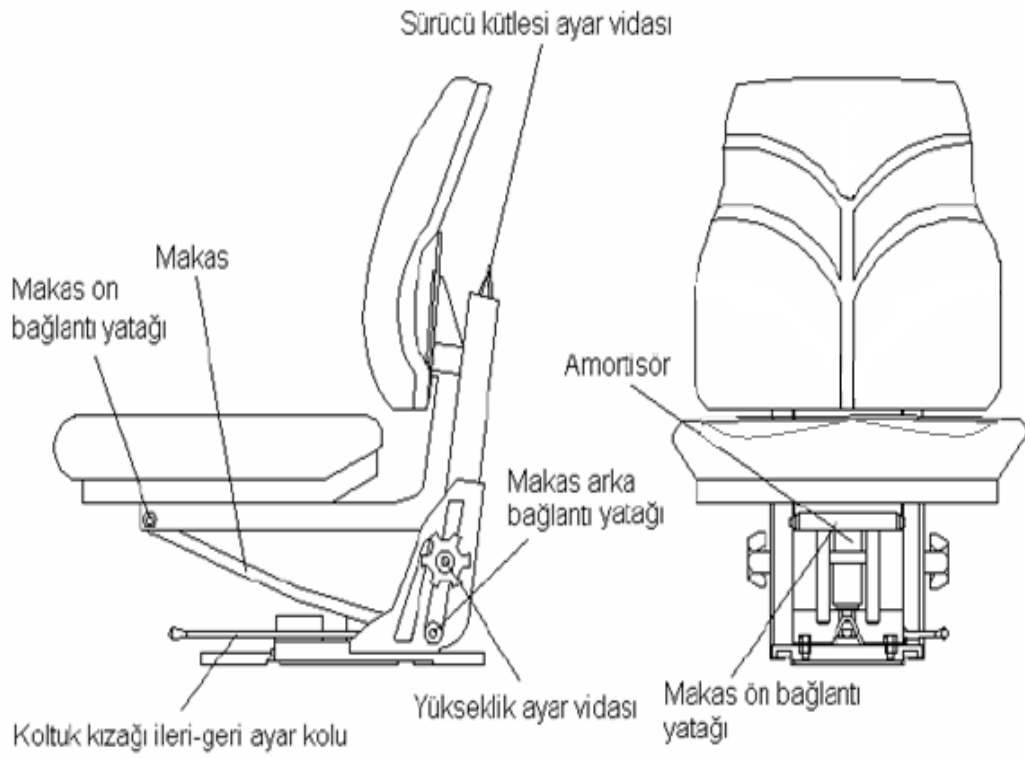


Şekil 3. 6 Vücudun maruz kaldığı titreşim yönleri (ISO 5805:1997).

Traktör sürücü koltuklarında yalıtım ve sönümleme elemanlarının kullanımının amacı traktör hareketi sırasında oluşan düşük frekanslı titreşimlerin sürücü üzerindeki etkisinin azaltılması ve kontrol altına alınmasıdır. Traktör sürücü koltuklarında yalıtım sistemleri, kaynaktan aldığı ısı enerjisini hareket enerjisine çevirerek titreşim iletimini azaltmaktadır. Sürücü koltuklarındaki bu yalıtım sistemi Şekil 3,9'da görülmektedir.



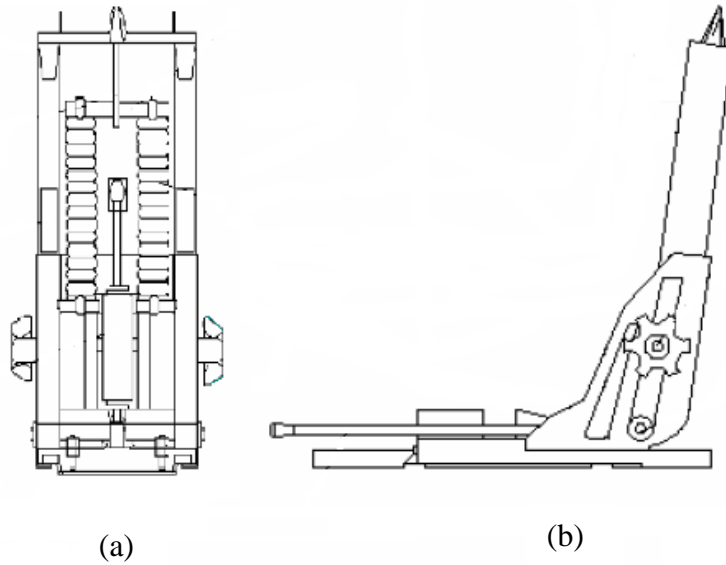
(a)



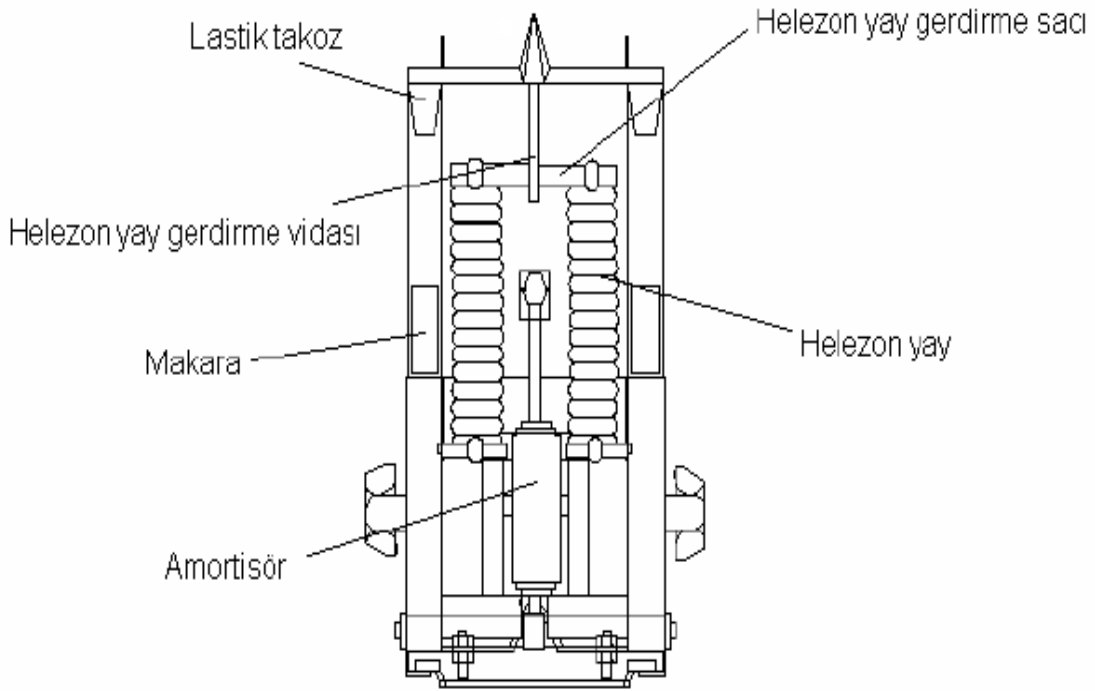
(b)

Şekil 3. 7 Traktör sürücü koltuğu ölçüleri

Şekil 3.8’de sürücü koltuğu yalıtım sisteminin (a) ön perspektifi ve yan perspektifi(b) de görülmektedir. Helezon yaylar, alt tarafta koltuk çatısı üzerine kaynakla bağlanmıştır. Şekillendirilmiş sac malzemeden yapılan rijit parçalara ve üst tarafta ise ortasından kütle ayar vidası geçen gerdirme sacına takılmaktadır. Kütle ayar vidası çevrilmek suretiyle, helezon yayların sertliği ayarlanabilir. Böylece makaslar üzerinde meydana gelen salınım hareketi koltuk üzerindeki sürücünün kütlesine uygun hale getirilmektedir. Böylece titreşim ortamında koltuk tablasının ve yalıtım sisteminin alt ve üst parçalara çarpması engellenir. Helezon yaylar ayrıca, sistemden enerji alarak, hareketin titreşim şiddetini sönmülemeye çalışır. Helezon yayların sönmüleme etkinlikleri yetersiz kalabilir. Bu nedenle yalıtım sistemine bir de hidrolik amortisör yerleştirilmiştir. Makas parçalarının arka bağlantısına yaltaklanan amortisör, koltuğun salınım hareketiyle çalışır. Özellikle rezonans koşullarında ve şok titreşimlerin meydana gelmesi durumunda oluşabilecek büyük genlikli titreşimlerini sönmülemektedir. Amortisör, düzgün olmayan pürüzlü yollardaki ve traktörün kendi üzerindeki titreşimlerden kaynaklanan titreşim enerjilerini alarak, titreşim hareketini sönmülemeye çalışmaktadır.



Şekil 3. 8 Traktör sürücü koltuğu titreşim yalıtım sisteminin perspektif görünüşü



Şekil 3. 9 Traktör sürücü koltuğu titreşim yalıtım sistemi

3.2 Kullanılan Minderlerin Özellikleri

Bu çalışmada birer adet 900 gr yün, 900 gr pamuk, 18 daste yoğunluğunda ve 6 cm yüksekliğinde sünger 'den minder imal edilmiş ve yüzleri kumaş kılıfla kaplanmıştır. Deneyde kullanılan malzemelerin insan sağlığı üzerinde büyük önemi vardır. Pürüzlü arazi şartlarından ve traktörün kendi mekanizmasından kaynaklanan titreşimleri filtre yapmak için minder çeşitleri kullanılmıştır. Bu minderler özellikle sürücü üzerine gelen düşey titreşimleri sönmüleme yapmaktadır. Sürücü koltuğu üzerinde kullanılan minderlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri hiçbir şekilde değiştirilmemiştir. Verilerin güvenilirliğini ve doğruluğunu arttırmak için bu uygulama yapılmıştır. Minderlerin teknik ölçüleri sürücü oturağı yüzeyine benzer şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarım için minder kılıflarını sürücü koltuğunun şekline benzer bir biçimde diktirilmiştir. Bu teknikle istenilen teknik ölçüler mindere kazandırılmıştır. Şekil3.10'da minder çeşitleri gösterilmiştir.



a) Yün minder



b) Pamuk minder

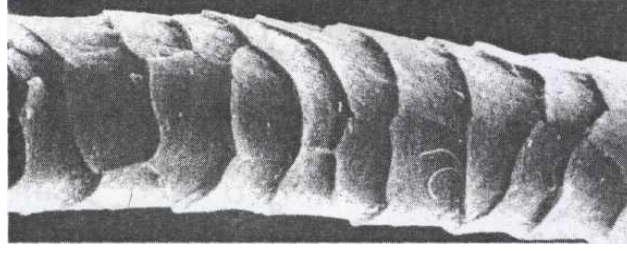


c) Sünger minder

Şekil 3. 10 Deneyde kullanılan minderler

3.2.1 Yün

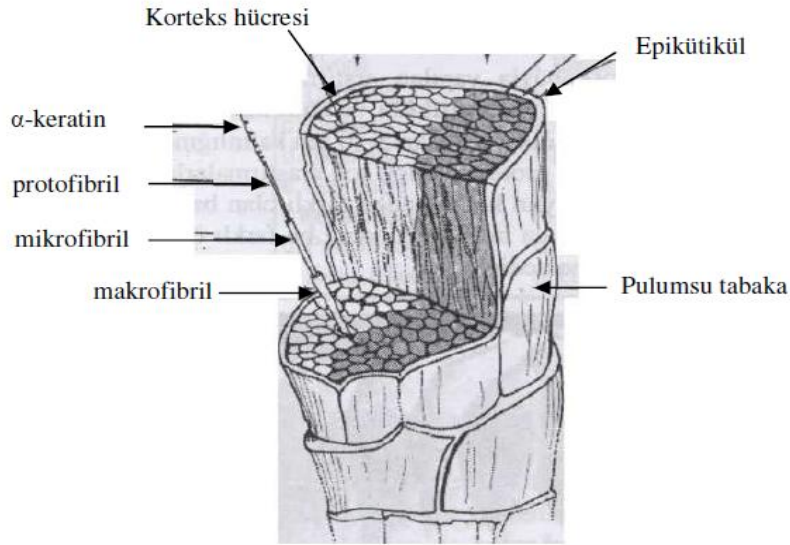
Yün koyunlardan elde edilir. Genellikle koyun cinsine bağlı olarak da değişebilen kaliteler temel alınır, dünyada üç farklı yün cinsi sayılabilir: Merinos yünleri, Crossbred (melez) yünleri ve Asya yünleri. Dünyanın çeşitli yörelerinden elde edilen yün, kalite farklılıkları gösterir. Örneğin, en ince yün lifi merinos koyunundan, orta incelikte yün lifleri melez koyunlardan ve son olarak da en kaba yün lifi dağ koyunlarından elde edilir. Şekil 3.9 da Merinos koyununun ince liflerin uzunluğu 12 cm'nin üzerinde ve çapları 15 ile 17 mikron arasındadır, orta kalınlıkta lifler ise 5 ile 15 cm arasında uzunlukta ve çapları 24 ile 34 mikron arasında, uzun ve kalın lifler de 40 cm uzunluğunda ve 40 mikron çapındadır (Taylor 1999, Baser 1992, Joseph 1976).



Şekil 3. 11 Bir merinos yün lifinin mikroskop altındaki görüntüsü (Gohl and Vilensky 1983).

Yün, eyaflara göre daha karmaşık yapıya sahip ve yün lifinin enine kesiti incelendiğinde üç tabakadan oluştuğu Şekil 3.12’de görülmektedir.

- a) Epidermis (Kütikula, örtü hücreleri, pul) tabakası
- b) Korteks tabakası
- c) Medulla tabakası (Mih kanalı)



Şekil 3. 12 Bir yün lifinin enine ve boyuna kesitinin şematik gösterimi (Gohl and Vilensky 1983).

Tarım traktörleri sürücü koltuğu üzerinde kullanılan yün minderin lif demetinin sıkıştırıldıktan sonra kuvvetin kalkması, sonrası demetin eski biçimine ve hacmine geri döndüğü gözükmemektedir. Bu yaylanmayı sağlamakta ve bir amortisör gibi çalışmaktadır. Yaylanma yeteneği, birinci derecede, liflerin elastikiyet modülü ile ilgili olup, liflerin

kıvrıcıklığı tarafından da etkilenmektedir. Bilimsel araştırmalar sonucunda her bir yün telinin üç boyutlu sarmal kıvrımdan oluştuğunu ve bunların her birinin minyatür yay görevi gördüğünü belirtmiştir. Bu yaylar her bir yün teline elastikiyet kazandırırken meydana gelen farklı şiddetlerdeki basıncın geri tepmesini sağlar. Uygulanan kuvvet kalktığında ise orijinal haline geri döner. Bu doğal yapısı yünü alternatiflerinden bir adım öne çıkarır. Uzun süre koltuk üzerinde oturan sürücülerin vücut ısısıyla birlikte nemlenme meydana gelmekte ve yün kendi ağırlığının yarısı kadar nem çekebilmektedir. Bunun nedeni, yapısında amorf bölgelerin çok olması ve su moleküllerinin kolayca polimer zincirler arasına girebilmesidir. Bu özelliğiyle statik elektriği azalttığından sürücü üzerindeki elektriklenmeden meydana gelen rahatsızlık risklerini de ortadan kaldırmış olur. Çizelge 3.1 de yün lifinin fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3. 1 Yün lifinin fiziksel özellikleri (Saçak 2002)

Yün lifinin fiziksel özellikleri	
Parlaklık	Orta
Dayanıklılık (gpd)	1,0-1,7
Kuru hal- Yaş hal	0,8-1,6
% Elastik dönüşüm	%2 uzamada 99
% Uzama	20-40
Kuru hal- Yaş hal	20-70
Yaylanma	Mükemmel
Yoğunluk	1,30- 16,0 gr/cm ³
Nem çekme 20 C ^o %65 nem	13,6- 16,0

3.2.2 Pamuk

Tarım traktörleri sürücü koltuğu üzerinde kullanılan pamuk minderin lif demeti mikroskop altında incelenirse, dıştan içe doğru tabakalardan oluştuğu görülmektedir. Pamuk, keten, kenevir, jüt, rami, sisal ve abaca gibi bitkisel liflerin temel kimyasal yapıtaşı selülozdur. Pamuk lifin fiziksel yapısı çizelge 3.2’de görülmektedir.

Pamuk lifinin katmanları

1. Kütikula ve mumsu tabaka
2. Primer çeper
3. Sekonder çeper
4. Lümen (Mangut ve Karahan 2005)

Çizelge 3. 2 Pamuk lifinin fiziksel yapısının şematik gösterimi (Baser 1992)

Pamuk lifinin fiziksel özellikleri	
Parlaklık	Doğal bir matlığı vardır
Mukavemet	19-45 cN/tex'dir
% Uzama	%3-10 arasındadır
Yaylanma	En düşük liftir
Yoğunluk	1,55gr/cm ³ tür.
Nem içeriği	%8.5 civarındadır

3.2.3 Sünger

Sünger üretiminde ağırlıklı olarak OH numarası 30 – 60 arası polioller kullanılır. Sünger sürücü koltuklarında kullanıldığı gibi başka alanlarda da kullanılabilir. Titreşimin istenmediği ve yalıtılmak istendiği yerlerde kullanılır. Örnek: makine parçalarının arasında, cam bloklarının arasında vb. Sünger ihtiyacı aşağıdaki maddelere göre imalatı yapılmaktadır.

- 1) Destek
- 2) Konfor
- 3) Dayanıklılık

Bir süngerin yoğunluğu birim hacme düşen ağırlık olarak tanımlanır ve kg/m^3 cinsinden ölçülür. Süngerin en önemli özelliklerinden biri olup dayanıklılık ve destek gücünü etkiler. Piyasada yoğunluğu sert olan süngerlerin daha sert olduğu anlaşılmaktadır. Oysa sertlik, yoğunluktan tamamen bağımsızdır. Süngerler için yoğunlukla, sertlik arasında fark vardır. Yüksek yoğunluklu süngerler, orijinal özelliklerini daha uzun süre korurlar. Sürücü koltuğunda kullanılan süngerleri anatomik rahatlık sağladığı için tercih edilirler. Süngerin kaliteli ve istenilen fiziksel özelliklerde olması sadece kullanılan hammaddeye bağlı olmayıp, kullandığı döküm makinesi ve teknolojisine de sıkı sıkıya bağlıdır.

3.3 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel Yöntemler

3.3.1 İvme Değerinin (rms) Belirlenmesi

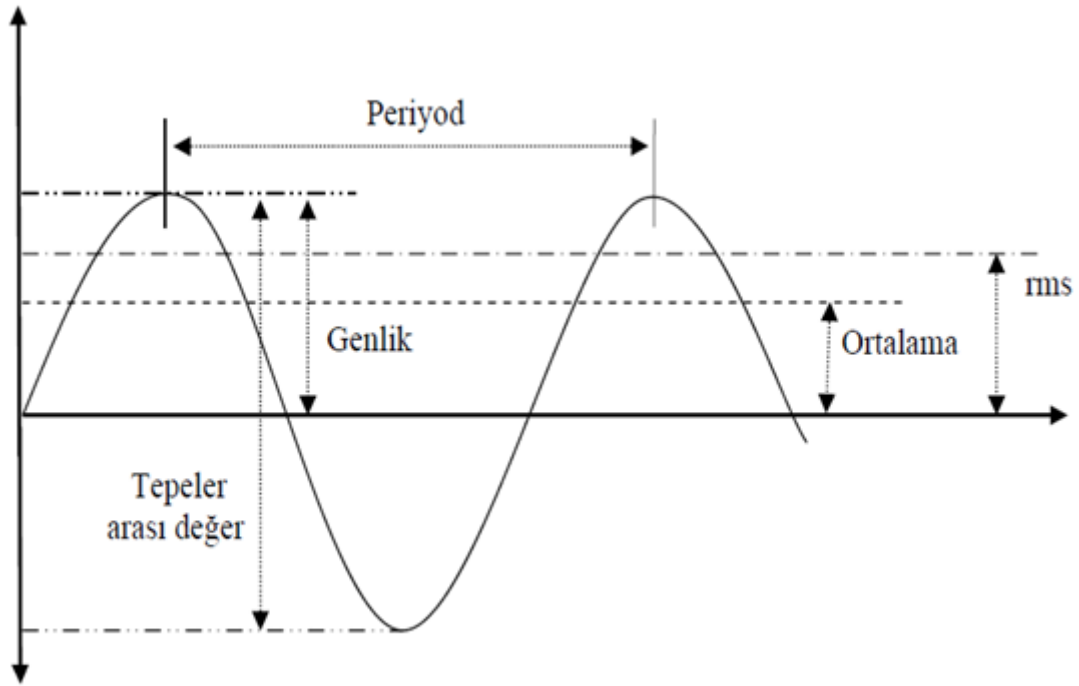
ISO 2361 standardına göre rms değeri sürücü koltuklarındaki titreşim enerji seviyelerini gösterdiği için bilinmesi gereken bir değerdir. Sürücü koltukları titreşim seviyelerini belirlemek için ISO2361-1(1997) yılında yapmış olduğu çalışmasını ISO 2361-5(2004) olarak yeni standart yayınlamıştır. Bu standart 1997 yılındaki çalışmayla paralel bir şekildedir. 2004 yılında yapılan çalışmada Sed (MPa) ve R faktörleri üzerinde durmaktadır. İvme değerini $\text{VDV m/s}^{1,75}$ türünden değerlendirmektedir.

İnsan vücudunun bazı bölgeleri, mekanik titreşimler ve ivmelenme gibi dış kuvvetlere karşı tepki gösterirken, frekanslara daha duyarlı olmaktadır. Bir titreşim hareketinin nicelikleri; yer değiştirme (x) ve ivme (a)'dır. Temel mekanik titreşim ölçümünde ve ölçümün değerlendirilmesinde bu niceliklerin aşağıda belirtilen parametreleri kullanılır.

- a. Genlik
- b. Tepeden tepeye değer

- c. Ortalama değeri
- d. Kareler ortalamasının kare kökü değeri (KOK-RMS)
- e. Crest faktörü
- f. Periyot veya tekrarlanma oranı
- g. Süre

Bu parametreler sinüzoidal ve sinüzoidal olmayan bir hareket için Sekil 3.13'de bazıları gösterilmiştir.



Şekil 3. 13 Mekanik titreşimlerde temel büyüklükler (Sabancı, 1999)

Sekil 3.13'den de görülebileceği gibi, tepe değeri, titreşim hareketinin denge düzleminde (sıfır noktası) olan sapmasıdır. Tepeden tepeye değeri ise, hareketin pozitif ve negatif bölgelerindeki tepe değerleri arasındaki boyuttur. x_{rms} değerini bulmak için;

$$x_{ort} = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt \quad (3.1)$$

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} \quad \text{şeklinde hesaplanır.} \quad (3.2)$$

Burada;

x_{ort} : Titreşim niceliğinin mutlak ortalaması,

x_{rms} : Titreşim niceliğinin kareler ortalamasının karekökü,

T : Ölçüm süresi (s)'dir.

Amplitüd faktörü yada tepe faktörü ise, aşağıdaki formülle hesaplanır (Anonim 1998):

$$\text{Crest faktörü} = \frac{\text{Tepe}}{x_{rms}} \quad (3.3)$$

Sinüzoidal bir harekette ise, tepe değer ile rms değeri arasında aşağıdaki ilişki vardır (Griffin 1997):

$$x_{rms} = \frac{\text{Tepe}}{\sqrt{2}} \quad (3.4)$$

Rms değeri bir sinyalin t_1 - t_2 zaman aralığında aldığı değerlerin karelerinin ortalamasının kareköküdür. $Rms = 0.707 \times \text{Tepe}$ değer ifadesi ile, rms ile Tepe değer arasında dönüşüm yapılabilir. Bu niceliklerden rms değeri en geçerli ölçüm parametresidir. Çünkü doğrudan doğruya titreşim hareketinin enerji içeriğini verir ve bundan dolayı titreşimin zarar verme etkisi hakkında bilgi sahibi olunur (Anonim 1982). Titreşimin değerlendirilmesinde aksi belirtilmedikçe frekans ağırlıklı rms ivme değeri kullanılır (Anonim 1997). Bu değer aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (Anonim 1997, Anonim 2005):

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt} \quad (3.5)$$

Burada,

a_w : Frekans ağırlıklı rms ivme değeri (m/s^2),

$a_w(t)$: Zamanla değişen anlık frekans ağırlıklı ivme değeri (m/s^2),

T : Ölçüm süresi (s)'dir.

Frekans ağırlıklı rms ivme aşağıdaki eşitlik ile de hesaplanabilir:

$$a_w = \left[\left(\sum_{i=0}^n a_{w_i}^2(t) \right) / n \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.6)$$

Burada;

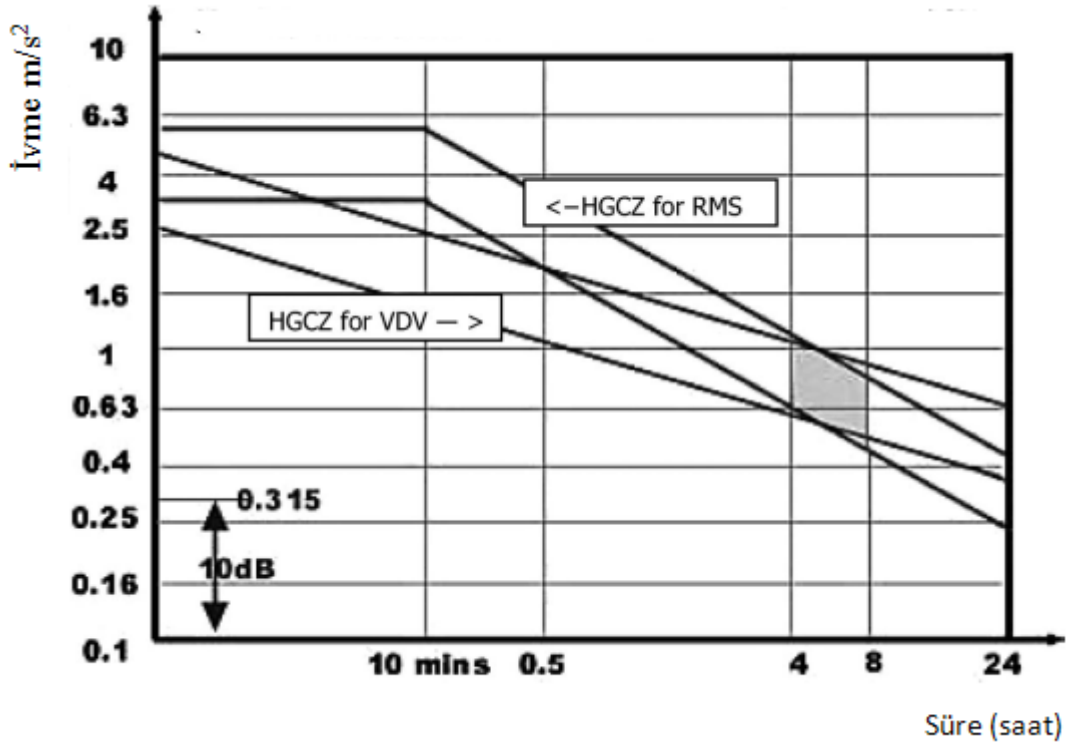
n: Ölçüm sayısıdır.

3.6 numaralı eşitlik titreşim hareketinin enerji içeriğini göstermektedir (Düzgünes vd. 1993). Burada, üzerinde durulması gereken konu, frekans ve zaman ağırlığıdır. Titreşimin insan sağlığı ve rahatlığı üzerinde etkisini incelemek için yapılan çalışmalar, hareketin büyüklüğü ile beraber, frekansın ve harekete maruz kalınma süresinin de önemli faktörler olduğunu göstermiştir (Griffin 1997). İşte bu ağırlık faktörleri, titreşimin sağlık ve rahatlık üzerindeki olası etkilerini tam olarak tahmin edebilmek amacıyla kullanılır. Bu yüzden, frekans ve maruz kalınma süreleri ile ilgili olarak, değişik yaş ve cinsiyet gruplarını temsil eden gönüllü deneklerden oluşan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmalarında, değişik titreşim ortamlarındaki insan tepkileri incelenmiştir (Griffin 1997). Araştırmalardan elde edilen veriler yardımıyla frekans ağırlıklandırma faktörleri ve zaman ağırlığı eşitlikleri belirtilmiştir.

Titreşim ölçümlerinden alınan ağırlıksız ham ivme değerlerinin kullanılması, x, y ve z yönlerindeki titreşim hareketin insan sağlığı ve rahatlığı üzerindeki etkilerini tam olarak anlayabilmede ve yorumlayabilmede yetersiz kalmaktadır. Bu amaçla, ortamdaki beklenen performans kriterinin, x, y, z yönlerindeki hareket frekansının ve harekete maruz kalınma süresinin de değerlendirilmede göz önüne alınması gerekir. Çünkü bir titreşim hareketi, yapılan işe ve bulunulan ortama göre, insan sağlığı üzerinde değişik etkiler meydana getirir. Örneğin, tarım traktörlerinin sürücü rahatsızlık zamanını 4-8 saat aralığında rms ivme değerinin 1,15 m/s² geçmemesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu amaçla, titreşimin sağlık ve rahatlık değerlendirmesinde, yukarıda bahsettiğimiz frekans ağırlıkları ve zaman ağırlıklandırma eşitlikleri kullanılır.

Araç sürücülerinin vücut sağlığının bozulmasındaki etkenlerden bir tanesi sürücü koltuğunun konforluk derecesi düşük olmasıdır. Sürücü koltuğunun ISO 2631-1:1997 standardına göre 4-8 saat arasında çalışan bir sürücünün kalacağı rms ivme değeri Şekil

3.14 de gösterilmiştir. Traktör sürücüleri ISO 2631 standardına göre sürücü koltuğunun rms ivme değeri $1,15 \text{ m/s}^2$ 'yi geçerse mide problemleri, kalp atışları düzensizliği, kalça kemiği hasarı, görme bozuklukları, beyin hücre ölümleri gibi rahatsızlıklar meydana gelebilmektedir. ISO 2631-1 standardına göre 4-8 saat aralığında çalışan bir sürücünün rms ivme değerinin $0,5 \text{ m/s}^2$ nin altında olması insan sağlığını çok az etkilemektedir. Araç sürücülerinin koltuğunun rms ivme değerleri bu değer altında üretilmesi temel alınmaktadır. Sürücü bu rms ivme değerinde vücuduna gelen eksenel titreşimlere minimum maruz kalmaktadır. Üretilen koltukların yalıtım sistemi, sünger kalitesi gibi malzemelerin rms değerini etkilediği deneysel çalışmalarda ortaya konulmaktadır. Sürücünün araçta hareket halindeyken arazi şartlarından kaynaklanan pürüzlülüklerde ani ivme ve yer değişlerine maruz kalmaktadır. Rms ivme değerinin $0,5-1,15 \text{ m/s}^2$ aralığında olması sürücü sağlığını normal etkilemektedir. Eğer sürücü rms ivme değeri $1,15 \text{ m/s}^2$ den fazla olması durumunda sürücü maksimum rahatsızlık duymakta ve bu değer sürücü üzerine gelen titreşimlerin vücut sağlığını olumsuz etkilediğini göstermektedir.



Şekil 3. 14 Sağlık için riskli bölgeler (HGCZ) [ISO 2631-1:1997]

3.3.2 Standart Sapma

İki veri grubunun aritmetik ortalamalarının eşit veya birbirine yakın olması durumunda veri gruplarında yer alan çok küçük ve çok büyük değerler, verilerin dağılımını etkiler. Bu durumda verilerin düzgün bir dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için açıklık, çeyrekler açıklığı gibi merkezi yayılma ölçülerine bakılır. Açıklık ve çeyrekler açıklığı değerleri veri gruplarının üst ve alt bölgelerinde yer alan ve verilerin yayılımını etkileyen değerler hakkında yeterli bilgi vermeyebilir. Bu durumda merkezi yayılma ölçüsü olan standart sapma hesaplanır. Standart sapma, verilerin aritmetik ortalamaya göre nasıl bir yayılım gösterdiğini anlatır.

Standart sapma hesaplanırken izlenecek adımlar, maddeler.

- 1) Verilerin aritmetik ortalaması bulunur.

$$\bar{x} = \left[\sum_{i=0}^n x_i \right] / n \quad (3.7)$$

- 2) Her bir veri ile aritmetik ortalama arasındaki fark bulunur.

$$x_i - \bar{x} \quad (3.8)$$

- 3) Bulunan farkların her birinin karesi alınır ve elde edilen sayılar toplanır.

$$\sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2 \quad (3.9)$$

- 4) Bu toplam, veri sayısının 1 eksiğine bölünür ve bölümün karekökü bulunur.

$$\text{Standart sapma} = \left[\left(\sum_{i=0}^n [x_i - \bar{x}]^2 \right) / (n - 1) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.10)$$

3.3.3 Varyasyon Katsayısı

Standart sapma (veya varyans) bir değişim ölçüsü olarak iki gruba ait gözlemlere bakarak hangi grubun daha homojen olduğunun belirlenmesinde her zaman yeterli bir ölçü olmayabilir. Çünkü bazen yapılan ölçümlerin büyüklüğü standart sapmayı ortalamadan daha fazla etkileyebilir. İşte bu gibi durumlarda, yani gözlem değerlerinin büyüklüğünden ileri gelen farklılığı ortadan kaldırmak hem de farklı ölçü birimi ile ifade edilmiş gözlem değerlerini karşılaştırılabilir duruma getirmek için yeni bir değişim ölçüsü kullanılması gerekmektedir. Bu da varyasyon katsayısı (değişim katsayısı) dır. Varyasyon katsayısı, standart sapmanın ortalamaya oranının yüzde çarpılmasıyla bulunur ve yüzde ile ifade olunur.

Varyasyon katsayısı ne kadar küçük olursa denemenin veya çalışmanın sonucuna olan güvenilirlik o oranda artar. Aynı konuda yapılan çalışmalardan hangisinin sonucuna daha çok güvenmemiz hususunda karar vermede yardımcı olan en doğru kriter varyasyon katsayısıdır. Düşük varyasyon katsayılı çalışma, diğerlerine nispetle daha sağlıklı yürütülmüş demektir. Son olarak düşük varyasyon katsayılı grup, grubu oluşturan birey veya birimler arasındaki varyasyonun az olduğunu yani homojen bir grup olduğunu ortaya koymaktadır.

Varyasyon katsayısı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\text{Varyasyon katsayısı} = \left[\left(\frac{\sum_{i=0}^n [x_i - \bar{x}]^2}{(n-1)} \right)^{\frac{1}{2}} / \bar{x} \right] * 100 \quad (3.11)$$

4. BULGULAR

Tarım traktörlerinde kullanılan minderlerin sürücü üzerine gelen titreşim büyüklükleri HVM100 cihazıyla ölçülmüştür. Deneysel çalışmada, üç adet minder ve mindersiz olmak üzere dört durumda deney yapılmıştır. Deneysel çalışmada numuneler üzerinden ve istatistiksel yöntemlerle grafikler elde edilmiştir. Deneyde kullanılan minderler sürücü koltuğunun ölçülerinde ve 6 cm kalınlığında yaptırılmıştır. Farklı özelliklere sahip minderlerin sürücü üzerinde nasıl bir etki oluşturacağını ve hangi ivme değerlerinde olacağını elde edilerek grafikler haline dönüştürülmüştür. Daha sonra grafikler üzerinde istatistiksel incelemeler yapılmıştır.

4.1 Sürücü Koltuğu Yer Değişimi Matematiksel Hesaplamalar.

4.1.1 Mindersiz Koltuk İçin Nümerik Değerler

Mindersiz koltuğun yer değişim varyasyon kat sayısını bulmak için koltuğun zamana göre genliği Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Bunun için beş adım izlenir.

Çizelge 4. 1 Mindersiz koltuğun zamana göre genliği

Zaman (s)	Yer değiştirme (m)	Zaman (s)	Yer değiştirme (m)	Zaman (s)	Yer değiştirme (m)
1	0,00452	21	0,00919	41	0,01051
2	0,01090	22	0,00714	42	0,00751
3	0,01110	23	0,01100	43	0,00852
4	0,00736	24	0,01828	44	0,00618
5	0,00641	25	0,01587	45	0,00632
6	0,00462	26	0,01041	46	0,00449
7	0,00502	27	0,01032	47	0,00487
8	0,00365	28	0,01050	48	0,00951
9	0,00330	29	0,01075	49	0,00893
10	0,00775	30	0,00631	50	0,00611
11	0,00889	31	0,00607	51	0,00417
12	0,00995	32	0,00544	52	0,00441
13	0,00668	33	0,00569	53	0,00410
14	0,00715	34	0,00422	54	0,00419
15	0,00524	35	0,00366	55	0,00718
16	0,00398	36	0,00530	56	0,00965

17	0,00597	37	0,00717	57	0,00873
18	0,00719	38	0,00649	58	0,01030
19	0,00807	39	0,00848	59	0,00641
20	0,01220	40	0,01074	60	0,00533

- 1) Çizelge 4.1 deki veriler ile mindersiz sürücü koltuğunun aritmetik ortalaması bulunur. Eşitlik (3.7) kullanılır.

$$\bar{x} = \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) / n = \frac{0,45040}{60} = 0,00717 \text{ olarak bulunur.}$$

- 2) Her bir veri ile aritmetik ortalama arasındaki fark bulunur. Eşitlik (3.8) kullanılır.

$$x_i - \bar{x}$$

$$0,00330 - 0,00717 = -0,00387$$

$$0,01090 - 0,00717 = -0,00373$$

$$0,01110 - 0,00717 = -0,00393$$

$$0,00533 - 0,00717 = -0,00184$$

- 3) Bulunan farkların her birinin karesi alınır ve elde edilen sayılar toplanır. Eşitlik (3.9) kullanılır.

$$\sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2$$

$$(-0,00387)^2 = 0,0000149769$$

$$(- 0,00373)^2 = 0,0000139129$$

$$(- 0,00393)^2 = 0,0000154449$$

$$(- 0,00184)^2 = 0,0000033856$$

+ _____

0,0006621275 olarak bulunur.

- 4) Bu toplam, veri sayısının 1 eksiğine bölünür ve bölümün karekökü alınarak standart sapma bulunur. Aynı şekilde bir önceki bölümde ifade edilen (3.10) eşitliği kullanılarak,

$$\text{Standart sapma} = \left[\left(\sum_{i=0}^n [x_i - \bar{x}]^2 \right) / (n - 1) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Standart sapma} = \sqrt{\frac{0,0006621275}{60-1}} = 0,00335 \quad \text{olarak bulunur.}$$

- 5) Varyasyon katsayısını bulmak için standart sapmayı aritmetik ortalamaya böleriz. Eşitlik (3.11) kullanarak,

$$\text{Varyasyon katsayısı} = \left[\left[\left(\sum_{i=0}^n [x_i - \bar{x}]^2 \right) / (n - 1) \right]^{\frac{1}{2}} / \bar{x} \right] * 100$$

$$\text{Varyasyon katsayısı} = \frac{0,00335}{0,00717} * 100 = 46,7410 \quad \text{olarak bulunur}$$

4.1.2 Yün Minder İçin Nümerik Değerler

Yün minderli koltuğun yer değişim varyasyon kat sayısını bulmak için koltuğun zamana göre genliği Çizelge 4.2 de gösterilmiştir. Bunun için beş adım izlenir.

Çizelge 4. 2 Yün minderin zamana bağlı genliği

Zama n (s)	Yer değişirme (m)	Zaman (s)	Yer değişirme (m)	Zaman (s)	Yer değişirme (m)
1	0,00617	21	0,00591	41	0,00792
2	0,00947	22	0,00666	42	0,00521
3	0,00947	23	0,00627	43	0,00504
4	0,01090	24	0,00840	44	0,00617
5	0,00897	25	0,00747	45	0,00519
6	0,00816	26	0,00661	46	0,00378
7	0,00719	27	0,00695	47	0,00499
8	0,01080	28	0,00650	48	0,00593
9	0,00783	29	0,00608	49	0,00933
10	0,00674	30	0,00498	50	0,00813
11	0,00661	31	0,00481	51	0,00553
12	0,00839	32	0,00500	52	0,00536
13	0,00854	33	0,00763	53	0,00425
14	0,01000	34	0,01120	54	0,00429
15	0,01030	35	0,00802	55	0,00513
16	0,01310	36	0,00817	56	0,00382
17	0,00971	37	0,01450	57	0,00369
18	0,00677	38	0,00972	58	0,00375
19	0,01030	39	0,00870	59	0,00544
20	0,00809	40	0,00655	60	0,00408

- 1) Verilerin aritmetik ortalaması eşitlik (3.7) kullanılarak 0,00724 olarak bulunur
- 2) Her bir veri ile aritmetik ortalama arasındaki fark bulunur. Eşitlik (3.8) kullanılır.
- 3) Bulunan farkların her birinin karesi alınır ve elde edilen sayıların toplamı eşitlik (3.9) kullanılarak 0,0003258275 olarak bulunur
- 4) Bu toplam, eşitlik (3.10) kullanılarak standart sapma 0,00235 olarak bulunur

- 5) Varyasyon katsayısını bulmak için eşitlik (3.11) kullanılır. Varyasyon katsayısı 32,458 olarak bulunur.

4.1.3 Pamuk minder için nümerik değerler

Pamuk minderli koltuğun yer değişim varyasyon kat sayısını bulmak için koltuğun zamana göre genliği Çizelge 4.3 de gösterilmiştir. Bunun için beş adım izlenir.

Çizelge 4. 3 Pamuk minderin zamana bağlı genliği

Zaman (s)	Yer değiştirme (m)	Zaman (s)	Yer değiştirme (m)	Zaman (s)	Yer değiştirme (m)
1	0.00580	21	0.00567	41	0.00342
2	0.00668	22	0.00650	42	0.00370
3	0.01200	23	0.00556	43	0.00463
4	0.00869	24	0.00633	44	0.00408
5	0.00546	25	0.00671	45	0.00299
6	0.00454	26	0.00730	46	0.00549
7	0.00355	27	0.00505	47	0.00526
8	0.00378	28	0.00694	48	0.00457
9	0.00622	29	0.01100	49	0.00326
10	0.00468	30	0.00889	50	0.00569
11	0.00365	31	0.00595	51	0.00422
12	0.00513	32	0.00553	52	0.00491
13	0.00360	33	0.00491	53	0.00394
14	0.00586	34	0.00493	54	0.00457
15	0.00508	35	0.00485	55	0.00678
16	0.00499	36	0.00387	56	0.00491
17	0.00448	37	0.00268	57	0.00555
18	0.00398	38	0.00274	58	0.00599
19	0.00324	39	0.00405	59	0.00438
20	0.00535	40	0.00419	60	0.00758

- 1) Verilerin aritmetik ortalaması eşitlik (3.7) kullanılarak 0,00527 olarak bulunur.
- 2) Her bir veri ile aritmetik ortalama arasındaki fark bulunur. Eşitlik (3.8) kullanılır.
- 3) Bulunan farkların her birinin karesi alınır ve elde edilen sayıların toplamı eşitlik (3.9) kullanılarak 0,0001848411 olarak bulunur.

- 4) Bu toplam, eşitlik (3.10) kullanılarak standart sapma 0,00177 olarak bulunur.
- 5) Varyasyon katsayısını bulmak için eşitlik (3.11) kullanılır. Varyasyon katsayısı 33,596 olarak bulunur.

4.1.4 Sünger minder içi nümerik değerler

Sünger minderli koltuğun yer değişim varyasyon kat sayısını bulmak için koltuğun zamana göre genliği Çizelge 4.4 de gösterilmiştir. Bunun için beş adım izlenir.

Çizelge 4. 4 Sünger minderin zamana bağlı genliği

Zaman (s)	Yer değiştirme (m)	Zaman (s)	Yer değiştirme (m)	Zaman (s)	Yer değiştirme (m)
1	0,00469	21	0,00780	41	0,01190
2	0,00525	22	0,00971	42	0,01300
3	0,00528	23	0,00985	43	0,01240
4	0,00922	24	0,00859	44	0,01180
5	0,00831	25	0,00678	45	0,00935
6	0,00908	26	0,00795	46	0,00644
7	0,00556	27	0,00569	47	0,00841
8	0,00466	28	0,00580	48	0,00669
9	0,00668	29	0,01050	49	0,00537
10	0,01110	30	0,00676	50	0,00667
11	0,01070	31	0,00608	51	0,00595
12	0,01880	32	0,00514	52	0,00580
13	0,01260	33	0,00875	53	0,00689
14	0,00918	34	0,00906	54	0,00685
15	0,00649	35	0,00762	55	0,00864
16	0,00583	36	0,01050	56	0,01090
17	0,00585	37	0,01140	57	0,01390
18	0,00418	38	0,01170	58	0,01160
19	0,00328	39	0,01700	59	0,01370
20	0,00954	40	0,01390	60	0,01340

- 1) Verilerin aritmetik ortalaması eşitlik (3.7) kullanılarak 0,00877 olarak bulunur.
- 2) Her bir veri ile aritmetik ortalama arasındaki fark bulunur. Eşitlik (3.8) kullanılır.

- 3) Bulunan farkların her birinin karesi alınır ve elde edilen sayıların toplamı eşitlik (3.9) kullanılarak 0,0006079419 olarak bulunur.
- 4) Bu toplam, eşitlik (3.10) kullanılarak standart sapma 0,00321 olarak bulunur.
- 5) Varyasyon katsayısını bulmak için eşitlik (3.11) kullanılır. Varyasyon katsayısı 36,602 olarak bulunur.

4.2 Sürücü Koltuğu İvme Değişimi Matematiksel Hesaplamalar.

4.2.1 Mindersiz Koltuğun Nümerik Hesaplamaları

Mindersiz koltuğun ivme varyasyon kat sayısını bulmak için koltuğun zamana göre ivmesi Çizelge 4. 5 de gösterilmiştir. Bunun için beş adım izlenir.

Çizelge 4. 5 Mindersiz koltuğun zamana bağlı ivme değişimi

Zaman (s)	İvme (m/s ²)	Zaman (s)	İvme (m/s ²)	Zaman (s)	İvme (m/s ²)
1	0,31000	21	0,59900	41	0,64800
2	0,32900	22	0,49200	42	0,98300
3	0,43800	23	0,38000	43	0,76700
4	0,35100	24	0,39000	44	0,91900
5	0,33200	25	0,52000	45	0,87200
6	0,40600	26	0,56000	46	1,19000
7	0,48200	27	0,95200	47	1,18000
8	0,57800	28	0,95630	48	1,17000
9	0,65800	29	0,95200	49	1,07000
10	0,56800	30	1,50700	50	1,63000
11	0,55300	31	1,64510	51	1,25000
12	0,60800	32	1,52300	52	0,87900
13	0,45900	33	1,56500	53	0,78200
14	0,63100	34	1,00300	54	1,08000
15	0,82600	35	0,86300	55	1,04000
16	0,76500	36	0,82100	56	1,03000
17	0,58900	37	0,86600	57	1,07000
18	0,61500	38	0,65600	58	0,78700
19	0,74100	39	0,65000	59	1,08000
20	0,71200	40	0,57600	60	1,04000

1) Verilerin aritmetik ortalamasının bulunması için eşitlik (3.7) kullanılır.

$$\bar{x} = \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) / n = \frac{48,89440}{60} = 0,81491 \text{ olarak bulunur.}$$

2) Her bir veri ile aritmetik ortalama arasındaki fark bulunur. Eşitlik (3.8) kullanılır.

$$x_i - \bar{x}$$

$$0,31000 - 0,81491 = -0,50491$$

$$0,32900 - 0,81491 = -0,48591$$

$$0,43800 - 0,81491 = -0,37691$$

$$1,04000 - 0,81491 = 0,22509$$

3) Bulunan farkların her birinin karesi alınır ve elde edilen sayılar toplanır. Eşitlik (3.9) kullanılır.

$$\sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2$$

$$(-0,50491)^2 = 0,254934108$$

$$(-0,48591)^2 = 0,236108528$$

$$(-0,37691)^2 = 0,142061148$$

$$(0,22509)^2 = 0,050665508$$

+ _____

6,745581917 olarak bulunur.

- 4) Bu toplam, veri sayısının 1 eksiğine bölünür ve bölümün karekökü alınarak standart sapma bulunur. Bunun için eşitlik (3.10) kullanılır.

$$\text{Standart sapma} = \left[\left(\sum_{i=0}^n [x_i - \bar{x}]^2 \right) / (n - 1) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Standart sapma} = \sqrt{\frac{6,745581917}{60-1}} = 0,33813 \text{ olarak bulunur.}$$

- 5) Varyasyon katsayısını bulmak için standart sapmayı aritmetik ortalamaya böleriz ve eşitlik (3.11) kullanılarak,

$$\text{Varyasyon katsayısı} = \left[\left[\left(\sum_{i=0}^n [x_i - \bar{x}]^2 \right) / (n - 1) \right]^{\frac{1}{2}} / \bar{x} \right] * 100$$

$$\text{Varyasyon katsayısı} = \frac{0,33813}{0,81491} * 100$$

Varyasyon katsayısı = 41,4929 olarak bulunur.

4.2.2 Yün Minderin Nümerik Hesaplamaları

Yün minderli koltuğun ivme varyasyon kat sayısını bulmak için koltuğun zamana göre ivmesi Çizelge 4.6 da gösterilmiştir. Bunun için beş adım izlenir.

Çizelge 4. 6 Yün minderli koltuğun zamana bağlı ivme değişimi

Zaman (s)	İvme (m/s ²)	Zaman (s)	İvme (m/s ²)	Zaman (s)	İvme (m/s ²)
1	0,66100	21	0,66300	41	0,99500
2	0,53900	22	0,92200	42	1,23000
3	0,83400	23	0,83700	43	1,26000
4	0,97500	24	0,59600	44	1,25000
5	0,74900	25	0,73100	45	1,03000
6	0,90200	26	0,72600	46	0,91700
7	0,66000	27	0,73100	47	0,73100
8	0,76800	28	0,55400	48	0,82300
9	0,64800	29	0,52900	49	0,96700
10	0,78100	30	0,56900	50	0,80200
11	0,65500	31	0,63300	51	0,82800
12	0,93600	32	0,59100	52	0,85900
13	0,85200	33	0,77600	53	1,02000
14	0,64200	34	0,86700	54	0,71700
15	0,61200	35	0,79700	55	0,57900
16	0,82700	36	0,83900	56	0,62600
17	0,82600	37	0,83900	57	0,70100
18	0,70300	38	0,59500	58	0,61300
19	0,55900	39	0,65500	59	0,80200
20	0,59700	40	0,63900	60	0,82800

1) Verilerin aritmetik ortalaması eşitlik (3.7) kullanılarak 0,773221 olarak bulunur.

2) Her bir veri ile aritmetik ortalama arasındaki fark bulunur. Eşitlik (3.8)

kullanılır.

$$0,66100 - 0,77321 = -0,11221$$

$$0,53900 - 0,77321 = -0,23421$$

$$0,83400 - 0,77321 = 0,06079$$

$$0,82800-0,77321= 0,05479$$

- 3) Bulunan farkların her birinin karesi alınır ve elde edilen sayılar toplanır. Eşitlik (3.9) kullanılarak 1,714541233 bulunur.
- 4) Bu toplam, veri sayısının 1 eksiğine bölünür ve bölümün karekökü alınarak standart sapma bulunur. Eşitlik (3.10) kullanılarak 0,17047 bulunur.
- 5) Varyasyon katsayısını bulmak için standart sapmayı aritmetik ortalamaya böleriz. Eşitlik (3.11) kullanılarak varyasyon katsayısı 22,047 olarak bulunur.

4.2.3 Pamuk Minderin Nümerik Hesaplamaları

Pamuk minderli koltuğun ivme varyasyon kat sayısını bulmak için koltuğun zamana göre ivmesi Çizelge 4.7 de gösterilmiştir. Bunun için beş adım izlenir.

Çizelge 4. 7 Pamuk minderli koltuğun zamana bağlı ivme değişimi

Zaman (s)	İvme (m/s ²)	Zaman (s)	İvme (m/s ²)	Zaman (s)	İvme (m/s ²)
1	0,78300	21	0,69400	41	0,55400
2	0,78300	22	0,57200	42	0,45700
3	0,60100	23	0,68500	43	0,50100
4	0,94200	24	0,95900	44	0,50000
5	0,80900	25	0,79200	45	0,90600
6	0,93500	26	0,68400	46	0,77000
7	0,74600	27	1,19000	47	0,76100
8	0,61300	28	1,84000	48	0,62300
9	0,57000	29	1,37000	49	1,04000
10	0,65600	30	1,03000	50	0,83700
11	0,71200	31	0,95900	51	0,85900
12	0,84100	32	0,77700	52	0,66100
13	0,88800	33	0,68100	53	0,55600
14	0,63900	34	0,62000	54	0,53800
15	0,47600	35	0,63000	55	0,51600
16	0,47600	36	0,53500	56	0,54400
17	0,41500	37	0,52300	57	0,53600
18	1,06000	38	0,54700	58	0,90600
19	1,08000	39	0,63200	59	0,98000
20	0,90500	40	0,48900	60	0,78500

- 1) Verilerin aritmetik ortalaması eşitlik (3.7) kullanılarak 0,74948 olarak bulunur.
- 2) Her bir veri ile aritmetik ortalama arasındaki fark bulunur. Eşitlik (3.8) kullanılır.

$$0,78300 - 0,74115 = 0,04185$$

$$0,78300 - 0,74115 = 0,04185$$

$$0,60100 - 0,74115 = -0,14015$$

$$0,78500 - 0,74115 = 0,04385$$

- 3) Eşitlik (3.9) kullanılarak bir önceki işlemde bulunan farkların her birinin karesi alınır ve elde edilen sayılar toplanılarak sonuç 3,63166299 olarak bulunur.
- 4) Bu toplam, veri sayısının 1 eksiğine bölünür ve bölümün karekökü alınarak standart sapma bulunur. Eşitlik (3.10) kullanılarak 0,2481 olarak bulunur.
- 5) Varyasyon katsayısını bulmak için standart sapmayı aritmetik ortalamaya böleriz. Eşitlik (3.11) kullanılarak varyasyon katsayısı 33,475 olarak bulunur.

4.2.4 Sünger Minderin Nümerik Hesaplamaları

Sünger minderli koltuğun ivme varyasyon kat sayısını bulmak için koltuğun zamana göre ivmesi Çizelge 4.8 de gösterilmiştir. Bunun için beş adım izlenir.

Çizelge 4. 8 Sünger minderli koltuğun zamana bağlı ivme değişimi

Zaman (s)	İvme (m/s ²)	Zaman (s)	İvme (m/s ²)	Zaman (s)	İvme (m/s ²)
1	0,29700	21	1,66000	41	0,74800
2	0,27600	22	1,13000	42	0,72300
3	0,27100	23	0,96000	43	0,82700
4	0,33500	24	0,69900	44	0,65100
5	0,28000	25	0,56500	45	0,84400
6	0,34800	26	0,50800	46	0,67400
7	0,36600	27	0,56800	47	0,77500
8	0,39000	28	0,68600	48	0,75900
9	0,41000	29	0,72400	49	0,59500
10	0,48800	30	0,69900	50	0,71200
11	0,39800	31	0,59500	51	0,74600
12	0,37800	32	0,48900	52	0,53200
13	0,45900	33	0,48900	53	0,47900
14	0,43600	34	0,63300	54	0,58600
15	0,59900	35	0,84500	55	0,53500
16	0,71000	36	0,78000	56	0,72500
17	1,02000	37	0,68800	57	0,66400
18	0,75300	38	0,57900	58	0,62800
19	0,66100	39	0,70800	59	0,48800
20	1,30000	40	0,68600	60	0,42600

- 1) Verilerin aritmetik ortalaması eşitlik (3.7) kullanılarak 0,63305 olarak bulunur.
- 2) Her bir veri ile aritmetik ortalama arasındaki fark bulunur. Eşitlik (3.8) kullanılır.

$$0,29700 - 0,63305 = -0,33605$$

$$0,27600 - 0,63305 = -0,35705$$

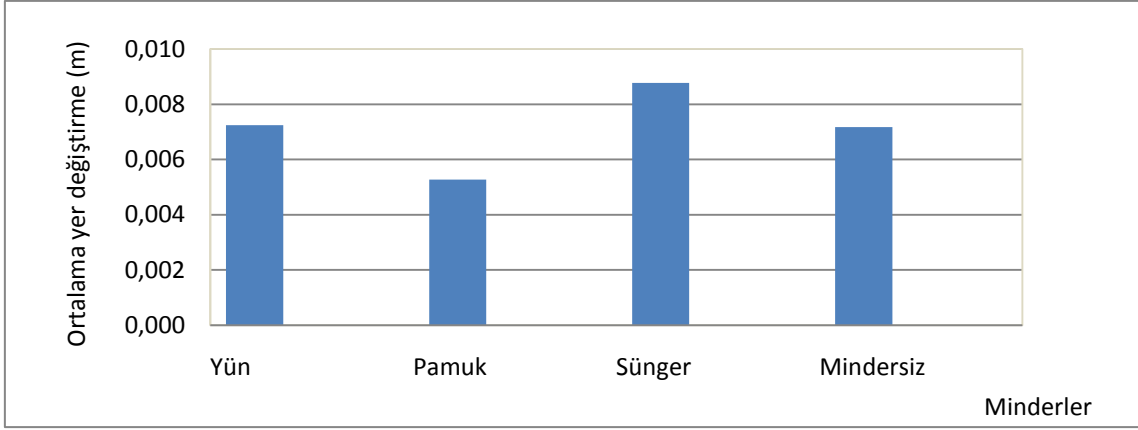
$$0,27100 - 0,63305 = -0,36205$$

 $0,42600 - 0,63305 = -0,20705$

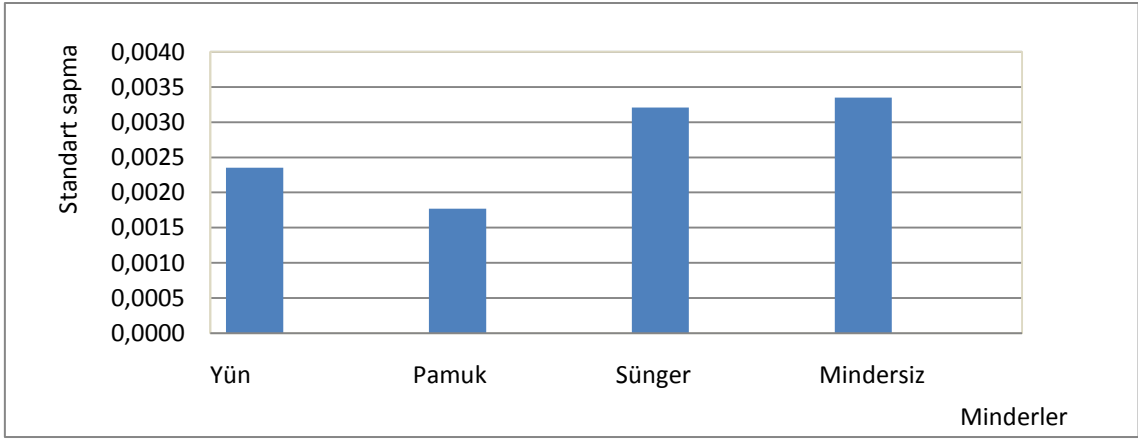
- 3) Bulunan farkların her birinin karesi alınır ve elde edilen sayılar toplanır. Eşitlik (3.9) kullanılarak 3,531075046 olarak bulunur.
- 4) Bu toplam, veri sayısının 1 eksiğine bölünür ve bölümün karekökü alınarak standart sapma bulunur. Eşitlik (3.10) kullanılarak standart sapma 0,24464 olarak bulunur.
- 5) Varyasyonu bulmak için standart sapmayı aritmetik ortalamaya böleriz. Eşitlik (3.11) kullanılarak varyasyon katsayısı 38,64465 olarak bulunur.

4.3 Traktör Sürücü Koltuğu Yer Değişimi

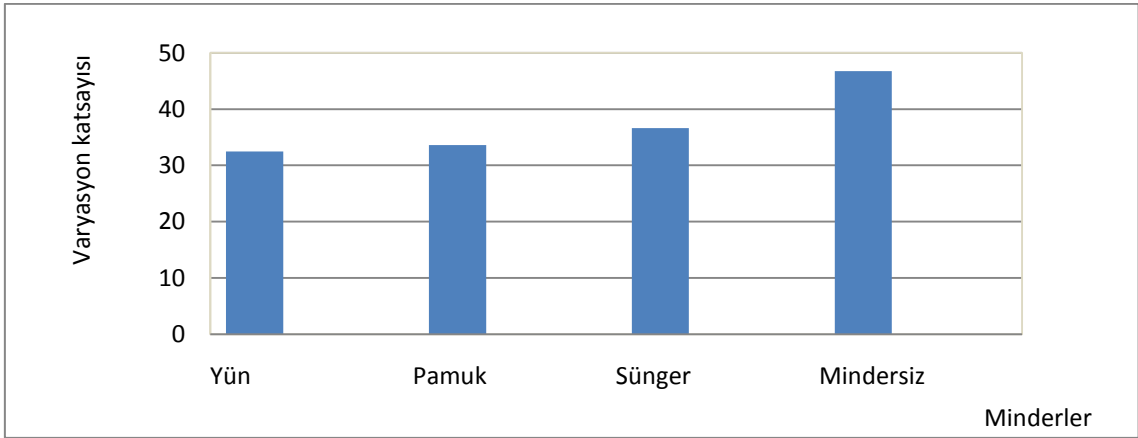
Deneysel çalışmada sürücü koltuğunun ne kadar yer değiştireceğini bulmak için ivme alıcısı koltuğun üzerine sabitleyerek mindersiz ve minderli ölçümler alınmıştır. Bu ölçümlerin sonucunda sürücü koltuğunun yün, pamuk, sünger minderli ve mindersiz olduğunda ne kadar yer değiştirdiği araştırılmıştır. Grafikler değerlendirilirken pik değerlerine göre değil istatistik bilgilere göre değerlendirilecektir. Bu grafikler şekil 4.1 a da yer değiştirme şekil 4.1 b de standart sapma ve şekil 4.1 c de varyasyon katsayıları gösterilmiştir. Aritmetik ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısına göre her dört durum karşılaştırılacaktır. Bu çalışmada rast gele arazi şartları seçildiği için değerlendirme istatistiksel yolla sonuçlandırılması doğru olduğu sonucuna varılmıştır. Yer değiştirmelerin ortalamaları, standart sapması ve varyasyon kat sayısı Çizelge 4.9 da gösterilmiştir. Traktör sürücüsü koltuğun üzerine oturmakta, bilgiler ped ivme alıcısı ve HVM100 cihazı ile alınmaktadır. Minderli ve mindersiz sürücü koltuğunun üzerine ped yerleştirilmiştir daha sonra sürücü ivme alıcısının üstüne oturmaktadır. Deneysel çalışmada sürücü üzerine gelen titreşim kuvvetlerinin tamamının gerçek büyüklükleri bulunmuştur. Bu bilgiler matematiksel metotlarla yorumlanmıştır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4. 1 Sürücü koltuğunun yer değiştirmelerinin ortalamaları (a), standart sapması (b) ve varyasyon katsayıları değişimleri (c).

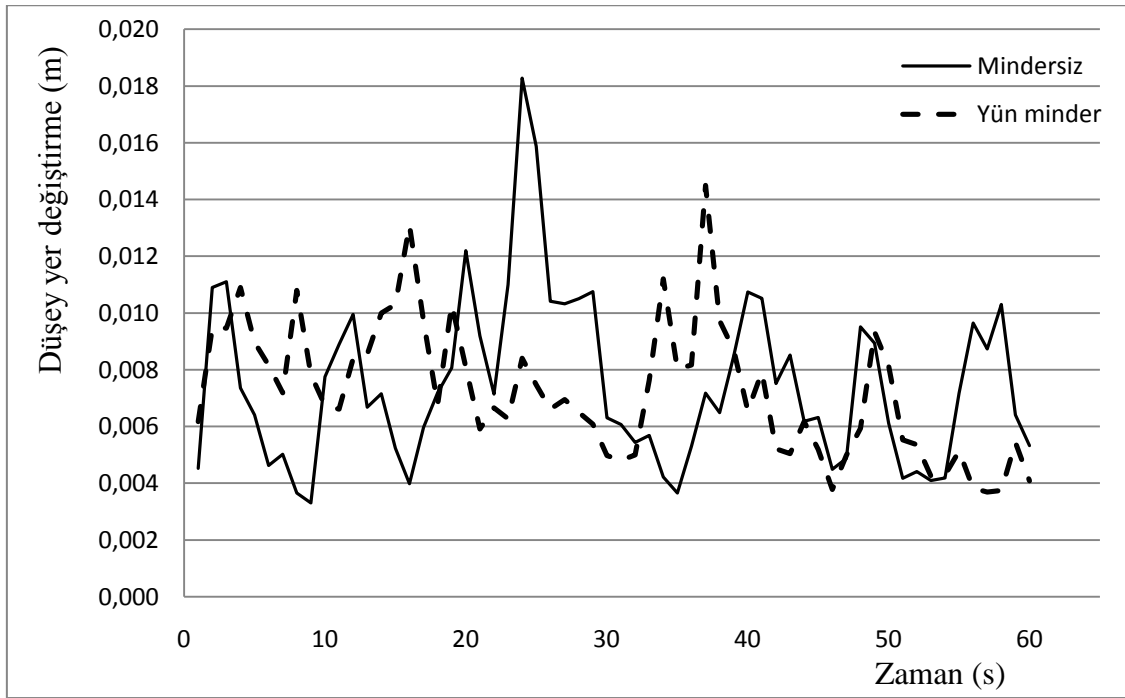
Çizelge 4. 9 Sürücü koltuğunun yer değiştirmelerin ortalamaları, standart sapması ve varyasyon kat sayısı değerleri

Yöntem	Minder çeşitleri			
	Yün	Pamuk	Sünger	Mindersiz
Ort.yer değiştirme (m)	0,00724	0,00527	0,00877	0,00717
Standart sapma	0,00235	0,00177	0,00321	0,00335
Varyasyon katsayısı	32,458	33,596	36,602	46,7410

4.3.1 Mindersiz ve Yün Minder Yer Değişimi

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi sürücü koltuğunun orijinal hali ile üzerine yün minderli kullanılmış durumunun yer değişim grafiği gösterilmiştir. Bu grafikte pik noktalarının yüksek olduğu yerde sürücü rahatsızlık duymaktadır. Mindersiz ve yün minder yer değiştirme ortalamaları yaklaşık olarak birbirine yakın çıkmaktadır. Bu nedenle aritmetik ortalama değerleri üzerinden yorum yapılamamaktadır. Grafiklerin standart sapma ve varyasyon katsayısı değerlerine bakmak gerekmektedir. Yün minderin standart sapması 0,00235 iken mindersiz sürücü koltuğunun standart sapması 0,00335 olarak bulunmuştur. Yün minderin varyasyon katsayısı 32,458 iken mindersiz sürücü koltuğunun varyasyon katsayısı 46,7410 olarak bulunmuştur. Verilerin güvenilir değerlendirme açısından bakılması gereken durum varyasyon katsayısıdır. Koltuğun orijinal hali ile yün minderli halindeki standart sapma ve varyasyon katsayısı arasında önemli ölçüde farklar vardır. İki veri arasında, verilerin nasıl dağılım gösterdiğini bulmak için standart sapmaya bakılır. Yün minderin standart sapması mindersize göre yaklaşık olarak 0.42 katı daha azdır. Bu oran yün minderin mindersize göre sürücüyü daha uzun süre yorulmadan çalışmasını ve vücut sağlığı açısından frekans’a daha duyarlı olan kalp, omurga, mide, böbrek, kalça kemiği, karın bölgelerinin titreşime daha az maruz kaldığını göstermektedir. Mindersiz koltuğun sürücüyü en çok rahatsız ettiği zaman aralığı yaklaşık olarak 20 – 32 saniyeleri aralığında sürücü maksimum rahatsızlık duymakta çünkü bu aralıkta sürücü koltuğu yaklaşık olarak 0,0182 m yer değiştirmektedir. Yün minderin sürücüyü en çok rahatsız ettiği zaman aralığı 13-19 ile 32- 39 saniyeleridir. Bu zaman aralığında üç adet pik noktası oluşmuştur ve bunlar

yaklaşık olarak 0,0125m 0,018m – 0,015m dır . Bu yer değiştirmelerin bir birine yakın olması dikkat çekmektedir. Yün minderin sürücüyü maksimum rahatsız ediği noktalarda, mindersiz sürücü koltuğunun konforlu olduğu yer değiştirme grafiğindeki pik noktalarına yaklaşık olarak eşittir. Sürücü koltuğunun minderli ve mindersiz yer değiştirme varyasyon katsayıları yün minderin, mindersize göre yer değiştirmeyi daha düzenli ve istenir hale getirdiği görölmektedir. Bu grafiklerin standart sapma ve varyasyon katsayılarına göre yün minderin sürücüyü mindersize göre sürücü sağlığını daha olumlu etkilemektedir. Bu sonuçlar yün minderin fiziksel ve kimyasal özelliğinden kaynaklanan bir sonuçtur. Deneysel çalışmadan mindersiz koltuğun ve yün minder kullanılmış koltuğun varyasyon katsayıları arasında fark vardır. Mindersiz koltuğun varyasyon katsayısı yün minderin varyasyon katsayısından yaklaşık olarak 0.44 kat daha büyüktür. Deneysel çalışmada varyasyon katsayıları ile sürücü koltuğunun titreşim iletimi arasında ters bir orantı vardır. Varyasyon katsayısı ve standart sapma arttıkça sürücü üzerine iletilen titreşim değeri de artmaktadır. Bu nedenle yün minderli sürücü koltuğunun mindersiz sürücü koltuğuna göre varyasyon katsayısı ve standart sapması düşük olduğundan sürücü üzerine iletilen titreşimi, mindersiz sürücü koltuğuna göre daha çok azalttığı bulunmuştur.

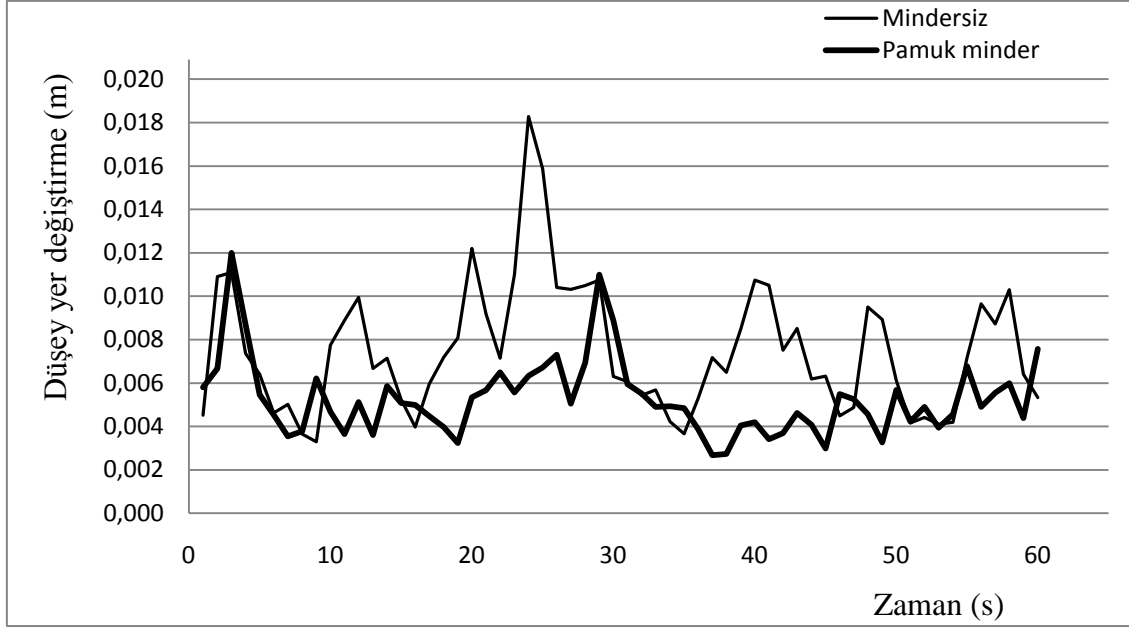


şekil 4. 2 Mindersiz ve yün minder düşey yer değişim grafiği

4.3.2 Mindersiz ve Pamuk Minder Yer Değişimi

Şekil 4.3’de görüldüğü gibi sürücü koltuğunun orijinal hali ile üzerine pamuk minder kullanılmış halinin yer değişim grafiği gösterilmiştir. Bu grafik verileri farklı arazi şartlarında alındığı için değerlendirme olarak pik noktalarını değil aritmetik ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı dikkate alınacaktır. Pik noktalarının mindersiz ve pamuk minderde yüksek olmalarının sebebi traktör lastiğinin bir engelle çarpmasından kaynaklanmakta ve bu durum sürücü koltuğunun yer değiştirmesini arttırmaktadır. Bu durum sürücüyü sağlık açısından olumsuz etkilediği için istenmeyen bir durumdur. Şekil 4.3 de mindersiz sürücü koltuğunun grafiğinde gözüktüğü gibi yaklaşık olarak 12., 19., 25., 40., 50., ve 58. saniyelerde traktör sürücüsü üzerinde maksimum rahatsızlık meydana gelmektedir.

Pamuk minderin aritmetik ortalaması 0,00527 m iken mindersiz sürücü koltuğunun aritmetik ortalaması 0,00717 m olarak bulunmuştur. Pamuk minderli ve mindersiz sürücü koltuğunun aritmetik ortalaması birbirine çok yakın olduğu için değerlendirmeleri standart sapma ve varyasyon katsayısı üzerinden yapılmalıdır. Pamuk minderin standart sapması 0,00177 iken mindersiz sürücü koltuğunun standart sapması 0,00335 olarak bulunmuştur. Pamuk minderin varyasyon katsayısı 33,596 iken mindersiz sürücü koltuğunun varyasyon katsayısı 46,7410 olarak bulunmuştur. Verilerin güvenilir değerlendirme açısından bakılması gereken durum varyasyon katsayısıdır. Bu nedenle pamuk minderin mindersiz sürücü koltuğuna göre sürücü üzerine gelen titreşimleri daha çok sönümlediği ortaya çıkmaktadır. Pamuk minderin yaklaşık olarak 30. saniyeden sonra sürücü koltuğunun aritmetik ortalaması 0,00551 m, standart sapması 0,00165 ve mindersiz koltuğun 30. saniyeden sonra aritmetik ortalaması 0,00671m, standart sapması 0,00218 olarak bulunmuştur. Pamuk minder ve mindersiz sürücü koltuğu 30. saniyeden sonra ortalama yer değiştirme değerleri birbirlerine yakın iken standart sapma değerleri arasında yaklaşık olarak iki kat fark vardır. Varyasyon ve standart sapma değerlerine göre mindersiz koltuğun sürücüyü daha çok rahatsız ettiği ortaya çıkmaktadır.

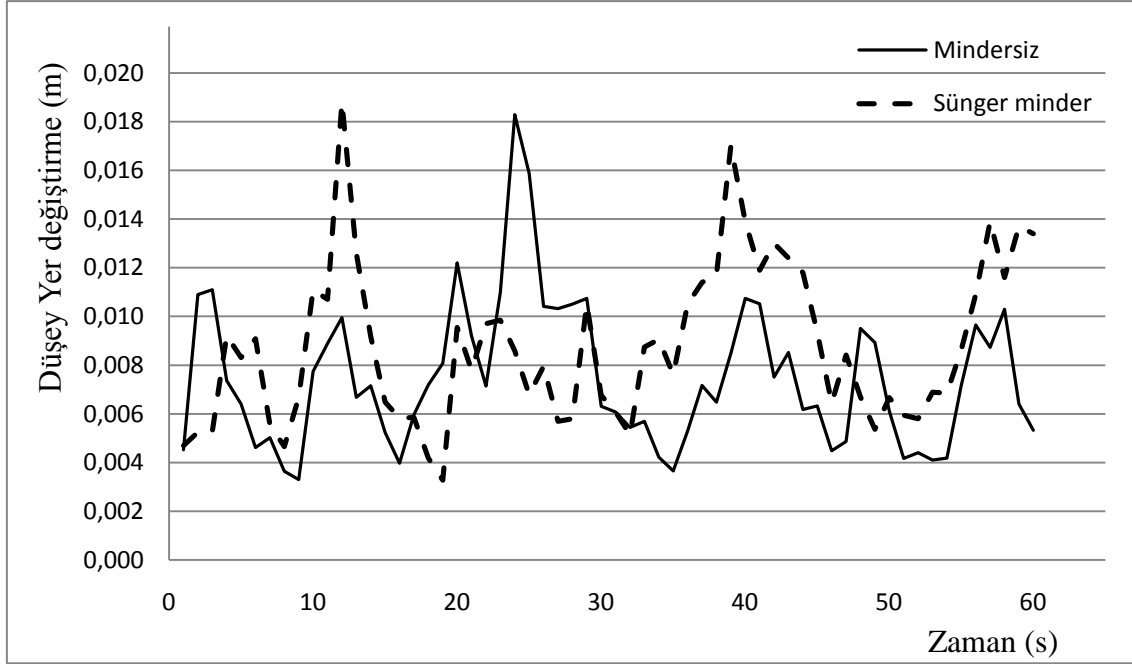


Şekil 4. 3 Mindersiz ve pamuk minder düşey yer değişim grafiği

4.3.3 Mindersiz ve Sünger Minder Yer Değişimi

Şekil 4.4'de sürücü koltuğunun orijinal hali ile sünger minderli durumunun yer değişim grafiği gösterilmiştir. Bu deneysel çalışmada sünger minderin aritmetik ortalaması 0,00877 m iken mindersiz sürücü koltuğunun aritmetik ortalaması 0,00717 m olarak bulunmuştur. Mindersiz koltuğun yer değiştirmesi minderli koltuğa göre daha küçük olmasına rağmen mindersiz sürücü koltuğunun standart sapması 0,00335 iken süngerli sürücü koltuğunun standart sapması 0,00321 olarak bulunmuştur. Mindersiz sürücü koltuğunun aritmetik ortalaması daha az iken standart sapması daha yüksek çıkmıştır. Standart sapmasının yüksek çıkması mindersiz koltuğun daha az genlikte daha çok kararsız titreşim hareketi yaptığını göstermektedir. Sünger minderli sürücü koltuğunun varyasyon katsayısı 36,6020 olarak bulunmuş iken mindersiz sürücü koltuğunun varyasyon katsayısı 46,7410 olarak bulunmuştur. Bu değerler sünger minderli koltuğun sürücü konforunu daha iyi karşılamaktadır. Bu varyasyon sayıları arasındaki fark standart sapma ve aritmetik ortalamaya göre daha fazla olduğu dikkat çekmektedir. Verilerin daha güvenilir değerlendirilmesi için ölçüt olarak varyasyon katsayısı dikkate alınması gerekmektedir. Deney sonucunda alınan bu değerler sünger minder ve mindersiz sürücü koltuğunun standart sapma ve varyasyon katsayılarına göre sürücü

üzerine gelen titreşimlerin mindersiz sürücü koltuğundan daha çok sönümlendiği ve sünger minderli sürücü koltuğunun sürücü konforunu daha iyi karşıladığı ortaya çıkmaktadır.

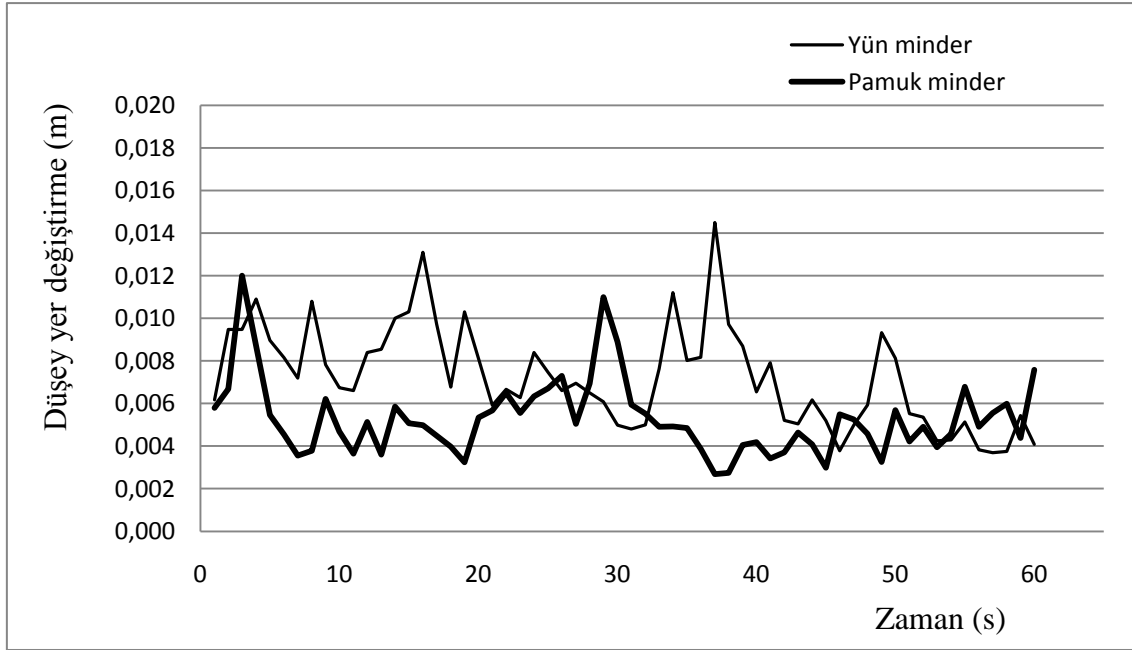


Şekil 4. 4 Mindersiz ve sünger minder düşey yer değişim grafiği

4.3.4 Yün ve Pamuk Minder Yer Değişimi

Şekil 4.5’de görüldüğü gibi sürücü koltuğu üzerindeki yün minder ile pamuk minderlerin yer değişimi grafiği gösterilmiştir. Bu grafiğin pik noktalarının yüksek olduğu yerde sürücü maksimum rahatsızlık duymaktadır. Bunun sebebi traktör hareket halindeyken çukur veya engelden kaynaklanmış olabilir. Pamuk minderin ortalama yer değiştirmesi 0,00527 iken yün minderin ortalama yer değiştirmesi 0,00724 olarak bulunmuştur. Bu değerler birbirine çok yakın olduğundan standart sapma ve varyasyon katsayısına bakılması gerekmektedir. Yün minderin standart sapması 0,00235 iken pamuk minderin standart sapması 0,00177 olarak bulunmuştur. Bu değerler minderin aritmetik ortalamadan ne kadar sapma meydana getirdiklerini göstermektedir. Pamuk minderin standart sapması yün minderden yaklaşık olarak 0,25 katı daha fazladır. Pamuk minder

ile yün minderlerin ortalama yer değiştirmeleri bir birine çok yakın iken standart sapmaları arasında büyük fark vardır. Yün minderlerin varyasyon katsayısı 32,4580 iken pamuk minderlerin varyasyon katsayısı 33,5960 olarak bulunmuştur. Yün minderlerin varyasyon katsayısı değeri pamuk minderlerin varyasyon katsayısından yaklaşık olarak 0,05 katı daha azdır. Deneysel çalışmadan alınan verilere göre yün minderlerin pamuk mindere göre sürücü üzerine gelen titreşimleri varyasyon katsayısı değerine göre daha çok engellediği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4. 5 Pamuk ve yün minder yer değiştirme grafiği

4.3.5 Yün ve Sünger Minder Yer Değişimi

Şekil 4.6'da görüldüğü gibi sürücü koltuğu üzerinde kullanılan yün minder ile sünger minder kullanılmış halinin yer değişim grafiği gösterilmiştir. Yün minderlerin ortalama yer değiştirmesi sünger mindere göre daha azdır. Minderli ve mindersiz sürücü koltuğunun ortalama yer değiştirme değerleri birbirine çok yakındır. Bu durum standart sapma ve varyasyon katsayısı değerlerine bakılmasını göstermektedir. Yün minderlerin standart sapması sünger mindere göre 0,5 katı daha azdır. Standart sapmanın küçük olması sürücü sağlığını olumlu yönde etkilemektedir. Bu nedenle yün minderlerin sürücü üzerine gelen titreşim enerjisini, sünger mindere göre daha çok yalıtığı ortaya çıkmaktadır.

Sünger minderin yaklaşık olarak 12., 38. ve 56. saniyelerinde düşey yer değıştirme maksimum noktalara ulaşmaktadır. Yün minder yaklaşık olarak 17. ve 36. saniyelerde maksimum noktasına ulaşmaktadır. Yün minderin varyasyon katsayısı 32,458 iken sünger minderin 36,602 olarak bulunmuştur. Bu iki minderin varyasyon katsayıları bakımından yün minderin sünger mindere göre sürücü üzerine gelen titreşimleri daha iyi yalıtıldığını göstermektedir.

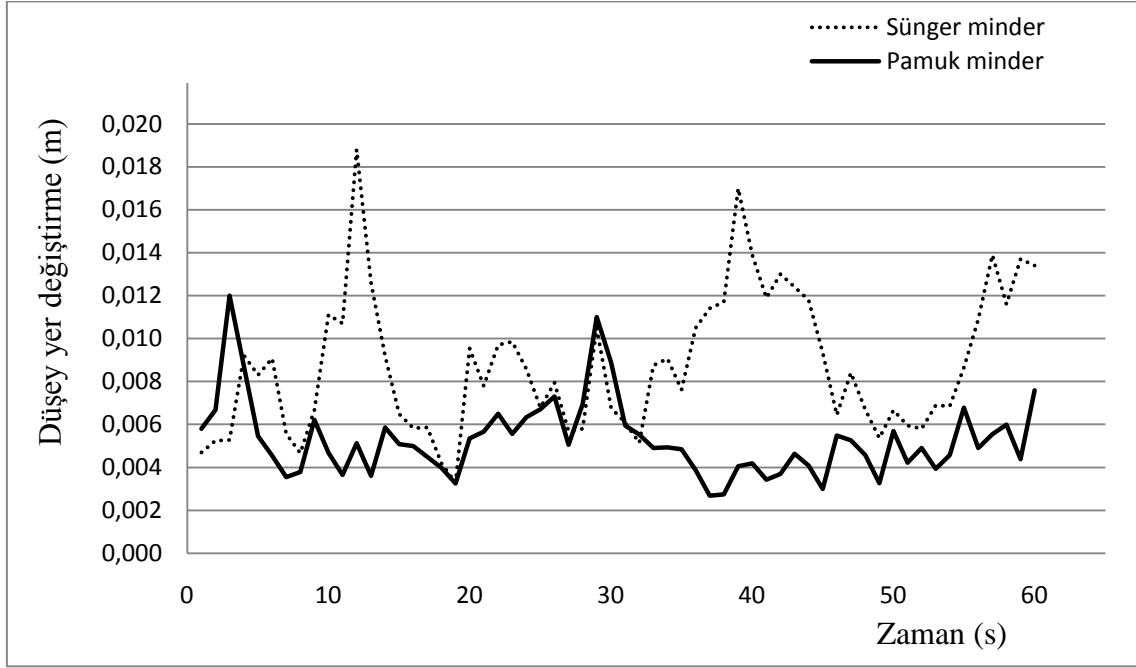


Şekil 4. 6 Yün ve sünger minder yer değıştirme grafiği

4.3.6 Sünger ve Pamuk Minder Yer Değişimi

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi sürücü koltuğu üzerinde kullanılan sünger minder ile pamuk minderin yer değışim grafiği gösterilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada sünger minderin ortalama yer değıştirmesi ve standart sapması pamuk mindere göre daha büyüktür. Verilerin daha güvenilir değerdendirilmesi için varyasyon katsayılarına bakılmasına gerek duyulmuştur. Sünger minderin varyasyon kat sayısı 36,602 iken pamuk minderin varyasyon katsayısı 33,596 olarak bulunmuştur. Bu değerdler iki minderin özelliklerini ortaya koymaktadır. Pamuk minderin varyasyon katsayısı düşük olması sürücü üzerine gelen titreşimi daha çok sönümlediğini göstermektedir. Pamuk

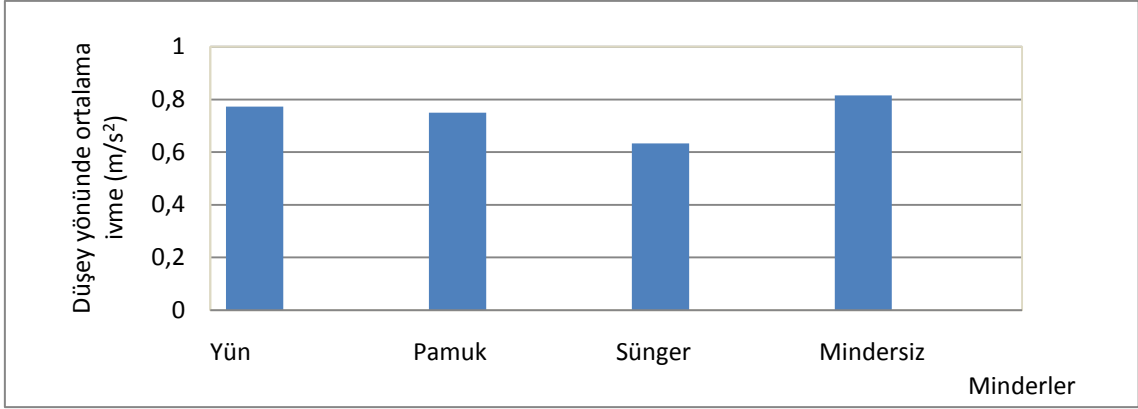
minderin yer deęiřtirme, standart sapma ve varyasyon katsayısının daha dūřuk olmasından dolayı sūrūcū saęlıęını daha çok olumlu etkilemektedir. Ayrıca sūnger minderin 60 saniyede sūrūcūyū rahatsız edecek ū adet pik noktası oluřurken pamuk minderde bu deęer iki pik noktası gōzūkmektedir.



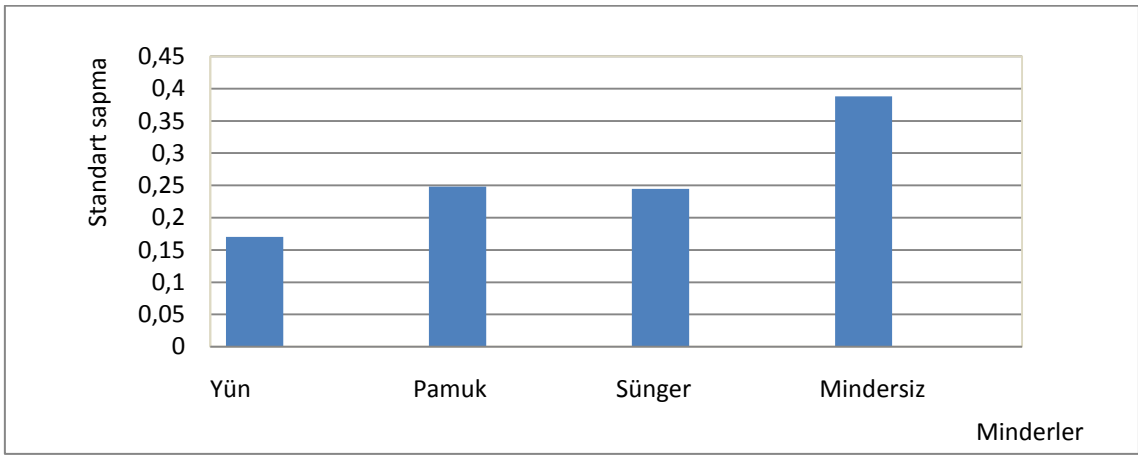
řekil 4. 7 Sūnger ve pamuk minder yer deęiřtirme grafięi

4.4 Traktōr Sūrūcū Koltuęu İvme Deęiřimi

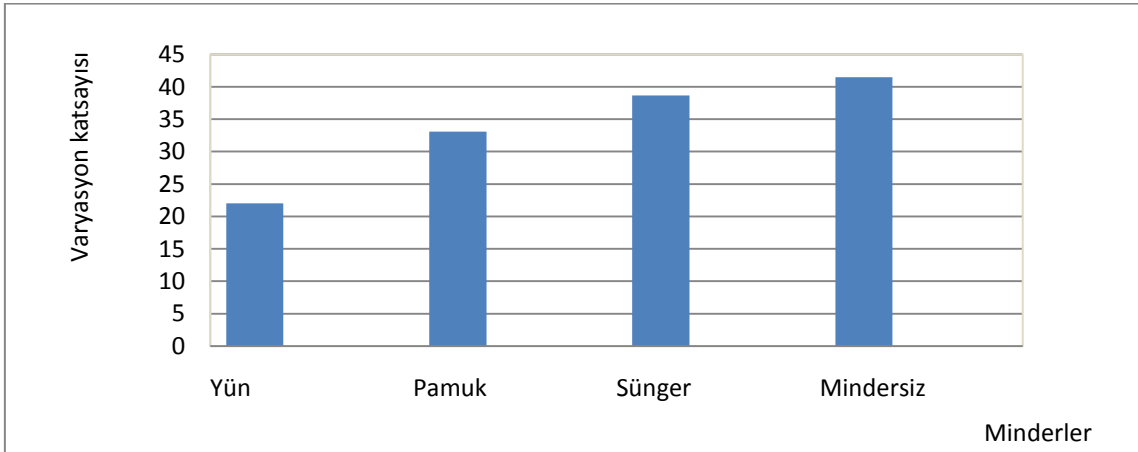
Deneysel çalıřmada sūrūcū koltuęunun ne kadar ivmelendięini bulmak için ivme alıcıyı koltuęun ūzerine sabitleyerek mindersiz ve minderli ōlūmler alınmıřtır. Bu ōlūmlerin sonucunda sūrūcū koltuęunun yūn, pamuk, sūnger minderli ve mindersiz durumunda sūrūcū ūzerine gelen ivmelenme deęerleri arařtırılmıřtır. İvme deęiřimleri ISO 2631 standardına gōre deęerlendirilip yorumlanmıřtır. Bu deęerlendirmede esas olarak varyasyon katsayısı, standart sapma ve aritmetik ortalama temel alınmıřtır. Grafikler deęerlendirilirken pik deęerlerine gōre deęil istatistik bilgilere gōre deęerlendirilecektir. Bu grafikler řekil 4.8 a da yer deęiřtirme řekil 4.8 b de standart sapma ve řekil 4.8 c de varyasyon katsayıları gōsterilmıřtir. İvme deęiřimlerinin ortalamaları, standart sapması ve varyasyon kat sayısı izelge 4.10 da gōsterilmıřtir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4. 8 Sürücü koltuğunun ivme ortalamaları (a), standart sapması (b) ve varyasyon katsayısı değerleri (c).

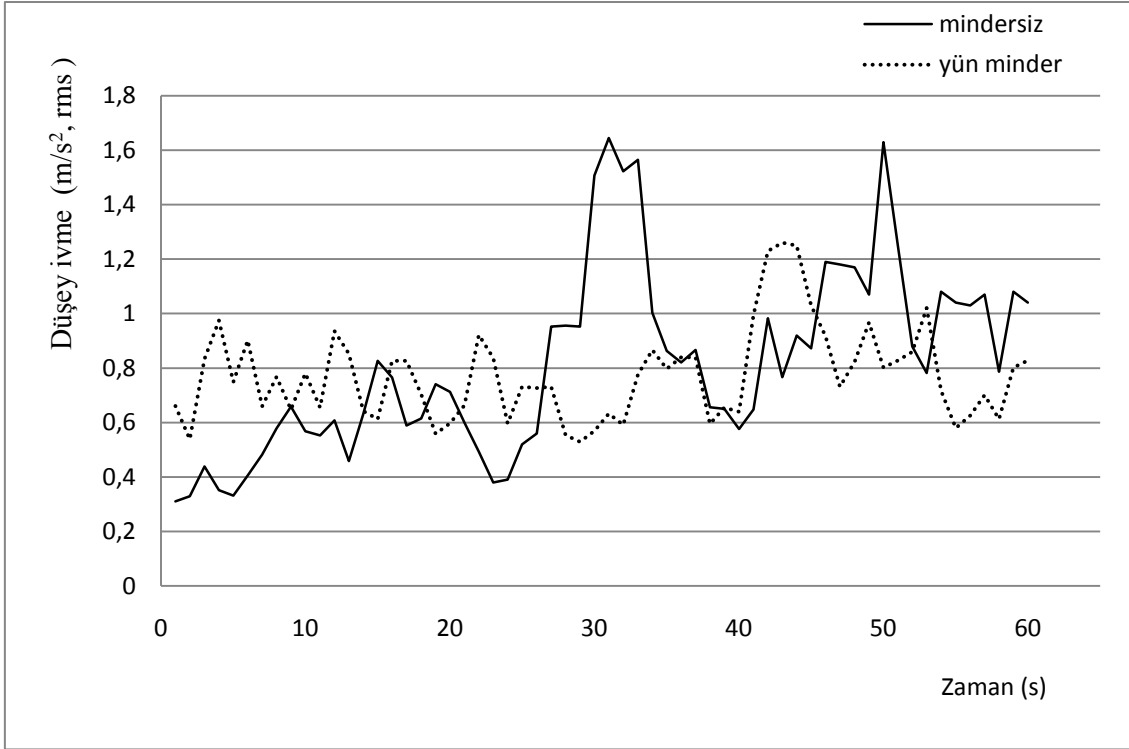
Çizelge 4. 10 Sürücü koltuğunun ivme ortalamaları, standart sapması ve varyasyon kat sayısı değerleri

Yöntem	Minder çeşitleri			
	Yün	Pamuk	Sünger	Mindersiz
Ortalama ivme (m/s ²)	0,77322	0,74948	0,63305	0,81491
Standart sapma	0,17047	0,24810	0,24464	0,33813
Varyasyon katsayısı	22,0460	33,1020	38,6450	41,4920

4.4.1 Mindersiz ve Yün Minder İvme Değişimi

Şekil 4.9 da görüldüğü gibi sürücü koltuğunun orijinal hali ile üzerine yün minder konmuş halinin ivme değişimi grafiği gösterilmiştir. Deneysel çalışmada alınan ivme değerlerinin ortalaması bir birine yakın iken standart sapma ve varyasyon katsayıları aralarında fark vardır. İvme değişimlerinin standart sapması ve varyasyon katsayıları sürücü üzerine gelen titreşimleri değerlendirilmede kullanılmaktadır. Mindersiz sürücü koltuğunun standart sapması 0,33813, varyasyon katsayısı 41,4920 olarak bulunmuş iken yün minderin standart sapması 0,17047, varyasyon katsayısı 22,0460 olarak bulunmuştur. Bu grafikte yün minderin standart sapması mindersiz ölçümde alınan standart sapmanın yaklaşık olarak yarısı kadar azdır. Varyasyon katsayılarına baktığımızda yün minderin titreşimi daha çok sönümlendiğini ortaya çıkmaktadır. Standart sapma ve varyasyon katsayılarının değeri, yün minderin, mindersize göre sürücü üzerine gelen titreşimleri yarı yarıya azalttığını göstermektedir. Şekil 4.9 da ki grafikte mindersiz koltuğun ISO 2631 standardına göre sürücüyü rahatsız edecek kritik iki pik noktası var iken yün minderde bir pik noktası vardır. Tarım traktörleri sürücü koltuğu üzerinden sürücü üzerine aktarılan titreşimin seviyesi arttıkça sürücü sağlığı bozulmaktadır. Yün minderin ivme değişimi Şekil 4.9'da gözüktüğü gibi mindersize göre ivme seviyesi daha düşük ve düzenlidir. Bu durum sürücünün organlarının ani ivme değişimlerine vermiş olduğu tepkinin riskini düşürmektedir. İvme değerinin düzensiz olması özellikle beyin, omurga, mide, göz, kalça kemiği ve kalbin çalışma düzenini bozmaktadır (Eye 2009, Giffin 1997, Mansfield, Atikson 2003). Yapılan

deneysel çalışmada ve matematiksel istatistiklerle yün minderlerin sürücü yorgunluk süresini uzatmakta ve sürücü sağlığını daha olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

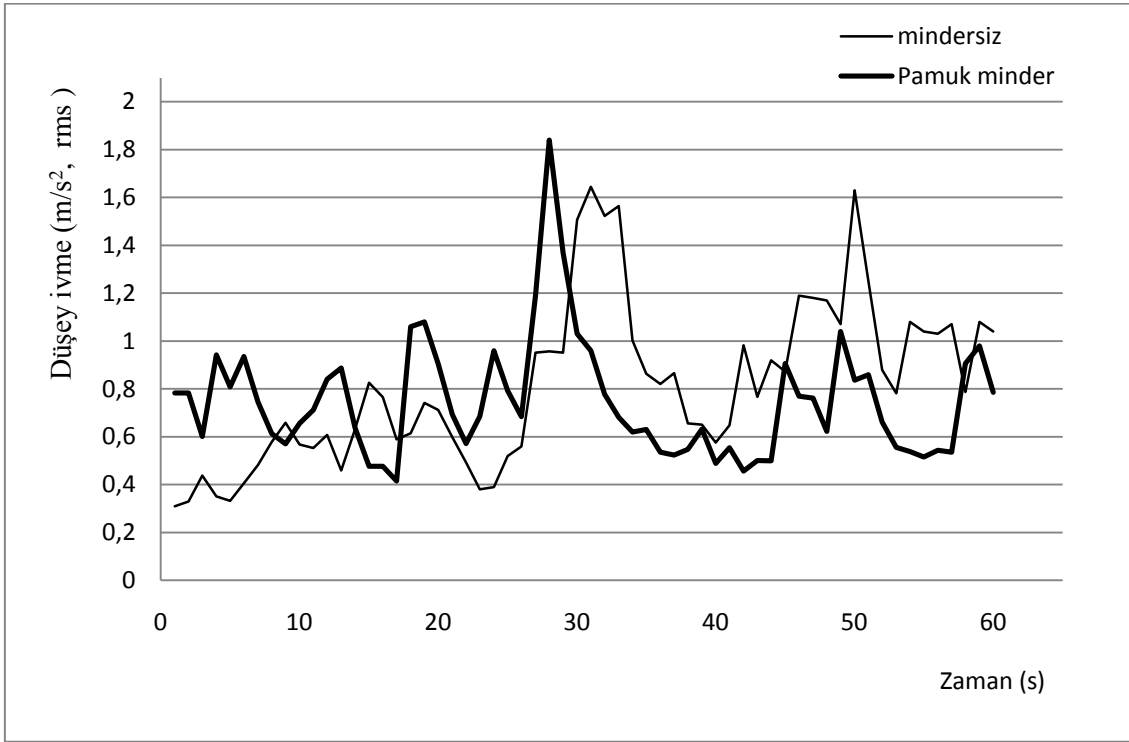


Şekil 4. 9 Mindersiz ve yün minder ivme zaman grafiği

4.4.2 Mindersiz ve Pamuk Minder İvme Değişimi

Şekil 4.10'da görüldüğü gibi sürücü koltuğunun orijinal hali ile üzerinde pamuk minder kullanılmış halinin ivme değişimi grafiği gösterilmiştir. Deneysel çalışmada alınan ivme değerlerinin ortalaması bir birine yakın iken standart sapma ve varyasyon katsayıları aralarında fark vardır. Bu farklar sürücü üzerine gelen titreşimlerin seviyeleri ve düzensizliği hakkında bilgi vermektedir. Pamuk minderlerin grafiği mindersize göre daha düzenli olduğunu, pamuk minderlerin standart sapması ve varyasyon katsayısının düşük olması göstermektedir. Bu grafikte ISO 2631 standardına göre üç kritik pik noktası vardır. Bu noktalar yaklaşık olarak 19. - 53. saniyeleri arasındadır. ISO 3631 standardına göre bu noktaların ivme değerinin büyüklüğü maksimum kritik seviyesini yani 1.15m/s^2 'yi geçmektedir. Traktör bu noktalardan geçerken bir çukura veya engele rastlamış olabilir. Sürücü üzerine gelen ivme değerleri arttıkça sürücü rahatsızlık

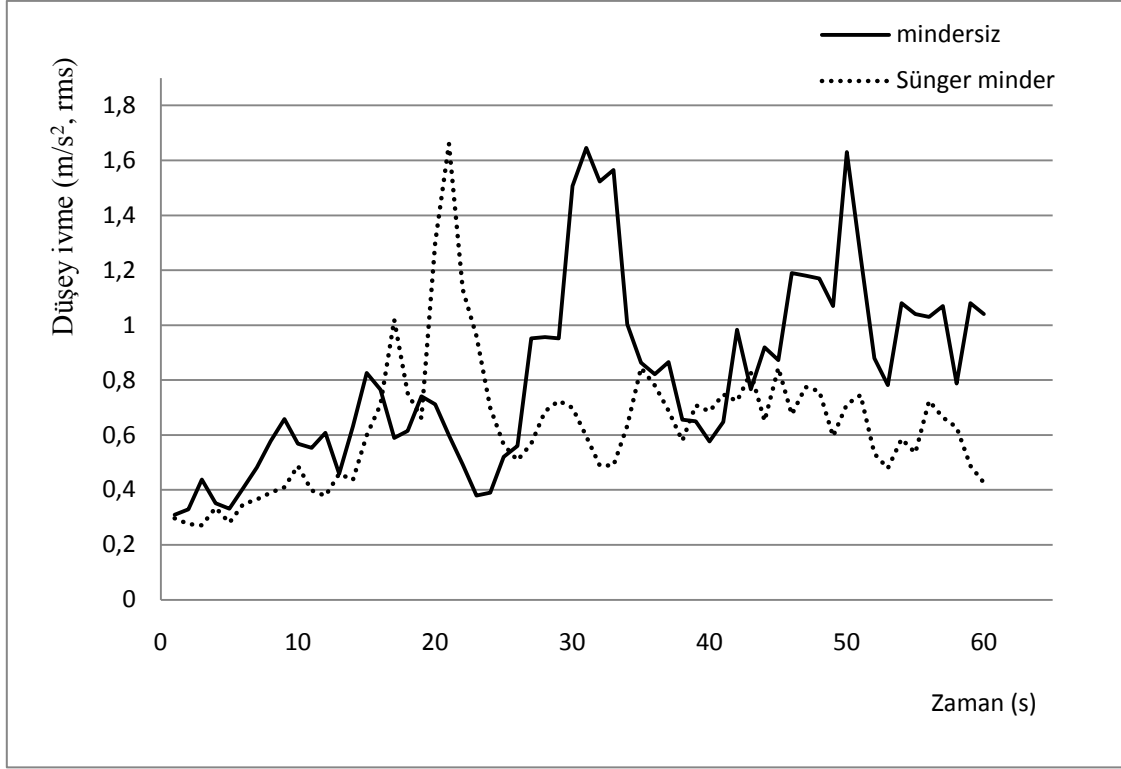
seviyesi de artmaktadır. Bu nedenle sürücü üzerine gelen titreşimlerin daha düzenli ve seviyesi daha düşük titreşim sağlamak için pamuk minder kullanılmalı. Pamuk minderli sürücü koltuğu mindersiz sürücü koltuğuna göre daha ergonomiktir. Pamuk minderin varyasyon katsayısı 33,1020 iken mindersiz sürücü koltuğunun varyasyon katsayısı 41,4920 olarak bulunmuştur. Bu değerler pamuk minderin titreşimi azalttığını ve seviye olarak da düşürdüğünü göstermektedir. Aynı zamanda sürücü organlarının ve uzuvlarının üzerine gelen titreşimin ani değişmelere ve rahatsızlık seviyelerini düşürdüğünü de ortaya çıkarmaktadır. Deneysel çalışmada pamuk minderin mindersize göre sürücü üzerine gelen titreşimleri azalttığı ve titreşimleri daha düzenli hale getirdiği bulunmuştur.



Şekil 4. 10 Mindersiz ve pamuk minder ivme zaman grafiği

4.4.3 Mindersiz ve Sünger Minder İvme Değişimi

Şekil 4.11’de görüldüğü gibi sürücü koltuğunun orijinal hali ile üzerine sünger minder konmuş halinin ivme değişimi grafiği gösterilmiştir. Bu çalışmada sonucunda alınan verilerde sünger minderin aritmetik ortalaması 0,63305 ve standart sapması 0,24464 iken mindersiz koltuğun aritmetik ortalaması 0,81491 ve standart sapması 0,33813 olarak bulunmuştur. Sünger minderin varyasyon katsayısı 38,6450 iken mindersiz sürücü koltuğunun varyasyon katsayısı 41,4920 olarak bulunmuştur. Bu grafikte aritmetik ortalama değerlerine bakılacak olunursa mindersiz koltuğun aritmetik ortalaması daha yüksek çıkmaktadır. Sünger minderin fiziksel ve kimyasal özelliğinden kaynaklanan sonuçlardan dolayı ortalama ivme değerinin düşük çıkmasına neden olmuştur. Standart sapma değerleri arasında büyük fark vardır. Bu standart sapma değerleri mindersiz koltuğun, sünger mindere göre yaklaşık olarak 0,33 katı daha fazla çıkmasına sebep olmuştur. Varyasyon katsayıları arasındaki fark sünger minderin sürücü üzerine gelen titreşimleri daha çok azalttığını göstermektedir. Aynı zaman da sürücü üzerine gelen titreşim seviyelerinin azaltmasına, sürücü daha uzun sürede yorulmasına ve sürücü sağlık sorunlarını pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Titreşimin sürücü sağlığını özellikle kalp atışı, vücudun gerekli hormon salgılama sistemini ve görme bozukluklarına sebep olmaktadır (Griffin 1997). Eğer sürücü sünger minderi kullanırsa sağlığında iyileşme ve yorulma süresinde artış meydana gelecektir.

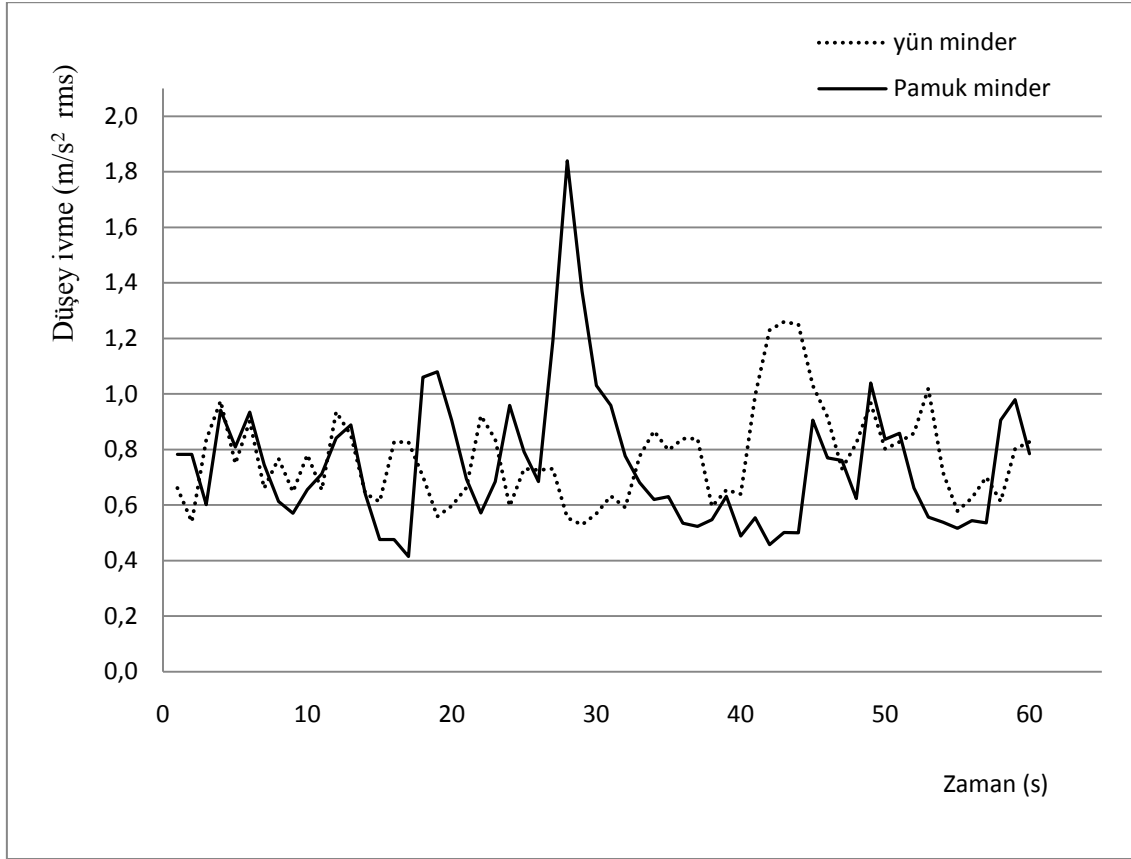


Şekil 4. 11 Mindersiz ve sünger minder ivme zaman grafiği

4.4.4 Yün ve Pamuk Minder İvme Değişimi

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi sürücü koltuğunun üzerinde kullanılan yün ve pamuk minderli sürücü koltuğunun ivme değişimi grafiği gösterilmiştir. Bilimsel araştırmalar sonucunda her bir yün telinin üç boyutlu sarmal kıvrımdan oluştuğunu ve bunların her birinin minyatür yay görevi gördüğünü belirtmiştir. Yün minderlerin standart sapması 0,17047 iken pamuk minderli halinin standart sapması 0,24810 olarak bulunmuştur. Standart sapmalar arasındaki fark yaklaşık olarak %40 olarak bulunmuştur. Aynı zamanda yün minderlerin varyasyon katsayısı 22,0460 iken pamuk minderlerin varyasyon katsayısı 33,1020 olarak bulunmuştur. Bu değerler pamuk minderlerin varyasyon katsayısı yün minderlerin varyasyon katsayısından yaklaşık olarak 0,4 katı daha fazladır. Yün minderlerin titreşim değerlerinin düşük çıkmasının sebebi yünün yaylanma özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bu yaylar her bir yün teline elastikiyet kazandırırken meydana gelen farklı şiddetlerdeki basıncın geri tepmesini sağlar. Bu nedenle sürücü üzerine gelen titreşimleri absorbe etmektedir. Bu sonuçlardan görüldüğü gibi yünün bir yay

görevi gördüğü gözükmemektedir. Yün minderlerin üzerine uygulanan titreşim kuvveti kalktığında ise orijinal haline geri döner. Yün minderlerin bu doğal yapısı pamuk minderlerden bir adım öne çıkarmaktadır.

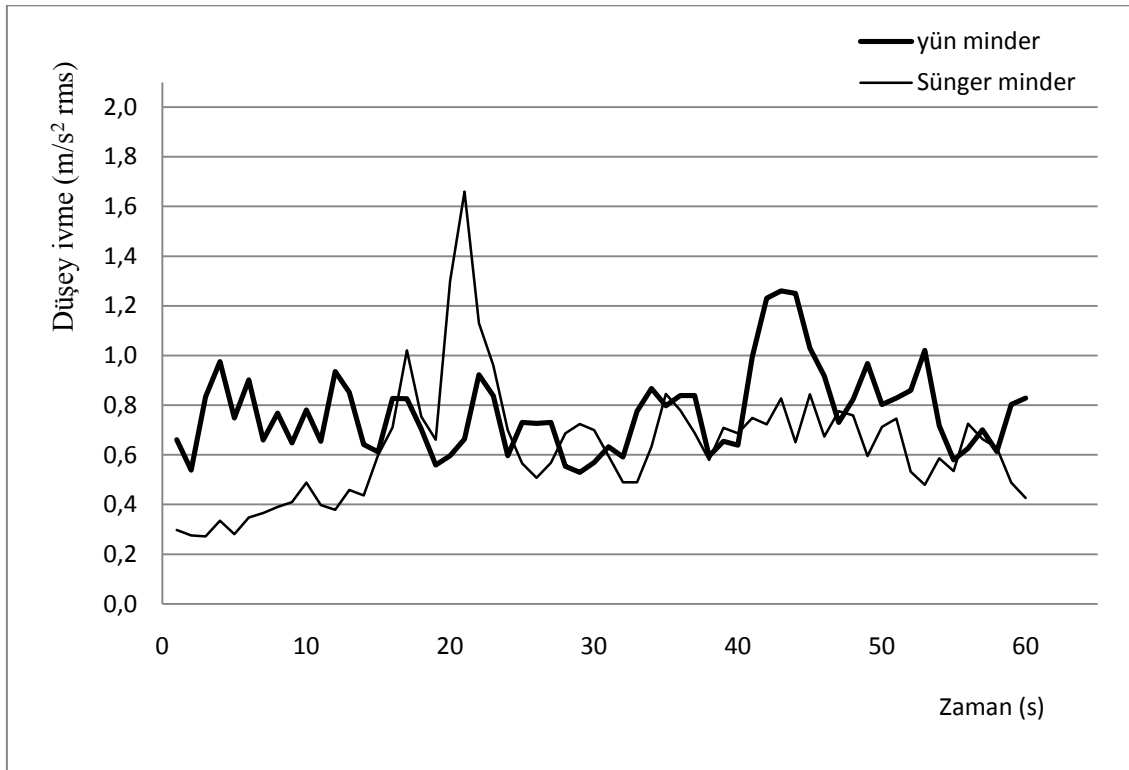


Şekil 4.12 Yün ve pamuk minder ivme zaman grafiği

4.4.5 Yün ve Sünger Minder İvme Değişimi

Şekil 4.13'de görüldüğü gibi sürücü koltuğunun üzerine kullanılan yün minder ve sünger minderlerin ivme değişimi grafiği gösterilmiştir. Traktör hareket halinde iken alınmış verilerin grafikleri, standart sapmaları ve varyasyon katsayıları bulunmuştur. Yün minderlerin standart sapması 0,17047 ve varyasyon katsayısı 22,0460 iken sünger minderlerin standart sapması 0,24464 ve varyasyon katsayısı 38,6450 olarak bulunmuştur. Bu değerler arasındaki farkların yün minderlerin sünger mindere göre titreşimleri daha çok sönümlendiği, sürücü yorgunluk süresinin uzadığını ve sürücü sağlığını pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Aynı zamanda bu durumu varyasyon katsayıları arasındaki

fark da desteklemektedir. Sürücü yün minder kullandığında yol pürüzlülüğünden ve traktörün kendi çalışma sisteminden kaynaklanan titreşimleri daha çok absorbe ettiği ortaya çıkmaktadır. Deneysel çalışma sonucunda uzun süre çalışma zorunda kalan kişinin vücudun fiziksel ısınma sonucunda oluşan teri yün minderin kendi ağırlığının %50 ye kadar emme özelliği de var ama sünger minderli durumda oluşan teri emme özelliği düşüktür. Bu deneysel çalışma sonucunda yün minderin sürücü üzerine gelen titreşimleri absorbe etme özelliği varyasyon katsayıları bakımından sünger mindere göre daha iyi olduğu bulunmuştur.

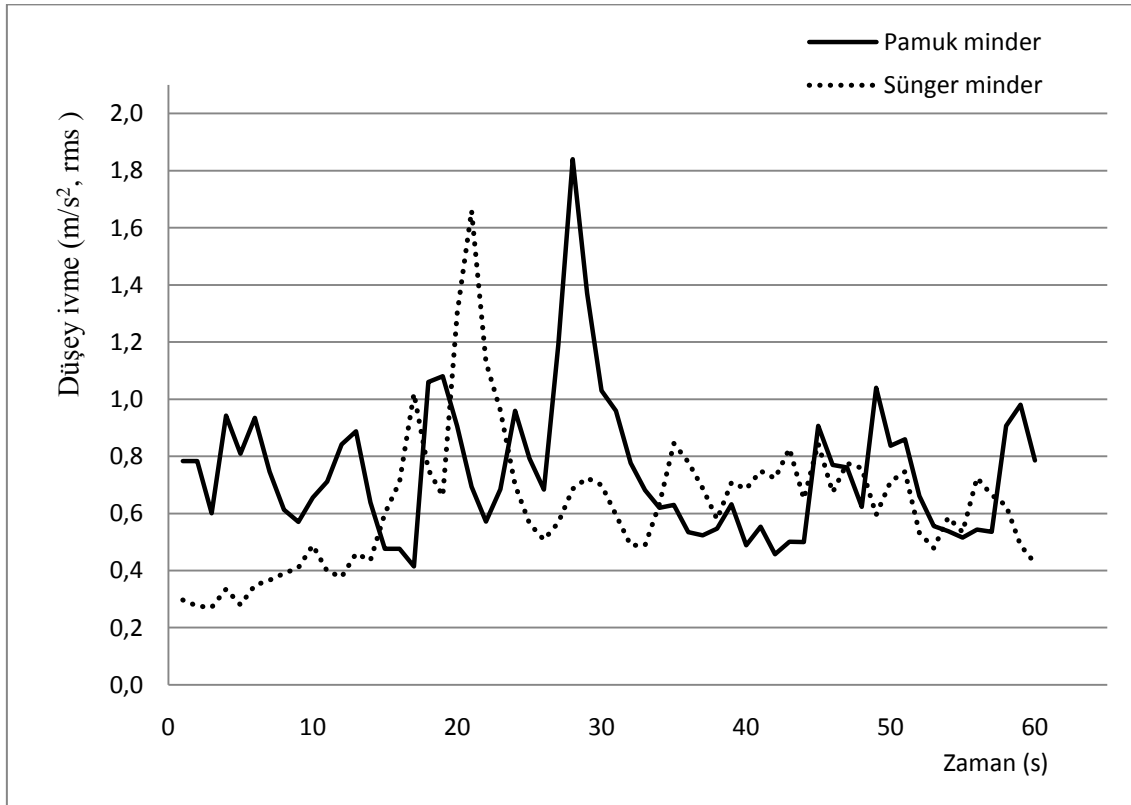


Şekil 4. 13 Yün ve sünger minder ivme zaman grafiği

4.4.6 Sünger ve Pamuk Minder İvme Değişimi

Şekil 4.14'de görüldüğü gibi sürücü koltuğunun üzerinde kullanılan pamuk minder ve sünger minderin ivme değişimi grafiği gösterilmiştir. Pik noktalarının yüksek olduğu bölgelerde sürücü maksimum rahatsızlık duymaktadır. Aynı zamanda pik noktalarının düşük olduğu bölgelerde ise sürücü rahatsızlık duymamaktadır. Bu grafikte ISO 2631 standardına göre pamuk minder yaklaşık olarak yirmi sekizinci saniyesinde sünger

minderin yaklaşık olarak on dokuzuncu saniyesinde kritik değerler ulaşmıştır. Pik noktalarının bu bölgelerde yüksek çıkmasının sebebi yol pürüzlülüğü veya traktör lastiğinin bir engelden geçmesinden kaynaklanmış olabilir. Bu nedenle aritmetik ortaklamalarına bakılırsa pamuk minder 0,74948 iken sünger minder aritmetik ortalaması 0,63305 olarak bulunmuştur. Bu değerler sonucunda ortalama rms ivme değeri sünger minder daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu iki minder arasında standart sapma değerlerine bakılacak olunursa pamuk minder standart sapması 0,24810 iken sünger minder standart sapması 0,24484 olarak bulunmuştur. Sünger minder ile pamuk minder arasında ki standart sapma değerleri birbirlerine çok yakın çıkmaktadır. Sünger minder varyasyon katsayısı 38,6450 iken pamuk minder varyasyon katsayısı 33,475 olarak bulunmuştur. Varyasyon katsayılarındaki bu fark durumu bize pamuk minder sönümlemeyi sünger mindere göre daha çok azalttığı ortaya çıkmaktadır



Şekil 4. 14 Sünger ve pamuk minder ivme zaman grafiği

5. SONUÇLAR

Bu deneysel çalışmada ISO 2631 standardını kullanılarak tarım traktörleri sürücü koltuğu üzerinde kullanılan farklı minderlerden yapılmış minderlerin sürücüye etkileri araştırılmıştır. Düşük frekanslı titreşimlerin sürücü sağlığını nasıl etkilediğini ve hangi durumlarda sürücü üzerine maksimum titreşim iletildiğini istatistiksel yöntemlerle açıklayarak üç çeşit minder ve yalın hali olmak üzere dört farklı durum hem sayısal hem de grafikler halinde durumları incelenmiştir.

Deneysel çalışmada yalın haldeki sürücü koltuğundan alınan veriler ISO 2631 ve 78/764 EWG standart değerinin belirttiği aralıkta çıkmıştır. Sürücü koltuğundan alınan değerlerin doğru çıkması yapılan deneyin doğruluğunu göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen titreşim değerleri, yapılan bilimsel çalışmaların ve test merkezlerinden elde edilen sonuçlarla yaklaşık olarak aynı değerlere ulaşılmıştır. Bu çalışmada yalın haldeki sürücü koltuğundan sürücü üzerine iletilen titreşim değerleri normal seviyede bulunmuştur.

Bu deneysel çalışmada bulunan sonuçlar hem sayısal veriler hem de grafik halinde elde edilen veriler istatistiksel yöntemlerle açıklanmıştır. Daha sonra sürücü üzerine etki eden düşük frekanslı titreşimleri filtreleme bakımından minderlerin ve yalın haldeki sürücü koltuğunun verileri istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Sürücü koltuğu üzerindeki yün minderde, yalın haldeki sürücü koltuğunun verilerine göre daha iyi değerler elde edildiği görülmüştür. Mindersiz yalın haldeki koltuğun inişlerde belirli noktalarda sorun olduğu bulunmuştur. Bu sorunu yün, pamuk ve sünger minder kullanarak ortadan kaldırılmıştır. Bu nedenle sürücü koltuğunun tekrar tasarlanması gerekli görülmüştür. Bu nedenle sürücü koltukları üzerinde minder kullanılması sürücünün yorgunluk süresini uzattığı ve sağlık sorunlarını azalttığını göstermektedir. Sürücü üzerine gelen titreşim değerlerinin seviyesi arttıkça sürücü üzerinde olumsuz etkiler bıraktığı ISO 2631 ve yapılan bilimsel çalışmalar tarafından ortaya konulmuştur. Bu çalışmada istenilen en iyi sonucu yün minderlerin sürücü üzerine gelen titreşim kuvvetlerini ve sağlık sorunlarını azalttığı görülmektedir.

Sünger minderin sayısal verileri yün ve pamuk minderin verilerine göre daha düşük iken yalın haldeki sürücü koltuğu verilerine göre daha iyi çıkmıştır. Bu durum yalın haldeki sürücü koltuğunun sürücü üzerine daha çok titreşim ilettiğini göstermektedir. Sürücü koltuğu aracılığıyla sürücü üzerine gelen titreşim değerlerinin azaltılması sağlık açısından olumlu sonuçlar ortaya çıkaracaktır.

Bu deneysel çalışmada kullanılan pamuk minderin sayısal verileri sünger ve yalın haldeki sürücü koltuğunun verilerine göre daha iyi çıkarken yün minderin sayısal verilerine göre ise daha düşük çıkmıştır. Bu durum pamuk minderin titreşim filtrelemede etkili olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak sürücü koltuğu üzerinden sürücü üzerine gelen düşük frekanslı titreşim seviyelerini en iyi seviyeden en kötüye doğru sıralayacak olursak yün, pamuk, sünger minder ve son olarak yalın haldeki sürücü koltuğunun sönümlediği bulunmuştur. Bu durum kamyon, otomobil, otobüs sürücüleri için kısa bir sürede önem taşımaya karşılık, traktör ve arazi taşıtlarını kullanan sürücüler için büyük önem taşımaktadır.

Sürücü koltuğu için minderlerin mutlak faydası olduğu deneysel olarak ispatlanmıştır. Kullanılan üç farklı malzemedeki yapılan minderden en iyi yalıtım yapandan sıralamak gerekirse yün, pamuk ve sünger olduğu varyasyon katsayısı, standart sapma ve diğer sayısal verilerle kullanılarak açık bir şekilde gösterilmiştir. Minder kullanılmadığı zaman koltuğun minderli durumuna göre yalıtım değeri en düşük olduğu gösterilmiştir.

Bu çalışma süresince edinilen bilgi ve tecrübeler doğrultusunda şu önerilerde bulunulabilir.

- Bu çalışma sonucunda, yapılan sürücü koltuklarının pasif titreşimlerin daha da azaltılması gerektiği ortaya çıkmıştır.
- Sürücü koltuğu tasarlanırken pasif titreşimleri en iyi seviyede sönümleyebilecek minderlerin seçilmesi gerekmektedir.
- Sürücü sağlığını olumsuz etkileyen kimyasal ham maddeli minderlerin yerine doğal ham maddeli minderlerin kullanılması gerekir.

- Sürücü koltukları üzerinde titreşim araştırması yapılırken sayısal hesaplamaların yanında deneysel metotlarında kullanılması gerekmektedir.
- Sürücü sağlığını olumsuz etkileyen ve ısı tutma özelliği düşük olan minderlerin kullanılmaması gerekmektedir.
- Yünün teknik özelliklerinden faydalanarak her bir telin yönü ve sırasını belirlenerek yeni bir minder tasarlanabilir.
- Ağır iş makineleri ve traktör sürücülerine titreşim kaynağı, titreşimin etkileri ve önleme yöntemleri hakkında eğitici bilgiler verilmesi sürücü sağlığını olumlu etkileyecektir.

6. KAYNAKLAR

- Altuntaş, Ö. (2007). Hava araçlarında dönel makinaların titreşimi ve önemi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Anonim, 1997. ISO 2631-1 Mechanical Vibration and Shock-Evaluation of Human xposure to Whole-body Vibration. International Organization for Standardization, Switzerland.
- Anonim. 1982. Measuring Vibration. Brüel & Kjær, 40, Nærum-Denmark.
- Anonim, 1997. ISO 5805 Mechanical Vibration and Shock – Human Exposure Vocabulary. International Organization for Standardization, Geneva.
- Anonim. 1998. Introduction to Shock & Vibration. Brüel & Kjær Sound and Vibration Measurement A/S, 36, Denmark.
- Anonim, 2000. Tekerlekli Tarım veya Orman Traktörlerinin Sürücü Koltuğu ile ilgili Tip Onayı Yönetmeliği. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Yayın No:24246, Ankara.
- Avşar, A.L., Özgüven, H.N. Basit Optik Sistemlerde Titreşim Analizi İçin Dinamik Model Önerisi, 14. Ulusa Makine Teorisi Sempozyumu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kuzey Kıbrıs Kampusu 283-293, Güzelyurt, 2009
- Başer, i. (1992). Elyaf Bilgisi. Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul.
- Bölükoglu, H., Kunst, O. (1989). Traktör Koltuklarının Tasarımında Titrsimin Önemi. Çukurova Üniversitesi-Milli Produktivite Merkezi 2. Ulusal Ergonomi Kongresi, Milli Produktivite Merkezi Yayınları: 379; s. 432-443, Ankara.
- Çay, C.İ. (2006). Tarım Traktörleri Sürücü Koltukları Titreşim Sönümleme Elemanları Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dufner, D. L. and Schick, T. E. (2002). John Deere Active Seat™: A New Level of Seat Performance. AGENG Paper Number: (02-IE-002), Budapest.
- Düzgünes, O., Kesici, T., Gürbüz, F. (1993). İstatistik Metodları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1291, 369- 218, Ankara.
- Eaton, S. (2003). Bus Drivers & Human Vibration. Worker's Compensation Board of BCEngineering Section Report, Project Number: 7.24-03257, Vancouver.

- Er, Ü., Orak, S., Par, B. (2006). Taşı Titreşimlerinin Teorik analizi ve Bir Bilgisayar Modellenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi. Dergisi, 19: 2-16
- Eye, S.A. (2009). Evaluation of Operator Whole- Body Vibration and Shock Exposure in a South African Open Cast Mine. Master of Science, University of Pretoria, Faculty of Engineering, Build Environment and Information Technology, South Africa.
- Gohl, E.P.G., Vilensky, L.D.(1983). Textile Sciencen Explanation of Fibre Propertie. 2 edition, Longman Cheshire Ltd, Australia.
- Gülerce, O.K.(2006). Kamyon Sürücü Kabini süspansiyonu Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Gürhan, R., Çay, C.İ. (2008). Pasif Süspansiyonlu Traktör Sürücü Koltuklarının Benzeştirilmiş Deney Ortamındaki Performansları. Tarım Bilimleri Dergisi, Ankara.
- Griffin, M. J. (1997). Vibration and Motion. Handbook of Human Factors and Ergonomics, A Willey-Interscience Publication John Willey & Sons Inc., New York/Chichester/Wienheim/Brisbone/Toronto/Singapore, 828-857
- <http://www.csa.org/UploadFiles/magazine/vol9no3/93health.htm>. 10.07.2011
- Joseph, M. A. (1976). Essentials of Textiles. 3.Edition, ISBN-10: 0030862973, USA.
- Karabulut, A. (1995). Traktör Sürücü Oturakları Yalıtım Sistemi Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karahan, M.M.F. (2005). Titreşim Analizi ile Makinelerde Arıza Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Manisa.
- Kin-İşler, A. Titreşimin Performansa Etkisi. Hacettepe Spor Bilimleri Dergisi, 2007
- Mangut, M., Karahan, N.(2005). Tekstil Lifleri. Ekin Kitapev, Bursa.
- Mansfield, N.J., Atkinson, S. Comparison of full working shift measures of whole body vibration with short ‘representative’ samples for a rigid dump truck, loading shovel and a bus. Japan Group Meeting on Human Response to Vibration, Asahikawa, 2003
- Newell, G.S., Mansfield, N.J. Exploratory study of whole-body vibration “artefacts” experienced in a Wheel Loader, Mini-Excavator, car and office worker’s chair, 39th Meeting of the UK Group on Human Response to Vibration, Rms Vibration Test Laboratory, Ludlow Assembly Rooms, 2004s

- Orak, S. (1989). Traktör Sürücü Sandalyelerinde Konstrüktif Önlemlerle Konforun Arttırılması. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Öztürk, Z., Öztürk, T., Erol, H., Arlı, V. (2009). Demir yolu titreşimlerinin konfora etkisini örnek hatlarda incelemek. İstanbul Mühendisler Odası Teknik Dergisi, 314, 4811-4815.
- Rakheja S., Sankar, S. (1983). Design and production engineering technical conference of the American society of mechanical engineers. 106: 305-313
- Sabancı, A. (1999). Ergonomi. Baki Kitabevi, 13, Adana.
- Saçak, M. (2002). Lif ve Elyaf Kimyası. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Sezgin, A.(2009). Bir Taşıtın Sürücüsü ile Modellenmesi ve Simülasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Soydaş, H.İ.(2007). Taşıtlarda Gürültü Sebebinin Araştırılması ve Giderilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya
- Taylor, M. A. (1997). Technology of Textile Properties, Forbes Publications, 3. Edition, USA.
- Ünala, N. (1975). Vorzeitige Abnutzungserscheinungen an Traktorfahrersitzen. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 94, Tanikon.
- Yazıcı, İ., Özdemir, A., Şahin, İ., Engin, T. Yarı Aktif Koltuk Süspansiyon Sisteminin Bilgisayar Tabanlı Gerçek Zaman Uygulaması, TOK08 Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, cilt 2, sayfa. 545-550,2008, İstanbul.

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Musa MARUL
Doğum Yeri : Ordu
Doğum Tarihi : 01.11.1987
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim : akumusa@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl) :

Lise : Çayırova Süleyman Demirel Lisesi Kocaeli-Gebze 2005
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi 2010
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2012

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Afyonkarahisar : 3R Şehir Planlama 2010

Yayınlar (SCI ve diğer)

Karabulut, A., Marul, M. (2010). Mesleki ve Teknik Eğitimde Eğitim Modeli Tasarımı.
MEB Eğitim ve Sosyal Bilimler Dergisi, 191: 78–85

Diğer konular