

**FARKLI TARIMSAL ALET VE MAKİNALAR İLE
ÇALIŞMADA TRAKTÖRDE OLUŞAN
TİTREŞİMİN SAPTANMASI
ARDA ALTINKARADAĞ
Yüksek Lisans Tezi
Tarım Makinaları Anabilim Dalı
Danışman: Prof.Dr. BAHATTİN AKDEMİR**

2008

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI ALET VE MAKİNALAR İLE ÇALIŞMADA TRAKTÖRDE
OLUŞAN TİTREŞİMİN SAPTANMASI**

Arda ALTINKARADAĞ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF.DR. BAHATTİN AKDEMİR

TEKİRDAĞ-2008

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI TARIMSAL ALET VE MAKİNALAR İLE ÇALIŞMADA TRAKTÖRDE OLUŞAN TİTREŞİMİN SAPTANMASI

Arda ALTINKARADAĞ

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR

Traktör titreşimlerinin hesaplanması önemlidir. Çünkü günümüzde traktör ve ya başka bir araçtan gelen titreşimlerin sürücülerdeki olumsuz etkileri bilinmektedir. Traktörler süspansiyon sistemine ahip değildir (özellikle süspansiyonsuz kabini olanlar için) ve titreşim düzeyleri diğer yol araçları ile karşılaştırıldıklarında yüksektir. Bu yüzde titreşimin olumsuz etkileri traktör sürücülerinde daha sık görülmektedir. Bu araştırma ile talada traktör ile farklı işler boyunca traktörde oluşan titreşimlerin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir.

Bu çalışma farklı ekipmanlar ile çalışmada traktördeki titreşim düzeyleri ölçümü ve değerlendirilmesini içermektedir. Traktör titreşim düzeyleri farklı işler altında boylamsal, yatay ve düşey (x,y,z) yönlerde sürücü koltuğu braketini, ön ve arka aks merkezlerinde ölçülmüştür. Çalışmada pulluk, diskaro , dip kazan, pülverizatör, kültivatör ve mekanik ekim makinesi bir traktöre bağlanarak çalıştırılmıştır. Ölçümler üç adet pcb titreşim sensörü, bir adet arabirim ve bir adet özel bilgisayardan oluşan ünite yardımıyla elde edilmiştir. Sensörlerden volt olarak elde edilen sinyaller bir arabirimde milivolt / volt'a dönüştürüldükten sonra bilgisayara aktarılmıştır. Traktörün ivme değerleri hesaplanmış, grafikleri çıkarılmış ve minimum, maksimum ve ortalama değerleri elde edilmiştir.

Titreşim testlerinde ölçülen maksimum ivme değerleri pulluk, çizel, diskaro, kültivatör, ekim makinesi ve gübre dağıtma makinesi için sırasıyla $0,66 \text{ m/s}^2$, $0,54 \text{ m/s}^2$, $0,9 \text{ m/s}^2$, $0,6 \text{ m/s}^2$, $0,55 \text{ m/s}^2$, $0,62 \text{ m/s}^2$ olarak bulunmuştur. Titreşim testlerinde ölçülen ortalama ivme değerleri ise sırasıyla aynı makinalar için $0,08 \text{ m/s}^2$, $0,07 \text{ m/s}^2$, $0,08 \text{ m/s}^2$, $0,07 \text{ m/s}^2$, $0,07 \text{ m/s}^2$, $0,07 \text{ m/s}^2$ olarak bulunmuştur. Çalışma sonuçlarından hiçbiri titreşim yönetmeliğindeki standartların üzerine çıkmamıştır.

Tüm bu çalışmalar Namık Kemal Üniversitesi' nin deneme arazilerinde tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Titreşim, Traktör, Tarımsal Mekanizasyon, Titreşim Ölçümü.

2008, 86 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

MEASURING TRACTOR VIBRATION WHILE TRACTOR IS WORKING WITH DIFFERENT AGRICULTURAL EQUIPMENTS

Arda ALTINKARADAĞ

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Agricultural Machinery

Supervisor : Prof.Dr. Bahattin AKDEMİR

Calculation of tractor vibration is important. Because, nowadays negative effects of vibration are known on drivers from tractors or another vehicle. Tractors do not have suspension systems and the vibration levels (particularly for those without suspended cabins) are high compared to other road vehicles. So the negative effects of vibration appears more often on tractor operators. It was aimed to exposure of vibration levels of a tractor during different operations on the field in this research.

This study contains about measuring and evaluation vibration levels of a tractor while operating different equipments. Tractor vibration levels have been measured at the bracket of the driver seat, center of front and rear axles along longitudinal, lateral and vertical (x, y, z) axes under different operations. A pulough, a disc harrow, a ripper, a fertilizier, a cultivator and a grain soving machine were operated as linked to a tractor. Mesurements have been obtained with aid of a unit that contains three vibration pcb sensors, a data converter and a special computer. Signals that we got from sensors as volts, were transferred to a computer after changed to milivolt / volt in an adapter. The accelarations of the tractor were calculated and their graphics were plotted and minimum, maximum and average levels were obtained. The maximum of acceleration values obtained from vibration tests were measured as 0,66 m/s², 0,54 m/s², 0,9 m/s², 0,6 m/s², 0,55 m/s², 0,62 m/s² for plough, ripper, discharrow, cultivator, grain soving machine and fertilizier. The average of acceleration values obtained from vibration tests were measured as 0,08 m/s², 0,07 m/s², 0,08 m/s², 0,07 m/s², 0,07 m/s², 0,07 m/s² for same machines. Any of results from study haven't passed over standarts of vibration regulations.

All these works were completed on resarch land of Namık Kemal University.

Keywords : Vibration, Tractor, Agricultural Mechanization, Measurement of Vibration

2008, 86 pages

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Titreşimler	1
1.2. Titreşim Çeşitleri	2
1.3. Titreşimin Etkileri	3
1.3.1. Titreşimin insanlar üzerindeki etkileri	3
1.3.2. Titreşimin traktörler ve araçlar üzerindeki etkileri	7
1.4 Titreşimin Ölçülmesi	10
1.5. Titreşimden Korunma Yolları	11
1.6. Traktörlerdeki titreşim önlemleri	13
1.7. Araştırmanın Amacı	16
2. KAYNAK ÖZETLERİ VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1. Materyal	26
3.1.1. Test edilen materyal	26
3.1.1.1. Test alanı	26
3.1.1.2. Traktör	27
3.1.1.3. Ekim makinası	28
3.1.1.4. Pulluk	29
3.1.1.5. Yaylı kültivatör	30
3.1.1.6. Diskaro	31
3.1.1.7. Gübre dağıtma makinası	32
3.1.1.8. Çizel (7 Ayaklı)	33

3.1.2. Ölçümlerde kullanılan cihazlar	34
3.1.2.1. Arabirim scadas mobile	34
3.1.2.2. Sensörler (ivme ölçerler)	36
3.1.2.3. Bilgisayar	38
3.1.2.4. Yazılım	39
3.1.2.5. Kalibrasyon aleti	40
3.2. YÖNTEM	42
3.2.1. Titreşim ölçümü yapılacak makina ve aletlerin Hazırlanması	42
3.2.2. Ölçüm sisteminin traktöre montajı	43
3.2.3. Titreşim ölçümlerinin alınması	46
3.2.4. Verilerin değerlendirilmesi	48
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	52
4.1. 25 cm' lik 4 Soklu pulluk ile çalışmadaki titreşim ölçüm sonuçları	52
4.2. 7 ayaklı çizel çalışmadaki titreşim ölçüm sonuçları	53
4.3. 14 lü Hidrolik diskaro ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları	54
4.4. 35 ayaklı kültivatör ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları	55
4.5. Sıralı Ekim makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları	56
4.6. Gübreleme makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları	57
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	58
6. KAYNAKLAR	61
7. EKLER	102
8.ÖZGEÇMİŞ	120
9. TEŞEKKÜR	121

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Sönümlü ve sönümsüz yapıdaki titreşimler.	3
Şekil 1.2. İnsan vücudu üzerindeki titreşim eksenleri	4
Şekil 1.3. Çeşitli meslek sahiplerine göre omurga deformasyonları	4
Şekil 1.4. Titreşimin araçlar üzerindeki etkileri	9
Şekil 1.5. Eski bir traktör oturağı	13
Şekil 1.6. Traktörlerde kullanılan standart bir sürücü oturağı.	14
Şekil 1.7. Gelişmiş bir traktörün kabini	14
Şekil 1.8. Aktif süspansiyon sistemli bir koltuk yapısı.	15
Şekil 1.9. Traktör akslarında kullanılan bir süspansiyon sistemi	15
Şekil 3.1. Ölçümlerin alındığı arazinin genel bir görüntüsü	26
Şekil 3.2. Ölçümlerde Kullanılan Traktör	27
Şekil 3.3. Ölçümlerde Kullanılan Ekim Makinası	28
Şekil 3.4. Ölçümlerde Kullanılan Pulluk	29
Şekil 3.5. Ölçümlerde Kullanılan Yaylı Kültivatör	30
Şekil 3.6. Ölçümlerde Kullanılan Goble Disk	31
Şekil 3.7. Ölçümlerde Kullanılan Gübre Serpme Makinası	32
Şekil 3.8. Ölçümlerde Kullanılan Çizel	33
Şekil 3.9. Ölçümlerde Kullanılan Arabirim	35
Şekil 3.10. ICP tip sensörün koşullanması	37
Şekil 3.11. Ölçümlerde Kullanılan Sensörlerin Genel Görünüşü	38
Şekil 3.12. Ölçümlerde Kullanılan Bilgisayar (Thoughtbook)	39
Şekil 3.13. Ölçümlerin Alındığı ve Kaydedildiği Yazılımın Bir Sayfası	40
Şekil 3.14. Sensörleri Kalibre Edebilen Kalibrasyon Aleti	41
Şekil 3.15. Ölçümlerden Önce Aletlerin Test Alanında Hazır Hali	42
Şekil 3.16. Traktör Üzerine Monte Edilen Sensörlerin Koordinatları	43
Şekil 3.17. Birinci Sensörün Montajı	44
Şekil 3.18. İkinci Sensörün Montajı	44
Şekil 3.19. Üçüncü Sensörün Montajı	45
Şekil 3.20. Traktör Üzerindeki Arabirim.	46
Şekil 3.21. Ölçüm Sırasında LMS TestLab Programının Sayfası	47
Şekil 3.22 Ölçümlerden sonra programın görünüşü	48

Şekil 3.23. Verilerin notepad dosyasındaki kayıtlı hali	49
Şekil 3.24. Dataların excel' e aktarılmış hali	50
Şekil 3.25. Run 11(Pulluk) için ön aks X ekseni grafiği	51

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Taşıt dinamiğindeki gelişme sürecinin özeti	8
Çizelge 3.1. Scadas Mobile teknik özellikleri	35
Çizelge 3.2. Sensörlerin tanımlanan yerleri ve koordinatları	45
Çizelge 3.3. Titreşim ölçümü yapılan ekipmanlar ve kaydedilen dosya adları	47
Çizelge 4.1. Kulaklı Pulluk ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları	52
Çizelge 4.2. 7 Ayaklı Çizel ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları	53
Çizelge 4.3. 14 lü Hidrolik Diskaro ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları	54
Çizelge 4.4. 35 lik Kültivatör ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları	55
Çizelge 4.5. 4 Sıralı Ekim Makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları	56
Çizelge 4.6. Gübreleme Makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları	57

1. GİRİŞ

Tarım Traktörleri kullanılmaya başlandığından bu yana birçok özelliği gelişen teknolojilerin yardımıyla daha iyi duruma getirilmiştir. Ancak teknik ve ekonomik nedenlerden dolayı traktörlerde diğer motorlu araçlardan farklı olarak süspansiyon sistemleri konusunda fazla ilerleme sağlanamamıştır.

Tarım traktörleri ekim öncesi toprak hazırlamada , ekim işlemleri, gübreleme, sulama, bakım ve ilaçlama işlemlerinde , hasatta ve hasat sonrası mekanizasyonda , römorkla birlikte taşımacılıkta ve çeşitli ek ünitelerle de hafriyat işlerinde kullanılmaktadır. Traktörün tarımsal mekanizasyonun tüm işlemlerinde kullanılması nedeniyle sürücüler tarımsal operasyonların büyük bir bölümünü traktör üzerinde yürütmektedirler.

Tarımsal mekanizasyon içerisinde bulunan makinelerin en önemlisi ve en çok kullanılanı tarım traktörleridir. Tarımsal işletmeler için hareketli enerji kaynağı olan standart traktörler; üzerinde bulunan termik motordan aldığı gücü sırasıyla kavrama, vites kutusu, diferansiyel ve son redüksiyon dişlerinden sonra tekerleklere hareket enerjisi iletirler. Traktörlerde amaç hız değil güç olduğu için motordan alınan devir tekerleklere ulaştığında son derece düşmüş olur. Traktörün motor gücü çeki kancasında çeki gücü, kuyruk milinde kuyruk mili gücü, kasnakta döndürme gücü ve hidrolik donanımda hidrolik güç olarak kullanılabilir. Tarımda traktörlerin en önemli makine olmasının nedeni ; traktörler diğer tarım alet ve makinelerine dönü, hidrolik ve çeki kuvvetleri iletmesi ve bu alet ve makinelerin çalışmasını sağlamasıdır.

Ergonomi açısından taşıt (kamyon, traktör, binek otomobil vb.) sürücüsünü etkileyen faktörler sırasıyla gürültü, toz, eksoz gazı, sıcaklık soğukluk, denetim organlarının yerleşimi ve taşıt içi titreşimler verilebilir. Bunlar arasında en önemlisinin taşıt içi titreşimler olduğu gözlenmektedir.(Özgener 2002)

1.1. Titreşimler

Titreşimlerin tanımları aşağıdaki gibidir.

Titreşim : Bir nokta etrafında az ve ya çok periyodik gidip gelme yapan bir cismin hareketine denir.

Titreşim: bir sistemin sabit ya da değişken bir genlikte bir durağanlık noktası etrafında artan ya da eksilen bir şekilde hareket etmesidir.

Titreşim: bir makine parçasının herhangi bir yöndeki ileri geri hareketidir.

Titreşim: Verilen bir doğrultuda yönünü bir defadan fazla yön değiştirebilen harekettir. (Kanat 2007)

Titreşim genellikle; üretim toleransı, açıklığı, makine parçaları arasındaki dönme, dokunma, sürtünme veya döner parçaların dengesiz olmasından doğan kuvvetlerin dinamik etkilerinden oluşur. Küçük titreşimler, makina yapısındaki diğer parçaların rezonans sıklıklarını uyararak yükseltirler ve temel titreşim ve gürültü kaynağına dönüşürler. Tüm enerjinin işe dönüştürüldüğü ideal makinede titreşim yoktur. Ancak, pratikte makine parçalarının tepkimeleri sonucu, enerjinin bir kısmı titreşim enerjisi olarak harcanır. Titreşimler için aşağıdaki tanımlamalar önemlidir.

Frekans: Birim zaman paralığında olayın oluş sayıdır ve titreşimin hangi sıklıkta olduğunu gösterir. (Köse 2005)

Periyot : Bir devirlik titreşim için geçen zamandır. T, Periyot; bir hareketin ne kadar sürede tamamladığıdır. (Köse 2005)

Genlik: Denge konumundan olabilir maksimum uzaklıktır. Harmonik sinyali oluşturan sinüs eğrisinin dikey eksen, sinyalin genliğini ifade eder. (Köse 2005)

Dalga boyu: Pikler arasındaki mesafedir. Dalgaformu grafiği, analiz cihazı üzerinde set edilen frekans aralığındaki toplam titreşimin zaman eksenindeki değişimini görüntüler.

Titreşim fazı: Yatak üzerindeki bir noktaya göre rotor üzerinde en yüksek titreşim genliğindeki bir noktanın açısal konumu ve ya hareketli iki parçanın belirli bir zaman birimine göre açısal konumu, titreşimin fazıdır. (Köse 2005)

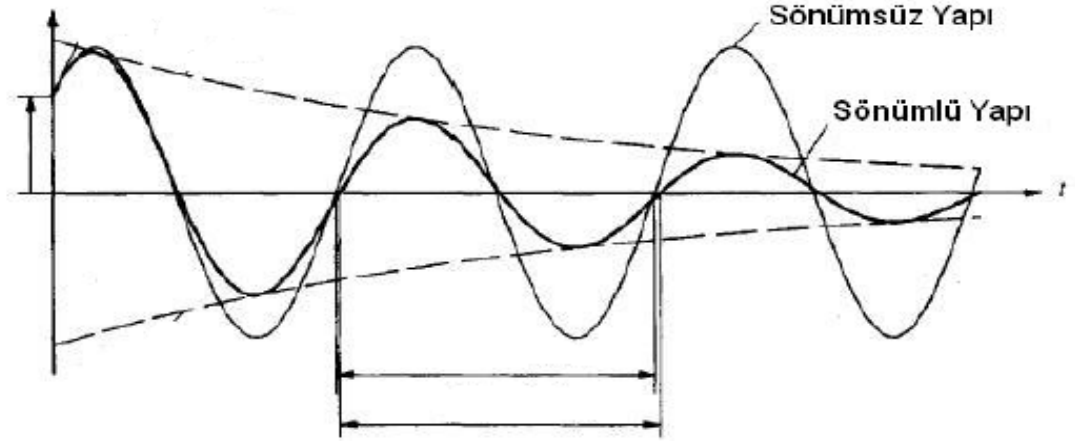
Rezonans: Makinayı titreşime zorlayan herhangi bir dinamik kuvvetin frekansının, makinadaki herhangi bir parçanın özfrekansıyla çakışması halinde ortaya çıkan duruma denir. (Kanat 2007)

Kritik hız: Makineyi titreşime zorlayan 1 devir / dakika da ki dinamik kuvvet (balanssızlık, eksantriklik, Eksenel ayarsızlık) frekansının makine milinin doğal frekansına denk geldiği sıradaki makine devridir. Bu durumda milde bir süre için (makine bu devirden geçerken) rezonans olur.

1.2. Titreşim Çeşitleri

Titreşimler sönümlü ve sönümsüz yapıdaki titreşimler olmak üzere 2 ana grupta toplanabilirler. Sönümlü titreşimler belli bir zaman sonrasında azalarak gücünü kaybederler. (Şekil 1.1.) . Örneğin yoldaki bir tümseğin araçta oluşturduğu titreşim sönümlü bir titreşimdir.

Sönümsüz titreşimler bir zaman içerisinde salınım hareketini muhafaza ederler ve bu hareket bir güç kaynağı tarafından desteklenir. Örneğin araçtaki motordan kaynaklanan titreşimler sönümsüzdür. (Anonim 2007)



Şekil 1.1. Sönümlü ve sönümsüz yapıdaki titreşimler. (Anonim 2007)

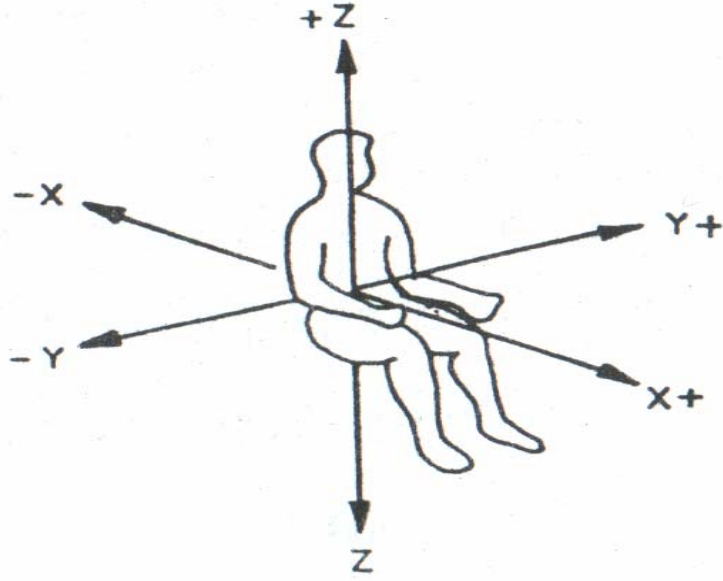
Sönümsüz titreşimleri tahrik eden enerji kaynağı ortadan kalkarsa sönümsüz yapı şeklinde titreşim hareketi son bulur. Dışarıdan etki eden bir kuvvet sonucunda başlayan bir titreşim onu besleyen kuvvet etki ettiği sürece titreşim sabit bir frekans ve genlik ile zaman içinde hareketine devam eder. Herhangi bir kuvvet tarafından desteklenmeyen bir titreşimde ise zaman ile birlikte genliğini azaltarak fakat frekansını arttırarak son bulma eğilimi görülür. (Anonim 2007).

Titreşimler ; sönümsüz serbest titreşimler, sürtünmeli sönümlü serbest titreşimler, viskoz sönümlü serbest titreşimler, sönümsüz zorlanmış titreşimler , viskoz sönümlü zorlanmış titreşimler olarak sınıflandırılabilir

1.3. Titreşimin Etkileri

1.3.1. Titreşimin insanlar üzerindeki etkileri

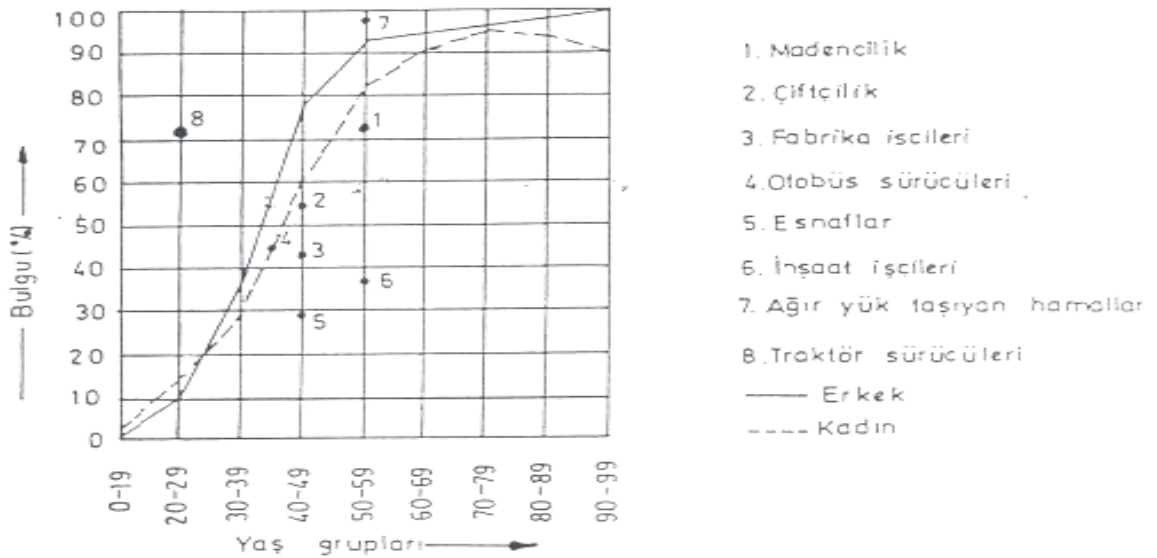
Titreşimin insanlar üzerindeki etkileri şekil 1.2. de olduğu gibi makinelerdeki etkileriyle aynı prensiplere göre değerlendirilir.



Şekil 1.2. İnsan vücudu üzerindeki titreşim eksenleri (Hampel 1997)

İnsan vücudu oldukça karmaşık, fiziksel ve biyolojik bir yapıdır. Genel bir yaklaşımla bu yapı, birbirine bağlı kütleler, elastik elemanlar ve sönümleyicilerle doğrusal olmayan bir çok elemanın bileşkesidir. Ayrıca insanın psikolojik özellikleri de dikkate alınırsa bu yapının ne kadar karmaşık bir sistem olduğu görülmektedir.

Çeşitli meslek sahiplerine göre omurga deformasyonlarının oluştuğunu kanıtlayan bulgular şekil 1.13. te verilmiştir.



Şekil 1. Değişik Mesleklere Sahip İnsanlarda Omurga Deformasyonları.

Şekil 1.3. Çeşitli meslek sahiplerine göre omurga deformasyonları (Babalık 1988, Özgener 2003)

20-29 gibi genç yaşlarda traktör sürücülerinin % 71'inde saptanan omurga deformasyonları ve neden olduğu rahatsızlıklar, diğer mesleklerde hem yaş hem de oransal özellikler yönünden bu denli olumsuz değildir. Maden işçilerinde, yaklaşık 51 yaşında % 70 oranındaki bu rahatsızlık, fabrika işçisi ve inşaat işçilerinde sırasıyla 40-45 ve 51 yaşlarında ve oransal olarak daha küçük değerler göstermektedir. Omurga rahatsızlıklarının nedeninin, sürücüye taşıttan iletilen titreşimler olduğu bir çok çalışmayla saptanmıştır. Bunu ispatlar nitelikteki klinik çalışmalarda açığa çıkan bir takım gerçekler ilgi çekicidir. Örneğin, çalışma zamanının yarısından fazlasını bir motorlu taşıtı kullanarak geçiren birisinin üzerinde yapılan klinik çalışmada sırt ağrılarında diğer insanlara nazaran daha fazla şikayetçi olduğu ortaya çıkarılmıştır. (Troup 1988, Frymoyer ve ark. 1980, Dupuis and Zerlett 1987, Seidel and Heide1986, Bovenzi and Zadini 1992, Bovenzi and Betta, 1992, Özgener 2002). Olayın temel nedeni taşıttan sürücüye iletilen titreşimlerle insan vücudu doğal titreşim frekanslarının birbirine çok yakın veya aynı değerlere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Titreşim ortamıyla insan vücudu arasında ki bu frekans çelişkisi traktör ve diğer yol dışında çalışan makinelerde de artarak önem kazanmaktadır. Çünkü düzgün yol yüzeylerinde hareket eden otomobil ve kamyon gibi taşıtların, çalıştıkları yüzeyin düzgünlüğünün yanında, tekerlek, aks, çatı vb. değişik organlarda yalıtım elemanı kullanma olanağı vardır. Oysa ki traktörlerde en uygun yalıtım; ekonomik ve teknik sorunlar nedeniyle yalnızca traktör sürücü sandalyesinde yapılmaktadır (Babalık 1988, Burdorf 1993, Dickerson 1991, Dupuis 1991, Seidel 1993). Bu açıdan bakıldığında otomobil ve kamyon gibi taşıtlarında meydana gelen titreşimlerin sürücüye aktarımını azaltmak veya önlemek ekonomik ve teknik açıdan daha kolaydır.

İnsan vücudunun titreşim frekansları vücudun titreşim etkisinde 4 bölgeye ayrılabilir.

Bu bölgeler;

3-6 Hz.'lik frekanslarda bel,mide,

20- 30 Hz.'lik frekanslarda baş, boyun, omuz,

60-90 Hz.'lik frekanslarda göz küreleri,

100-200 Hz.'lik frekanslarda bacaklara ve kollara ait frekanslarıdır.

Bunlardan insan için en olumsuzu 1. bölgedeki 3-6 Hz. arasındaki titreşim frekanslarıdır. Çünkü bu bölgedeki titreşimlere karşı insanın hem duyarlılığı yüksek, hem de bu frekanslarda titreşim yalıtım olanakları kısıtlıdır. Diğer bölgelerdeki titreşimlerin insan vücudu tarafından absorbe edilme olanağı yüksek ve kolaydır. Taşıtlarda titreşim etkisi önce

yorgunluk olarak ortaya çıkmaktadır. Yorgunluk giderek sürücünün adale gerilimini artırmakta, sinir, dolaşım ve sindirim sistemlerine etkiyerek hormonal salgıların artışına neden olmaktadır (Babalık, 1988).

Ayrıca, çalışma yerindeki titreşimler, sırt ağrısı veya sakatlığa neden olabilir (Kelsey ve Hardy 1975, Seidel ve ark. 1980, Redmond ve Remington 1986, Seidel ve Heide1986, Hulshof ve Zanten 1987, Griffin 1990, Hansson ve ark. 1991, Johanning ve ark.1991, Cross ve Walters 1994, Magnussan ve ark. 1996, Özgener 2002).

Çalışanlar üzerinde büyük bir risk olan titreşimin sebep sonuç etkileri çeşitli araştırmalarla sürdürülmektedir. Bu araştırmalar özellikle de bel kemiği ve sırt üzerinedir. Vücut üzerinde yükleme yapıldığında deneklerin boylarında % 1, yaklaşık 17.5 mm azalma olabileceği ifade edilmektedir (Kaigle ve ark. 1992, Depucky 1935, Özgener 2002).

Titreşim frekanslarının şoför koltuğunun hareketlerini artırdığı ispatlanmıştır. (Klingenstierna ve Pope 1987). Bir çok araştırma da vücut üzerinde özellikle omurga da 4-8 Hz. aralığındaki sinüzoidal titreşim etkileri araştırılmıştır (Klingenstierna ve Pope 1987, Bonney 1988, Magnusson ve ark. 1992, Magnusson ve ark. 1994, Özgener 2002).

Titreşimler yolcuya ivme (hissedilen), görme ve duyma olarak üç şekilde iletilmektedir. Sürüş karakteristiği bu titreşimlerden hissedilen ve görsel olanlarını kapsamaktadır, işitsel titreşimler gürültü olarak sınıflandırılabilir. Bu titreşimleri sınıflandırmanın başka bir yolu da spektrumun 0-25 Hz frekanstakini sürüş titreşimlerinin kaynağı ve 25-20000 Hz frekanstakileri gürültü olarak bölmektir (Gillespie 1992). 25 Hz frekans sınırı yaklaşık olarak kulağın duyma alt sınırındır, aynı zamanda da tüm motorlu taşıtlar için basit titreşimlerin üst sınırındır.(Karaçay 2001)

Titreşimin taşıt ve insan üzerinde birçok etkisi vardır. Fizyolojik zararın en önemli nedeni insan vücuduna aşırı miktarda kuvvet iletilmesidir. Uzun süreli olarak basınç uygulanması dokulara kan iletiminin kesilmesine yol açabilir ve mekanik hasarlara yol açabilir (Parasad ve ark. 1995). Bu tür basınçlara maruz kalma süresi ile basınç şiddetinin büyüklüğü arasında ters orantı vardır. Otoyol ve yol dışı taşıt sürücülerinin güvenliği ve sağlığı ile ilgili yapılan bazı çalışmalar düşük frekans ve büyük genlikli titreşimlerin ya zarar verici fiziksel semptomlara yol açtığı ya da sürücünün belirli dış zorlamalara olan cevabını kötü yönde etkilediğini göstermiştir (Mansfield ve Griffin 2000, Kitazaki ve Griffin 1998). Özellikle süspansiyon sistemi iyi ayarlanmamış veya böyle bir sisteme sahip olmayan traktör gibi taşıtlarda iç organların rezonans frekansı civarında zorlanmalarının tehlikeli olduğu ve bu tip taşıtları kullanan sürücülerde omurga ve bel problemleri ortaya çıktığı ispatlanmıştır (Parasad ve ark. 1995, Mehta ve ark. 2000, Karaçay 2001).

1.3.2. Titreşimin traktörler ve araçlar üzerindeki etkileri

Traktörlerdeki titreşimi önlemeye yönelik çalışmalar traktörlerdeki diğer gelişmeleri sağlayan çalışmalar kadar başarılı olamamıştır. Bu yüzden geçmişten bu güne kadar olan traktörlere bakıldığında traktörlerin üzerinde özel çalışmalar haricinde diğer araçlardaki gibi süspansiyon sistemleri monte edilememiştir. Buna hem traktörün teknik yapısı mücadele etmemiştir. hem pahalı olacak bu geliştirme traktörün alıcıları olan çiftçilerin ekonomik şartlarından dolayı da kısıtlanmıştır.

Taşıt dinamiği ile ilgili dikkate çeken ilk çalışmalar 1920'lerde yapılmış olmasına rağmen, yönlendirme, kararlılık ve süspansiyon konusundaki yayınlar 1930'larda görülmüştür. Bu yıllardan 90'lı yıllara taşıt dinamiğindeki temel gelişmeler Crolla (1996) tarafından bir çizelge şeklinde verilmiştir. (çizelge 1.1.)

Taşıtların sürüş hareketlerinin anlaşılmasıyla ilgili ilk adımlar mühendislik titreşim teorisi prensiplerinin uygulanmasıyla atılmıştır. Fakat süspansiyon tasarımının kapsamı çok geniş olduğundan teorinin pratiğe dökülmesi o kadar kolay olmamıştır. İlk önce sürüş ve seyir konuları geliştirilmiştir ve daha sonra da "Gerçek dünyada taşıtlar sürüş ve seyir girişlerine aynı anda maruz kaldığına göre bu ikisi arasında nasıl bir denge olmadır" sorusunun cevabı aranmaya başlanmıştır. Bu sorunun cevabının teori ve pratiğin birleşimiyle bulunabileceği sonucuna varılmıştır. Seyir ve sürüş cevaplarının birbirinden ayrı ele alınabilirliğini incelemek için taşıtın cevap modları ele alınmalıdır. İlk olarak sürüşü baskılayan modlar (zıplama, yunuslama, yuvarlanma, aks dikey hareketleri) dinamik açıdan seyiri baskılayan modlarla (yanal, yalpa, ileri hız, yuvarlanma) zayıf bağlı olduğu savunulabilir. Pratik açıdan bu teorik düşünce dikey yöndeki zorlama girişlerinin o yöndeki hareketi (sürüş) baskılayacağını ve yatay veya yalpalama hareketlerini az etkileyeceğini önerir (Crolla 1996). Benzer şekilde lastiklerde üretilen yanal kuvvetler tamamen seyir cevabını baskırlar ve sürüş üzerinde oldukça az etkileri vardır. Elbette bu ayırma metodu mükemmel bir şekilde doğru değildir ve otomotiv mühendisliğinde yuvarlanmanın seyir ve sürüşün birbirine olan bağlılığında önemli bir faktör olduğunu mutlaktır. Fakat uygulamada bütün taşıt dinamiğini bir anda incelemek çok zordur. Bu nedenle, eğer çalışmalar pratik tasarım özelliklerinde kullanılacak taşıt dinamik tepkilerini anlamayla ilgili ise sürüş ve seyir analizi ayrı ayrı ele alınabilir.

Çizelge 1.1. Taşıt dinamiğindeki gelişme sürecinin özeti (Crolla 1996, Karaçay 2001).

1. Periyot (1930'ların başına kadar)
Taşıt dinamik davranışları hakkında ampirik gözlemler
Jant balansı ile ilgili çalışmalar
Sürüş konforunun taşıtın önemli performans özelliği olarak farkedilmesi
2. Periyot (1930'ların başlarından 1952'ye)
Basit lastik dinamiğinin ve kayma açısının anlaşılması
Dönememe (understeer) ve aşırı dönmenin (oversteer) tanımlanması
Durağan durumun öneminin kavranması
Basit iki serbestlik dereceli hareket denkleminin geliştirilmesi
Sürüş deneylerinin başlaması
Bağımsız ön süspansiyonun sunulması
3. Periyot (1952'den sonra)
Deney düzenekleri sonuçlarından ve modellemelerden lastik davranışının
Anlaşılması
Üç serbestlik dereceli hareket denkleminin geliştirilmesi
Analizlerin kararlılık ve yön cevaplarını da kapsayacak şekilde genişletilmesi
Gelişigüzel titreşim teorisini kullanarak sürüş karakteristiğinin tahmini
Çalışmaları

Traktörlerde ve ya herhangi bir motorlu taşıtta oluşan titreşimler aynı ilkelere bağlı olarak hem aracı hem de sürücüyü etkiler. Titreşimler üç boyut üzerinde doğrusal ve döndürme etkileriyle olumsuz sonuçlar ortaya koyarlar.

Hareket eden bir taşıtta ve ya yürüyen bir makinede titreşimlerin çeşitleri şekil 1.4. teki gibidir.

Üç doğrusal hareket

X ekseninde boyunca titreşim : ileri – geri sarsılma

Y ekseninde boyunca titreşim : yana kayma

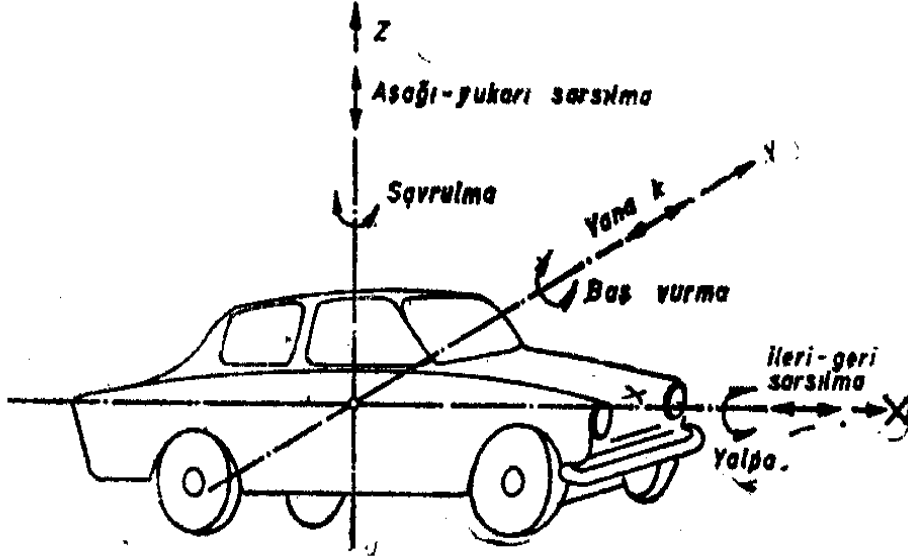
Z ekseninde boyunca titreşim : aşağı – yukarı sarsılma

Üç açısal hareket

X ekseninde etrafında : yalpa

Y ekseninde etrafında : başvurma

Z ekseninde etrafında : savrulma



Şekil 1.4. Titreşimin araçlar üzerindeki etkileri (Anonim 2007)

Bu titreşimler çalışan makinelerde ayrı ayrı olabildiği gibi aynı anda da etkili olabilmektedirler.

Titreşimler traktörlerde ve bazı iş makinelerinde ayrıca;

Makinelerin iş verimlerini etkileyerek azaltabilir,

Çalışma hassasiyetlerini bozabilir,

Çalışma ömürlerini azaltabilir,

Enerji tüketimlerini yükseltebilir,

Kaza riskini arttırarak istenmeyen sonuçların doğmasına neden olmaktadırlar

Diğer taraftan titreşim ortamı insanların taşıtın tasarımı ve üretim kalitesi hakkında fikir beyan etmelerinde en önemli kriterlerden biridir (Gillespie 1992). Taşıt titreşiminin birçok kaynağı olduğundan ve bu titreşim kaynakları ile yolcu arasında birçok parametre rol oynadığından bu konuyu hedef alan çalışmalar yapmak oldukça zordur . Buna rağmen düşük frekans titreşimler tüm lastik tekerlekli taşıtlarda ortak özellikler gösterdiğinden sürüş karakteristiğini incelemek için bazı kabuller yapılabilir. Aslında taşıt titreşim kaynakları ve taşıtın dinamik tepki elemanlarının özellikleri birbirinden ayrı düşünülemez, çünkü bir parametrenin değişimi diğer parametreyi bazen iyi, bazen de kötü yönde etkiler. Fakat taşıtın

belirli yönlerdeki titreşimleri göz önüne alınarak uygun modeller kullanıldığında ve incelenen titreşim frekans spektrumu uygun seçildiğinde yapılan hatalar azaltılabilir.

Motor taşıt için ana güç kaynağı olarak hizmet eder. Rotasyonel parçalara sahip olduğu için aktarma organlarına sürekli olarak değişen torklar gönderir ve taşıtın titreşim kaynaklarından birini oluşturur. Motor çalışması sırasında taşıtta yapısal titreşimler oluşturur (Gillespie 1992). Bu titreşimler motorun taşıta yerleştirilme geometrisine göre daha çok yuvarlanma titreşimi veya baş sallama titreşimi şeklindedir. Örneğin dört silindirli bir motor 600-6000 d/d arasında 20-200 Hz, sekiz silindirli bir motor aynı hız aralığında 40-400 Hz frekans aralığında titreşime neden olmaktadır. Bunun yanısıra hareket halinde vites değiştirmeler sırasında küçük şoklar oluşmaktadır (Karaçay 2001). Görüldüğü gibi motorun verdiği titreşimlerde temel sürüş titreşimi frekanslarının dışında kalmaktadır. Buna ilaveten motor volanı ve bağlantıları iyi ayarlanarak daha düşük frekans titreşimlerinin bir kısmı izole edilebilir, hatta motor titreşim izolatörü haline getirilebilir (Gillespie 1992).

Motordan hareket alan ve dönel parçalardan oluşan aktarma organları vites değiştirme öncesi ve sonrasında 5-20 Hz frekans arasında tork titreşimi oluşturmaktadır. Bu titreşimler kavrama sisteminin özelliklerine ve sürücünün taşıtı kullanmasına göre değişmektedir. Günümüzde gelişen kavrama sistemleri ve aktarma organları bağlantılarında esnek elemanlar kullanılmasıyla bu titreşimler daha da düşürülmüştür (Centea ve ark. 2001). Yukarıda belirtildiği gibi aktarma organları titreşimleri daha çok vites değiştirme sırasında oluştuğuna göre belirli bir viteste yapılan hareketler sırasında bu titreşimler sürüş titreşimlerinin kapsamından çıkarılabilir. (Karaçay 2001)

Titreşime neden olan etkenler ve titreşim analizi ile tanımlanan arızalar oldukça çeşitlidir. Bu arızalar: Balans bozukluğu, kaplin ayarsızlığı, mil eğriliği, şase zayıflığı, civata gevşekliği, rulman boşluğu, sürtünme, rezonans, kaymalı yatak aşınması, rulman arızası, rulman ömrü, dişli arızaları, elektrikli arızalar, hidrodinamik titreşimler, aerodinamik titreşimler (Kanat 2007)

1.4 Titreşimin Ölçülmesi

Titreşimi elektriksel sinyale çeviren bir sensör, bu sinyali algılayacak sinyal işleme özelliğine sahip bir cihaz gereklidir. Analiz için, cihaz üzerinde FFT Hızlı Fourier Çevirim özelliği bulunmalıdır.

Titreşim genel tanımıyla Transdüser (Transducer) denilen cihazlarla algılanır. Bu cihazlara günlük kullanımda probda denilmektedir. Teknik terminolojide sensor ve transduser terimleri birbirlerinin yerine sık sık kullanılan terimlerdir. Transduser genel olarak enerji

dönüştürücü olarak tanımlanır. Sensor ise çeşitli enerji biçimlerini elektriksel enerjiye dönüştüren cihazlardır. Ancak 1969 yılında ISA (Instrument Society of America) bu iki terimi eş anlamlı olarak kabul etmiş ve "ölçülen fiziksel özellik, miktar ve koşulların kullanılabilir elektriksel miktara dönüştüren bir araç" olarak tanımlamıştır.(Kanat 2007)

Transdüser çeşitlerinden hız ve ivme transdüserleri deplasman transdüserleri olarak sınıflandırılmaktadır. Uygulama yöntemleri olarak da transdüserler sabit transdüserler ve portatif transdüserler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Portatif transdüserler ise elle tutulan probalar, manyetik probalar ve vidalı probalar olmak üzere 3 sınıfta toplanmaktadır.

Ölçülen titreşimlerin incelenebilmesi için bir vasıta ile kayıt edilmesi gerekir. Bu teknolojinin ilk yıllarında kullanılan yöntem bu sinyallerin bir teybe aynen ses kayıt eder gibi kayıt edilmesi şeklinde idi Bazı hallerde hala kullanılan idi. bu yöntemle aynı bant üzerine 30 kanalı ölçüm almak bile mümkün olmaktadır.

Bugünkü sistemde ise artık manyetik bant yerine bilgisayar hafızaları ve disketler kullanılmaktadır. Maliyet ve büyüklük açısından da bilgisayarlı sistemler daha pratiktir. Bugün kullanılan bilgisayarlı portatif sistemlerde yukarıda bahsedilen analog teypli sistemlerin aksine bilgiler işlem gördükten sonra saklanır. (Kanat 2007)

Titreşim ölçümlerinde ; frekans aralığı, akselerometre, düzlem, ölçüm yeri, ölçüm noktası, ölçüm anı seçimi ölçümler için önemlidir.

Titreşimler farklı yöntemler ile analiz edilebilmektedirler. Zaman tanım bölgesi analiz tekniklerinde genellikle tek bir sayısal değer elde edildiğinden bu yöntemlere skaler göstergeler adı verilir. Titreşim genliği, karelerin ortalamasının karekökü, crest faktörü ve kurtosis zaman tanım bölgesi analiz tekniklerindedir. Frekans tanım bölgesi analiz tekniklerinde ise frekans tanım bölgesi titreşim sinyallerinin frekans içeriğini incelemek için kullanılır. Bu tekniğin temel esası spektrum analizine dayanır. Zaman/frekans analizi teknikleri sinyalin frekans dağılımının zamana bağlı olarak gösterilmesi, dolayısıyla zaman tanım bölgesindeki bilgilerinde kaybolmamasını sağlar. Campell diyagramı, Kısa zaman fourier dönüşümü, Dalgacık (wavelet) analizi bu tekniğin yöntemleridir. (Anonim 2008a)

1.5. Titreşimden Korunma Yolları

İnsanların oturdukları yerler, temas ettikleri ya da ellerinde tuttıkları titreşen araç ve gereç her türlü makine ve araçların neden olduğu sarsıntılar uzun dönemde zararlı etkiler yaratabilmektedir.

Özellikle motorlu araçları veya mekanik tahrikli (örneğin darbeli matkap, havalı tabanca gibi) aletleri kullanan insanlar mekanik titreşimlere maruzdur. Gürültüde olduğu gibi mekanik titreşimlerde de mekanik parçaların hareketi söz konusudur. Durum faktörleri bir periyot esnasındaki maksimum titreşim genliğini belirler.

Titreşimler sadece sağlık sorunlarına yol açmaz aynı zamanda performansı da etkiler. Hareket sistemi titreşimden zarar görebilir. Titreşim etkisinin en tipik örneği, soğuk iklim koşullarında motorlu testerelele odun kesen işçilerde görülmüştür. Bu durum, titreşimlerin uzun süreli etkisiyle, el parmaklarına gelen kılcal damarları daraltan bir sinirsel rahatsızlığın ortaya çıkması şeklinde açıklanmıştır. Benzer olaylar kompresörle kazı yapan işçilerde de görülmüştür. (Erkan 1997)

İnsanın etkisinde kaldığı titreşimler, objektif veya sübjektif olarak tanımlanabilir. Objektif tanımlamada vücudun bir tarafını etkileyen titreşimin ivmesi ölçülür diğer taraftan elde edilen ölçme ile karşılaştırır. Sübjektif tanımlama ise “ dayanılmaz ” veya “ dayanılabilir ” gibi ölçütlerin belirtilmesi olanağını sağlar.

Titreşim ile mevzuat ve standartlar yönetmelik ve standartlar ile belirlenmiştir. titreşim yönetmeliği 23.12.2003 tarihli ve 25325 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. Yönetmelikle Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı ilgilidir. Standartlar ise ISO-10816 ve ISO-7919 ile belirlenmiştir. (Anonim 2008f)

Titreşimin etkilerinden korunmada ilk yaklaşım, tasarım önlemleriyle titreşim oluşumunu azaltmak veya tamamen yok etmek, yalıtım yoluyla titreşimin yayılmasını engellemek, titreşimin yoğun olduğu yerlerde üretim araçlarının düzenlenmesi yoluyla insanları korumak veya organizasyon önlemleriyle (molaların düzenlenmesi), dinlenme imkanlarının sağlanması gibi seçenekler vardır.

Tasarımla ilgili uygulanabilir örneklere şunlar sayılabilir.

- Bütün titreşim sisteminde frekans uyulmaması ya da uyumun bozulması (motorda kütle dengesinin sağlanması),
- Rezonans frekansından kaçınmak için devir sayısının değiştirilmesi,
- Dinamik dengesizliklerin giderilmesi,
- Titreşim amortisörlerinin kullanılması,
- Titreşim yalıtımı,
- Titreşimin insana iletiminin sönümlenmesi,

Titreşim etkilerinden korunmak için, titreşimi kaynaktan kesmek, taşıtlarda oturma yerinde süspansiyon düzenin, titreşim yapan el cihazlarının ve motorlu aletleri kullananların sık sık değiştirilerek çalıştırılması gibi önlemler alınabilir. (Erkan 1997)

Mekanik titreşim yalıtımında; Neopren pedler, neopren ayaklar ve askılar, çelik yaylar, hava yayları kullanılmaktadır. Bunların dışında daha kompleks yapıdaki süspansiyon sistemleri de geliştirilmiştir. (Buzluk 2001). Süspansiyon sistemi sürüş konforu ve güvenliği açısından ihtiyaç duyulan bir sistemdir. Süspansiyon sistemleri yaylar, amortisörler, denge çubukları, salıncak kolları ve rotillerden oluşmuştur. (Megep 2005)

1.6. Traktörlerdeki Titreşim Önlemleri

Tarım ve orman traktörlerinde titreşim yalıtım çalışmaları gelişen teknoloji ile birlikte önemli aşamalar kaydetmiştir. Traktörler günümüzde süspansiyon sistemleri bakımından aşağıdaki gibi 4 e ayrılmaktadırlar.(Scarlett 2002)

Süspansiyonsuz traktörler

Süspansiyonlu kabinli traktörler

Ön aksı ve kabini süspansiyonlu traktörler

Tam süspansiyonlu traktörler (ön aks, arka aks, kabin)

Süspansiyonsuz traktörlerde titreşim yalıtım önlemleri tamamen sürücü koltuğu üzerinde alınmaya çalışılır. Fakat yıl olarak eski ve maliyeti düşük traktörlerde kullanılan sürücü koltukları ergonomi yönünden düşünülerek tasarlanmamışlardır, ya da çiftçilerin kendileri tarafından bir takım önlemler alınmaya çalışılmıştır. (Şekil 1.5)



Şekil 1.5. Eski bir traktör oturağı (Anonim 2008b)

Fakat daha yeni ve daha pahalı traktörlerde sürücü koltukları ergonomi ve titreşim yalıtımı konusunda daha iyi tasarlanılmaya çalışılmıştır. (şekil 1.6)



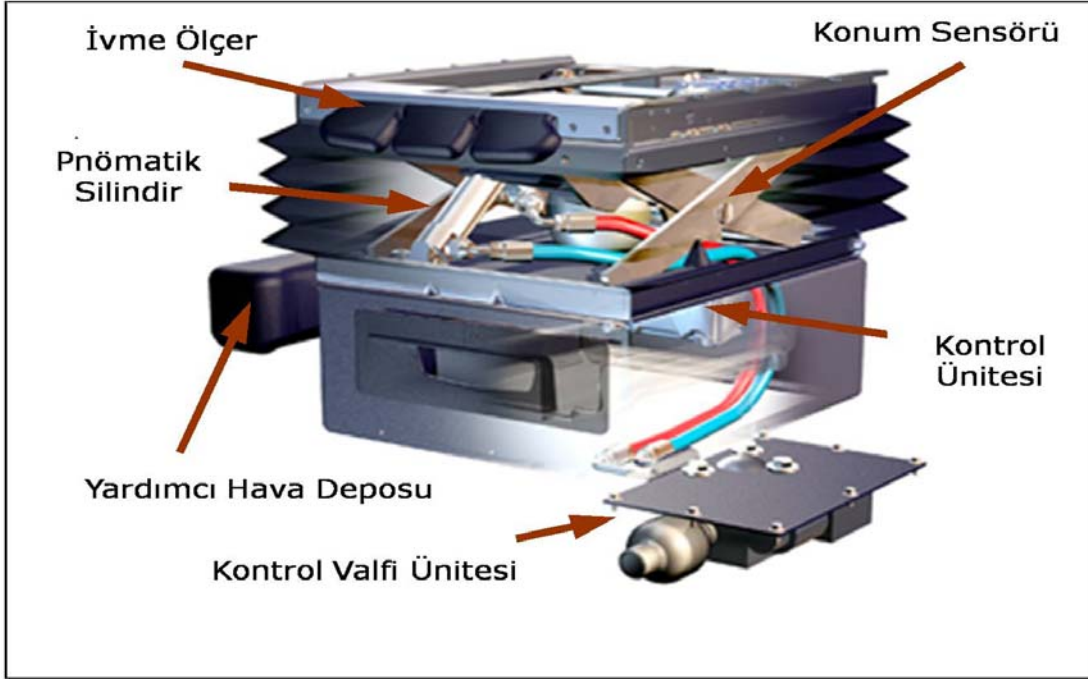
Şekil 1.6. Traktörlerde kullanılan standart bir sürücü oturağı. (Anonim 2008c)

Traktörlerin maliyeti ile doğru orantılı olarak kabin ve oturaklarda daha gelişmiş süspansiyon önlemlerine rastlanılmaktadır. Kabin ile traktör gövdesi ve şasisi arasına konulan sönümleyici plastik takoz ve ya metalik yaylar ile birlikte aktif süspansiyonlu koltuklarda kullanılmaktadır.(şekil 1.7 ve şekil. 1.8)



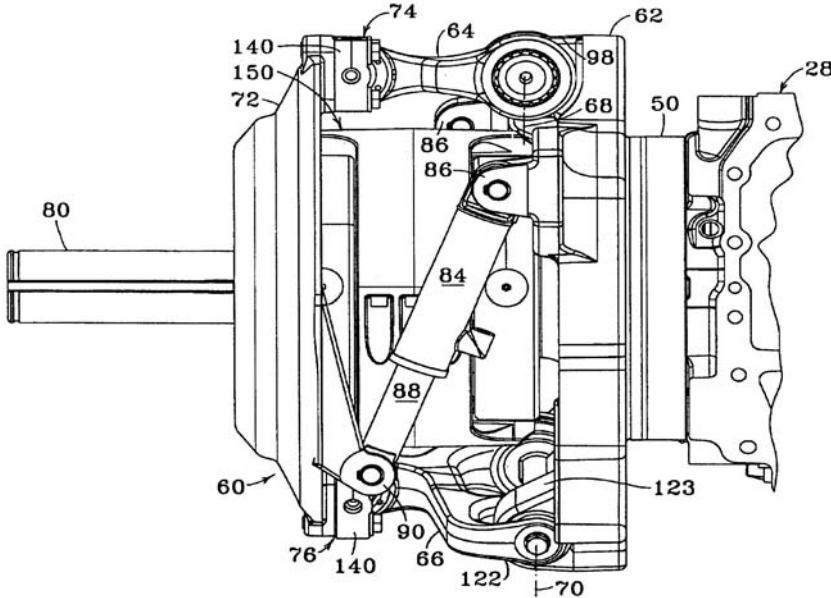
Şekil 1.7. Gelişmiş bir traktörün kabini (Anonim 2008d)

Traktörler büyüdükçe tekerlek çapları da artmakta ve bu şekilde titreşimlerin sönümlenmesinde avantaj sağlanmaktadır. Traktörlerin kütlelerinin büyümesiyle titreşime karşı alınacak önlemlerin maliyetinin oranı düşmektedir.



Şekil 1.8. Aktif süspansiyon sistemli bir koltuk yapısı. (Anonim 2008d)

Kabinlerde alınan önlemlerin yanı sıra tam süspansiyonlu traktörlerde akslarda da yalıtım önlemleri alınmaktadır. Bu önlemler bazen tek aksta bazen de iki aksta da olabilmektedirler.(Şekil 1.9)



Şekil 1.9. Traktör akslarında kullanılan bir süspansiyon sistemi (Anonim 2008e)

1.7. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmada tarım traktörleri ile farklı tarım alet ve makinalarının çalışması sırasında traktörde oluşan titreşimlerin traktörün belli noktalarından ölçülmesi hedeflenmiştir. Bu sayede tarım işlerinde en çok kullanılan makine olan traktör ve traktör ile birlikte uzun süre çalışan sürücülerin maruz kaldığı titreşim değerleri saptanabilecektir. Araştırma ile bulanacak olan sonuçlar titreşimlerin insanlara zarar verebilecek düzeylerde olup olmadığını ortaya çıkarmakla birlikte bu titreşimleri engelleyecek ve ya azaltacak tasarımlara veri tabanı oluşturacaktır.

Traktörle çalışmanın sırasında traktörün kendi çalışma mekanizmasından, traktöre bağlanan ekipmanlardan ve çalışılan alanının yüzey strüktür özelliklerinden kaynaklanan ivme hareketleri birleşerek traktörlerde istenmeyen titreşimlerin oluşmasına neden olur. Bu titreşimler makinelerin çalışma verimlerinin düşmesine ve çalışma ömürlerinin azalmasına neden olabilmektedir. Sürücülerin ise daha erken yorulmasına ve iş başarılarının düşmesine neden olabilmekte ve çeşitli fiziksel ve ruhsal rahatsızlıkların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Tarımda mekanizasyonun temel ögesi olan traktörlerin verimliliğini etkileyen en önemli ergonomik etkenlerden birisi titreşimdir. Üretim sisteminde iş başarısı ve insan sağlığı, titreşim, gürültü, ortam sıcaklığı, toz ve gazların ortaya çıkardığı olumsuzluklardan büyük ölçüde etkilenmektedir. Her geçen gün kullanım süresi daha da artan traktörün, insan sağlığına verdiği zararların azaltılması ve kullanıcının iş başarısının artırılması için traktör oturaklarındaki tasarımın geliştirilmesi gerekmektedir (Bölükoğlu ve Kunst 1989). Bu tasarımların geliştirilebilmesi için öncelikle traktörde üretilen ve sürücüyü de olumsuz etkileyen titreşimlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu sayede sağlık masrafları ve işgücü kayıpları yönünden zararlar azaltılabilecektir.

Bu çalışmada titreşim, titreşimin etkileri, titreşimden korunma önlemleri ve titreşim ölçüm yöntemleri teorik olarak verildikten sonra farklı tarım alet ve makinalar ile çalışmada traktörde oluşan titreşimlerin saptanmasına yönelik bir çalışma, kullanılan materyal, yöntem ve sonuçlarıyla ortaya konulmuştur. Gerçek şartlardaki ölçümlerden alınan sonuçlar standartlar ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Servadio ve ark. (2007). Bu çalışmada Uluslararası Standartları Organizasyonu metodlarına göre yüzeyden traktör sürücü koltuğuna gelen titreşimler analiz edilmiştir. Traktörün ön aksında ve kabininde süspansiyon sistemi kullanılmıştır. Denemeler 11.1 m / s^2 ve 13.9 m / s^2 hızlarla tamamlanmıştır. Aynı hızlarda ise kodlanan A tip ve B tip lastikler de denemiştir. 11.1 m / s^2 hızda B tip lastik A tip lastiğe göre x ekseninde daha düşük ivme oluşturmuştur(%84). Y ve z ekseninde ise ivme değerleri artmıştır.(%74, % 51). 13.9 m / s^2 hızda B tip lastik A tip lastiğe göre X ekseninde daha düşük Z ekseninde ise daha yüksek ivme değeri oluşturmuşlardır. (% 78, %53). Araştırmada farklı hızlarda A tip ve B tip ile çalışmada ivme değerleri açısından önemli bir farkın görülmediği belirtilmiştir.

Balasanckari ve ark. (2004). Tarım işleri süresince sürücüyeye iletilen tüm vücut titreşimleri konusunda çalışmışlardır.. Çiftlik işlerinde traktörleşmenin ağır karmaşık işleri azaltmasına rağmen, bu yayılan titreşimle ilgili olarak sürücülere bir çok mesleki sağlık problemini de yanında getirmiştir.

Operatördeki tam etkisini Tüm vücut titreşiminin tam etkisini tanımak için , bir araştırma genellikle kullanılan popüler traktör ile birlikte üç operasyonda (disk , kültivatör , yumuşak bir yoldaki boş römork taşıma) üç ilerleme hızıyla disk pulluk için 2.5, Kültivatör için 3.0 ve 3.5 kmh^{-1} , 3.0, 4.5 and 6.0 kmh^{-1} and 6.0, 8.0 ve taşıma için 10.0 kmh^{-1} elde edilmiştir. Tüm vücut titreşimlerindeki ölçüm ve yargı ISO 2631 ile aynı derecede olarak elde edilmiştir.Durağan modda 8 saat sınırlı olarak ortaya çıkan operasyonlarda tüm vücut titreşim değerler iyiydi.Salınım değerleri tüm operasyon durumlarında sürüş hızı ile birlikte artmıştır. Sırasıyla disk pulluk kültivatör ve taşıma operasyonlarında seçilen ilerleme hızları için Tüm vücut titreşimlerinin vektör toplamı 0.79 - 1.61, 0.71 - 1.37 ve 1.81 - 3.77 ms^{-2} çeşitlenerek oluşturuldu.Uygun risk alanı limiti sırasıyla disk pulluk, kültivatör ve taşıma operasyonları süresince çeşitli olarak 1-8 saat, 2.5-8 saat ve 16 dakika – 2.5 saat oluşturulmuştur.Tüm vücut titreşimi değerlerinin üstüne görünen konuların muhtemel reaksiyonları tüm operasyonlar süresince BS 6841 de ki standartlar için ayrıca verilmiştir.

Goglia, ve ark.(2003). Dört tekerleği muharrik (tekerleği güç geliştiren) küçük bir traktörün dümenleme organlarından sürücünün ellerine iletilen titreşimlerin araştırmasını yürütmüşlerdir. Titreşim ölçümleri üreticinin deposundan rast gele olarak seçilen traktörden

başarıyla tamamlanmıştır. Testten önce traktör üreticinin tavsiyeleri izlenerek denenmiş ve ayarlanmıştır. Titreşim düzeyleri boşta ve tam yüklemde ölçülmüştür. Dümenleme tekerleğindeki (direksiyon) titreşim düzeyleri ölçülüp analiz edilmiştir ve seçilen çalışma durumları için frekans grafiği elde edilmiştir. m/s^{-2} olarak verilen ivmesi frekansı hesaplanmıştır. Titreşimin toplam değeri üç bileşen değerinin ortamları karekökü olarak tanımlanmıştır. Elde edilen değerler ISO/DIS 5349-1979 and ISO5349-1-2001. e göre grafik olarak sunulmuştur. Aynı standartların Annex C ye uygun olarak titreşim kaynaklı beyaz parmak hastalığının % 10 olarak bildirilen yaygınlığı için titreşim risk bölgesi de test edildi.

Silleli ve ark. (2003). Yaptıkları çalışmada traktör sürücü koltukları test yöntemleri hakkında bilgi vermişlerdir. Koltuğun geçmesi gereken testler olarak

1. Süspansiyon karakteristiği ve sürücü kitlesine göre ayarlanma aralığının belirlenmesi
2. Yanal sağlamlığın belirlenmesi
3. Düşey titreşim karakteristiğinin belirlenmesi
4. Rezonans aralığında sönümlenme karakteristiğinin belirlenmesi

Elektrohidrolik koltuk test ünitesi ile yapılan çalışmalarda elektrik kontrollü sürücü koltuğu test simülasyonu eklenmiş ve özel bilgisayar programı hazırlanmıştır. Uygun süspansiyon ile donatılmayan ve standartlara uygun olarak üretilmeyen koltukların titreşimi önleyemedikleri gibi gövdeden gelen titreşimleri önleyemedikleri gibi rezonansa giderek sürücü için kötü çalışma koşulları oluşturduklarını bildirmişlerdi

Kumar ve ark. (2001). Farklı boyutlardaki traktörlerin çeşitli yüzey şekilleri üzerinde titreşim ölçümlerini elde edilmiştir. Tüm vücut titreşiminin traktör kullanan 50 kişinin omurgalarındaki dejeneratif değişimler yaş, cinsiyet, ırk , arazi varlığı ve çalışma tipleri aynı olan traktör kullanmayan 50 çiftçi ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Traktörler diğer yol araçlarına kıyasla kabinlerdeki yalıtım çalışmaları hariç hiçbir süspansiyon sistemine ve titreşim düzeylerine sahip değildir. Çalışmanın sonunda traktör kullananların kullanmayanlara göre % 56 ya % 32 daha çok düzenli sırt ağrıları çektikleri rapor edilmiştir. bununla beraber ortopedik cerrahi, nörolojik ve radyolojik Mr muayenelerinde istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı değerlendirilmiştir

Hostens ve ark. (2000). Gezici tarım makinalarındaki titreşimlerin simülasyonu için altı serbest derceli test donanımı dizaynı adlı bir çalışma yayınlamışlardır. Tarlada normal çalışma koşulları süresince koltuğa yüksek titreşim değerleri 0,5-10 Hz taşınmış ve sağlığı ve

sürücünün konforunu etkilemiştir. Kişisel bilgisayar giriş sinyalleri ve bilgisayar tarafından gönderilen frekanstan kontrol edicinin aldığı sinyaller arasındaki senkronizasyonu geliştirmek için hidrolik nümerik kontrol edicinin örnek frekansı dört kez alındı. Yükleme sinyali ile hareketlendiricinin cevabı arasındaki maksimum gecikme 0- 0,35 sn olarak bulunmuştur.

Mehta ve ark.(2000). yılında Traktör sürücüleri için oturma rahatsızlıkları konusunda bir araştırma yapmışlardır. Oturma rahatsızlıklarının fizyolojik ve mühendislik etkileri incelenmiştir. Mühendislik cephesinde ise basınç dağılımı, vücut duruşu, alt başlıklarında incelenmiştir. Rahatsızlık saptama yöntemlerinden nesnel ve öznel değerlendirmeler yapılmıştır. Nesnel değerlendirmeler olarak fizyolojik metot, koltuk basıncı, yol titreşim değerlendirmesi, öznel değerlendirmelerde ise çift karşılaştırma tekniği, değer skalalarının kullanıldığı belirtilmiştir. Vücut duruşu konusunun altında vücut haritalandırma her duruş için değer frekanslarının oluşturulması gerektiği belirtilmiştir.

Hampel ve ark. (1999). Motor titreşiminlerinin sürücü ağırlığına etkisi konusunda bir çalışma yapmışlardır.. Yaşları 23 ile 54 arasında değişen 5 kadın 12 si erkek toplam 17 paralı kişi denemelere tabi tutulmuştur. Titreşim ölçüleri Bruel ve Kjaer in 4322 nolu üç akslı koltuk sallayıcısı tarafından sağlanmıştır. Çalışmanın sonuçları göstermiştir ki vücut ağırlığının titreşim göstergeleri ve zaman ile değişmesi istatistik açısından önem teşkil etmektedir.

Korucu ve ark. (1997). Traktör sürücü oturaklarında kullanılan 32 adet yay denemeye alınmıştır. Bu yayların yer değişim miktarları, yay katsayıları, sönümlü ve sönümsüz doğal frekansları belirlenmiştir. Elde edilen verilere dayanılarak belirli doğal frekansa sahip bir yay için gerekli yay fiziksel özelliklerinin (helis çapı, yay boyu v.b.) belirlenmesi için matematiksel bir model geliştirilmiştir. Böylece uygulamada ihtiyaç olan bir koltuk yay sistemi için yay imalatçılara, doğrudan yay fiziksel özellikleri verilerek istenilen sönümleme sistemleri tasarımlanabilecektir. Araştırma Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları Bölümü Ergonomi Labaratuvarında yürütülmüştür. Labaratuvar koşullarında yürütülen titreşim çalışmalarında, St 70 (DIN 17223) yay çeliğinden yapılmış farklı boyutlara sahip 32 değişik yay, yayların karakteristik özelliklerini belirlemek için oluşturulmuş bir çatı, yayların yerdeğişim miktarlarının belirlenmesinde 10 kg'lık 16 adet kütle, 1 adet koltuk, sönümsüz doğal frekansın ölçülmesinde 1 adet devir ölçer, koltuk üzerindeki yayların sönümlü doğal frekanslarının hesaplanabilmesi için oluşturulmuş bir düşürme düzeneği ve koltuğun düşürülmesi esnasında koltuğun oluşturduğu dalgalanma hareketini belirleyebilmek için oluşturulmuş bir düzenek kullanılmıştır. Aynı kütle ve aynı helis çapına sahip bir yayda, helis kalınlığı arttıkça yer değişim miktarı azalmakta, doğal frekans ve yay katsayısı

artmaktadır. Aynı kütle ve aynı helis kalınlığına sahip bir yayda, helis çapı arttıkça yer değişim miktarı artmakta, doğal frekans ve yay katsayısı azalmaktadır. Yay üzerine konan kütle miktarı arttıkça yer değişim miktarı artmakta ve yay katsayısı azalmaktadır. Doğal frekanslar kütle artışıyla ters, yay sertliği ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde. Doğal frekans azaldıkça, yer değişim miktarı artmakta ve yay katsayısı azalmaktadır. Bu sonuçlara bağlı olarak; $f = -4.898 - 0.12915.m + 0.016.x - 0.351.D + 5.485.a$ eşitliği geliştirilmiştir. Normal bağlantıya göre; seri bağlantıda yer değişim miktarı yaklaşık olarak iki kat artmakta, paralel bağlantıda ise yarıya inmektedir. Normal bağlantıya göre; seri bağlantıda yay katsayısı yarıya inerken, paralel bağlantıda iki katına çıkmaktadır. Normal bağlantıya göre; seri bağlantıda doğal frekans azalırken, paralel bağlantıda artmaktadır.

Akinci ve ark. (1996). yılındaki çalışmasında; tarımsal işlerde en çok kullanılan mekanizasyon araçlarından birisi traktördür. Traktör sürücüsünü olumsuz etkileyen faktörlerden titreşim, sürücüde omurga deformasyonları, mide rahatsızlıkları ile zihinsel yük ve yorgunluk gibi olumsuzluklara neden olmaktadır. İnsan sağlığının korunması, iş başarısı ve verimliliğin artırılması için bu tip olumsuzlukların azaltılması veya giderilmesi gereklidir. Bu çalışmada; tarımsal üretimde traktör ile yapılan taşıma, ulaştırma, toprak işleme gibi işlerde, farklı yüzey özelliklerinde traktör çatısı ve sürücü oturmaındaki titreşim ivmeleri ölçülmüş ve titreşim özellikleri belirlenmiştir. Taşıma, ulaştırma amaçlı titreşim ölçmeleri; asfalt yol ve tarla yolu üzerinde değişik ilerleme hızı ve lastik basıncı değerlerinde, toprak işleme amaçlı arazidenemeleri ise; kulaklı pulluk, kültüvator, diskaro ve rototiller ile yapılmıştır.

Mekanizasyon uygulamaları içerisinde en çok kullanılan makinalardan birisi traktördür. Traktör sürücüsünü etkileyen faktörler; gürültü, toz, eksoz gazı, sıcaklık, soğukluk, denetim organlarının yerleşimi ve titreşim şeklinde özetlenebilir. Bunlar arasında sürücüye olumsuz etkileri açısından en önemlisi titreşimdir. Titreşim nedeniyle insanda omurga deformasyonları, mide rahatsızlıkları, zihinsel yük ve yorgunluk meydana gelmektedir. Bu olumsuz etkiler ise kaza ve ölümlere neden olmaktadır. Traktör sürücülerinde oluşan omurga rahatsızlıklarının, traktörden sürücüye iletilen titreşimler nedeniyle oluştuğu birçok çalışmayla saptanmıştır. Traktör ve sürücü oturaklarında yalıtım özellikleri üzerinde, daha çok laboratuvar çalışmaları yapılmış, titreşim ölçme güçlüğü nedeniyle uygulamaya yönelik çalışmalar sınırlı düzeyde kalmıştır.

Denemeler Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Araştırma ve Uygulama Çiftliği içerisindeki asfalt yol, tarla yolu ve ağır (killi tın) bünyeye sahip 10 dekar büyüklüğündeki tarlada yürütülmüştür. Tarla

çalışmaları; Ekim-Kasım aylarında, sonbahar yağışlarından sonra oluşan tavlı topraklarda yapılmıştır.

Titreşim ölçmeleri; özellikleri Sabancı, 1984'te açıklanan ölçme cihazları (ivme alıcı, yükseltici, filtre, kalibratör ve yazıcı) ile yapılmıştır.

Traktör titreşimleri; asfalt yol, tarla yolu ve arazi üzerinde değişik ilerleme hızları ve lastik basınçlarında ölçülmüştür. Asfalt yol ve tarla yolu denemelerinde; ilerleme hızları 5,10,15 ve 20 km/h kuvvet tekerleği lastik basınçları ise 0.8, 1.2 ve 2.0 atm olarak seçilmiştir. Yönlendirme tekerleği lastik basıncı 2.0 atm'de sabit tutulmuştur. İlerleme hızı ve lastik basıncı seçiminde traktör ve tekerlek boyutları dikkate alınmıştır.

Arazi denemelerinde; toprak işleme makinalarından kulaklı pulluk, külküvator, diskaro ve rototiller kullanılmıştır. Belirtilen makinalar ile çalışmada ilerleme hızları sırasıyla 5.0, 7.1, 7.8 ve 7.8 km/h, kuvvet tekerleği lastik basıncı 1.2 atm olarak seçilmiştir. Ölçümlerde, traktörün aşırı yüklenmesine neden olmayan uygun ilerleme hızları dikkate alınmıştır.

Traktör ve sürücü oturağında oluşan titreşimlerden düşey yönlü titreşimler daha çok etkilidir. Yatay yönlü titreşimler ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle denemelerde düşey yönlü titreşimlerin ölçümü yapılmıştır. Ölçme setinde bulunan yükseltici ve yazıcı yardımcı sürücü tarafından taşınmıştır. Titreşim ölçmelerinde traktör sürücüsünün kütlesi 70 kg'dır

Herhangi bir sistemin titreşim iletkenliği, sisteme giren ve sistemden çıkan titreşim sinyallerinin genlik, hız veya ivme gibi niceliklerinin oranlarıyla belirtilebilir. Traktör titreşimlerinin iletkenliğinde ivme oranları daha çok kullanılmaktadır. Ayrıca, traktörlerde oluşan titreşim tipi sönümlü zorlanmış titreşim olarak tanımlanmaktadır.

Çalışmanın sonucunda traktör çatısında oluşan titreşimlerin ilerleme hızındaki artışla arttığı belirtilmiştir. Bu titreşimlere, belirtilen değerdeki lastik basınçlarının etkisi yoktur. Sürücü oturağındaki titreşimler ise yalıtım ve sönümleme elemanlarının etkisi ile yaklaşık aynı düzeyde kalmaktadır. Titreşim iletkenliği değerleri, toprak işlemeye kıyasla taşıma ulaştırma işlerinde daha fazladır. Tüm tarımsal işlerde oturak sönümlemesi yeterli olmakta ve traktör sürücüsünün çatı titreşimlerinden etkilenmesini önemli düzeyde azaltmaktadır. Taşıma ulaştırma işlerinde, asfalt yola kıyasla tarla yolundaki titreşimler daha büyüktür. Benzer şekilde, asılır ve ya çekilir tip makinelere kıyasla, kuyruk milinden hareketini alan makinalarla yapılan işlerde daha büyük titreşimler oluşmaktadır.

Orak ve ark. (1996). Engebeli bir arazi üzerinde hareket eden bir traktör modeline ait sürücü oturağı parametrelerinin optimizasyonu ile ilgili çalışmışlardır. Tekerlek lastikleri bir yay amortisör sistemi olarak kabul edilmiştir. Sisteme ait denklemler Newton Kanunu yardımıyla elde edilmiş ve sayısal çözüm bilgisayar programıyla yapılmıştır. Traktör

gövdesinin ve sürücü oturağının yer değiştirmesi ve ivmesi hesaplanmış optimal sisteme ait frekans ve zaman eğrileri incelenmiştir. Farklı yay katsayısı ve sönüm katsayısı için yer değiştirme ve ivme grafikleri çizilmiştir.

Traktör titreşim bileşenlerinin ergonomik açıdan en önemlisi düşey titreşimidir. Çünkü düşey yönlü bileşenler diğerlerinden hem nicelik olarak daha büyük değerlere sahiptir, hem de insanın bu titreşimlere karşı duyarlılığı yüksektir. Bu nedenle günümüze değin yapılan çalışmaların çoğunda diğer titreşim bileşenleri ihmal edilerek, düşey titreşimler incelenmiştir.

Bu çalışmada, sürücü oturağı parametrelerinin çeşitli değerleri için oturağın ve traktör gövdesinin ivmesi ve yer değiştirmesi bulunmuş, optimal sisteme ait frekans ve zaman cevabı eğrileri incelenmiştir. Araştırma ile řu sonuçlara varılmıştır.

Yay katsayısı 5000 N/m iken sönüm katsayısı 100-500-1000 Ns/m olduğunda; traktör gövdesinin yer değiştirmesi ve ivmesi azaltılarak sürücü oturağına iletilmektedir. Sönüm katsayısı 100 Ns/m olduğunda sürücü oturağının iletkenliği, sönüm katsayısı 500-1000 Ns/m durumuna göre daha düşüktür. Sönüm katsayısını arttırmanın yararlı olmadığı görülmektedir.

Yay katsayısı 10000 N/m iken sönüm katsayısı 100-500-1000 Ns/m olduğunda; traktör gövdesinin yer değiştirmesi sürücü oturağına arttırılarak, ivmesi ise azaltılarak iletilmektedir. Sönüm katsayısı 100-500-1000 Ns/m değiştiği durumlarda iletkenlik oranları birbirine yakın olmaktadır. Sönüm sabitini arttırmak iletkenliğin azaltılmasında fazla etkili olmamaktadır. Yay katsayısı 10000 N/m olunca bulunan iletkenlik değerleri, yay katsayısı 5000 N/m durumundakinden daha büyüktür. Yay katsayısının arttırılması yalıtımı olumsuz olarak etkilemiştir.

Yay katsayısı 15000 N/m, sönüm katsayısı 100-500-1000 Ns/m olduğunda; traktör gövdesinin yer değiştirmesi bütün frekanslarda (1-10 Hz) sürücü oturağına arttırılarak iletilmekte, ivme ise 1-2 Hz aralığında arttırılarak, 2 Hz' den sonra azaltılarak iletilmektedir. Bu duruma ait iletkenlik değerleri, yay katsayısının 5000-10000 N/m olduğu durumlara göre daha yüksektir. Yay katsayısı 15000 N/m iken, sönüm katsayısının arttırılması iletkenliği azalmakta ve yalıtım daha başarılı olmaktadır.

Bu incelemelerde olduğu gibi daha değişik yay ve sönüm katsayılarının seçimi ile iletkenliğin azaltılıp daha iyi yalıtım sağlanması mümkündür.

Lines ve ark. (1992). Süspansiyonsuz Traktörlerin Tekerleklerinin Dinamik Karakterleri Kullanılarak Yol Titreşimlerinin Tahmin Edilmesi incelenmiştir Dört tekerlekli bir tarım traktörünün dikey ve kayma yol titreşimleri modellendi. Bu modelin doğruluğu traktör titreşim ölçümleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Modelin doğruluğunun artırılması sabit lastiklerden ölçülen değerlerden ziyade yuvarlanan lastiklerden ölçülen radyal lastik süspansiyon karakteristikleri kullanılarak elde edilmiştir. Muharrik tekerleklerin uzunlamasına karakteristiklerinin farklı sunuşları arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Modelleme doğruluğundaki gelecekteki iyileştirmeler kesinlikle muharrik tekerleklerin uzunlamasına karakteristiklerinin ölçülmesiyle başarılacaktır.

Babalık (1988). yılında yaptığı çalışmada 20-29 gibi genç yaşlarda traktör sürücülerinin % 71'inde saptanan omurga deformasyonları ve neden olduğu rahatsızlıklar, diğer mesleklerde hem yaş hem de oransal özellikler yönünden bu denli olumsuz değildir. Maden işçilerinde, yaklaşık 51 yaşında % 70 oranındaki bu rahatsızlık, fabrika işçisi ve inşaat işçilerinde sırasıyla 40-45 ve 51 yaşlarında ve oransal olarak daha küçük değerler göstermektedir.

Troup (1988). Omurga rahatsızlıklarının nedeninin, sürücüye taşıttan iletilen titreşimler olduğu birçok çalışmayla saptanmıştır. Bunu ispatlar nitelikteki klinik çalışmalarda açığa çıkan bir takım gerçekler ilgi çekicidir. Örneğin, çalışma zamanının yarısından fazlasını bir motorlu taşıtı kullanarak geçiren birisinin üzerinde yapılan klinik çalışmada sırt ağrılarında diğer insanlara nazaran daha fazla şikayetçi olduğu ortaya çıkarılmıştır

Sabancı (1985). Traktörlerde titreşim yalıtım çalışmaları, sürücü oturağında, kabinde ve çatıda olmak üzere 3 bölümde incelenebilir. uygulamada en çok ilgi çeken yalıtımın oturak yalıtımı olduğunu belirtmiştir ve başarılı bir oturak yalıtımında ; doğal frekans 1....1,5 Hz sönümlenme oranı 0,4.....0,5 ve düşey yönlü salınım yolu 100.....150 mm arasında bulunur. Bu değerlerin bir traktör oturağında sağlanabilmesi için önemli sorunlar vardır. Bu çalışmadaki traktör oturaklarındaki bu sorunlar irdelenmiş, ülkemizde kullanılan oturakların titreşim yalıtım özellikleri incelenmiştir.

Titreşimlerin önemli özelliklerinden biri titreşim frekanslarıdır. Bu özellik açısından traktör titreşimleri 1-80 Hz lik bir bölgede bulunur ve 1- 10 Hz arasında düşük frekanslı, 11-80 Hz arasında yüksek frekanslı titreşimler olmak üzere 2 grupta incelenir. Yüksek frekanslı titreşimler motor ve hareket iletim organlarından kaynaklanan periyodik, düşük frekanslı titreşimler ise tekerlek lastiği ile hareket yüzeyi arasındaki uyuşmazlıktan kaynaklanan gelişigüzel karakterli titreşimlerdir. Ergonomik yönde ağırlığı olan titreşimler de düşük frekanslı titreşimlerdir. Traktörü rezonansa geçiren titreşim frekansları 3-5 Hz arasındadır.

Rezonans frekanslar, tekerlek lastik basıncıyla doğru orantılı bir ilişki içindedir. Traktör titreşim ivmesi, basınç ve traktör kütlesi ile doğru, sürücü kütlesi ile ters orantılı bir ilişki içindedir.

Oturaklarda yalıtım sürücünün sağlık, güvenlik ve iş başarısı için mutlaka gerekli teknik bir önlemdir. Ancak, bu önlemin yerine getirilebilmesi için 2 önemli sorun vardır.

1-1,5 Hz gibi oldukça küçük bir frekansın elde edilebilmesi için maksimum 150 mm lik yay salınım sınırının bulunması,

Doğal frekans ve sönümlenme oranlarının sürücü kütlesine göre değişimleri ve bunun için gerekli ayar mekanizmalarındaki yapımların zorluklarıdır.

Bu sorunların çözümünde elektro- hidrolik aktif sistemler, teknik olarak başarılı olmasına karşın, ekonomik sorunlarından dolayı uygulamaya geçememiştir. Yay ve sönümlenme elemanlı pasif sistemlerin başarısı için araştırmalara gerek vardır. Bir traktör oturmağının optimum yalıtımı için öneriler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Sistemin doğal frekansı 1-1,5 Hz, sönümlenme oranı 0,40 -0,50 arasında olmalıdır. Düşey yönlü salınım serbestliği en çok 100-150 mm lik sınırlar arasında olmalı ve salınım düşey doğrultuda, paralelogram sistemleriyle sağlanmalıdır. Şok etkilerinin azaltılabilmesi için , hafif ve yumuşak malzemelerden yapılmış bir minder kullanılmalı, sistem sürücü kütlesine göre ayarlanabilmeli ve bu ayarlar, doğal frekans ve sönümlenme oranlarını değiştirmemelidir.

Crolla ve ark. (1980). Traktör yol titreşim değerleri iki tekerlekli ayarsız ve dört tekerlekli ayarlı römorklar ile birlikte ve ya birlikte olmayarak ölçülmüştür. Ölçümler dört tip tarla yüzeyinde dolu ve boş römork ile birlikte dikey yatay ve boylamsal gidiş yönünde yapılmıştır. Sonuçlar traktör yol titreşim değerlerinin dolu römork ile kullanıldığı zaman özellikle boylamsal çarpma yönü olmak üzere tüm çarpma yönlerinde genellikle arttığını göstermiştir. Fakat boş römorklar için sadece boylamsal yöndeki titreşimler artmıştır. Hakim traktör değerleri römork takılı iken azalma eğilimi gösterdi ve traktörle birleştirme boylamsal dikey yuvarlanma ve yanal koordinatlarda çoğunlukla artmıştır.

Harris ve Crede (1976). Traktörlerde titreşim yalıtım çalışmaları; sürücü oturağında, kabinde ve çatıda olmak üzere üç bölümde incelenmektedir. Uygulamada en iyi yalıtım oturakta sağlanmaktadır. Bir oturakta yalıtım sistemi genellikle elastik (yay) eleman ve sönümleme elemanından oluşmaktadır.

Elastik eleman aldığı titreşim enerjisini hareket enerjisi haline dönüştürerek, sönümleme elemanı ise aldığı enerjinin bir kısmını hareket enerjisine, bir kısmını da ısı enerjisine çevirerek sistemden uzaklaştırır. Böylece titreşim enerjisi, titreşim kaynağı ile bağlı bulunduğu bir parçaya azaltılarak iletilmektedir Traktör ve sürücü oturaklarının yalıtım özellikleri üzerinde, daha çok laboratuvar çalışmaları yapılmış, titreşim ölçme güçlüğü nedeniyle uygulamaya yönelik çalışmalar sınırlı düzeyde kalmıştır

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Test edilen materyal

3.1.1.1 Test Alanı :

Titreşim ölçümleri Namık Kemal Üniversitesi arazilerinde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu arazi %0- 3 arasında değişken eğime sahip buğday anızı olan bir arazidir.(Şekil 3.1.)

Ölçümler sırasında toprağın fiziksel özellikleri Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü

laboratuvarında test ettirilmiştir Yapılan tekstür analizininin sonuçları aşağıdaki gibidir.

Kum % 38,88

Silt % 39,36

Kil % 22,26

Test arazisindeki toprak tın topraklar sınıfına girmekle beraber ölçüm esnasındaki ortalama nem değeri % 10,22 dir.



Şekil 3.1. Ölçümlerin alındığı arazinin genel bir görüntüsü

3.1.1.2.Traktör :

Titreşim ölçümlerinin merkezinde bulunan arkasına çeşitli aletleri bağlayarak denediğimiz ve üzerine sensörleri monte ettiğimiz traktör 100 beygir güçlü çift çeker standart bir tarım traktörüdür.(Şekil 3.2.)



Şekil 3.2. Ölçümlerde kullanılan traktör

Gücü 100 BG olan traktörde kabin bulunmamakla beraber üzerinde güneş ışınlarından ve devrilmelerden sürücüyü korumak üzere yerleştirilmiş bir tente bulunmaktadır.

Traktörün ön tekerleri 13.6 R 24, arka tekerlekleri 16.9 R 34 boyutlarındaki lastiklere sahiptir ve her dört tekerlek de muharrik yani motordan güç alarak traktörü hareket ettirmektedir. Lastiklerde 30 PSI hava basıncı vardır.

Traktörün ağırlığı 3500Kg olmakla beraber ön tarafına tutunmayı arttırmak ve şahlanmayı engellemek amacıyla ağırlığı 40 KG olan 10 adet ağırlık yerleştirilmiştir. Traktörün boyutları 4500x2100x2700(uzunluk, genişlik, yükseklik) mm dir ve iz genişliği mevcut lastiklerle beraber 800mm'dir.

3.1.1.3.Ekim Makinası

Ölçümler esnasında kullanılan ekim makinası 4 sıralı pnömatik ekim makinasıdır. Üç nokta askı sistemiyle makineye bağlanabilen aynı anda hem tohum hem de gübreyi istenilen miktar ve derinlikte toprağa bırakabilen pnömatik ekim makinesidir.(Şekil 3.3.)



Şekil 3.3. Ölçümlerde kullanılan ekim makinası

Ayçiçeği, Mısır, Kavun, Karpuz, Kabak, Soya, Yer fıstığı, Pancar, Pamuk, Salatalık, Susam, Domates, Soğan, Havuç, Bezelye vb. bitki tohumları ekebilen bir ekim makinesidir.

Ekim üniteleri ayarlanabilir yapıda olduğundan 25-105 cm arasında sıra arası mesafe sağlanır. Sıra üzeri 3-165 cm. aralıklarla tohum ekme olanağı bulunmaktadır.

Makinanın ekim genişliği 2200 mm dir.

3.1.1.4.Pulluk

Ölçümlerde 4 soklu kulaklı pulluk kullanılmıştır. Traktöre üç nokta askı sistemine bağlanarak yol durumunda askıda tarla durumunda çekilerek çalışan pulluğun iş genişliği 1400mm dir. (Şekil 3.4.)



Şekil 3.4. Ölçümlerde kullanılan pulluk

Denemelerde kullanılan pulluklar yarı bükük tip kulağa 4 kulağa sahiptir. Bu pullukta, gövdeler pabuç tipi payandalar ile deve boynuna tutturulmuştur. Uç demirleri burunlu tiptedir.

3.1.1.5.Yaylı Kültivatör

Yaylı kültivatör; toprağı belirli bir derinliğe kadar devirmeden işleyip havalandırmak ve kabartmak amacıyla kullanılır.

Yaylı ayaklar S Şeklinde kıvrılmış Çelik malzemedendir. Yaylı kltivatrde 36 adet ayak bulunmaktadır. Aletin sıra arası mesafesi 100mm ve sıra üzeri mesafesi 350mm' dir. (Şekil 3.5.)



Şekil 3.5. lmlerde kullanılan yaylı kültivatör

Yaylı kltivatrn yol durumunda çgen Şeklinde katlanarak gidebilmesi için hidrolik kumanda sistemi yerleştirilmiştir. Tarla pozisyonunda ise kanatlar açılmakta ve srme başlanmaktadır. Aletin toplam iş genişliği 4000mm' dir.

3.1.1.6.Diskaro

Diskarolar her çeşit bitkinin hasadından sonra bitki saplarının kesilerek toprağa karıştırılmasını sağlar, işçilikten, zaman ve yakıttan tasarruf sağlar. Goblenin toprağa olan etkileri ayar durumuna göre ya kesme yada parçalama ve karıştırma şeklindedir. Diskler istenilen oranda çaprazlanır ve 180 mm'lik toprak yüzeyini karıştırarak, toprağın havalanmasını ve yağın yağmur sularının tabana kolayca geçmesini sağlar.

Denemelerimizde hidrolik tertibatlı goble disk kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Ölçümlerde kullanılan goble disk

Şekilde görüldüğü gibi diskaro 24 adet diskten oluşmuştur. Toplam genişliği 2850 mm iş genişliği 2700 mm dir. 1750 kg ağırlığında olan dikaronun disk ölçüsü Ø550 dir. (Şekil 3.6.)

3.1.1.7.Gübre Dağıtma Makinası

Kuyruk milinden hareket alarak deposunda bulunan karı kimyasal gübreleri dağıtmaya yarayan makine traktörün üç nokta askı düzenine bağlanarak çalıştırılır



Şekil 3.7. Ölçümlerde kullanılan gübre serpmek makinası

Tek diskli olan makinanın hacmi 515 L ağırlığı 148 Kg dır. Çalışma devir sayısı ise 540 D/ d dır.(Şekil 3.7.)

3.1.1.8. izel (7 Ayaklı)

Toprakta derin sürüm işleri gerçekleştirmek ve pulluk tabakasının düzeltilmesi için kullanılan traktörün üç nokta askı sistemine bağlanan bir alettir.



Şekil 3.8. Ölçümlerde kullanılan izel

İş derinliği 700 mm olan 7 ayak bulunmaktadır. Aletin iş genişliği 2000mm olup uzunluğu 900 mm dir. (Şekil 3.8.)

3.1.2. Ölçümlerde kullanılan cihazlar

3.1.2.1 Arabirim scadas mobile

Sistemin en önemli yapılarından biri olan ara birimin görevi traktör üzerine yerleştirilmiş olan sensörlerin gönderdiği sinyalleri milivolt / volt olarak bilgisayara aktarmaktır. (Şekil 3.9.) Sensörlerin gönderdiği sinyallerin dijital ortamda algılanabilmesi ve daha sonra yorumlanabilmesi için arabirime ihtiyaç duyulmaktadır. MS SCADAS Mobile, test tabanlı gürültü ve titreşim uygulamaları için [LMS Test.Lab](#) ve gürültü ve titreşim analiz ve veri kayıt için kullanılan [LMS Test.Xpress](#) yazılımlarını desteklemektedir.

Arabirim 4 ve 8 kanal desteği ve kolay taşınabilirlik sağlar. Her bir SCADAS Mobile arabirimi voltaj ve ICP dönüştürücüleri, mikrofonları, şarj dönüştürücüleri, digital kafa ve strain gage leri destekleyen 4 ve 8 girişli kanal modülleri ile donatılabilmektedir. Bunlara ek olarak dahili GPS alıcısı zaman, hız ve pozisyon bilgilerini yüksek doğruluk ile sağlayabilmektedir.

MS SCADAS Mobile kanal başına azami 102.4 kHz örnekleme frekansı, 24 bit çözünürlük, 105 dB signal-to-noise oranı ve 2.2 Msample/s throughput oranına sahiptir.

LMS SCADAS Mobile AC/DC güç, 4 saate kadar dayanabilen dahili bataryası veya opsiyonel Li-ion batarya ile kullanılabilir. LMS SCADAS Mobile'in donanımı ve sağlam yapısı MIL-STD-810F standartları ile uyumludur ve yüksek sıcaklıklarda çalıştırılabilir. Arabirim üzerindeki fansız soğutma sistemi akustik ölçümler için tam sessizlik sağlar.



Şekil 3.9. Ölçümlerde kullanılan arabirim

LMS scadas mobile özellikleri

- 4 - 40 kanal
- Kanal başına 102,4 kHz örnekleme frekansı
- 24 bit DSP teknolojisi
- 105 dB signal to noise oranı
- 2.2 Msamples/s throughput hızı
- Yüksek hızlı Ethernet bağlantısı
- Dahili pil ile 4 saatten fazla kullanım
- Zor ve yüksek sıcaklıktaki koşullarda kullanılabilirlik

Çizelge 3.1. Scadas Mobile teknik özellikleri

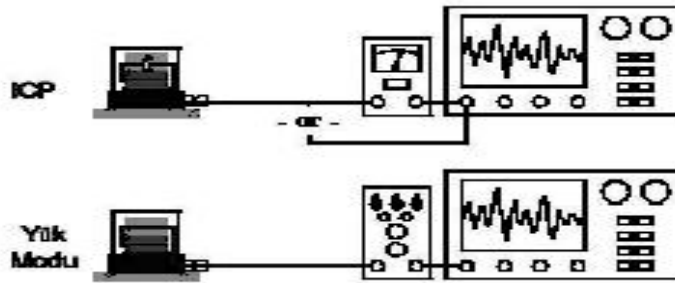
	LMS SCADAS Mobile SCM01	LMS SCADAS Mobile SCM05
Slot sayısı	2 (1'i sistem için)	6 (1'i sistem için)
Frame başına maksimum kanal sayısı	8	40
Tacho girişleri	2 (standard)	2 (standard)
Çıkışlar	2 (standard)	2 (standard)
Ölçüler (E x Y x B)	203 x 58 x 260 mm	340 x 78 x 295 mm
Ağırlık	2.5kg / 5.59lbs	6.2kg max / 13.67 lbs max
AC besleme	110/220V	110/220V
DC besleme	9-36V	9-36V
Maksimum güç tüketimi	15W	40W
Pilden çalışma süresi (minimum)	4 saat	1 saat (ekstra slot pil ile 4 saat)
Bağlantı arabirimi	Ethernet	Ethernet
Çalışma sıcaklık aralığı	-10°C to +55°C / 14° to 131°F	-10°C to +55°C / 14° to 131°F
Sensor tipleri	V, ICP, MIC, charge, strain, digital audio	V, ICP, MIC, charge, strain, digital audio

Kanal sayıları tercihlere ve hedeflere bağı olarak artırılabilmekte ve azaltılabilmektedir. Bunun sonucunda çok farklı giriş ve çıkış için seçenekler ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada kullanılan arabirim 12 kanal ile donatılmıştır.

3.1.2.2. Sensörler (ivme ölçerler)

Teknik terminolojide Sensor ve Transducer terimleri birbirlerinin yerine sık sık kullanılan terimlerdir. Transducer genel olarak enerji dönüştürücü olarak tanımlanır. Sensor ise çeşitli enerji biçimlerini elektriksel enerjiye dönüştüren cihazlardır. Ancak 1969 yılında ISA (Instrument Society of America) bu iki terimi es anlamlı olarak kabul etmiş ve "ölçülen fiziksel özellik, miktar ve koşulların kullanılabilir elektriksel miktara dönüştüren bir araç" olarak tanımlamıştır.

Bu çalışmada kullandığımız sensör tipi ICP tip sensörler sınıfına dahil olmaktadır. Algılayıcı eleman elektriksel bir çıkış ürettikten sonra, bu sinyalin osiloskop, analizör, kayıt edici, gibi bir cihaz tarafından okunabilmesi için koşullanması gerekmektedir. Bu sinyal koşullama (Şekil 3.10) temel olarak aşağıdaki işlemlere sahiptir.



Şekil 3.10. ICP tip sensörün koşullanması

Sinyalin taşınabilir ve ölçülebilir düşük empedanslı voltaj sinyaline çevrilmesi

Sinyal güçlendirilmesi ve zayıflatılması

Filtreleme

Bu sinyal koşullama iki farklı şekilde yapılabilir.

IEPE algılayıcılarda algılayıcının içindeki mikroelektronik devre yardımıyla Yük modu algılayıcılarda algılayıcının dışında takılan bir çevirici yardımıyla IEPE olarak tanımlanan algılayıcılar ICP ® tescil markasıyla PCB Piezotronics firması

tarafından 1967 yılında geliştirilmiştir. Algılayıcının içindeki minyatür devreler yük ya da voltaj amplifikatörleridir. 18-30 VDC arasında değişen bir besleme voltajı ve 2mA sabit akım kaynağı ile beslenirler

PCB'nin üç eksenli ivmeölçerleri, üç ortogonal yönde titreşim veya şok olarak ölçüm yapar. Charge çıkışlı üç eksenli ivmeölçerler 254 C sıcaklıkta , ayrıca elverişsiz çevre koşullarında ve var olan daha büyük sistemler ile çalışabilir. Bu sensörler ile aşağıdaki alanlarda ölçümler yapılabilmektedir. Ölçümlerde kullanılan sensörün görünüşü şekil 3.11 de gösterilmiştir.

- Eş zamanlı x, y ve z eksenlerinde ölçümler
- Motor titreşim ve NVH çalışmaları
- Modal analiz
- Yol yanıt testleri
- Araç testleri
- Uçuş testleri



Şekil 3.11. Ölçümlerde kullanılan sensörlerin genel görünüşü

3.1.2.3. Bilgisayar

Sensörlerden alınan sinyallerin arabirimde çevrildikten sonra yorumlanabilmesi ve gerekli yazılımlarda işlenebilmesi için kullanılan bilgisayar etrafımızda gördüğümüz bilgisayarlardan farklı değildir. Ancak çalışma yeri ve koşulları nedeniyle konstrüksiyon ve ölçüleri konusunda biraz daha zor şartlara adapte edilmiş olan Toughbook tipi bilgisayar kullanılmıştır. (Şekil 3.12.)



Şekil 3.12. Ölçümlerde kullanılan bilgisayar (Toughbook)

Thoughbooklar Laptop diye tabir edilen bilgisayarların zor hava şartları, darbeler, elektrik olmadığı zamanlarda uzun süreli kullanımlar için tasarlanmış tipleridir. Bu tip bilgisayarlarda sarsıntıya dayanıklı harddiskler işlemciler ve ekran kullanılmıştır dış kaplamalarda ise çelik titanyum plastik gibi dayanıklı malzemeler kullanılmış ayrıca su ve toz girişleri engellenecek şekilde monte edilmişlerdir. Normal bir Laptopa göre ölçüleri daha büyük olmasına karşın dokunmatik ekranlar ve 360 derece dönen monitörü sayesinde bu

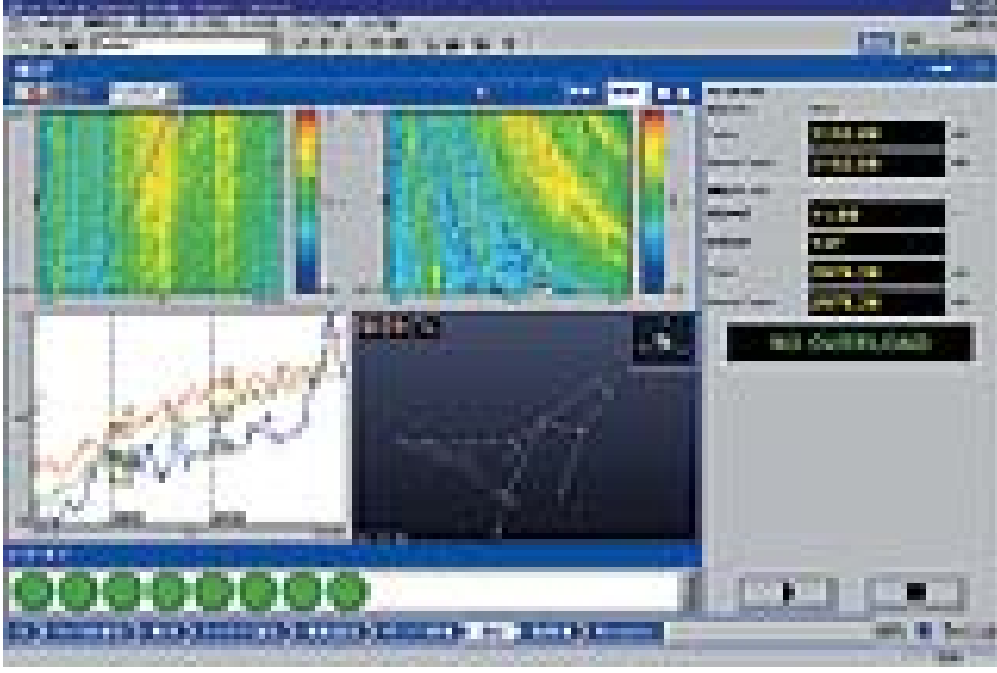
açıklar kapatılmıştır.Söz konusu niteliklerin güçlendirilmesi sonucu Thinkbook arın fiyatları diğcr bilgisayarlara göre en az iki kat pahalı olmaktadır.

Bu çalışmada Panasonic marka CF-18 Model Thinkbook kullanılmıştır. Bu modelin özellikleri kısaca şöyledir. Geliştirilmiş LCD ekranın en belirgin özelliği, yüksek performanslı bir dizüstüyü tamamen taşınabilir bir Tablet PC'ye dönüştürebilmesidir. CF-18 Tablet PC'ye dönüştürölür modeli , dayanıklı ve 2.25 kg ağırlığındadır. LCD, çizilmeye karşı dayanıklı magnezyum alaşımı, sağlam ve toza dirençli iki yönde hareket edebilen menteşelerle tutturulmuş kasası ile kendini korur. Sabit disk, alüminyum kasada ve sarsıntı önleyici özel sistemi ile korunmuştur. Suya karşı çift izolasyona sahiptir. Böylece sistem su ve toz izolasyonu için kullanılan IP54 standartlarını sağlamaktadır. Aşırı sıcaklarda ve soğuklarda özel ısıtma ve soğutma sistemi sayesinde çalışabilmektedir. Intel® Centrino® Duo Mobil teknolojisi düşük güç tüketimine karşılık en yüksek performansı sunmaktadır. Ekran kasasında bulunan iki farklı Kablosuz LAN Anteni sayesinde sürekli veri transferi sağlanabilmekte ve güçlü Lithium-Ion pili sayesinde 8 saate kadar çalışması mümkündür.

3.1.2.4. Yazılım

LMS Test.Lab test tabanlı mühendislik için, test, analiz ve rapor oluşturma gibi bir takım araçları, yüksek hızda multi-kanal veri toplama ile birleştiren komple bir pakettir. Dönen-makinalar, yapısal ve akustik testler, çevresel testler ve titreşim kontrolü için çözümler içerir. (Şekil 3.13.)

Test departmanlarına hazırdaki test kapasitesini arttırmayı ve kullanılan test araç gereçlerinden daha verimli sonuçlar almayı, test hakkındaki bilginin verimli olarak kullanımını sağlar. Kullanılabilir prototip sayıcı çok düşse bile daha güvenilir sonuçlar almaya müsaade etmektedir.



Şekil 3.13. Ölçümlerin alındığı ve kaydedildiği yazılımın bir sayfası

3.1.2.5. Kalibrasyon aleti

Her ölçüm cihazı gibi titreşim ölçümlerinde de doğruluğun sağlanması için kalibrasyon işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Ölçümlerde kullanmış olduğumuz Icp tip 356A15 model sensörler fabrikadan kalibrasyonu yapılmış olarak gelmektedir. Fakat daha kontrollü ölçümler yapabilmek için kullandığımız bu sensörlerin kalibrasyonu için üretilmiş Pcb firmasının 394C06 model kalibrasyon aleti kullanılmaktadır. (Şekil 3.14.)



Şekil 3.14. Sensörleri kalibre edebilen kalibrasyon aleti

Kalibrasyon vibratörünün üzerine oturtulan sensöre 1g rms salınım çıkışı, 9,81 mm/s rms hızında titreşim verilerek kalibrasyonun yapılmasına olanak sağlanır.

1 g (9,81) m / s² lik bir ivme sağlayan kalibrasyon aleti ile sensörler en başta bir kez kalibre edildikten sonra uzun yıllar sağlıklı veri toplayabilmektedirler. Bu yüzden bu çalışmadan önce yeni bir kalibrasyon yapılmamıştır.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Titreşim ölçümü yapılacak makina ve aletlerin hazırlanması

Ölçümlerden bir gün önce ölçümü yapılacak olan tüm makina ve aletlerin yapısal ve işlevsel yeterliliği kontrol edilmiştir. Test alanı kontrol amaçlı testlerden önce kontrol edilmiştir. Kullanılacak olan tarım alet ve makinaları titreşim ölçümleri alınacak olan traktörden farklı bir traktör ile test alanına taşınmıştır. (Şekil 3.15)



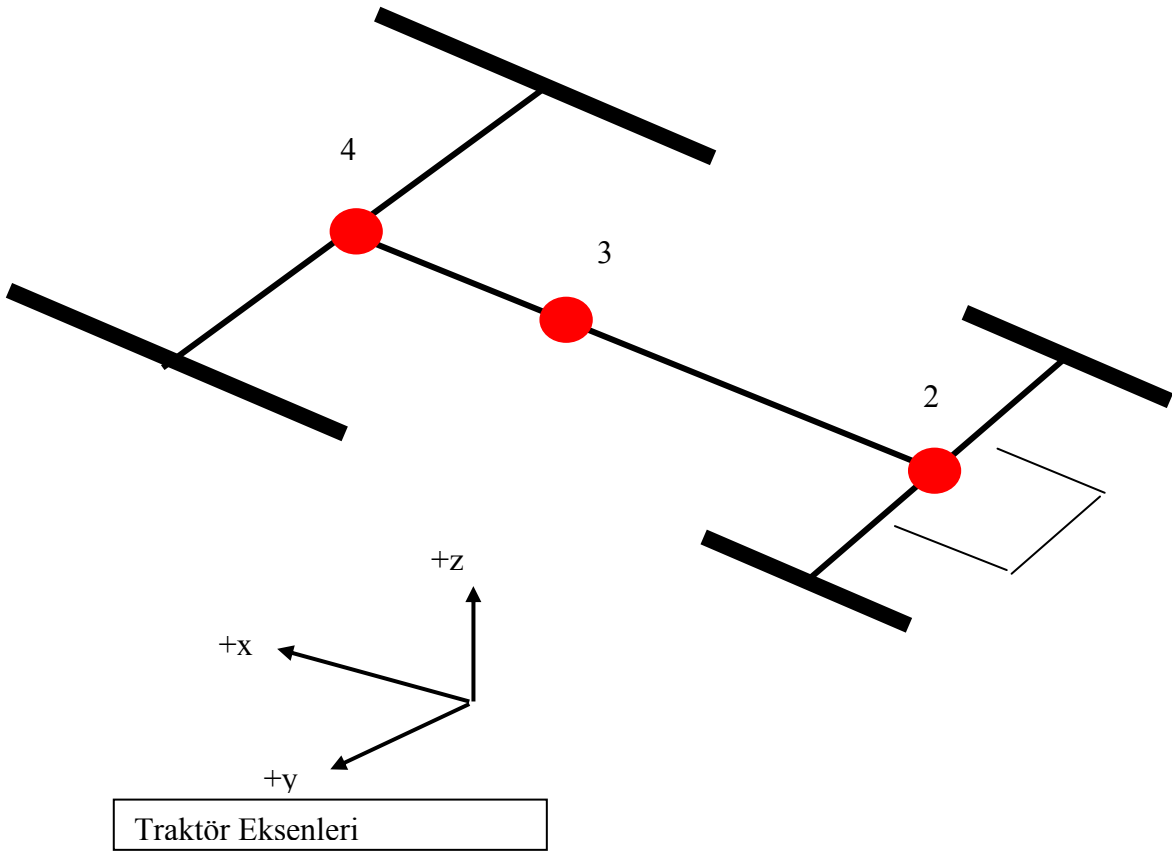
Şekil 3.15. Ölçümlerden önce aletlerin test alanında hazır hali

Ölçümlerin alınacağı traktör üzerine gerekli montajların daha sağlıklı yapılabilmesi için üzerinde birikmiş yağların da giderilmesi için sabunlu su ile yıkanıp kurutulmuştur. Bunun nedeni sensörlerin gerekli yerlerde tamamen sabit durma ihtiyacıdır. Sensörler traktöre sensör ayakları sayesinde bağlanabilmektedir.

Sensör ayakları dişli sensörler ise erkek vazifesiyle civata- somun prensibiyle birbirilerine monte edilmektedirler. Sensör ayakları ise iki metali birbirine yapıştırabilen yapıştırıcılar vasıtası ile gerekli yüzeylere sabitlenebilmektedirler.

3.2.2. Ölçüm sisteminin traktöre montajı

Ölçümlerde Uzel Firmasına ait olan titreşim sistemi yine Uzel Firması'nın personeli yardımı ile sensörlerin montajı ve titreşim verilerinin alınması gerçekleştirilmiştir. Kullanılan sensörler üç koordinatta veri toplayabilmektedir(x,y,z). Fakat bu koordinatları her montaj ile birlikte tekrar tanımlanması gerekmektedir. Bu tanımlamada ölçümü yapılacak materyale göre ölçümü kolaylaştırmak amacıyla tercih edilen koordinatlar kullanılır. Söz konusu denemede traktörün boyuna olan eksenini "x" enine olan eksenini "y" ve düşey eksenini de "z" olarak koordinatlandırılmıştır.(Şekil 3.16.)



Şekil 3.16. Traktör üzerine monte edilen sensörlerin koordinatları

Sensörler traktör üzerinde üç noktaya monte edilmiştir. Bu noktalardan birincisi ön aksı ortalayacak şekilde radyatör ile akümülatör arasındaki boşluktur. (Şekil 3.17)



Şekil 3.17. Birinci sensörün montajı

Sensörlerden ikincisi sürücüye olabilecek en yakın nokta olması nedeniyle koltuk braketine sabitlenmiştir.(Şekil 3.18)



Şekil 3.18. İkinci sensörün montajı

Son sensör ise arka aksı ortalamak suretiyle hidrolik lifte monte edilmiştir.(Şekil 3.19)



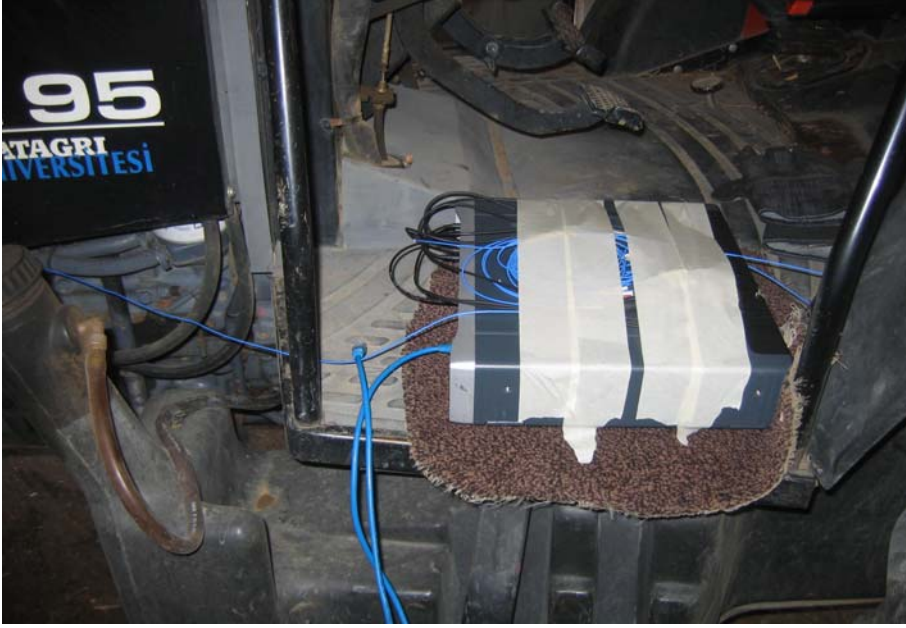
Şekil 3.19. Üçüncü sensörün montajı

Her biri üç koordinatta veri toplayabilen üç adet sensör dokuz koordinatta ölçüm yapabilecek duruma gelmiştir. Bu koordinatlar bilgisayarda çizelge 3.2. deki gibi tanımlanmıştır.

Çizelge 3.2. Sensörlerin tanımlanan yerleri ve koordinatları

Channel id:3	Point 1	+x	Ön Aks Merkezi (2)
Channel id:4	Point 2	+y	
Channel id:5	Point 3	+z	
Channel id:6	Point 4	+x	Sürücü Koltuk Altı (3)
Channel id:7	Point 5	+y	
Channel id:8	Point 6	+z	
Channel id:9	Point 7	+x	Arka Aks Merkezi (4)
Channel id:10	Point 8	+y	
Channel id:11	Point 9	+z	

Sensörlerin traktör üzerine montajı tamamlandıktan sonra arabirime (Scadas Mobile) kablolar vasıtası ile bağlanır. Arabirim traktör kabini üzerinde sol taraftaki boşluk olan kısma yerleştirilmiştir.



Şekil 3.20. Traktör üzerindeki arabirim.

Arabirim ölçümlerin alınacağı zaman test alanında bilgisayar ile kablolar aracılığı ile birleştirilecektir.(Şekil 3.20)

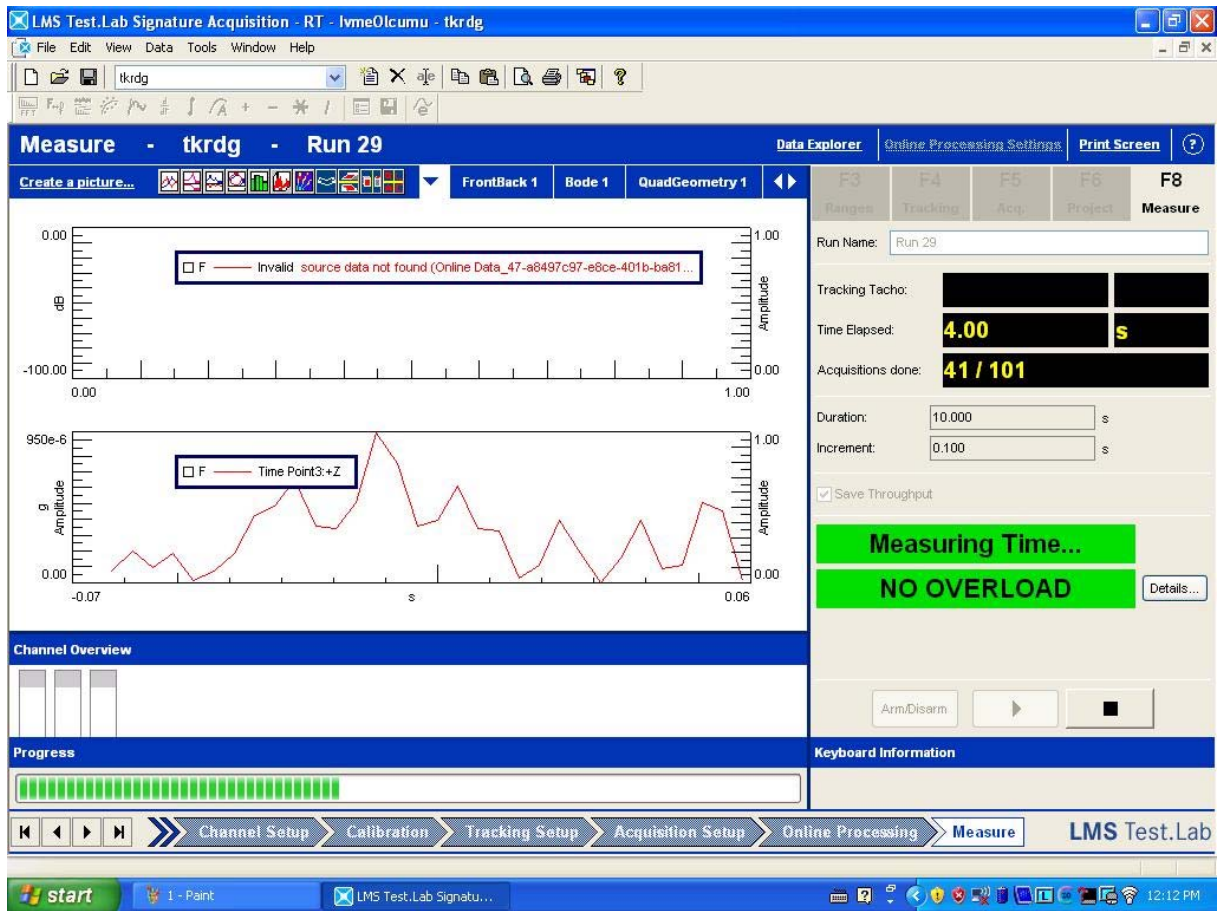
3.2.3. Titreşim ölçümlerinin alınması

Ölçüm sistemi ile ilgili tüm montajlar tamamlandıktan sonra test alanında ekipmanlar traktörün arkasına bağlanarak ölçüme hazır duruma getirilmiştir. Ölçümler analizlerde kolaylık sağlaması amacı ile 10 ar saniyelik süre dilimleri içerisinde 3 er tekrür ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 256 Hz frekans ile “g” değerleri olarak kaydedilmiştir. Sensörlerden gelen Volt halindeki veriler arabirimde milivolt/volt haline dönüştürülerek bilgisayara iletilir. Bilgisayarda LMS Testlab adlı programda toplanan veriler bilgisayarda istenilen klasörde Notepad dosyası olarak kaydedilmektedir. Her bir ekipman ve tekrür için ayrı bir dosya oluşturulmaktadır. (Çizelge 3.3.)

Çizelge 3.3. Titreşim ölçümü yapılan ekipmanlar ve kaydedilen dosya adları

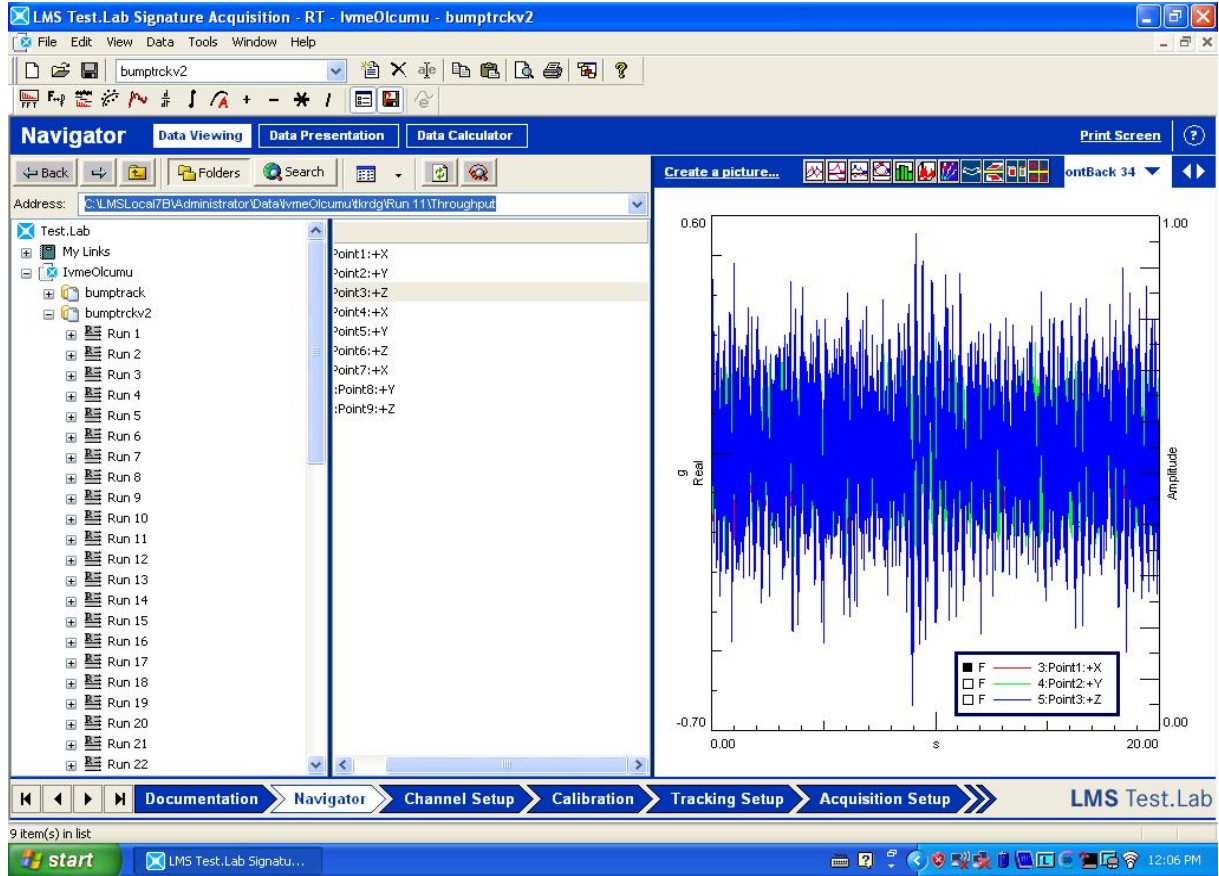
	Ekipman	Vites	Devir (rpm)	Test Veri Dosyası
1	4 Soklu 10" Pulluk	2_2	2100	Run 11, Run 12, Run 13
2	7 Ayaklı Çizel	2_2	2100	Run 14, Run 15, Run 16
3	14'lü Hidrolik Dıskaro	2_2	2100	Run 17, Run 18, Run 19
4	35 ayaklı Kültüvator	2_2	2100	Run 20, Run 21, Run 22
5	4 Sıralı Ekim Makinası	2_2	2100	Run 23, Run 24, Run 25
6	Gübreleme Makinası	2_2	2100	Run 26, Run 27, Run 28

Ölçümler tüm ekipmanlarda 2. takviye ve 2. vites kombinasyonunda 2100 rpm devirde ortalama 8-10 km hızlarda alınmıştır. Kararlılığı sağlamak amacı ile traktör 2100 rpm devire geldiğinde bilgisayarda LMS Testlab programının veri toplama sayfasında “start” tuşuna basılarak veri alma işlemi başlatılır. (Şekil 3.21)



Şekil 3.21. Ölçüm sırasında LMS TestLab programının sayfası

Veri toplanması durdurulduktan sonra ivmelerin data ve grafiklerine ulaşabilmekteyiz.(Şekil 3.22)



Şekil 3.22. Ölçümlerden sonra programın görünüşü

3.2.4. Verilerin değerlendirilmesi

Denemeler sırasındaki ivme değerleri zamana bağlı “g” değerleri olarak Notepad dosyalarına kaydedilmektedirler. Bu dosyalarda ilgili ölçümlerin Dataları ile ölçümün özellikleri de kaydedilmiştir. (Şekil 3.23)

Sample frequency	256 Hz	Sample frequency	256 Hz	Sample frequency	256 Hz	Sample frequency	256 Hz
X axis increment	0.00390625 s	X axis increment	0.00390625 s	X axis increment	0.00390625 s	X axis increment	0.00390625 s
X axis	0.00125458-20.0013 s	X axis	0.00125458-20.0013 s	X axis	0.00125458-20.0013 s	X axis	0.00125458-20.0013 s
X axis unit	s	X axis unit	s	X axis unit	s	X axis unit	s
Number of lines	5120	Number of lines	5120	Number of lines	5120	Number of lines	5120
Value type	Real	Value type	Real	Value type	Real	Value type	Real
Y axis unit	g	Y axis unit	g	Y axis unit	g	Y axis unit	g
Channelgroup	Vibration	Channelgroup	Vibration	Channelgroup	Vibration	Channelgroup	Vibration
Actual sensitivity	0.98851 V * g^-1	Actual sensitivity	1.00224 V * g^-1	Actual sensitivity	0.993414 V * g^-1	Actual sensitivity	0.993414 V * g^-1
User comment		User comment		User comment		User comment	
User channel id		User channel id		User channel id		User channel id	
Channel id	3	Channel id	4	Channel id	5	Channel id	6
DOF id	Point1:+X	DOF id	Point2:+Y	DOF id	Point3:+Z	DOF id	Point4:+X
Point direction sign+		Point direction sign+		Point direction sign+		Point direction sign+	
Point direction absolute	X	Point direction absolute	Y	Point direction absolute	Z	Point direction absolute	X
Point direction	+X	Point direction	+Y	Point direction	+Z	Point direction	+X
Point id node	Point1	Point id node	Point2	Point id node	Point3	Point id node	Point4
Point id component		Point id component		Point id component		Point id component	
Point id	Point1	Point id	Point2	Point id	Point3	Point id	Point5
Function class	Time	Function class	Time	Function class	Time	Function class	Time
Weighting	Linear	Weighting	Linear	Weighting	Linear	Weighting	Linear
Modified	Tue Jul 17 2007 14:53:14	Modified	Tue Jul 17 2007 14:53:14	Modified	Tue Jul 17 2007 14:53:14	Modified	Tue Jul 17 2007 14:53:14
Created	Tue Jul 17 2007 14:53:04	Created	Tue Jul 17 2007 14:53:04	Created	Tue Jul 17 2007 14:53:04	Created	Tue Jul 17 2007 14:53:04
	1.254578e-003		3.752258e-002		1.254578e-003		1.857971e-001
	5.160828e-003		-2.299038e-002		5.160828e-003		-3.930025e-002
	9.067078e-003		-8.767567e-002		9.067078e-003		9.780579e-002
	1.297333e-002		-5.035178e-002		1.297333e-002		5.686744e-002
	1.687958e-002		1.403549e-002		1.687958e-002		1.008702e-001
	2.078583e-002		4.002029e-002		2.078583e-002		-2.204655e-001
	2.469208e-002		-7.205072e-002		2.469208e-002		5.898568e-002
	2.859833e-002		1.326914e-002		2.859833e-002		1.372190e-001
	3.250458e-002		6.329451e-003		3.250458e-002		-1.179007e-001
	3.641083e-002		-6.523876e-002		3.641083e-002		1.812641e-001
	4.031708e-002		-5.327525e-002		4.031708e-002		-7.607274e-002
	4.422333e-002		1.565333e-002		4.422333e-002		2.648777e-001
	4.812958e-002		-8.912322e-003		4.812958e-002		-1.270939e-001
	5.203583e-002		-1.569590e-002		5.203583e-002		1.230410e-001
	5.594208e-002		-4.175167e-002		5.594208e-002		-8.268162e-002
	5.984833e-002		7.663461e-003		5.984833e-002		9.830004e-002
	6.375458e-002		-1.600812e-002		6.375458e-002		-6.755745e-002

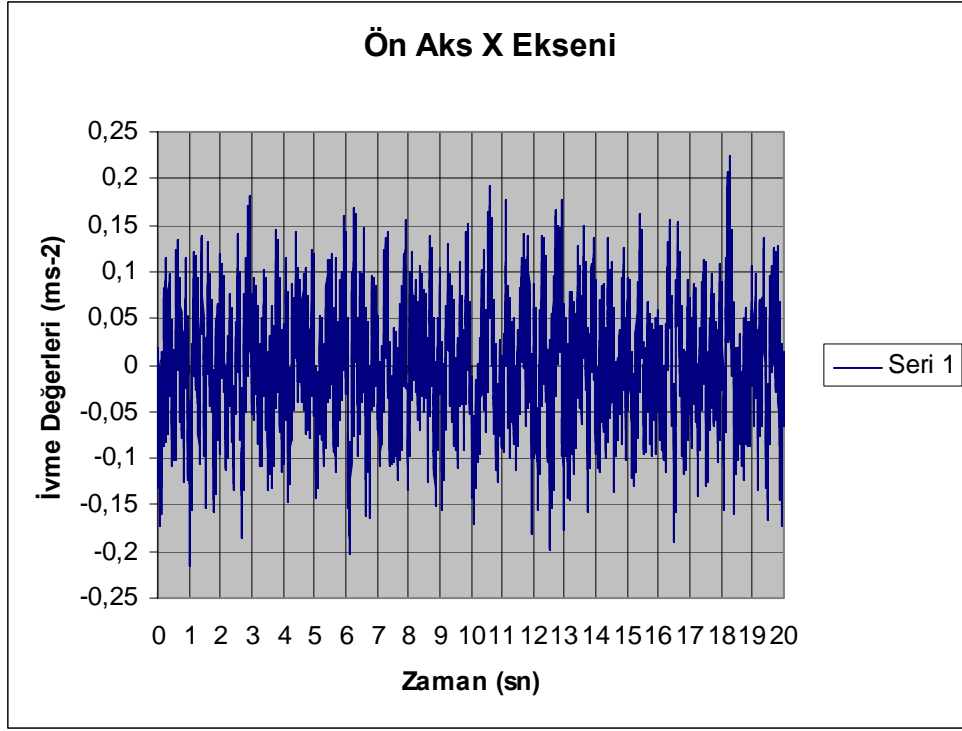
Şekil 3.23. Verilerin notepad dosyasındaki kayıtlı hali

Notepad Dosyasındaki veriler bu şekilde değerlendirilememektedir. Bu yüzden dataların hepsi seçilerek boş bir Excel sayfasına yapıştırılır. (Şekil 3.24)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	0,001047		-0,02203	-0,07981	0,10498	-0,0543	0,0174	-0,16102	-0,17031	-0,00646	0,058616
2	0,004953		0,004187	0,053371	-0,1918	-0,01122	0,003235	0,020016	0,006558	0,039812	0,023488
3	0,008859		-0,08826	-0,05427	0,108821	-0,00451	0,006935	-0,02554	-0,04515	-0,00779	-0,01712
4	0,012766		-0,04943	0,002156	0,029387	-0,05351	-0,01546	0,048112	0,011506	0,091431	0,050173
5	0,016672		-0,04063	-0,15005	-0,01435	-0,10765	0,003826	-0,18759	-0,21437	-0,05599	0,013803
6	0,020578		-0,04496	0,056087	-0,2417	-0,05381	0,002813	0,147138	-0,02459	0,090866	0,001047
7	0,024484		-0,13265	-0,16391	0,298035	-0,11346	-0,02971	0,071268	-0,01172	-0,10666	0,043557
8	0,028391		0,014291	0,026707	-0,12776	-0,12634	0,027696	-0,0831	-0,11482	0,129312	0,021213
9	0,032297		-0,01572	-0,10613	0,10988	-0,0795	-0,03933	0,064028	0,020984	-0,05729	0,061603
10	0,036203		-0,05499	0,017468	0,015887	-0,0629	-0,09942	-0,01601	-0,15168	0,087196	-0,04139
11	0,040109		-0,03277	-0,07328	0,145099	0,00121	-0,00233	-0,00636	0,23352	-0,06794	-0,02276
12	0,044016		-0,01811	-0,0715	0,202333	0,001609	-0,04353	-0,08828	-0,25456	0,082948	-0,01863
13	0,047922		-0,00575	0,012611	-0,0958	0,023631	0,000745	0,071769	0,05668	-0,04089	0,031053
14	0,051828		-0,12107	-0,15542	0,268987	0,090288	-0,10208	0,123968	-0,13533	0,009794	-0,03528
15	0,055734		-0,01964	-0,00992	-0,0073	-0,0125	-0,05666	-0,01713	0,147919	0,029714	-0,04336
16	0,059641		-0,06036	-0,11564	0,298812	-0,01508	-0,07357	-0,17548	-0,2187	-0,0104	0,005596
17	0,063547		-0,05471	-0,07817	-0,01034	-0,02391	-0,01883	0,025484	-0,03949	0,080423	-0,00809
18	0,067453		-0,1328	-0,06658	0,240914	-0,01333	-0,00955	-0,04638	-0,06325	-0,03544	-0,06684
19	0,071359		-0,08698	-0,01495	0,156721	-0,08135	0,031606	0,000257	0,003434	0,073291	0,054178
20	0,075266		-0,07649	-0,15181	0,190344	-0,14007	0,011661	-0,1065	-0,25277	-0,09563	0,026615
21	0,079172		-0,05542	0,033607	-0,08178	-0,05267	-0,01198	0,212763	-0,00518	0,123435	-0,0017
22	0,083078		-0,17197	-0,14325	0,438643	-0,13351	-0,07158	0,137462	-0,05195	-0,11501	0,053913
23	0,086984		-0,05635	0,034027	-0,02985	-0,17302	-0,02514	0,013601	-0,12432	0,127919	-0,00054
24	0,090891		-0,11941	-0,15359	0,209804	-0,08098	0,002701	0,07204	-0,06697	-0,0651	0,002987
25	0,094797		-0,15721	0,02707	0,091084	-0,12458	-0,02395	0,042848	-0,27072	0,12029	0,020753
26	0,098703		-0,16051	-0,11784	0,196134	-0,0825	0,044617	0,061267	0,113373	-0,00521	0,021562
27	0,102609		-0,12378	-0,00521	0,125724	-0,11048	0,006006	-0,01459	-0,30392	0,088245	0,037961
28	0,106516		-0,06405	0,002226	-0,02011	-0,14459	-0,02412	0,030031	-0,0303	-0,00324	0,037919
29	0,110422		-0,1078	-0,07851	0,158486	-0,04263	-0,02464	0,05875	-0,1545	-0,0217	0,014835
30	0,114328		-0,02072	0,061755	-0,06417	-0,09498	0,014178	0,025024	0,135561	0,042019	0,001577

Şekil 3.24. Dataların excel’ e aktarılmış hali

Bundan sonraki aşamada Excel programının fonksiyonlarından yararlanılarak dataların “En Büyük Değer”, “En Küçük Değer” ve “Ortalama” değerleri bulunmuştur. Bu değerler araştırmanın “Sonuç ve Değerlendirme” kısmında sunulacaktır. Excel’deki bu ivme datalarının zamana bağlı “X-Y Dağılımı” türündeki grafikleri elde edilerek sonuçların daha görsel bir şekilde ortaya sunulması sağlanmıştır. (Şekil 3.25)



Şekil 3.25. Run 11(Pulluk) için ön aks X eksen grafiği

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Titreşim ölçümlerinde kullanılan farklı alet ve makinalar ile traktörün ön aks, arka aks ve koltuk braketini üzerine yerleştirilen sensörlerin x,y ve z eksenlerinden 3 tekerrür ile alınan değerlerin ortalama, maksimum değer, minimum değer, standart sapma ve varyasyon katsayıları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. Ölçüm değerlerinin grafikleri ise EK lerde yer almaktadır.

4.1. 25 cm'lik 4 Soklu Pulluk ile Çalışmadaki Titreşim Ölçüm Sonuçları

Çizelge 4.1. Kulaklı Pulluk ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları

		4 SOKLU 10" PULLUK								
		Ön Aks			Koltuk Braketi			Arka Aks		
		x	y	z	x	y	z	x	y	Z
1. Tekerrür	ort(ms-2)	0,04817	0,0802	0,12468	0,04997	0,04655	0,08367	0,13284	0,05821	0,05531
	max(ms-2)	0,22248	0,29443	0,63584	0,23851	0,22085	0,3818	0,43884	0,328	0,25417
	min(ms-2)	0,00004	0,00001	0,00003	0,00003	0,00001	0,00004	0,00008	0,00004	0,00001
	std(ms-2)	0,03618	0,053	0,09204	0,03895	0,03647	0,06382	0,09067	0,04421	0,04243
	vk(%)	75,10267	66,08443	73,8201	77,93654	78,34509	76,27997	68,25639	75,96156	76,70701
2. Tekerrür	ort(ms-2)	0,04811	0,07547	0,13052	0,04968	0,04773	0,08428	0,14134	0,05902	0,05363
	max(ms-2)	0,24229	0,30304	0,49321	0,25002	0,24887	0,41132	0,47771	0,26235	0,268
	min(ms-2)	0,00003	0,00001	0,0001	0,00006	0,00001	0,00003	0,00004	0,00001	0,00001
	std(ms-2)	0,03706	0,05282	0,09092	0,03899	0,03632	0,06341	0,09395	0,04375	0,04032
	vk(%)	77,04791	69,97869	69,66262	78,47858	76,08028	75,23212	66,46932	74,13375	75,17574
3. Tekerrür	ort(ms-2)	0,058	0,08299	0,13825	0,05938	0,05944	0,10055	0,14036	0,06945	0,06209
	max(ms-2)	0,24942	0,35109	0,65888	0,26543	0,33507	0,52382	0,50382	0,29054	0,28605
	min(ms-2)	0,00006	0,00001	0,00006	0,00001	0,00003	0,00001	0,00005	0,00004	0,00001
	std(ms-2)	0,04286	0,05979	0,10109	0,045	0,04674	0,07706	0,09844	0,05301	0,0481
	vk(%)	73,89949	72,04717	73,12369	75,78446	78,63074	76,63255	70,13406	76,32335	77,47995
Genel	ort(ms-2)	0,05143	0,079553	0,13115	0,05301	0,05124	0,0895	0,13818	0,062227	0,05701
	max(ms-2)	0,24942	0,35109	0,65888	0,26543	0,33507	0,52382	0,50382	0,328	0,28605
	min(ms-2)	0,00003	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001	0,00001	0,00004	0,00001	0,00001
	std(ms-2)	0,0387	0,055203	0,094683	0,04098	0,039843	0,068097	0,094353	0,04699	0,043617
	vk(%)	75,35002	69,3701	72,20214	77,39986	77,68537	76,04821	68,28659	75,47289	76,45423

Çizelge 4.1. incelendiğinde varyasyon katsayılarının 1. tekerrürde % 75 , 2. tekerrürde % 77 ve 3. tekerrürde % 74 gibi oldukça büyük değerler arasında değiştiği görülmektedir. Ölçümlerde en yüksek değer 3. tekerrürde ön akstan, z ekseninde $0,66 \text{ m/s}^2$ olarak alınmıştır. Bu değer titreşim yönetmeliğinde belirtilen tüm vücut titreşiminin sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri $1,15 \text{ m/s}^2$ nin altındadır. Tüm eksenlerin genel ortalama

değeri sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri $0,5\text{m/s}^2$ den küçük olan $0,08\text{ m/s}^2$ dir. Pulluk ile çalışmadaki grafikler EK 1 de verilmiştir.

4.2. 7 Ayaklı Çizel Çalışmadaki Titreşim Ölçüm Sonuçları

Çizelge 4.2. 7 Ayaklı çizel ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları

		7 AYAKLI ÇİZEL								
		Ön Aks			Koltuk Braketi			Arka Aks		
		x	y	z	x	y	z	x	y	Z
1. Tekerrür	ort(ms-2)	0,05278	0,0563	0,11646	0,0517	0,03644	0,09023	0,13184	0,05261	0,05319
	max(ms-2)	0,34891	0,25917	0,51811	0,25855	0,17688	0,44903	0,45302	0,23268	0,28863
	min(ms-2)	0,00003	0,00007	0,00003	0,00003	0,00001	0,00003	0,00007	0,00003	0,00001
	std(ms-2)	0,03974	0,03955	0,0863	0,03988	0,02799	0,06742	0,09416	0,03968	0,04217
	vk(%)	75,30691	70,24829	74,10231	77,13482	76,82725	74,72767	71,42464	75,42929	79,27372
2. Tekerrür	ort(ms-2)	0,05377	0,05578	0,13036	0,05338	0,0394	0,09866	0,12872	0,06725	0,05584
	max(ms-2)	0,2201	0,25129	0,49332	0,30162	0,20314	0,48327	0,47373	0,3011	0,26708
	min(ms-2)	0,00001	0,00003	0,00007	0,00003	0,00001	0,00001	0,00001	0,00003	0,00008
	std(ms-2)	0,03975	0,04014	0,09551	0,0408	0,02987	0,07332	0,09331	0,05037	0,04333
	vk(%)	73,91838	71,9673	73,26673	76,43748	75,79601	74,31883	72,4935	74,89751	77,60291
3. Tekerrür	ort(ms-2)	0,06209	0,06399	0,11698	0,06683	0,04857	0,09785	0,14083	0,061	0,06566
	max(ms-2)	0,293	0,30664	0,47251	0,36548	0,21269	0,52817	0,54196	0,38467	0,41908
	min(ms-2)	0,00001	0,00003	0,00007	0,00014	0,00001	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001
	std(ms-2)	0,0471	0,04499	0,08775	0,05329	0,03628	0,07344	0,10026	0,04642	0,05388
	vk(%)	75,85198	70,29875	75,01271	79,74163	74,68912	75,05556	71,18975	76,09786	82,05447
Genel	ort(ms-2)	0,05621	0,05869	0,121267	0,057303	0,04147	0,09558	0,133797	0,060287	0,05823
	max(ms-2)	0,34891	0,30664	0,51811	0,36548	0,21269	0,52817	0,54196	0,38467	0,41908
	min(ms-2)	0,00001	0,00003	0,00003	0,00003	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	std(ms-2)	0,042197	0,04156	0,089853	0,044657	0,03138	0,071393	0,09591	0,04549	0,04646
	vk(%)	75,02576	70,83811	74,12725	77,77131	75,77079	74,70069	71,70263	75,47489	79,6437

Çizelge 4.2. incelendiğinde varyasyon katsayılarının ortalama 1. tekerrürde % 75 , 2. tekerrürde % 75 ve 3. tekerrürde % 76 gibi oldukça büyük değerler arasında değiştiği görülmektedir. Ölçümlerde en yüksek değer 3. tekerrürde arka akstan, z ekseninden $0,54\text{ m/s}^2$ olarak alınmıştır. Bu değer titreşim yönetmeliğinde belirtilen tüm vücut titreşiminin sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri $1,15\text{ m/s}^2$ nin altındadır. Tüm eksenlerin genel ortalama değeri sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri $0,5\text{m/s}^2$ den küçük olan $0,07\text{ m/s}^2$ dir. Çizel ile çalışmadaki grafikler EK 2 de verilmiştir.

4.3. 14 lü Hidrolik Diskaro ile Çalışmadaki Titreşim Ölçümleri Sonuçları

Çizelge 4.3. 14 lü Hidrolik diskaro ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları

		14'LÜ HİDROLİK DİSKARO								
		Ön Aks			Koltuk Braketi			Arka Aks		
		x	y	z	x	y	z	x	y	Z
1. Tekerrür	ort(ms-2)	0,04198	0,05989	0,13535	0,04571	0,04225	0,09243	0,12611	0,05822	0,05974
	max(ms-2)	0,21663	0,26333	0,67593	0,23983	0,2863	0,44446	0,43276	0,31658	0,27621
	min(ms-2)	0,00004	0,00006	0,00006	0,00001	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001	0,00007
	std(ms-2)	0,03097	0,04369	0,10353	0,03502	0,03445	0,07029	0,08957	0,04549	0,04652
	vk(%)	73,78518	72,94842	76,49054	76,62019	81,54637	76,04856	71,0308	78,1308	77,87873
2. Tekerrür	ort(ms-2)	0,04912	0,07314	0,16276	0,0592	0,07302	0,11035	0,13597	0,07604	0,07382
	max(ms-2)	0,23337	0,37918	0,76095	0,29845	0,37047	0,59137	0,48623	0,37444	0,34263
	min(ms-2)	0,00003	0,00001	0,00006	0,00006	0,00008	0,00004	0,00001	0,00006	0,00003
	std(ms-2)	0,03552	0,05514	0,12095	0,04414	0,05674	0,08395	0,09405	0,05997	0,05711
	vk(%)	72,3116	75,38759	74,30772	74,56376	77,70853	76,0811	69,16804	78,86873	77,37387
3. Tekerrür	ort(ms-2)	0,04325	0,0707	0,16068	0,05343	0,05468	0,10754	0,13675	0,06041	0,07207
	max(ms-2)	0,19996	0,36934	0,92626	0,28854	0,3384	0,54487	0,50222	0,37239	0,39185
	min(ms-2)	0,00001	0,00003	0,00003	0,00001	0,00001	0,00005	0,00007	0,00003	0,00003
	std(ms-2)	0,03278	0,05254	0,12115	0,04073	0,04463	0,08267	0,09374	0,04713	0,057
	vk(%)	75,78531	74,30831	75,39655	76,24135	81,61352	76,87255	68,55207	78,00689	79,07826
Genel	ort(ms-2)	0,04478	0,06791	0,15293	0,05278	0,05665	0,10344	0,132943	0,06489	0,068543
	max(ms-2)	0,23337	0,37918	0,92626	0,29845	0,37047	0,59137	0,50222	0,37444	0,39185
	min(ms-2)	0,00001	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001	0,00003
	std(ms-2)	0,03309	0,050457	0,11521	0,039963	0,045273	0,07897	0,092453	0,050863	0,053543
	vk(%)	73,9607	74,21477	75,39827	75,80843	80,28947	76,33407	69,58364	78,33547	78,11029

Çizelge 4.2. incelendiğinde varyasyon katsayılarının ortalama 1. tekerrürde % 76 , 2. tekerrürde % 75 ve 3. tekerrürde % 76 gibi oldukça büyük değerler arasında değiştiği görülmektedir. Ölçümlerde en yüksek değer 3. tekerrürde ön akstan, z ekseninde $0,9 \text{ m/s}^2$ olarak alınmıştır. Bu değer titreşim yönetmeliğinde belirtilen tüm vücut titreşiminin sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri $1,15 \text{ m/s}^2$ nin altındadır. Tüm eksenlerin genel ortalama değeri sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri $0,5 \text{ m/s}^2$ den küçük olan $0,08 \text{ m/s}^2$ dir. Diskaro ile çalışmadaki grafikler EK 3 te verilmiştir.

4.4. 35 Ayaklı Kültivatör ile Çalışmadaki Titreşim Ölçümleri Sonuçları

Çizelge 4.4. 35 ayaklı kültivatör ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları

		35 AYKLI KÜLTİVATÖR								
		Ön Aks			Koltuk Braketi			Arka Aks		
		x	y	z	x	y	z	X	y	Z
1. Tekerrür	ort(ms-2)	0,03842	0,05175	0,11138	0,03449	0,02933	0,08973	0,10873	0,0488	0,03946
	max(ms-2)	0,16828	0,22155	0,47526	0,16077	0,14408	0,41906	0,40728	0,22519	0,2125
	min(ms-2)	0,00009	0,00001	0,00003	0,00004	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00003
	std(ms-2)	0,02929	0,04025	0,0794	0,0269	0,02282	0,06833	0,08321	0,03616	0,03123
	vk(%)	76,25041	77,77367	71,28587	77,99087	77,82443	76,14956	76,52762	74,09427	79,12736
2. Tekerrür	ort(ms-2)	0,04106	0,04874	0,12475	0,03652	0,02619	0,09806	0,12005	0,058	0,0426
	max(ms-2)	0,17082	0,20632	0,50516	0,16337	0,11792	0,39407	0,41094	0,21912	0,20086
	min(ms-2)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00003	0,00001	0,00003	0,00005	0,00003	0,00006
	std(ms-2)	0,0302	0,03624	0,08515	0,02742	0,01945	0,07034	0,0846	0,03939	0,03127
	vk(%)	73,54319	74,34988	68,25358	75,0975	74,27096	71,73387	70,47252	67,91456	73,4035
3. Tekerrür	ort(ms-2)	0,05076	0,05489	0,1375	0,04555	0,03805	0,11619	0,11555	0,07128	0,05472
	max(ms-2)	0,20735	0,25097	0,59535	0,21961	0,20217	0,47364	0,42915	0,28402	0,25947
	min(ms-2)	0,00001	0,00008	0,00006	0,00003	0,00001	0,00008	0,00001	0,00001	0,00003
	std(ms-2)	0,03701	0,04039	0,10057	0,03442	0,02927	0,08245	0,08635	0,04739	0,04158
	vk(%)	72,90716	73,58252	73,14284	75,56635	76,9257	70,96311	74,73616	66,4923	75,97971
Genel	ort(ms-2)	0,04341	0,051793	0,124543	0,038853	0,03119	0,101327	0,114777	0,05936	0,045593
	max(ms-2)	0,20735	0,25097	0,59535	0,21961	0,20217	0,47364	0,42915	0,28402	0,25947
	min(ms-2)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00003
	std(ms-2)	0,032167	0,03896	0,088373	0,02958	0,023847	0,073707	0,08472	0,04098	0,034693
	vk(%)	74,23359	75,23536	70,8941	76,21824	76,34036	72,94885	73,9121	69,50038	76,17019

Çizelge 4.4. incelendiğinde varyasyon katsayılarının ortalama 1. tekerrürde % 76 , 2. tekerrürde % 73 ve 3. tekerrürde % 73 gibi oldukça büyük değerler arasında değiştiği görülmektedir. Ölçümlerde en yüksek değer 3. tekerrürde ön akstan, z ekseninde $0,6 \text{ m/s}^2$ olarak alınmıştır. Bu değer titreşim yönetmeliğinde belirtilen tüm vücut titreşiminin sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri $1,15 \text{ m/s}^2$ nin altındadır. Tüm eksenlerin genel ortalama değeri sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri $0,5 \text{ m/s}^2$ den küçük olan $0,07 \text{ m/s}^2$ dir. Kültivatör ile çalışmadaki grafikler EK 4 te verilmiştir

4.5. 4 Sıralı Ekim Makinası ile Çalışmadaki Titreşim Ölçümleri Sonuçları

Çizelge 4.5. 4 Sıralı ekim makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları

		4 SIRALI EKİM MAKİNASI								
		Ön Aks			Koltuk Braketi			Arka Aks		
		x	y	z	x	y	z	x	y	Z
1. Tekerrür	ort(ms-2)	0,04348	0,05458	0,11058	0,03519	0,04187	0,08653	0,11471	0,05356	0,04774
	max(ms-2)	0,18546	0,22563	0,55221	0,15939	0,18075	0,42225	0,39503	0,2556	0,27152
	min(ms-2)	0,00003	0,00001	0,00001	0,00001	0,00004	0,00001	0,00001	0,00001	0,00004
	std(ms-2)	0,0319	0,03961	0,08088	0,02718	0,03108	0,0655	0,0795	0,04063	0,0411
	vk(%)	73,37339	72,5674	73,14758	77,2366	74,21727	75,69746	69,30237	75,8592	86,08071
2. Tekerrür	ort(ms-2)	0,04005	0,0547	0,11257	0,03173	0,04589	0,08191	0,12071	0,05711	0,04352
	max(ms-2)	0,17234	0,27945	0,41389	0,17067	0,47771	0,32986	0,402	0,23121	0,19459
	min(ms-2)	0,00001	0,00003	0,00004	0,00001	0,00001	0,00003	0,00003	0,00003	0,00001
	std(ms-2)	0,0293	0,0402	0,07778	0,02392	0,03414	0,06146	0,08089	0,04181	0,03328
	vk(%)	73,15355	73,49413	69,08962	75,39229	74,39614	75,03903	67,00803	73,21425	76,45976
3. Tekerrür	ort(ms-2)	0,05014	0,06897	0,13092	0,04659	0,06622	0,10268	0,13126	0,07404	0,06341
	max(ms-2)	0,2537	0,29808	0,5062	0,28195	0,42243	0,45269	0,43024	0,39432	0,30101
	min(ms-2)	0,00003	0,00001	0,00004	0,00001	0,00001	0,00004	0,00008	0,00001	0,00003
	std(ms-2)	0,03786	0,05131	0,09334	0,03596	0,05713	0,07601	0,0887	0,05897	0,04743
	vk(%)	75,49976	74,40024	71,29566	77,19335	86,27251	74,027	67,57657	79,64619	74,79816
Genel	ort(ms-2)	0,04456	0,059417	0,118023	0,037837	0,051327	0,090373	0,122227	0,06157	0,051557
	max(ms-2)	0,2537	0,29808	0,55221	0,28195	0,47771	0,45269	0,43024	0,39432	0,30101
	min(ms-2)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	std(ms-2)	0,03302	0,043707	0,084	0,02902	0,040783	0,067657	0,08303	0,047137	0,040603
	vk(%)	74,0089	73,48726	71,17762	76,60741	78,29531	74,92116	67,96232	76,23988	79,11288

Çizelge 4.5. incelendiğinde varyasyon katsayılarının ortalama 1. tekerrürde % 75 , 2. tekerrürde % 73 ve 3. tekerrürde % 75 gibi oldukça büyük değerler arasında değiştiği görülmektedir. Ölçümlerde en yüksek değer 1. tekerrürde ön akstan, z ekseninde $0,55 \text{ m/s}^2$ olarak alınmıştır. Bu değer titreşim yönetmeliğinde belirtilen tüm vücut titreşiminin sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri $1,15 \text{ m/s}^2$ nin altındadır. Tüm eksenlerin genel ortalama değeri sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri $0,5 \text{ m/s}^2$ den küçük olan $0,07 \text{ m/s}^2$ dir. Ekim Makinası ile çalışmadaki grafikler EK 5 te verilmiştir.

4.6. Gübreleme Makinası ile Çalışmadaki Titreşim Ölçümleri Sonuçları

Çizelge 4.6. Gübreleme makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri sonuçları

		GÜBRELEME MAKİNASI								
		Ön Aks			Koltuk Braketi			Arka Aks		
		x	y	z	x	y	z	x	y	Z
1. Tekerrür	ort(ms-2)	0,0425	0,05349	0,1002	0,04116	0,04985	0,08922	0,1062	0,0541	0,04518
	max(ms-2)	0,18624	0,25828	0,41169	0,23224	0,23777	0,44653	0,40751	0,26716	0,25361
	min(ms-2)	0,00001	0,00001	0,00013	0,00001	0,00003	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001
	std(ms-2)	0,032	0,04052	0,07561	0,03161	0,03779	0,06744	0,07724	0,04167	0,0346
	vk(%)	75,30277	75,75802	75,46505	76,78174	75,81807	75,5917	72,73008	77,03024	76,58294
2. Tekerrür	ort(ms-2)	0,0357	0,05206	0,1004	0,03227	0,04069	0,09674	0,11192	0,04407	0,04001
	max(ms-2)	0,15169	0,22328	0,40458	0,16679	0,18685	0,35876	0,38961	0,20978	0,17652
	min(ms-2)	0,00003	0,00001	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	std(ms-2)	0,02699	0,03629	0,07066	0,02443	0,0306	0,06984	0,07568	0,03225	0,02971
	vk(%)	75,59544	69,70622	70,38101	75,71683	75,18325	72,19815	67,61968	73,16841	74,25195
3. Tekerrür	ort(ms-2)	0,04246	0,05766	0,12751	0,0407	0,05804	0,1098	0,11825	0,06425	0,05752
	max(ms-2)	0,19892	0,29684	0,52012	0,20905	0,62014	0,4614	0,4319	0,36891	0,29353
	min(ms-2)	0,00001	0,00004	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001	0,00003	0,00001	0,00001
	std(ms-2)	0,03199	0,04207	0,09207	0,0316	0,04711	0,08063	0,08012	0,04958	0,04418
	vk(%)	75,34931	72,96994	72,20309	77,64553	81,17766	73,43477	67,75923	77,17211	76,80312
Genel	ort(ms-2)	0,04022	0,054403	0,10937	0,038043	0,049527	0,098587	0,112123	0,05414	0,04757
	max(ms-2)	0,19892	0,29684	0,52012	0,23224	0,62014	0,4614	0,4319	0,36891	0,29353
	min(ms-2)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	std(ms-2)	0,030327	0,039627	0,079447	0,029213	0,0385	0,072637	0,07768	0,041167	0,036163
	vk(%)	75,41584	72,81139	72,68305	76,7147	77,39299	73,74154	69,36966	75,79025	75,87934

Çizelge 4.6. incelendiğinde varyasyon katsayılarının ortalama 1. tekerrürde % 76 , 2. tekerrürde % 73 ve 3. tekerrürde % 75 gibi oldukça büyük değerler arasında değiştiği görülmektedir. Ölçümlerde en yüksek değer 3. tekerrürde koltuk braketinden, y ekseninde $0,62 \text{ m/s}^2$ olarak alınmıştır. Bu değer titreşim yönetmeliğinde belirtilen tüm vücut titreşiminin sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri $1,15 \text{ m/s}^2$ nin altındadır. Tüm eksenlerin genel ortalama değeri sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri $0,5 \text{ m/s}^2$ den küçük olan $0,07 \text{ m/s}^2$ dir. Gübreleme makinası ile çalışmadaki grafikler EK 6 da verilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Trakya arazi koşullarında ve Trakya bölgesinin genel tarımsal mekanizasyon alet ve makinaları ile yapılan bu çalışma ile elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Tüm makina ve aletler için aynı koşullarda yapılan denemelerde en büyük ivme değeri 14 lü hidrolik diskaro ile çalışmada 3. tekerrürde ön akstan, z ekseninde $0,93 \text{ m/s}^2$ olarak bulunmuştur. Diğer tüm makinalar ile çalışmadaki maksimum ivme değerleri $0,52 \text{ m/s}^2$ ile $0,66 \text{ m/s}^2$ arasında ölçülmüştür.

Çalışma süresince ortalama ivme değerleri en yüksek olan 4 soklu kulaklı pulluktur. $0,08 \text{ m/s}^2$ ile en büyük ortalama değeri kulaklı pulluktan almış olsak ta, diğer tüm alet ve ya makinalar ile çalışmada alınan ortalama ivme değerler $0,07 \text{ m/s}^2$ olarak hepsinde aynıdır.

Değerlendirme sonucunda maksimum ivme değerlerinin en çok ön akstan alındığı ortaya çıkmıştır. Pulluk diskaro, kültivatör ve ekim makinası ile çalışmada traktörün ön aksından, çizel ile çalışmada arka akstan ve gübre makinası ile çalışmada ise koltuk braketinden maksimum değerler ölçülmüştür. Toprağı çizele göre daha sığ olarak işleyen ve genel çeki kuvvetleri birbirine yakın olan pulluk diskaro, kültivatör ve ekim makinası işlenen toprak katmanı, traktörün arka tekerlekleri ve traktörün üç nokta askı sistemi ile dengeli bir sürüm sağlamaktadır. Bu yüzden traktörün arka bölgesi ön aks bölgesine göre nispeten daha az ivme oluşturmuştur. Ön tekerleklerin traktörün arkasında iki ekipmanların tepki kuvveti sonucunda yere olan ağırlığının bir kısmını kaybetmesi buradaki titreşimlerin artmasına neden olabilmektedir.

7 li çizel ise pulluk, diskaro, kültivatör ve ekim makinasına göre daha derin sürüm gerçekleştirmektedir. Denemelerde çizelin traktörü daha çok zorladığı gözlemsel olarak fark edilmiştir. Çizel ile çalışmada maksimum ivme değeri arka akstan alınmıştır. Toprak yüzeyinde çalışan diğer dört ekipmana göre traktöre daha çok çeki kuvveti uygulaması ve ön tekerleklerin dengesini daha çok bozmasına karşın arka tekerleklerin zorlandıkça daha çok patinaj yapması arka aksta daha çok titreşim oluşmasına neden olabilmektedir. Ayrıca ön aksta oluşması muhtemel olan düşük frekanslı küçük ivme değerleri sistem tarafından okunmamış olabilir ve ya çok düşük değerler oldukları için değerlendirmede elenmiş olabilirler. Traktör titreşimleri 1-80 Hz lik bir bölgede bulunur ve 1- 10 Hz arasında düşük frekanslı, 11-80 Hz arasında yüksek frekanslı titreşimler olmak üzere 2 grupta incelenir.

Yüksek frekanslı titreşimler motor ve hareket iletim organlarından kaynaklanan periyodik, düşük frekanslı titreşimler ise tekerlek lastiği ile hareket yüzeyi arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanan gelişigüzel karakterli titreşimlerdir. Ergonomik yönde ağırlığı olan titreşimler de düşük frekanslı titreşimlerdir.(Sabancı 1985)

Maksimum ivme değeri koltuk braketinden okunan tek ekipman gübre serpme makinasıdır. Diğer çizel, pulluk, diskaro, kültivatör ve ekim makinasından farklı olarak gübre serpme makinası toprak yüzeyine temas etmeden traktörün üç nokta askı düzenine takılarak kuyruk milinin de çalıştırılması ile kullanılır. Buradaki titreşimler gübre makinasının diğerlerine göre askıda daha rahat hareket etmesi ve kuyruk milinin de bu harekete eşlik etmesi sonucunda farklılık kazanmış olabilirler.

Gübre dağıtma makinası hariç diğer çizel, pulluk, diskaro, kültivatör ve ekim makinasında en büyük ivme değerleri z ekseninde yani düşey ekseninde ölçülmüştür. Bu makinalar toprak yüzeyinde çalışmaktadırlar ve y eksenini yani yatay ekseninde çok fazla titreşim üretmemektedirler. Oysa traktörün arkasında havada asılı olarak çalışılan gübre serpme makinasının diğer ekipmanlara kıyasla yatayda daha çok ivme oluşturması muhtemeldir.

Ayrıca en büyük ivme değerleri ekim makinasında birinci diğer çizel, pulluk, diskaro, kültivatör ve gübre makinasında üçüncü tekerrürlerde ölçülmüştür.

Çalışmada kullanılan tüm alet ve makinalar ile çalışmadan elde edilen ivme değerleri titreşim yönetmeliğinde belirtilen tüm vücut titreşiminin sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri $1,15 \text{ m/s}^2$ nin altındadır. Tüm eksenlerin genel ortalama değeri sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri $0,5 \text{ m/s}^2$ den küçüktür.

Yapılmış olan bu çalışmada yörede en çok kullanılan tarım alet ve makinaları ile çalışmada traktörde oluşan titreşimler saptanmaya çalışılmıştır. Bu nedenle bir çiftçinin traktör ile tarlada yapabileceği değişik tarımsal işlerin bir kısmı seçilerek denenmiştir. Ancak traktör ile çalışmada oluşacak titreşimleri oluşturacak faktörler ve bu faktörlerin yalnız başlarına ve ya beraber etkileşimleri farklı sonuçlar ortaya çıkarabilmektedirler. Bu faktörlerin bazıları daha önceden yapılmış olan çalışmalarda da ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Gerçek koşullarda çiftçiler farklı marka ,model,tip ve güç yelpazesi içindeki traktörler ile yine farklı marka , model, iş genişliği v.s. olan tarım alet ve makinalarının kombinasyonları ile çalışmaktadırlar. Ayrıca tarımsal mekanizasyon işlerinde titreşimler bu traktör-alet kombinasyonlarına değişken arazi şartlarının eklenmesiyle de çeşitlenebilecektir. Tüm bunların yanında traktörün ve makinaların bakımından dolayı kaynaklanan performans durumları, traktör koltuğunu ve lastik koşulları, ya da çiftçinin sürüş karakteristikleri de oluşacak titreşimleri etkileyebilmektedir.

Traktörlerde titreşime karşı alınan önlemler büyük güçlü ve pahalı traktörlerde yer bulmaktadır ancak ülkemiz koşullarında işletmelerin arazi büyüklükleri ve ekonomik durumları göz önüne alındığında bu tipteki traktörlere nadir olarak rastlanılmaktadır. Traktörlerde titreşime alınan önlemler satın alma maliyetini arttırmaktadır. Bu yüzden bir çok çalışma ile ortaya çıkarılmış olan traktör titreşimlerinin sürücüyeye olan olumsuz etkilerinin azaltılması konusunda mevcut traktör parkının ergonomi yönünden daha üstün traktörlerle yenilenebilmesi için tarım işletmelerinin gerekli yapıya ve ekonomik koşullara ulaşabilmeleri açısından gerekli önlemlerin alınması sağlanmalıdır.

Traktörler farklı çeki kuvveti ihtiyacı olan makinalar ile çalışırken titreşim özellikleri de değişmektedir. Çeki güçleri birbirine yakın olan alet ve makinalar ile traktörler çalıştıkları zaman dengeli bir sürüm gerçekleşmektedir. Eğer traktörün arkasına bağlanan ekipmanlar traktörü normalden fazla zorluyorsa traktörün ön kısmından arka kısmına doğru ağırlık transferi gerçekleşir ve bunun sonucunda traktörün ön tarafında daha büyük dalga boylu titreşimler oluşabilmektedir. Bu yüzden traktörlerde oluşan titreşimler ileriki bir çalışmada çeki kuvveti ile aynı anda ölçülerek traktördeki titreşimler ile çeki kuvveti arasındaki ilişki ortaya çıkarılmaya çalışılacaktır.

Tüm bunların yanı sıra traktörde sürücüyeye sadece koyuluktan değil aynı zamanda direksiyondan da titreşim iletilebilmektedir. Bu konuda yapılmış çalışmalar koltukta yapılan çalışmalara nazaran daha kısıtlıdır. Bu konuda da ileride çalışmalar yapılarak bu boşluğun doldurulması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

Akıncı İ (1996). Tarım traktörlerinde titreşim özellikleri. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dekanlığı, Yayın No : 117, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü Seminerleri 1995-96/18, S. 23, Adana.

Anonim (2007). www.gencbilim.com

Anonim (2008a). www.titreşimanalizi.com

Anonim (2008b). www.princeton.com

Anonim (2008c). www.industrialreplacements.com.au

Anonim (2008d). www.agrobilityproject.org

Anonim (2008e). www.freepatentsonline.com

Anonim (2008f). [http:\\ mevzuat.adalet.gov.tr](http://\ mevzuat.adalet.gov.tr)

Babalık FC , Orak S (1987). Traktör sürücü sandalyelerinde titreşimlerin konstrüktif önlemlerle alınması. pp. 53-60.

Balasanakari PK, Manian R, Kathirvel K(2004). Whole body vibration transmitted to tractor operators during agricultural operations. International Agricultural Engineering Journal, 2004 (Vol.13) (No.1/2)58-63

Bonney R (1989). Some effects on the spine from driving. Clinical Biomechanics, Vol 3, pp. 236-240.

Bovenzi M, Zadini A (1992). Self reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole body vibration. Spine, Vol.17 (9): pp. 1048-1059.

Bovenzi M, Betta A (1994). Low back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole body vibration and posturalstress. Applied Ergonomics Vol.25, pp. 231-244.

Bölükoğlu H , Kunst O (1989). Traktör Koltuklarının Tasarımında Titreşimin Önemi. II. Ulusal Ergonomi Kongresi, Ankara, MPM Yayınları : 379.

Burdorf A, Swuste P (1993). Effect of seat suspension on exposure to whole body vibration of professional drivers. *Annals of Occupational Hygiene*, Vol.37, pp. 45-55.

Buzluk S (2001). TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi 23-24-25 Mart 2001 Eskişehir-Türkiye

Centea D, Rahnejat H, Munday MT (2001). Non-linear multi-body dynamic analysis for the study of clutch torsional vibrations(judder), *Applied Mathematical Modelling*, 25,177-192

Crolla DA (1996). Vehicle dynamics- theory into practice, *Proc. ImechE Automobile Division*, 210, 83-94.

Crolla DA, Dale AK (1980). Ride Vibration Measurements of Agricultural Tractor and Trailer Combinations. *Vehicle System Dynamics*, Volume 9, Issue 5 September 1980 , pages 261 – 279

Cross J, Walters M (1994). Vibration and jarring as a cause of back injury in the NSW coal mining industry. *Safety Science* Vol 17, pp. 269-274.

Dal H, (2006). Bulanık Mantık Kullanarak Titresim Tabanlı Makina Durum İzlemesi Ve Hata Tespiti. *Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*.

De Puky P (1935). The physiological oscillation of the length of body. *Acta Orthopaedic Scandinavia*, Vol 6, pp. 338-347.

Dickerson B (1991). Medical aspects of cumulative trauma disorders. In: *Cumulative Trauma Disorders in the Workplace*. The Bureau of National Affairs, Washington DC, pp.123-136.

Dupuis H (1991). Vibration exposure and back disorders. In: K. Fehr and H. Krueger (Eds.), *Occupational Musculoskeletal Disorders: Occurrence, Prevention and Therapy*. Eular Publishers, Basel, pp.51-57.

Dupuis H, Zerlett G (1987). Whole body vibration and disorders of the spine. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Vol. 59, pp.323-336.

Erkan N (1997). *Ergonomi*. M.P.M Yayınları, Yayın No: 373, Ankara.

Frymoyer JW, Pope MH, Costanza MC, Rosen JC, Gogin JE, Wilder DG(1980). Epidemiologic studies of low back pain. *Spine*, Vol.5, pp. 419-423.

Gillespie TD (1992) Fundamentals Of Vehicle Dynamics, SAE, USA.

Griffin MJ (1990). In: Whole-body vibration and health-field studies. Appendix 5, Handbook of Human Vibration. Academic Press, New York, NY, pp. 749-763.

Goglia V, Gospodarić Z, Kosutić S, Filipović D (2003). Hand-transmitted vibration from the steering wheel to drivers of a small four-wheel drive tractor. Appl Ergon. 2003 Jan;34(1):45-9.

Hampel GA, Chang WR (1997). Body height change from motor vehicle vibration. Industrial Ergonomics, pp. 489-498.

Hampel GA, Chang WR (1999). Body height change from motor vehicle vibration - A review. International Journal of Industrial Ergonomics 489-498(10).

Hansson T, Magnusson M, Broman H (1991). Back muscle fatigue and seated whole body vibrations: an experimental study in man. Clinical Biomechanics, Vol 6, pp. 173-178.

Hostens I, Anthonis J, Kennes P, Ramon H (2000). Six-degrees-of-freedom Test Rig Design for Simulation of Mobile Agricultural Machinery Vibrations. J. agric. Eng Res. 77, 155-169.

Hulshof C, Van Zanten BV (1987). Whole-body vibration and low back pain. International Archives Occupational Environmental Health, Vol. 59, pp. 205- 220.

Johanning E, Wilder DG, Landrigan PJ, Pope MH (1991). Whole body vibration exposure in subway cars and review of adverse health effects. Journal of occupational medicine, Vol.7, pp.59-62.

Kanat M (2007). Titreşim ve Titreşim Analizi. Bakım ve Yönetim 13. Çalıştayı. ANKARA

Karaçay T (2001). Bir Taşıtın Sürüş Karakteristiginin Duragan Olmayan İstatistiksel Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi Maltepe 06570 Ankara,

Kaigle AM, Magnusson M, Pope MH, Broman H, Hansson T (1992). In vivo measurement of intervertebral creep: a preliminary report. Clinical Biomechanics, Vol. 7, pp.59-62

Kelsey JL, Hardy RJ (1975). Driving of motor vehicles as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disc. American Journal of Epidemiology, Vol. 102, pp. 63-73.

Kitazaki S , Griffin MJ (1998). Resonance behavior of the seated human body and effect of posture, Journal of Biomechanics, 31,143-149.

Klingenstierna U, Pope MH (1987). Body height changes from vibration. Spine Vol 12, pp. 566-568.

Korucu T, Sabancı A, Ülker K (1997). Traktör Oturaklarında Optimum Titreşim Yalıtım Özelliklerinin Sağlanabilmesi İçin Yay ve Hidrolik Eleman Optimizasyonu Üzerinde Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 17.Ulusal Kongresi, 17-19 Eylül 1997, Bildiri Kitabı s:147-155, Gaziosmanpaşa Ü. Zir. Fak., Tar. Mak. Bölümü, Tokat.

Köse RK (2005). Makina Arızalarının Belirlenmesinde Titreşim Analizi. Mühendis ve Makina. S: 45-538

Kumar A, Majahan P, Mohan D, Vargese M (2001). Tractor vibration severity and driver health: a study from Rural India. Journal of agricultural engineering research ISSN 0021-8634 coden jaera2

Lines J, Peachey R, Collins T (1992). Predicting the ride vibration of an unsuspended tractor using the dynamic characteristics of rolling tyres. Journal of Terramechanics Vol. 29, no. 3, pp. 307-315. 1992.

Magnusson M, Hansson T, Pope M, Hansson T (1994). The effect of seat back inclination on spine height changes. Applied Ergonomics Vol 5, pp. 294-298.

Magnusson M, Almqvist M, Broman H, Pope M, Hansson T (1992). Measurement of height loss during whole body vibrations. Journal of Spinal Disorders, Vol 5, pp. 198-203.

Magnusson M, Hansson T, Pope M, Hansson T (1994). The effect of seat back inclination on spine height changes. Applied Ergonomics Vol 5, pp. 294-298.

Mansfield NJ , Griffin MJ, (2000) Difference thresholds for automobile seat vibration, Applied Ergonomics, 31, 255-261.

Megep (2005). Süspansiyon Sistemleri. Türkiye'deki Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi.Ankara

Mehta CR, Shyam M, Singh P, Verma RN (2000) Ride vibration on tractor-implement system, *Applied Ergonomics*, 31, 323-328.

Orak S, Par B (1996). Bir tarım traktörünün modellenmesi ve sürücü oturmağının parametrik optimizasyonu. Uluslar arası tarımsam mekanizasyon ve enerji kongresi pp 315-322 Ankara

Özgener L (2002). Bir Kamyon Kabininde Yol Düzgünsüzlükleri Sonucu Oluşan Titreşimin Bilgisayar Yardımıyla Modellenmesi Analizinin Yapılması ve Konsrükatif Önlemlerin Alınması.Yüksek Lisans Tezi.Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İZMİR

Prasad N, Tewari VK, Yadav R, (1995). Tractor ride vibration- a review, *Journal of Terramechanics*, 32, 4, 205-219.

Redmond GW, Remington PJ (1986). Whole body vibration exposures of coal mining machine operators. *Annual American Conference Gov. Ind, Hyg.*, Vol.14, pp. 475-486.

Sabancı A(1985). Traktör oturaklarında titreşim yalıtım olanakları. Tarımsal mekanizasyon 9. ulusal kongresi pp 209-217 Adana

58. Scarlett AJ, Price JS, Stayner RM (2002). Whole-body vibration: Initial evaluation of emissions originating from modern agricultural tractors. *Health and Safety Executive Books*, pp. 1–26.

Seidel H, Bastek R, Brauer D, Buchholz C, Meister A, Metz

AM, Rothe R (1980). On human response to prolonged repeated whole body vibration. *Ergonomics*, Vol. 23, pp. 191-211.

Seidel H, Heide R (1986). Long term effects of whole body vibration: Acritical survey of literature. *International archives of occupational and enviromental Health*, Vol. 58, pp. 1-26.

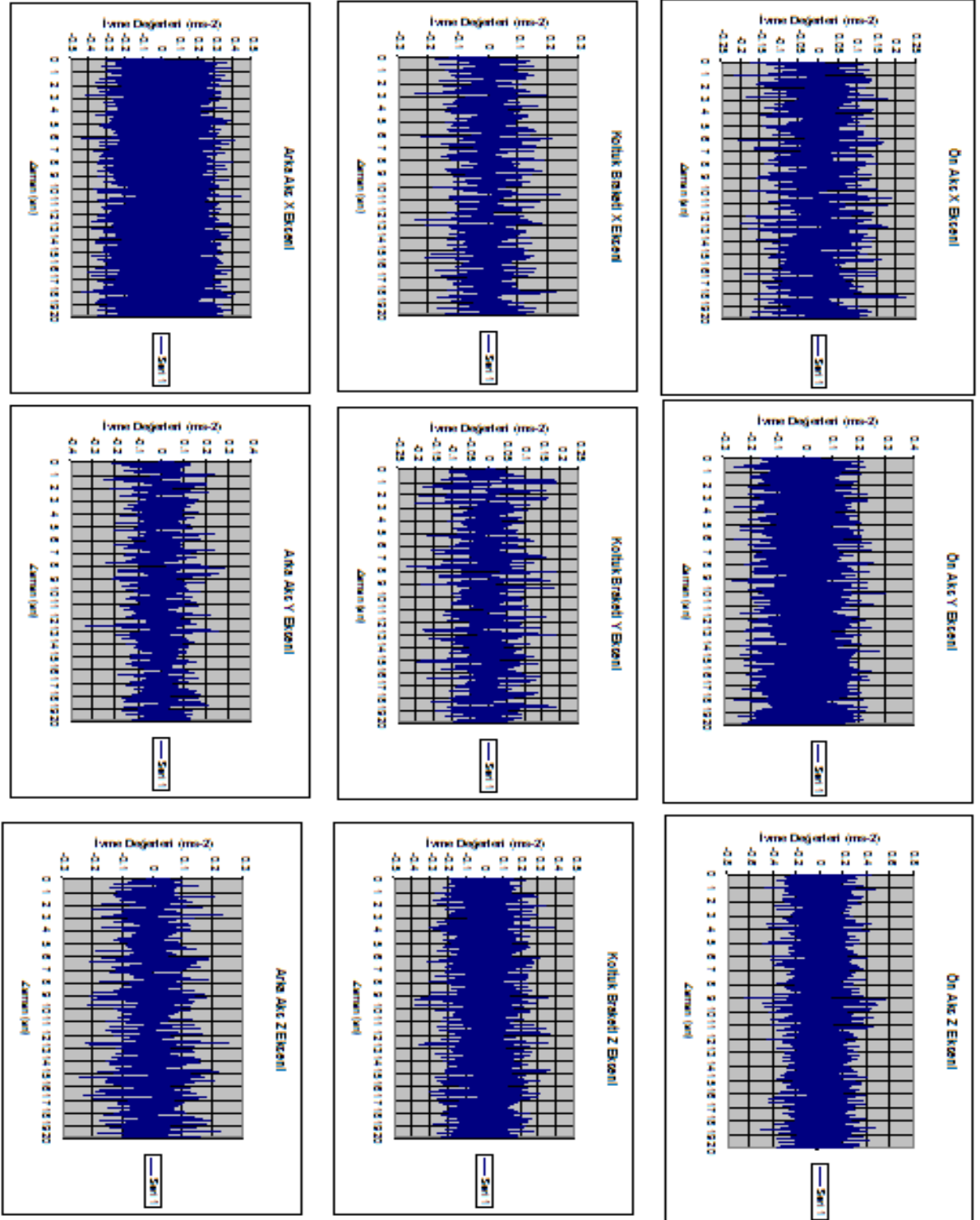
Seidel H (1993). Selected health risks caused by long term whole body vibration. *American journal of Industrial Medicine*, Vol.23, pp. 13-18.

Servadio P, Marsili V, Belfiore NP (2007). Analysis of driving seat vibrations in high forward speed tractors. *Biosystems Engineering*.Volume 97, Issue 2, June 2007, Pages 171-180

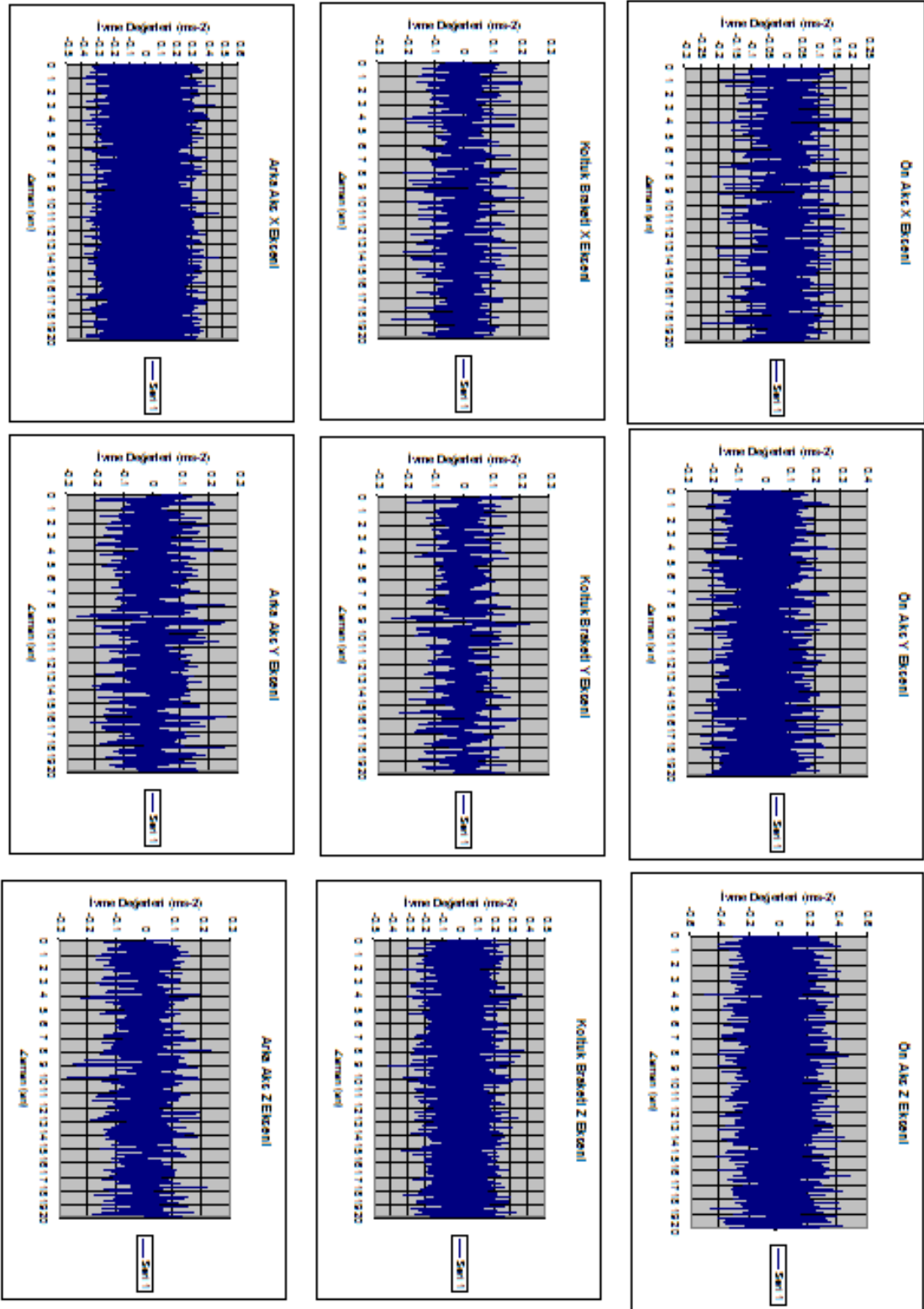
Silleli H, Taşbaş A, Aygöl C, Çay İ (2003). “Tekerlekli Tarım veya Orman Traktörlerinin Sürücü Koltuğu Test Yöntemi” Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, 3-5 Eylül 2003, Konya, 147-156

Troup JDG (1988). Clinical effects of shock and vibration on the spine. Clinical Biomechanics, Vol.3, pp. 227-231.

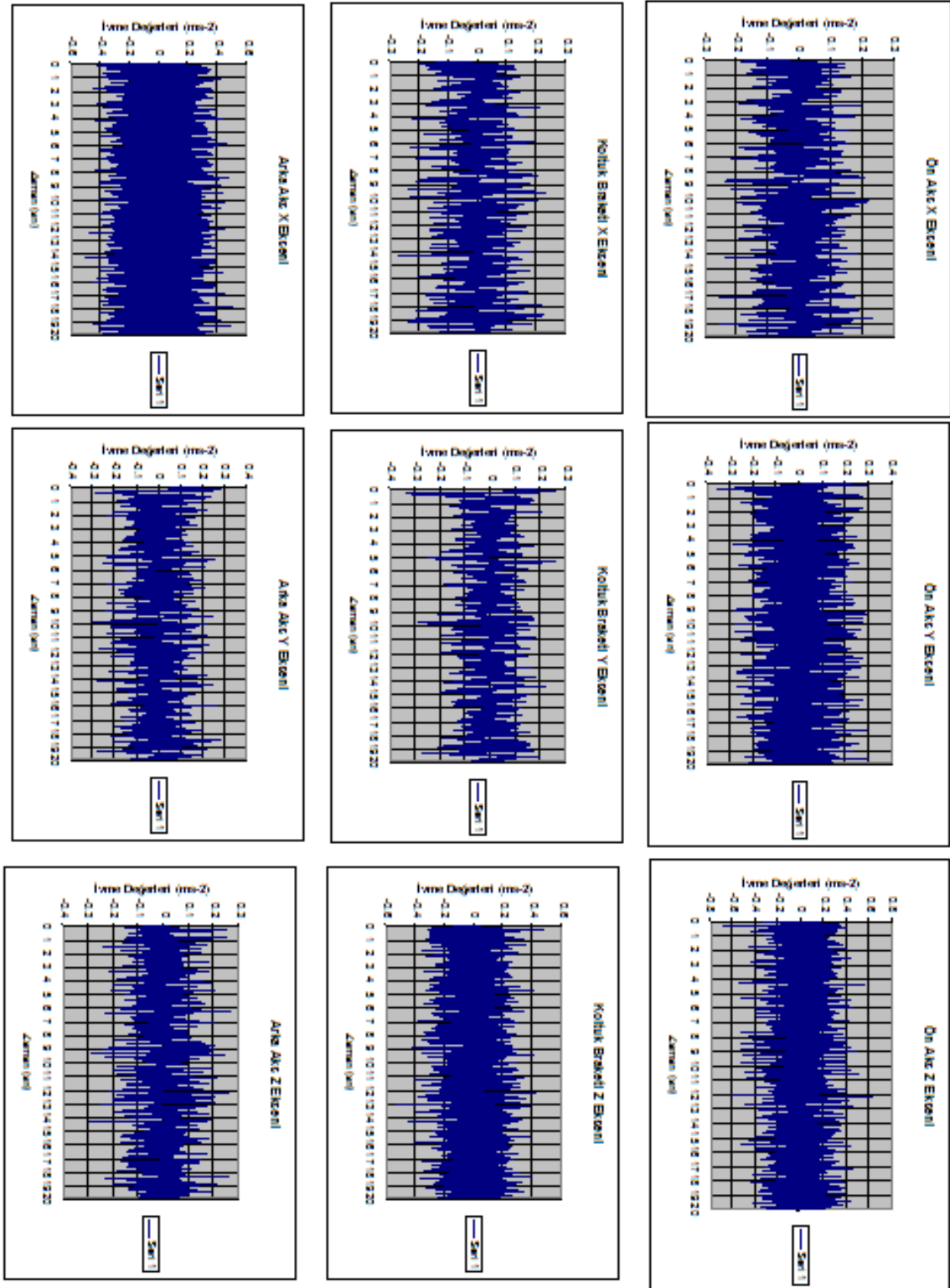
EK1.1. 25 cmlık 4 soklu Pulluk ile çalışmadaki titreşim ölüm grafikleri (1. Tekerrür)



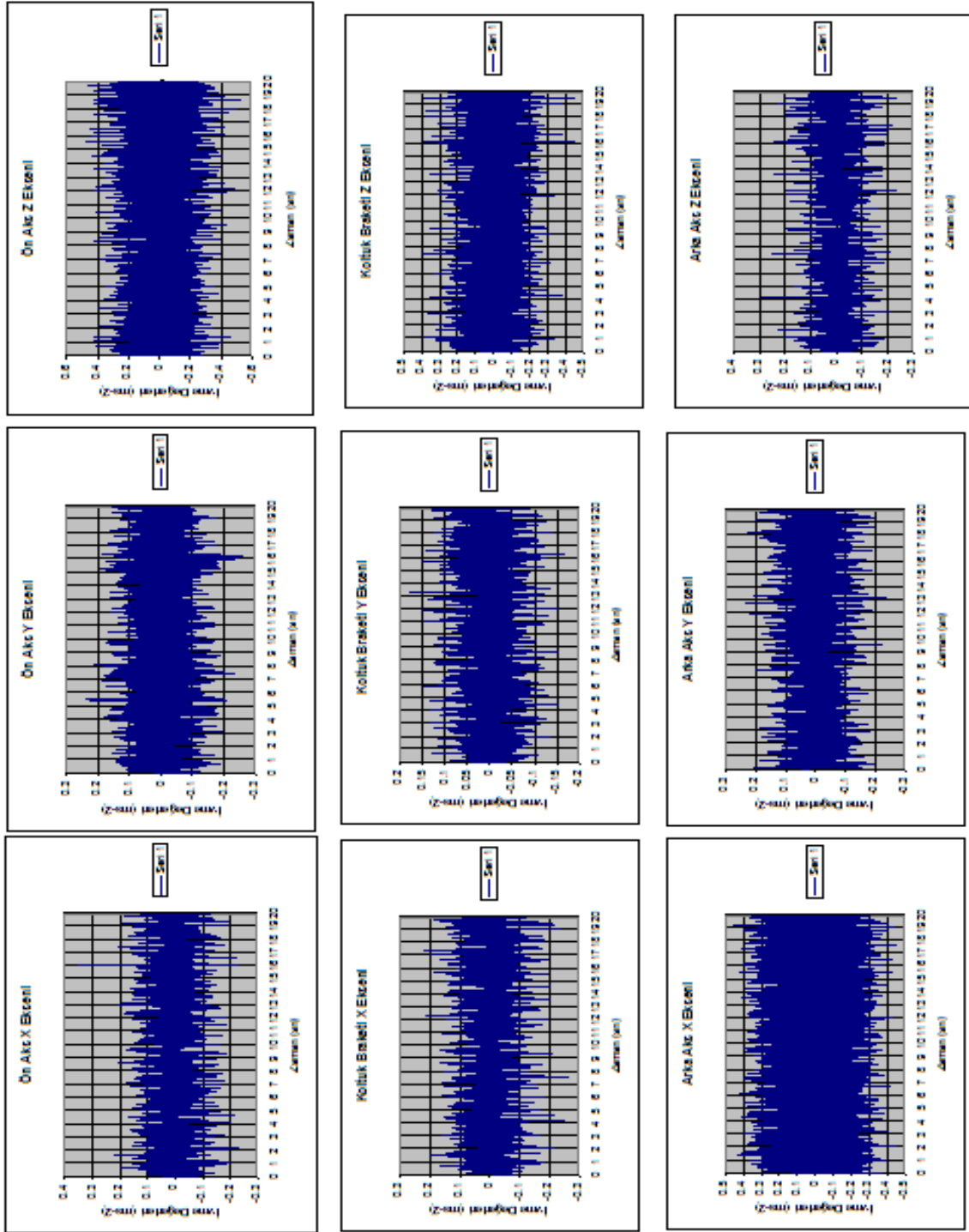
EK 1.2. 4 Soklu 10" Pulluk ile çalışmadaki titreşim ölçüm grafikleri (2. Tekerrür)



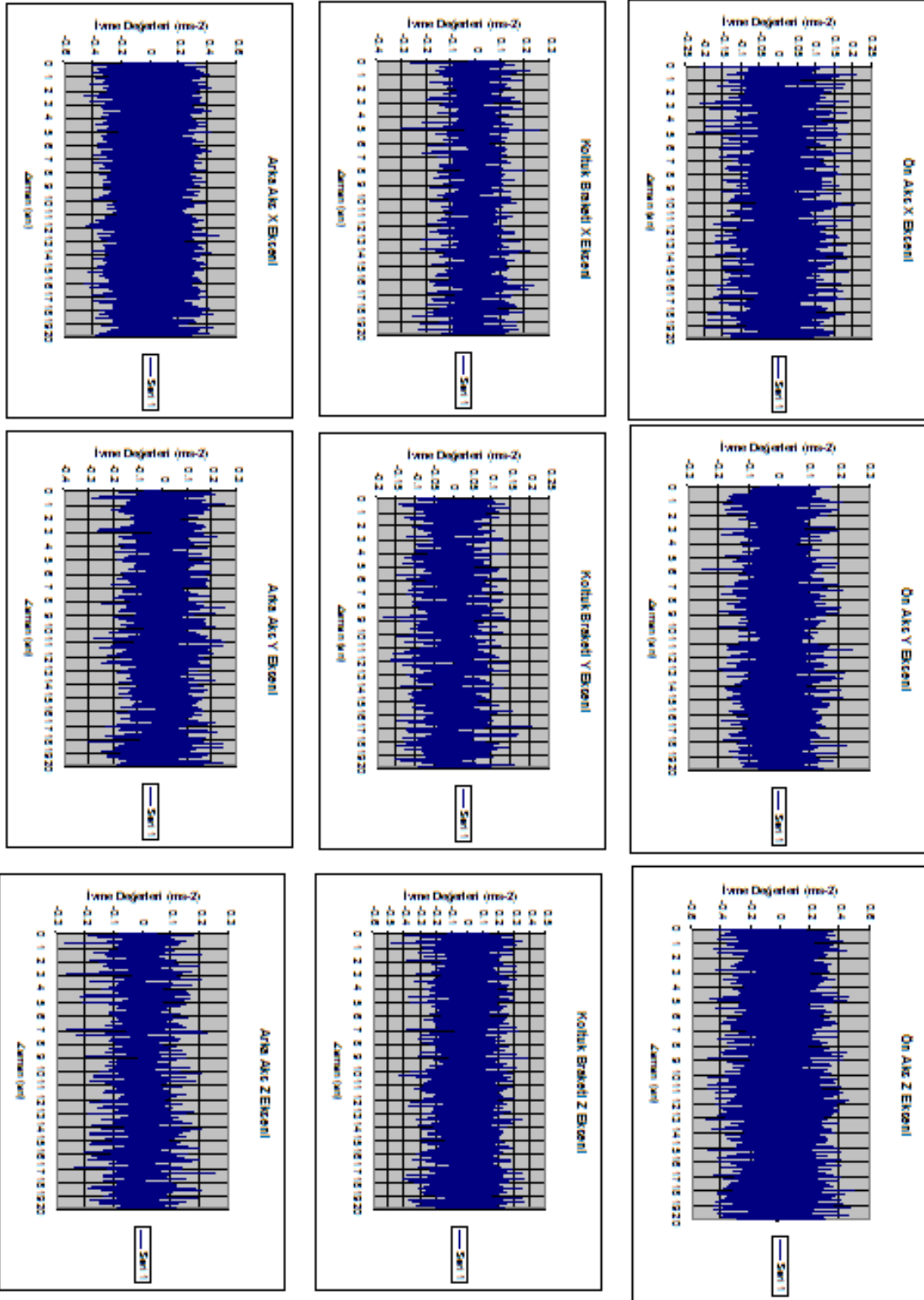
EK 1.3. 4 Soklu 10" Pulluk ile çalışmadaki titreşim ölçüm grafikleri (3. Tekerrür)



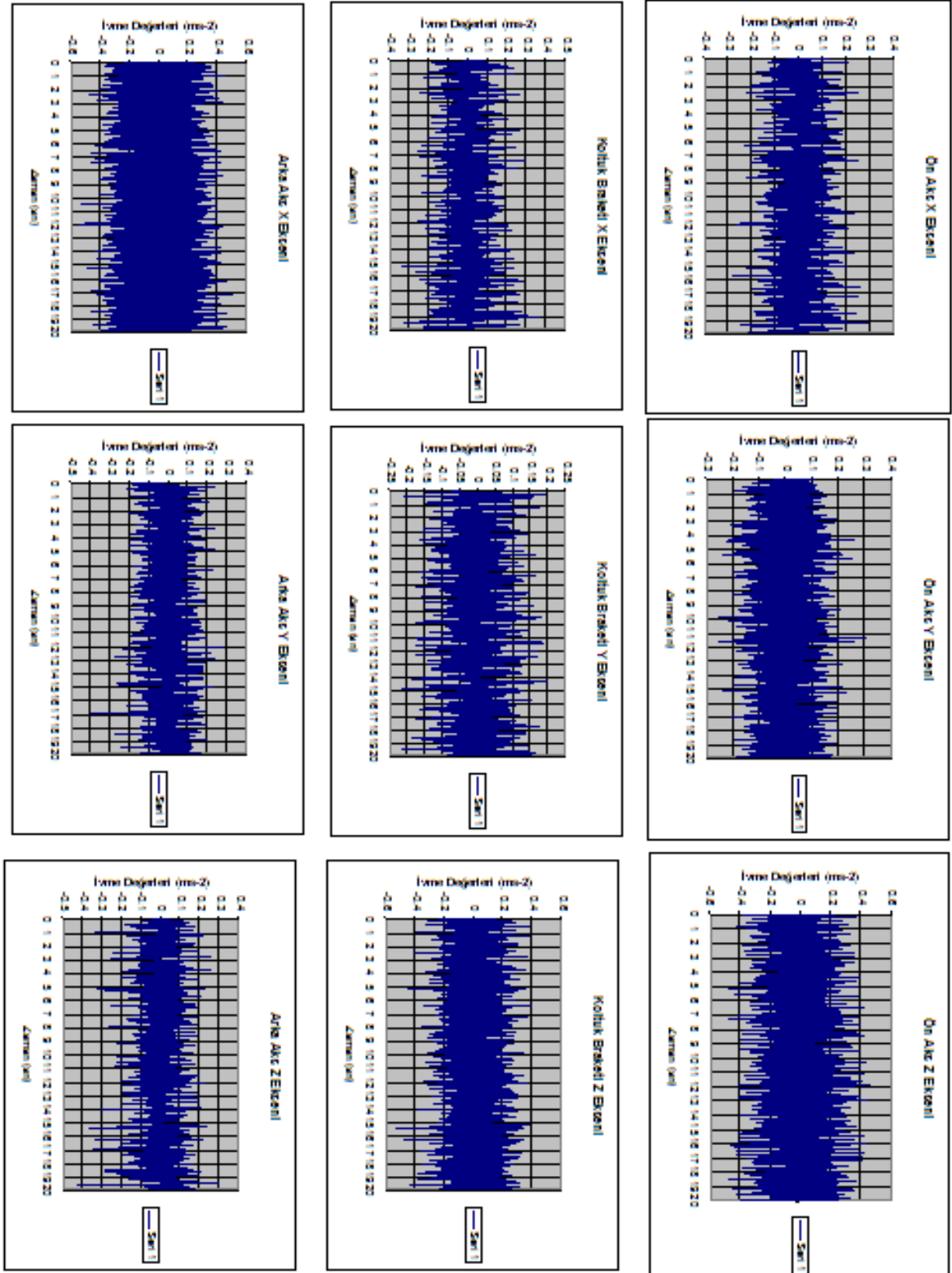
EK 2.1. 7 ayaklı çizel çalışmadaki titreşim ölçüm grafikleri(1. tekerrür)



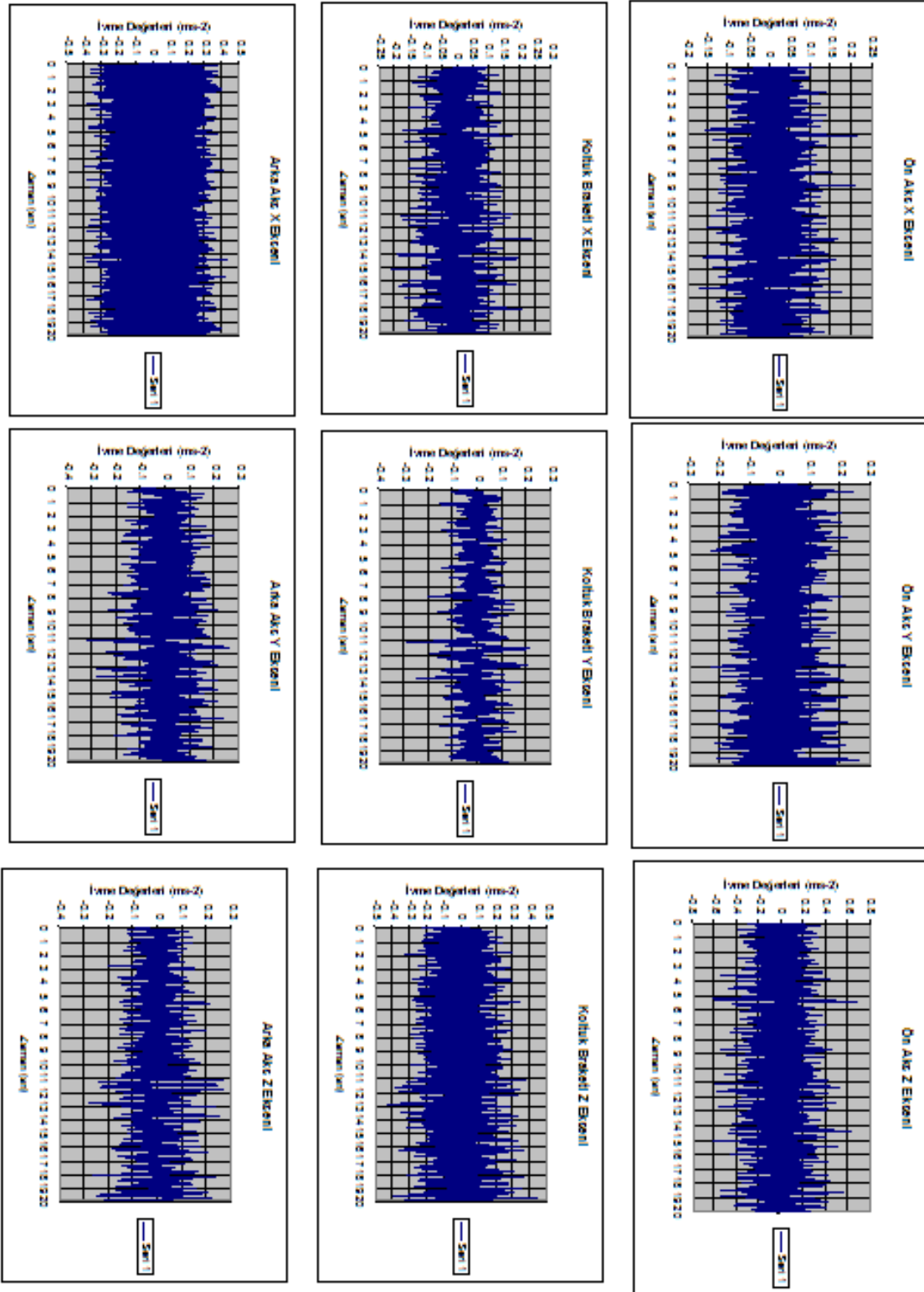
EK 2.2. 7 ayaklı çizel çalışmadaki titreşim ölçüm grafikleri(2. tekerrür)



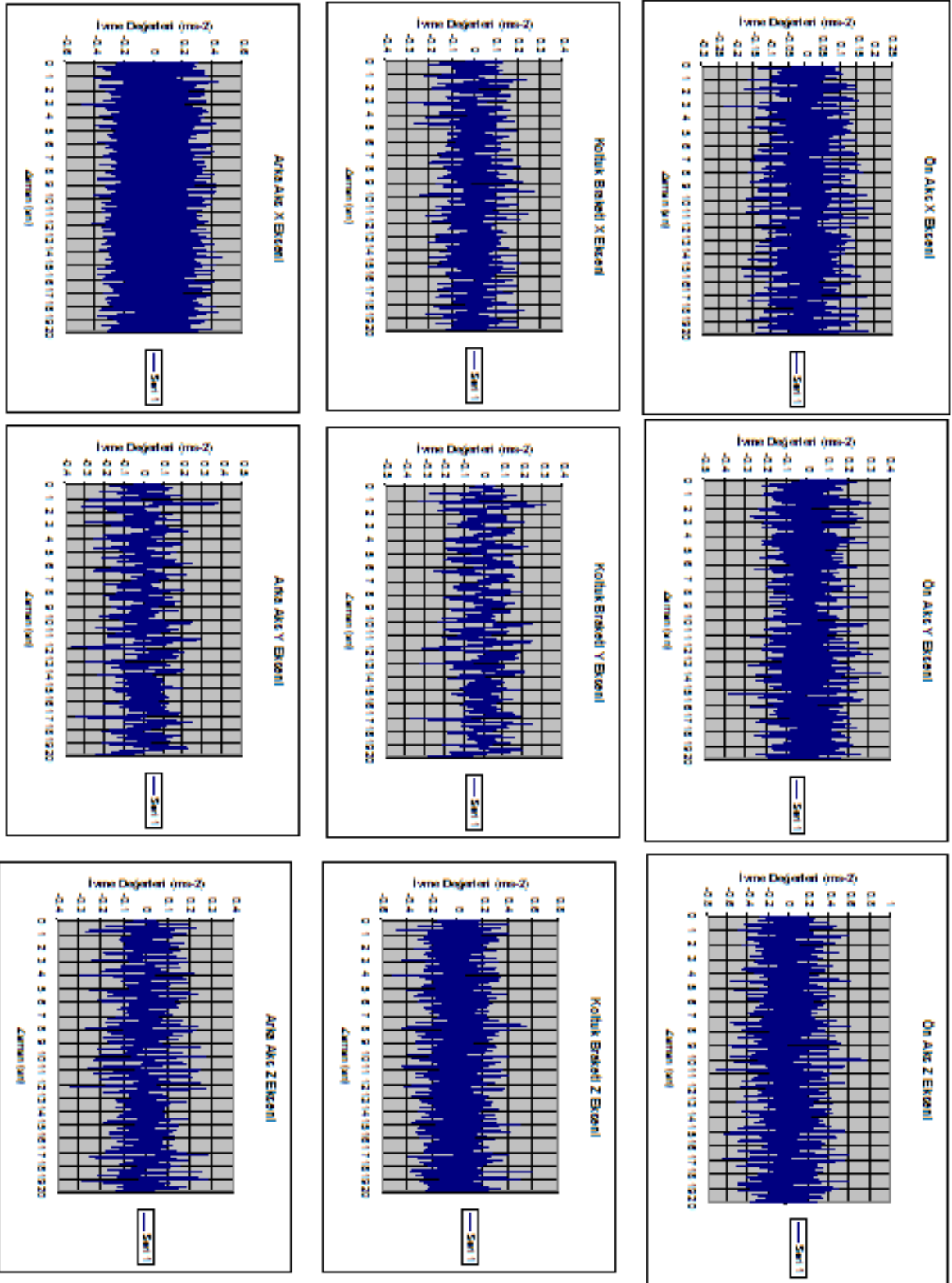
EK 2.3. 7 ayaklı çizel çalışmadaki titreşim ölçüm grafikleri(3. tekerrür)



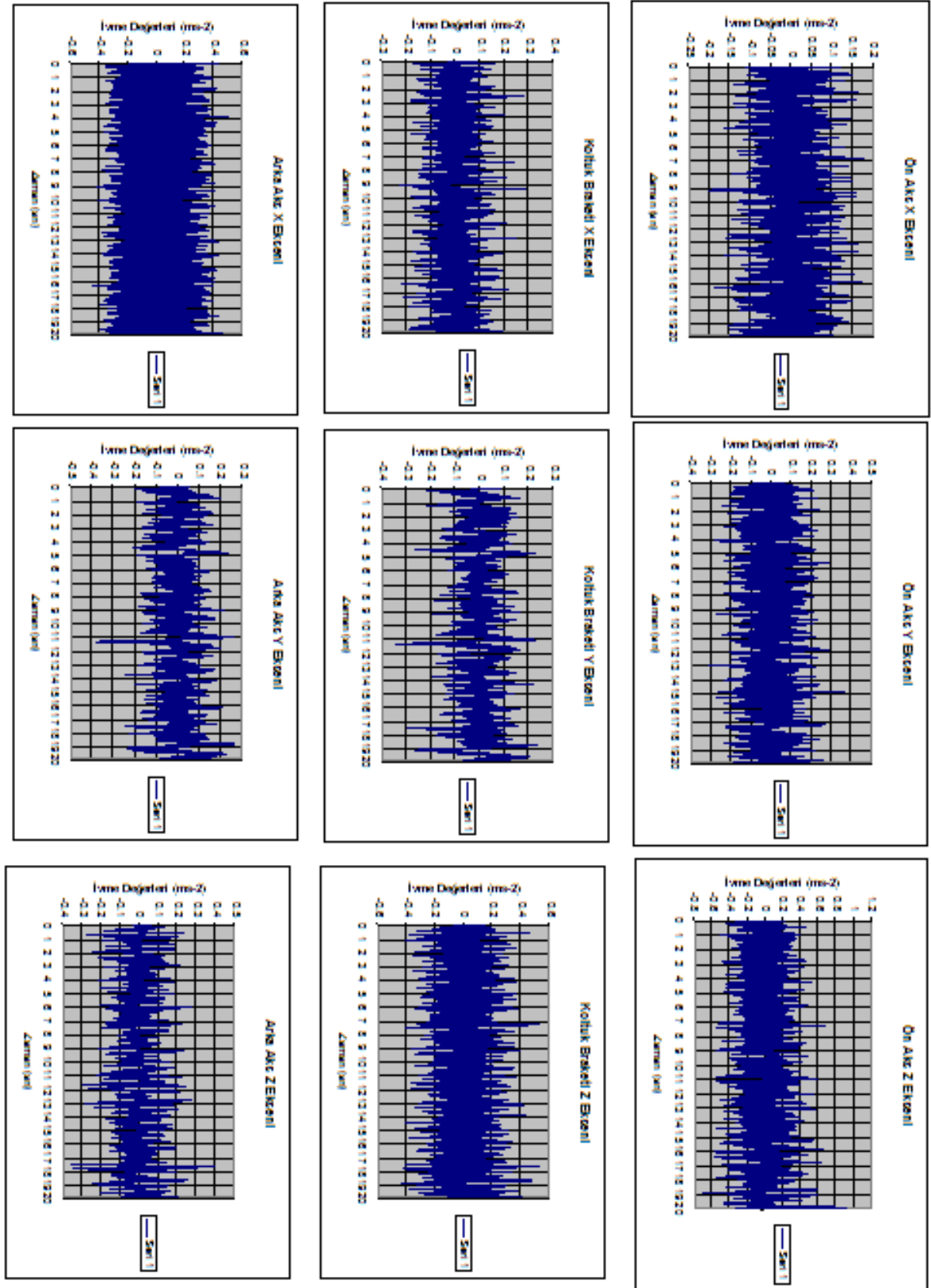
EK 3.1. 14 lü Hidrolik diskaro ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (1. Tekerrür)



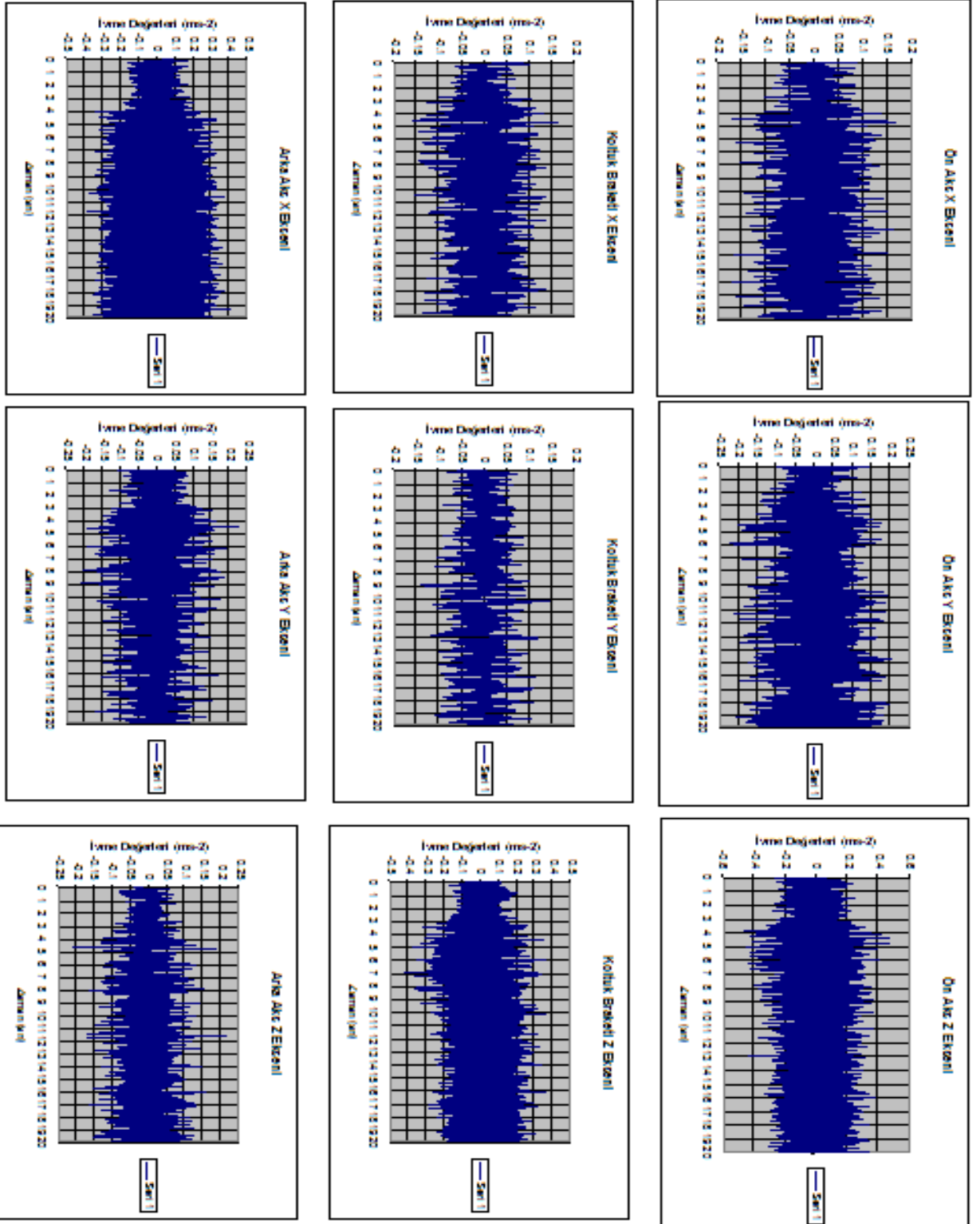
EK 3.2. 14 lü Hidrolik diskaro ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (2. Tekerrür)



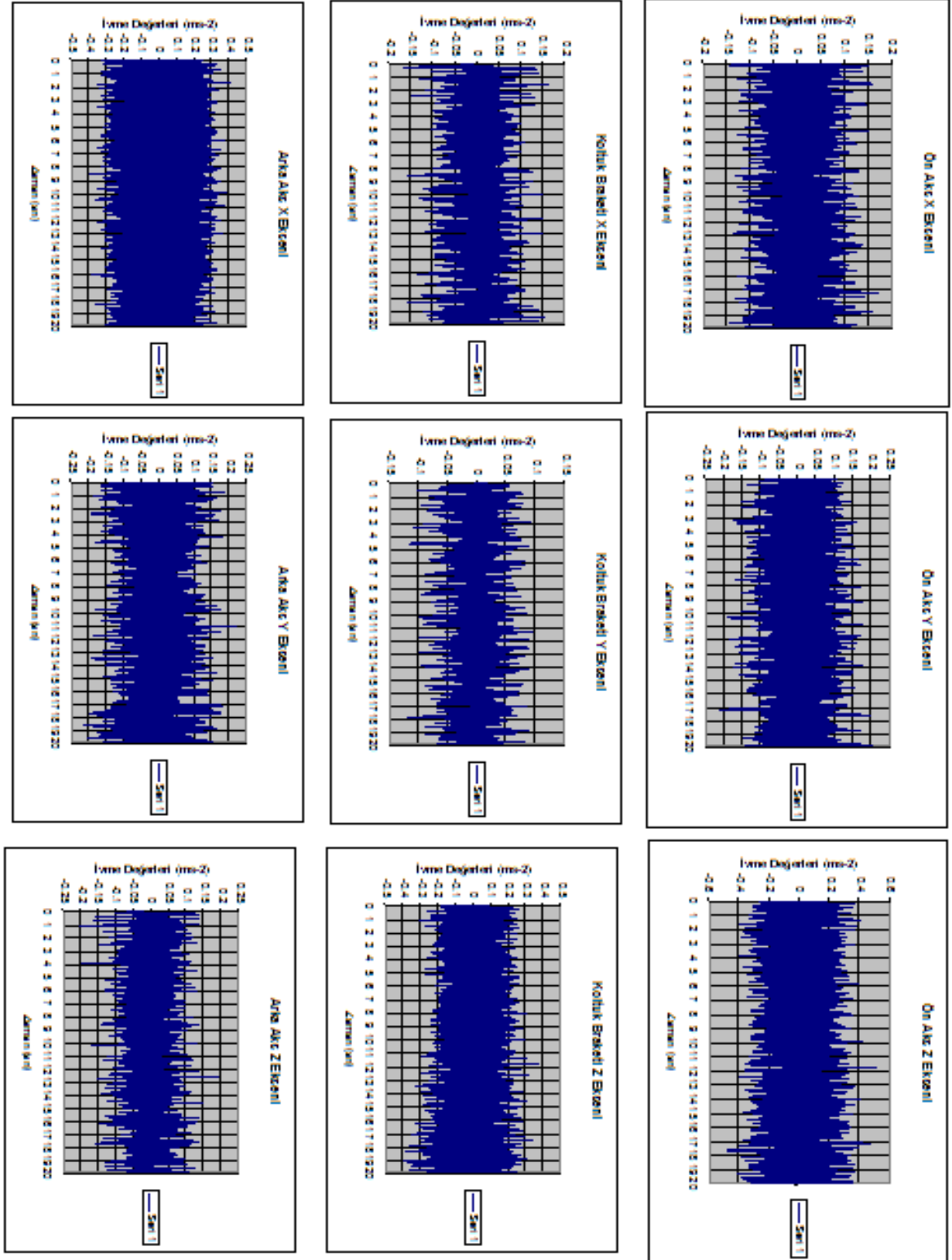
EK 3.3. 14 lü Hidrolik diskaro ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (3. Tekerrür)



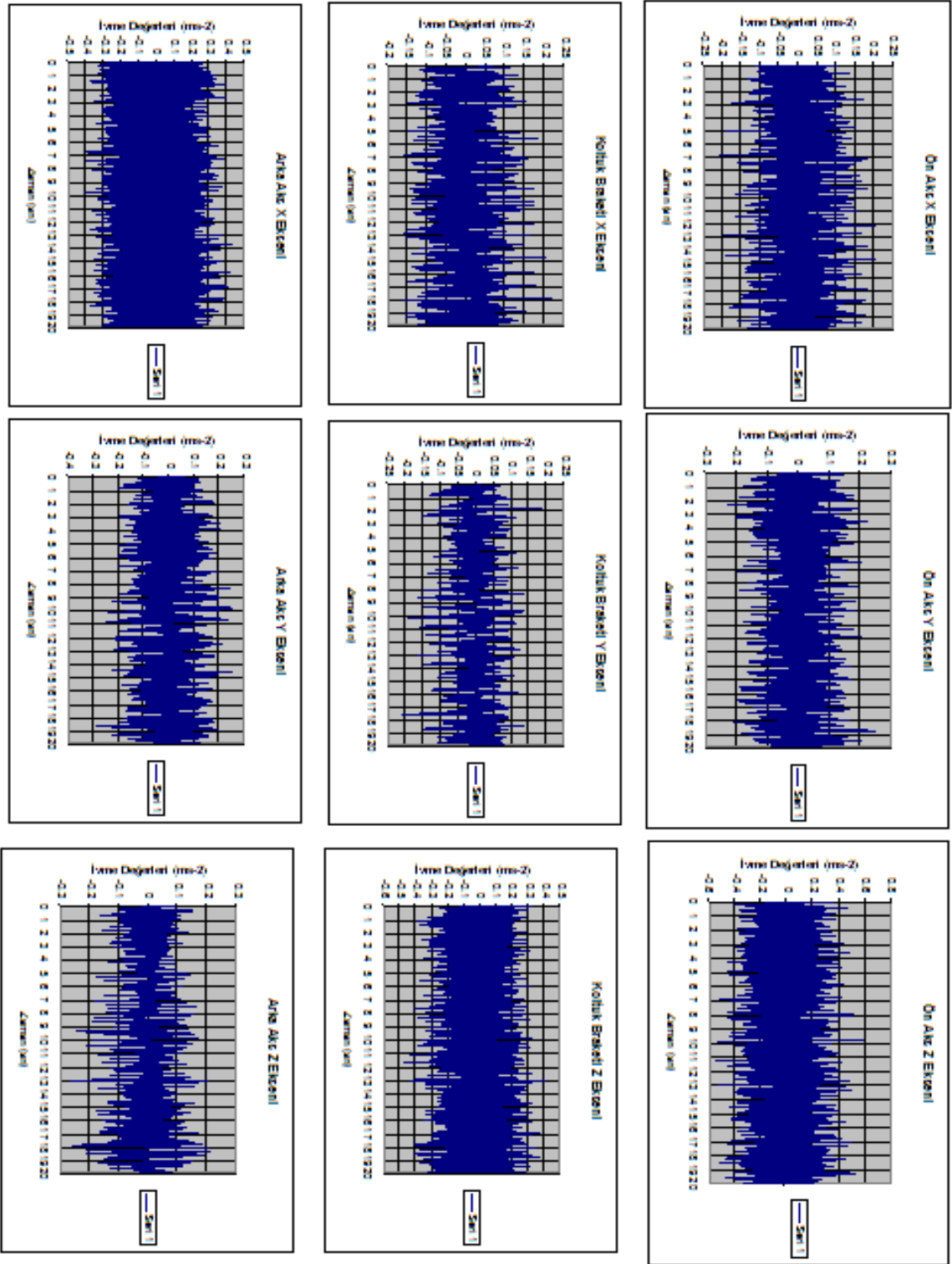
EK 4.1. 35 ayaklı Kültivatör ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (1. Tekerrür)



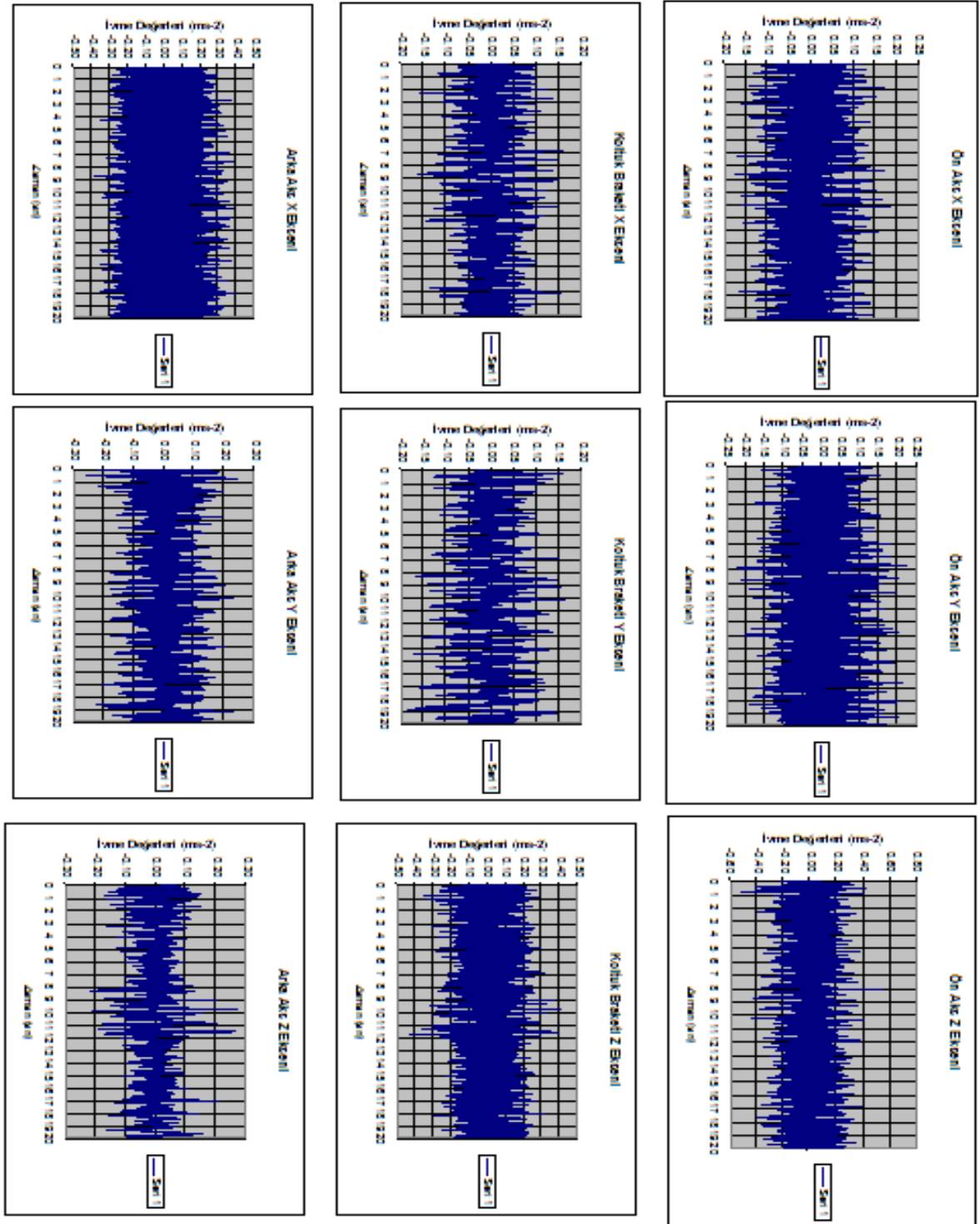
EK 4.2. 35 ayaklı Kültivatör ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (2. Tekerrür)



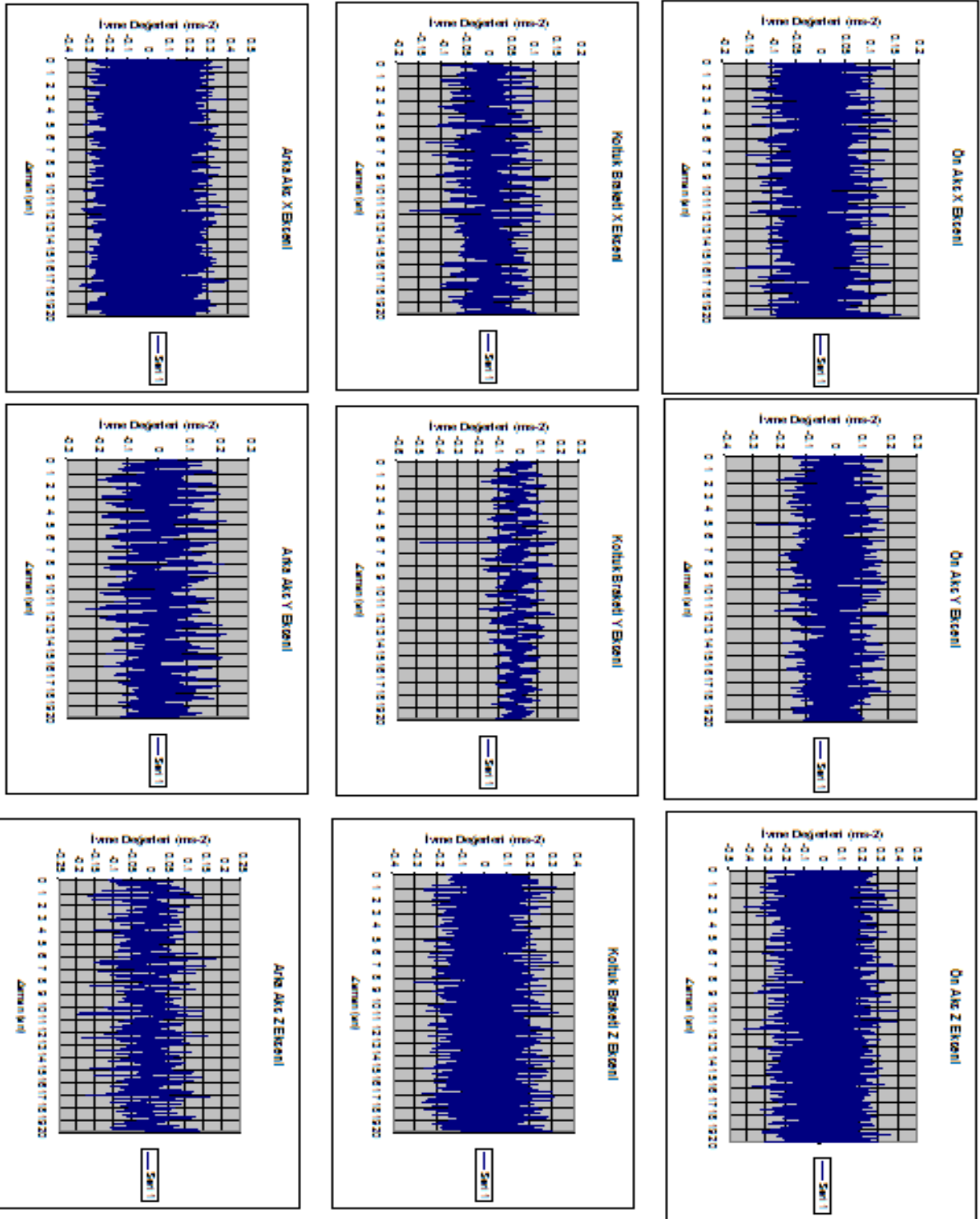
EK 4.3. 35 ayaklı Kültivatör ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (3. Tekerrür)



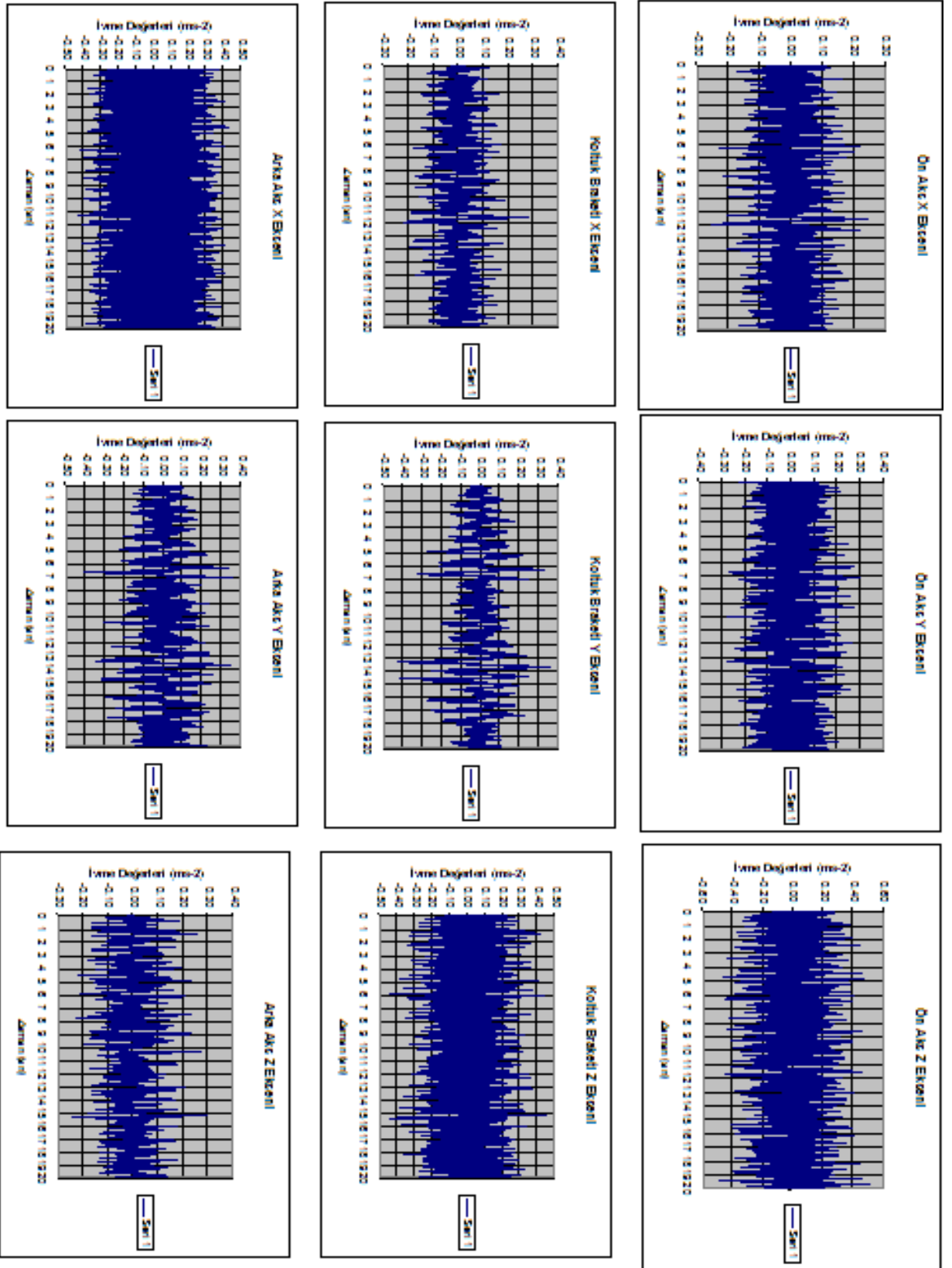
EK 5.1. 4Sıralı Ekim Makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (1. Tekerrür)



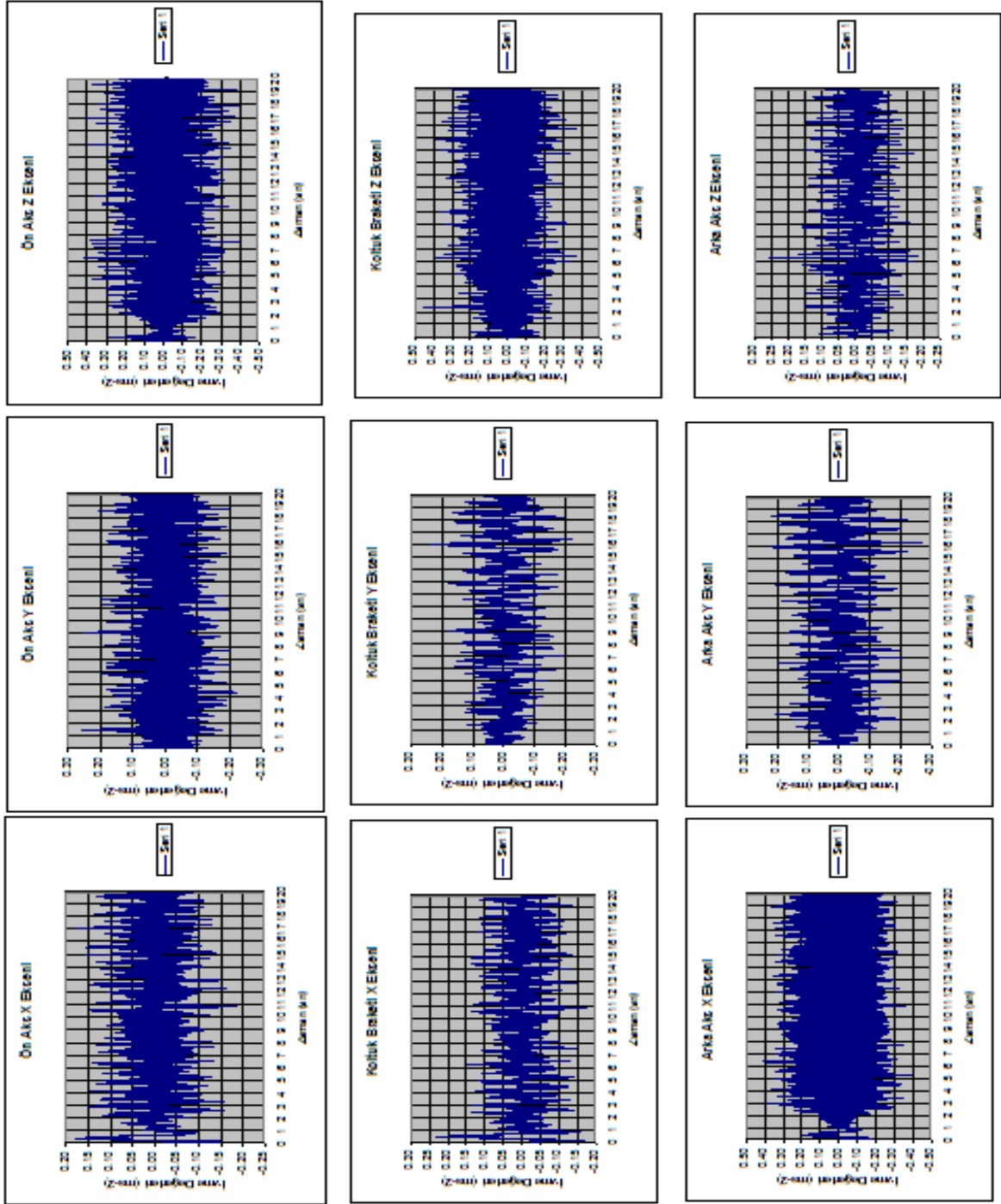
EK 5.2. 4Sıralı Ekim Makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (2. Tekerrür)



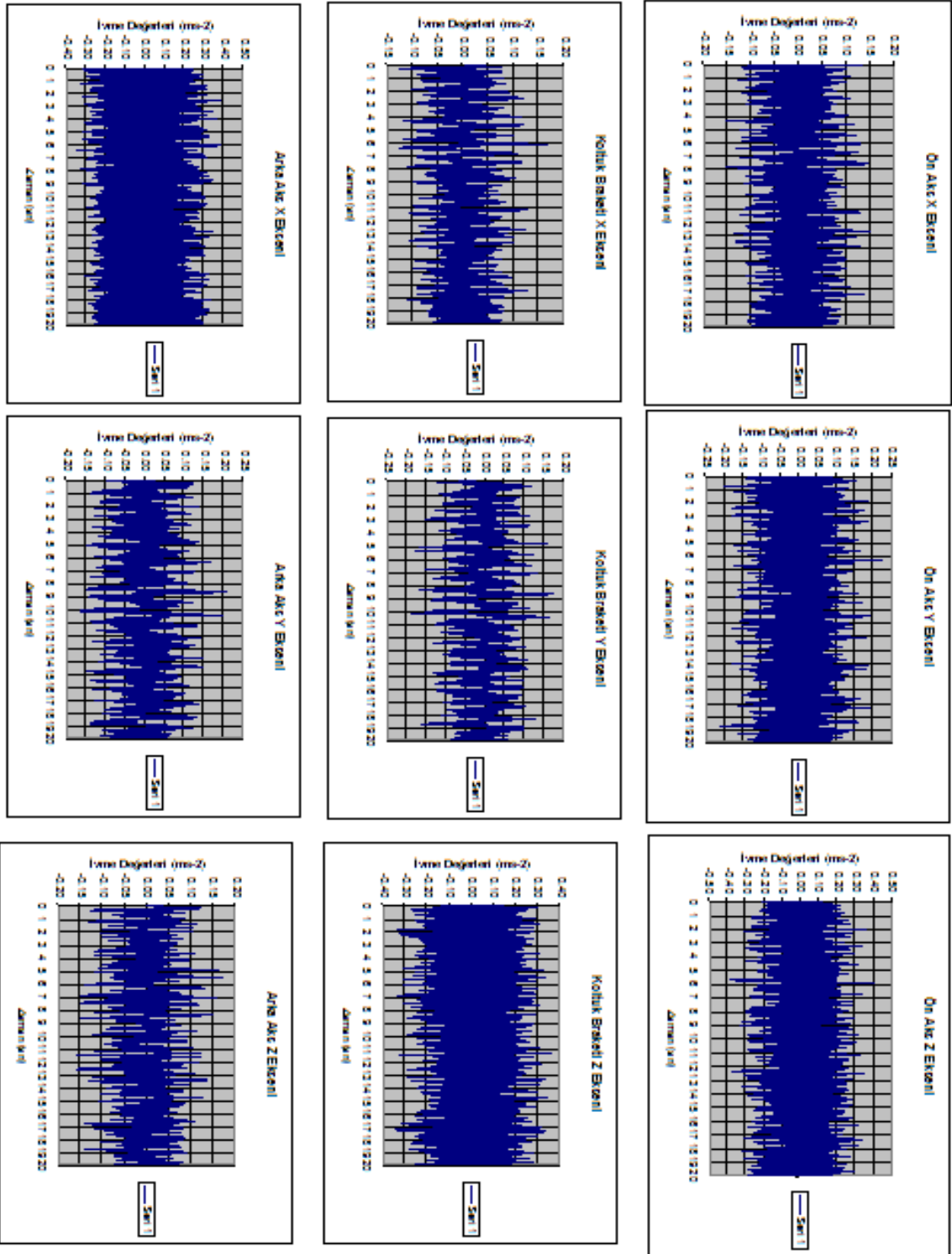
EK 5.3. 4Sıralı Ekim Makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (3. Tekerrür)



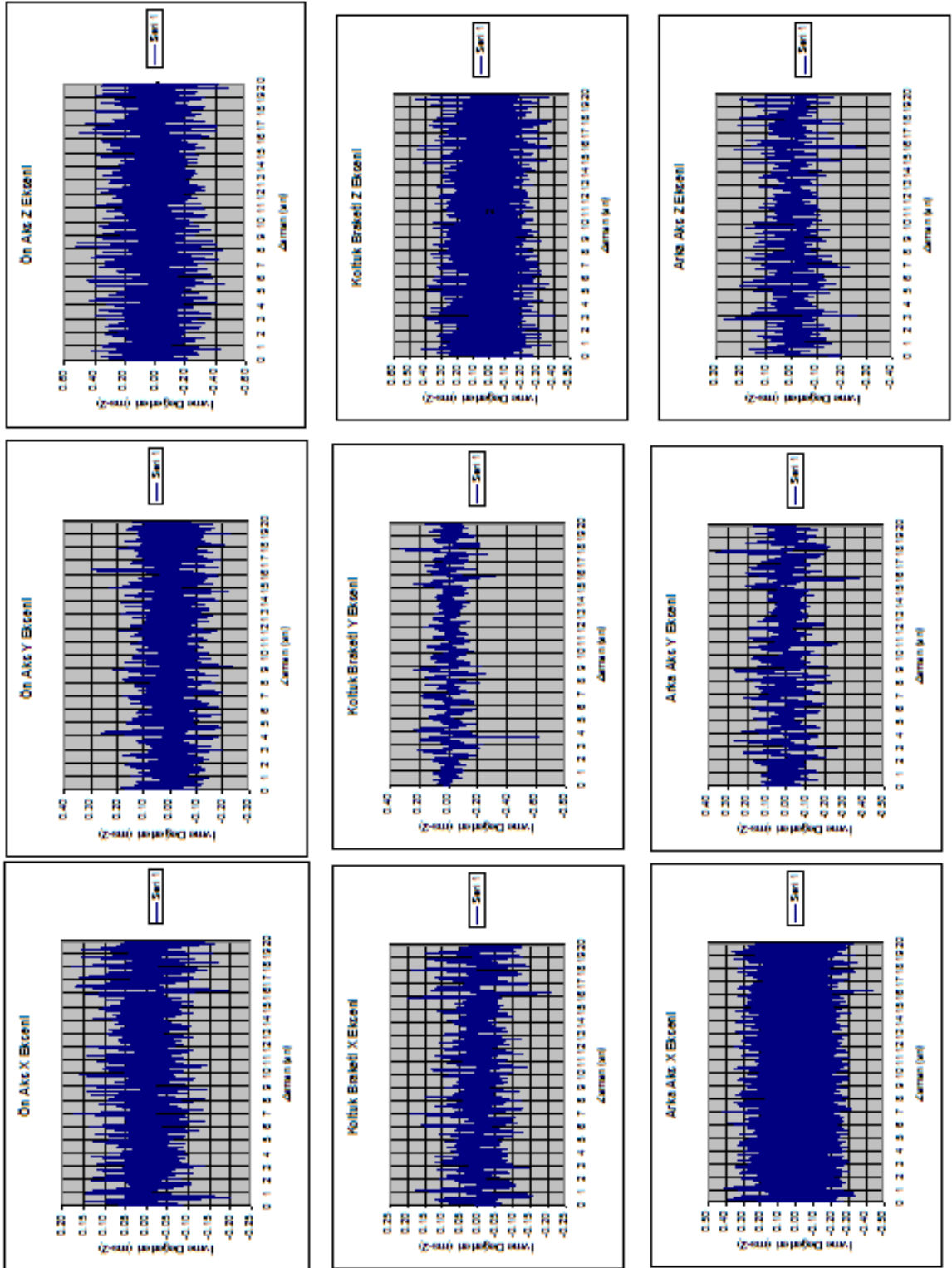
EK.6.1. Gübreleme Makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (1. Tekerrür)



EK.6.2. Gübreleme Makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (2. Tekerrür)



EK.6.3. Gübreleme Makinası ile çalışmadaki titreşim ölçümleri grafikleri (3. Tekerrür)



ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Edirne'ye bağlı Suloğlu İlçesinde doğdu. İlk öğrenimini Suloğlu'nda, orta öğrenimini Edirne de tamamladı. 2000 yılında Edirne Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun oldu. 2001 yılında Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Programı ile yüksek öğrenimine başladı. 2005 yılında aynı programın Tarım Makinaları Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitime başlamış ve Tarım Makinaları Bölümü'nde Araştırma görevlisi olarak işe başlamıştır.

Halen Tarım Makinaları Bölümü'nde Araştırma görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.

TEŞEKKÜR

Her Őeyden önce bağımsız bir ülkenin bir üniversitesinde araştırma ve çalışma fırsatı veren ecdadımıza, desteklerinden dolayı aileme, tezin tüm aşamasında yardımcı olan danışman hocam Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR'e, Prof.Dr. Poyraz ÜLGER'e Prof.Dr. Birol KAYIŐOĐLU'na , tez boyunca tecrübelerinden yararlandığım Araştırma Görevlisi Dr. Recai DURGUT ve Araştırma Görevlisi Ersen OKUR'a ve Tarım Makinaları Bölümündeki tüm Öğretim üyeleri ve Öğretim Elemanlarına ölçüm sistemini sağlayan UZEL firmasının çalışanları Timuçin BAYRAM, Latif Koyuncu' ve Hüseyin Engin'e teşekkürlerimi sunarım.