



EGE ÜNİVERSİTESİ

DOKTORA TEZİ

**TARIM TRAKTÖRLERİNDE PERİYODİK
BAKIM UYGULAMALARI, ARIZALAR VE
ARIZA KAYNAKLARININ CEYLANPINAR
TARIM İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ
ÖRNEĞİNDE BELİRLENMESİ**

Mahfouz YAHYA

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Erdem AYKAS

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 11.07.2016

**Bornova-İZMİR
2016**

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**TARIM TRAKTÖRLERİNDE PERİYODİK BAKIM
UYGULAMALARI, ARIZALAR VE ARIZA
KAYNAKLARININ CEYLANPINAR TARIM
İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ ÖRNEĞİNDE
BELİRLENMESİ**

Mahfouz YAHYA

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erdem AYKAS

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 11.07.2016

Bornova-İZMİR

2016

Mahfouz YAHYA tarafından Doktor tezi olarak sunulan "TARIM TRAKTÖRLERİNDE PERİYODİK BAKIM UYGULAMALARI, ARIZALAR VE ARIZA KAYNAKLARININ CEYLANPINAR TARIM İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ ÖRNEĞİNDE BELİRLENMESİ" başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 11.07.2016 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Erdem AYKAS






Raportör Üye : Prof. Dr. Tuna DOĞAN

Üye : Doç. Dr. Sarp Korkut SÜMER

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ercan GÜLSOYLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Erdal ÖZ

İmza


.....

.....

.....

.....

.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “ TARIM TRAKTÖRLERİNDE PERİYODİK BAKIM UYGULAMALARI, ARIZALAR VE ARIZA KAYNAKLARININ CEYLANPINAR TARIM İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ ÖRNEĞİNDE BELİRLENMESİ ” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

11/07/2016



Mahfouz YAHYA

ÖZET**TARIM TRAKTÖRLERİNDE PERİYODİK BAKIM
UYGULAMALARI, ARIZALAR VE ARIZA
KAYNAKLARININ CEYLANPINAR TARIM İŞLETME
MÜDÜRLÜĞÜ ÖRNEĞİNDE BELİRLENMESİ****Mahfouz YAHYA**

Doktora Tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erdem AYKAS

2016, 103 sayfa

Bu çalışmada; Ceylanpınar Tarım İşletme Müdürlüğü'nde 10 yılı aşkın bir süre ile kaydı tutulan 2003 model toplam 11 adet VALTRA 8400 serisi traktör deneme materyali olarak alınmıştır. Bu traktörlerin periyodik bakım ve onarım kayıtları incelenip traktör kullanım süresince bakım maliyetleri, oluşmuş arızalar ve arıza giderilme maliyetleri belirlenmiştir. Belirlenmiş olan bakım ve onarım maliyetlerinin analizleri yapılmıştır. Bunun yanı sıra traktör bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için birikimli bakım-onarım maliyetleri, dört farklı şekilde bağımsız değişken olarak birikimli çalışma saatlerine dayanarak modellenmiştir. Geliştirilmiş modeller bazı ülkelerde daha önce geliştirilmiş modeller ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarından yola çıkılarak ve traktör kullanım durumlarına bağlı olarak, traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için birtakım model önerilerinde bulunulmuştur. Ayrıca, traktör kullanım süresince toplam arıza gözlem ve arıza oranı analizleri yapılmıştır. Son olarak arıza oranlarının traktör birikimli çalışma saatleri ve birikimli bakım-onarım maliyetleri ile ilişkisi değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: traktör, periyodik bakım, bakım-onarım maliyetleri, çalışma saatleri, birikimli, analiz, modelleme, arıza gözlemi, arıza oranı.

ABSTRACT**STUDYING PERIODIC MAINTENANCE PROGRAMS,
FAILURES AND THEIR SOURCES FOR AGRICULTURAL
TRACTORS, CEYLANPINAR AGRICULTURAL
ENTERPRISE A CASE OF STUDY****Mahfouz YAHYA**

PhD in Agricultural Machinery and Technologies Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Erdem AYKAS

2016, 103 page

This study depended on examining kept periodic records of maintenance and repair costs collected over ten years of continuous working of 11 Valtra 8400-2003 tractors in Agricultural Enterprise of Ceylanpinar. The data of observed failures and repair and maintenance costs were obtained and repair and maintenance costs were analyzed mathematically. In order to predict the accumulated repair and maintenance costs precisely, mathematical models were developed by studying their relations with the accumulated working hours of tractor which were adopted as an independent variable in four different values. Furthermore, the developed models were compared with other similar ones developed in other countries of the world. Depending on the results of this comparison and taking tractor working conditions into consideration, a group of mathematical models were suggested in order to develop the accumulated repair and maintenance costs. Moreover, the total observed failures and failure rates were analyzed mathematically. Finally, the relation between of the failure rates of tractors and the accumulated repair and maintenance costs and the accumulated working hours was determined.

Keywords: tractor, periodic maintenance, repair and maintenance costs, working hours, accumulated, analysis, modelling, observed failure, failure rate.

TEŞEKKÜR

En başta tez konumun seçilmesinden, tezin son aşamasına kadar yardımlarını benden esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Erdem AYKAS'a, tez sonuçlarını değerlendirmede yine yardımlarını benden esirgemeyen tez izleme komitesi jürisi hocalarım Yrd. Doç. Dr. Ercan GÜLSOYLU ve Yrd. Doç. Dr. Erdal ÖZ'e, Tez Savunma Sınavı'nı yapan ve tezime önemli katkılar ve düzeltmeler sağlayan hocalarım Prof. Dr. Tuna DOĞAN ve Doç. Dr. Sarp Korkut SÜMER'e, TİGEM'in ve Ceylanpınar İşletmesi'nin saygıdeğer genel müdürlerine ve Ceylanpınar İşletmesi'ndeki makine şefleri, tez içindeki verileri toplamakta beni sabırla destekleyen Ceylanpınar İşletmesi atölye teknisyenleri ve işçi arkadaşlarıma en içten dileklerim ile teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Mahfouz YAHYA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1 Traktör Bakım Stratejisi	3
2.2 Traktör Bakım-Onarım Maliyetlerini Etkileyen Faktörler	7
2.3 Traktör Bakım-Onarım Maliyetlerini Modelleme Çalışmaları	8
2.3.1 Birikimli çalışma saatlerine dayalı model.....	9
2.3.2 Traktör on bin çalışma saat mekanik ömrüne dayalı model.....	12
2.3.3 Traktör on iki bin çalışma saat mekanik ömrüne dayalı model	15
2.3.4 Traktör yıllık ideal bin saat çalışmasına dayalı model	17
2.4 Arıza Oranı ve “Bathtub Eğrisi”	18

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	21
3.1 Materyal.....	21
3.1.1 Tarım işletmesi	21
3.1.2 Atölyelerin varlığı.....	21
3.1.3 VALTRA-8400 traktörleri.....	22
3.2 Yöntem.....	27
3.2.1 Traktör bakım, onarım ve arıza gözlem verileri	27
3.2.2 Traktör bakım ve onarım maliyetlerinin analizi	27
3.2.3 Birikimli bakım-onarım maliyetlerinin modellenmesi	30
3.2.4 Arıza gözlem analizi	31
3.2.5 Arıza oranı analizi	32
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	34
4.1 Traktör Bakım Maliyetlerinin Analizi	34
4.2 Traktör Yıllık Onarım Maliyetlerinin Analizi	37
4.2.1 Traktör sistemlerine göre analiz	37
4.2.2 Arıza kaynaklarına göre analiz	41

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2.3 Arıza giderilme yöntemlerine göre analiz.....	43
4.2.4 Onarım yapılma yerlerine göre analiz.....	45
4.3 Traktör Sistemlerinde Toplam Onarım Maliyetlerinin Analizi.....	47
4.3.1 Arıza kaynaklarına göre analiz.....	47
4.3.2 Arıza giderilme yöntemlerine göre analiz.....	49
4.3.3 Onarım yapılma yerlerine göre analiz.....	51
4.4 Traktör Bakım-Onarım Maliyetlerinin Analizi	52
4.5 Traktör Birikimli Bakım-Onarım Maliyetlerini Modelleme	54
4.5.1 Modellemede değişkenler	54
4.5.2 Birikimli çalışma saatlerine dayalı modelleme	55
4.5.3 Traktör on bin saat mekanik ömrüne dayalı modelleme	58
4.5.4 Traktör on iki bin saat mekanik ömrüne dayalı modelleme.....	61
4.5.5 Traktör yıllık bin çalışma saatine dayalı modelleme	63
4.5.6 Traktör birikimli bakım-onarım maliyetler tahmin teorisi.....	66
4.6 Yıllık Toplam Arıza Gözlemlerinin Analizi.....	71
4.6.1 Traktör sistemlerine göre analiz.....	71

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.6.2 Arıza kaynaklarına göre analiz	73
4.6.3 Arıza giderilme yöntemlerine göre analiz	75
4.6.4 Onarım yapılma yerlerine göre analiz	77
4.7 Traktör Sistemlerinde Toplam Arıza Gözlemlerinin Analizi	79
4.7.1 Arıza kaynaklarına göre analiz	79
4.7.2 Arıza giderilme yöntemlerine göre analiz	80
4.7.3 Onarım yapılma yerlerine göre analiz	81
4.8 Arıza Oranlarının Analizi	83
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	86
KAYNAKLAR DİZİNİ	94
ÖZGEÇMİŞ	103
EKLER.....

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Makine bakım stratejileri.....	4
2.2 Tarihsel olarak makine bakımları uygulanmasından beklentiler.....	6
2.3 Tarihsel olarak makine bakım teknikleri.....	6
2.4 Makina çalışma zamanına bağlı arıza oranları - “Bathtub Eğrisi”.....	20
3.1 Elektrik ve revizyon atölyesi.....	22
3.2 VALTRA Valmet 8400 serisi traktörlerin bakım ve yağlama şeması.....	26
4.1 Bakım maliyet unsurlarına göre saatlik bakım giderlerinin dağılımı.....	35
4.2 Bakım maliyet unsurlarına göre ortalama bakım maliyetinin dağılımı.....	35
4.3 Traktör sistemlerde yıllık ortalama onarım maliyetlerinin dağılımı.....	41
4.4 Arıza kaynaklarına göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin dağılımı.....	43
4.5 Arıza giderilme yöntemlerine göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin dağılımı.....	45
4.6 Onarım yapılma yerlerine göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin dağılımı.....	46
4.7 Arıza kaynaklarına göre toplam onarım maliyetlerinin dağılımı.....	49
4.8 Arıza giderilme yöntemine göre toplam onarım maliyetleri dağılımı.....	50
4.9 Onarım yapılma yerlerine göre toplam onarım maliyetlerinin dağılımı.....	52

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.10 Bakım-onarım maliyet unsurlarına göre bakım-onarım maliyetlerinin dağılımı.....	54
4.11 Birinci modeli farklı ülkelerden belirlenen modeller ile karşılaştırma	57
4.12 İkinci modeli farklı ülkelerden belirlenen modelleri ile karşılaştırma.....	60
4.13 Üçüncü modeli farklı ülkelerden belirlenen modeller ile karşılaştırma.....	63
4.14 Dördüncü modeli farklı ülkelerden belirlenen modeller ile karşılaştırma	65
4.15 2WD traktörler için önerilen model eğrileri	70
4.16 4WD traktörler için önerilen model eğrileri	70
4.17 Traktör sistemlerindeki toplam arıza gözlemlerinin dağılımı.....	73
4.18 Arıza kaynaklarına göre toplam arıza gözlemlerinin dağılımı.....	75
4.19 Arıza giderilme yöntemine göre toplam arıza gözlemlerinin dağılımı	77
4.20 Onarım yapılma yerlerine göre toplam arıza gözlemlerinin dağılımı.....	78
4.21 Arıza oranlarının birikimli çalışma saatleri ile ilişkisi.....	84
4.22 Arıza oranlarının birikimli bakım-onarım maliyetleri ile ilişkisi.....	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Traktör teknik özellikleri.	23
4.1 Traktör kullanım süresince bakım giderleri ve çalışma saatleri	34
4.2 Traktör sistemlerine göre ortalama onarım maliyetlerinin değişimi	38
4.3 Arıza kaynağına göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin değişimi	42
4.4 Arıza giderilme yöntemlerine göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin değişimi	44
4.5 Onarım yapılma yerlerine göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin değişimi.....	46
4.6 Arıza kaynaklarına göre toplam onarım maliyetlerinin değişimi	48
4.7 Arıza giderilme yöntemlerine göre toplam onarım maliyetlerinin değişimi.....	49
4.8 Onarım yapılma yerine göre toplam onarım maliyetlerinin değişimi.....	51
4.9 Traktör bakım-onarım maliyetlerinin değişimi.....	53
4.10 Birikimli bakım-onarım maliyetlerini modelleme verileri	55
4.11 Birinci modelin regresyon analiz özeti ve parametreleri	55
4.12 Farklı ülkelerden birinci olarak belirlenmiş modellerinin özeti	56
4.13 İkinci modelin regresyon analiz özeti ve parametreleri	58
4.14 Farklı ülkelerden ikinci olarak belirlenmiş modellerin özeti.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.15 Üçüncü modelin regresyon analiz özeti ve parametreleri	61
4.16 Farklı ülkelerden üçüncü olarak belirlenmiş modellerin özeti.....	62
4.17 Dördüncü modelin regresyon analiz özeti ve parametreleri.....	64
4.18 Farklı ülkelerden dördüncü olarak belirlenmiş modellerin özeti	65
4.19 Traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahmin modellerinin özeti.....	69
4.20 Traktör sistemlerinin yıllara göre toplam arıza gözlemlerinin değişimi.....	72
4.21 Arıza kaynaklarına göre toplam arıza gözlemlerinin değişimi	74
4.22 Arıza giderilme yöntemlerine göre arıza gözlemlerinin değişimi.....	76
4.23 Onarım yapılma yerlerine göre toplam arıza gözlemlerinin değişimi.....	78
4.24 Arıza kaynaklarına göre traktör sistemlerinde toplam arıza gözlemlerinin değişimi.....	79
4.25 Arıza giderilme yöntemlerine göre traktör sistemlerinde toplam arıza gözlemlerinin değişimi.....	81
4.26 Onarım yapılma yerlerine göre traktör sistemlerinde toplam arıza gözlemlerinin değişimi.....	82
4.27 Arıza oranının traktör çalışma saatleri ile ilişkisini etkileyen faktörler	83
4.28 Arıza oranı ve çalışma saatleri arası ilişkinin regresyon analizi	84
4.29 Arıza oranı ve bakım-onarım maliyetleri arası ilişkinin regresyon analizi	85

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
\$: Amerikan doları
λ	: Arıza oranı
a,b,b ₁ ,c	: Sabitler
n	: Yıllık arıza gözlem sayısı
Y	: Traktör Birikimli Bakım Onarım Maliyetleri (%TSAB)
X	: Birikimli Çalışma Saatleri
R	: Regresyon Katsayısı
F	: The ratio of two mean squares (İki ortalama karelerin arasındaki oranı)
Sig.(P-Value)	: P değeri istatistiksel anlamlılığın varlığının ve varsa da var olan farklılığın kanıtının düzeyinin belirlenmesi amacı ile kullanılan bir değerdir
df1	: Between-group degrees of freedom (Birinci serbestlik derecesi)
df2	: Within-group degrees of freedom (İkinci serbestlik derecesi)

Kısaltmalar

CV	: Coefficient of Variation (Varyasyon Katsayısı)
ÇSGB	: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
TYBOM	: Traktör Yıllık Bakım-Onarım Maliyetleri
TBBOM	: Traktör Birikimli Bakım Onarım Maliyetleri

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**Kısaltmalar**

TYOÇS(T)	: Traktör Yıllık Ortalama Çalışma Saatleri (Time)
TBÇS (X)	: Traktör Birikimli Çalışma Saatleri
TSAB	: Traktör Satın Alma Bedeli
TİGEM	: Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi)
MTBF	: Mean Time Between Failure (Arızalar arası geçen zaman)
TÇY	: Traktör Çalışma Yılı
ASAE	: American Society of Agricultural Engineers (Amerikan Ziraat Mühendisliği Birliği)
2WD	: 2 Wheel Drive (Arka aksı tahrikli)
4WD	: 4 Wheel Drive (Her iki aksı tahrikli)
h	: hour (Saat)

1. GİRİŞ

Tarımsal işletmelerin karı, büyük ölçüde mekanizasyon yatırımları konusunda alınacak kararların doğruluğuna bağlıdır. Doğru bir seçim ise ancak işletme koşullarına uygun verilerin kullanılması ve işletme özelliklerinin dikkate alınması ile yapılabilir (Işık,1988; Akıncı,1994). Tarımın gelişmesinde ve tarımsal ürünlerin artırılmasında, ileri tarım tekniklerinin ve modern tarım makinelerinin kullanılması yanında, mevcut makinelerin uygun ve verimli bir şekilde çalıştırılması da etkili bir faktördür. Genellikle tarım işletmelerinin daha verimli çalışabilmesi için işletmede çalışan makinelerin her zaman çalışmaya hazır durumda olması gerekmektedir. Teknolojik gelişmeler ve işletmelerle ilgili organizasyon değişiklikleri, makinelerin faal durumda olma önemini artırmaktadır. Faal durumda tutmada önemli üç faktör vardır. Bunlar bakım, arıza tespiti ve onarımdır (Adıgüzel, 2010). Bakım; makinelerin verimli çalışması için belirli periyotlar ile gerek kontrol edilmeleri gerekse bazı elemanlarının değiştirilmesi çalışmalarını kapsar. Arıza tespiti; makinede oluşan arızanın hangi kısımda meydana geldiğinin tespit edilmesidir. Onarım ise makinelerde oluşan arızaların belirlenmesi ve belirlenen arızaların giderilmesi, bir başka deyişle makinenin tekrar çalışır hale getirilmesine denir (MEGEP, 2011).

Bilindiği gibi tarımda en önemli güç kaynağı olarak kullanılan traktör, günümüzde sadece tarım makinelerinin çalıştırılması için gereken gücü üretmekle kalmayıp, teknolojik gelişmelere bağlı olarak çalışma performansı, sürücü konforu ve ekonomik işletme olgularını da üst düzeye taşımak durumundadır. Bu noktada traktörlerde uzun kullanım ömrü, uzun aralıklı bakım periyotları ve pratik bakım istekleri öne çıkmaktadır. Traktör imalatçıları uzun kullanımı doğru ve düzenli bakım yapmaya bağlamaktadırlar. İyi bir bakımla traktör ömrü uzatılabileceği gibi, gereksiz bazı masraflardan da kurtulmuş olunur. Aynı zamanda arızanın çıkma olasılığı büyük oranda azaltılmış olur. Bir traktörün doğru kullanımı ve kullanım ayarlarının doğru yapılması, periyodik bakımlarının zamanında yapılması, arıza olasılıklarının doğru verilerle desteklenerek öngörülmesi; işlerin zamanında tamamlanması, üretimde verimliliğin ve işletme karlılığının artırılması, işletme giderlerinin azaltılması, insan sağlığı ve can güvenliğinin korunması için son derece

önemli ve gereklidir. Bu gerekliliği en uygun şekilde yerine getirebilmek amacıyla dünyadaki birçok büyük tarım işletmesinde traktörlerin grup halinde çalıştırılması, traktör kullanım kitabında önerilen periyodik bakımların zamanında yapılması, bakım-onarımların yapılabileceği atölyelerin kurulması ve bakım-onarım ile ilgili verilerin depolanması önem kazanmıştır. Türkiye’de yukarıda belirtilen şekilde bakım-onarım işleri bazı büyük çiftliklerde ve devlete bağlı tarım işletmelerinde belirli ölçüde yapılmakla birlikte istenilen düzeye henüz gelmemiştir. Ekonomik bir tarımsal üretim için yukarıda sözü edilen bakım-onarım işlerinin geniş tabana yayılması son derece önemlidir.

Bu çalışmada, 10 yıl aşkın süre ile 11 adet traktörün bakım ve onarım verileri alınarak değerlendirilmiştir. Önce traktör bakım, sonra onarım maliyetlerinin analizi yapılmıştır. Daha sonra bakım-onarım maliyetleri bir araya getirilip hem analizi yapılmış, hem de traktör birikimli çalışma saatlerine dayalı olarak modellenmiştir. Ayrıca, araştırmaya ait traktörlerin kullanım süresince oluşmuş arızaları sayısal olarak analiz edilmiştir. Son olarak oluşmuş arıza gözlemlerinin hem traktör birikimli bakım-onarım maliyetleri, hem de birikimli çalışma saatleri ile ilişkileri değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

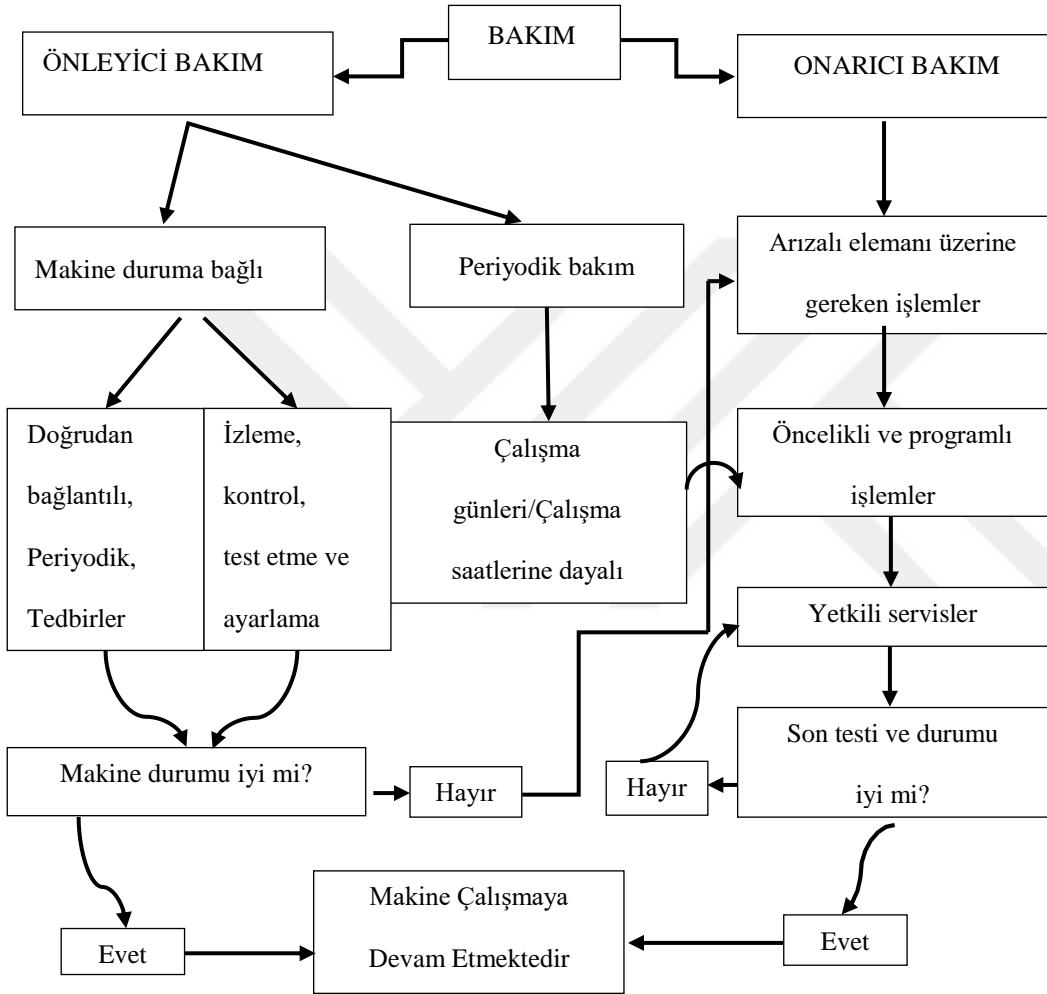
2.1 Traktör Bakım Stratejisi

Geleneksel yaklaşımla bakımı “onarıcı bakım” ve “önleyici bakım” olarak ikiye ayırmak mümkündür. Makinanın ilk icat edildiği günden itibaren plansız olarak oluşan arızanın giderilmesi şeklinde açıklanan onarıcı bakım, çalışan bir makinanın durmasına neden olabilen arızanın ortaya çıkması noktasında yapılan bakımdır. Bu nedenle bozulan parçanın değiştirilmesi böylece plansız olarak ve belli olmayan süre ile makinanın durmasına neden olunmaktadır (Ben-Daya et al., 2009). Dolayısıyla onarıcı bakım, yüksek toplam onarım bakım maliyeti yaratmakta ve üretim karlılığında kayba sebep olabilmektedir (Vanzile and Otis, 1992).

Önleyici bakım ise muhtemel arıza çıkabilecek noktalarla ilgili önceden planlanan ve makinanın zarar görmesini engelleyen bir bakımdır (Ben-Daya et al., 2009). Önleyici bakımın amacı, kullanım süresi boyunca oluşan yıpranma, aşınma, yaşlanma, korozyon vb. etkileri minimuma indirerek sistemin güvenilirliğini arttırmak ve plansız bakımları en aza indirerek toplam bakım maliyetlerini azaltmaktır (Kahvecioğlu, 2003). Önleyici bakım, periyodik bakım ve duruma dayalı bir bakımdır.

Periyodik bakım kavramı 1950’li yıllarda ortaya çıkmıştır. Yağlama, temizleme, bazı parçaların değiştirilmesi ve ayarlanması gibi, tekrarlanan bakım işlevleri de periyodik bakımın kapsamındadır. Periyodik bakım, genellikle ya çalışma saatlerine ya da çalışma günü sayısına dayalı, imalatçıların talimatına veya işletmelerin programlarına göre yapılan bir bakımdır. Bir arızayı, henüz arıza meydana gelmeden önlemeyi amaç edinen “Koruyucu Bakım (veya Periyodik Bakım)” teknolojinin gelişmesiyle günümüzde gittikçe önem kazanmakta, bakımla ilgili öneriler ve kontrolü gerektiren noktalar çoğalmaktadır (Aykas vd. 1996). Fakat sadece periyodik bakım, toplam bakım onarım maliyetlerini yükseltmekte ve ayrıca arıza oluşmasını tamamen önleyememektedir. Bu nedenle periyodik bakım ile duruma dayalı bakım alternatif bir çözüm olmaktadır (Pedregal et al. 2009). Bu yaklaşım 1970’li yıllardan itibaren uygulanmaya başlanmıştır. Ancak bu karmaşık

bakımı uygulamak için teknolojiler, insan tecrübeleri ve arıza tespiti, makine performansı, yapılmış bakımlar, operatör tarafından tutulmuş kayıtlar, makine tasarım bilgileri vb. mevcut veri tabanlarına bağlı makine durumunu belirten veriler gerekmektedir. Bu şekilde makine üzerinde gerekli bakımların ne zaman yapılacağına karar verilebilmektedir. Şekil 2.1’de makine bakım stratejilerinin şeması görülmektedir.



Şekil 2.1 Makine bakım stratejileri (Khodabakhshian, 2013)

Günümüzde ise; en uygun bakım eylemlerini tayin edebilmek için daha önce ortaya konulan verilerin bir araya getirilerek yorumlanması, değerlendirilmesi ve analizinin yapılması gerekmektedir (Campbell and Jardine, 2001; Marquez, 2006; Marquez et al., 2010). Khodabakhshian et al., 2009 yılında yaptıkları araştırmalarında tarım makinelerinde makine durumuna bağlı olarak, periyodik bakımların yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Khodabakhshian et al., 2008

yılında da makine çalışma durumuna bağılı olarak uygulanan periyodik bakımlarının bakım maliyeti açısından olumlu bir etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Artık bu bakım uygulaması, tarım makinelerin de üzerinde kullanılan vazgeçilmez stratejilerden biridir.

İlk zamanlar, tecrübeli işletme mühendisleri, bir makinenin düzgün çalışıp çalışmadığını ve arıza oluşup oluşmadığını, dokunarak ve işiterek anlayabilirken günümüzde bu şekildeki kontrollerin güvenilemez olduğu belirlenmiştir (Yiğit, 2002). Üretimde güvenilir ve ekonomik bir sonuç elde edebilmek uygun ve planlı bir bakım onarım sisteminin gerçekleştirilmesine bağılıdır (Erciş, 1995). Başka bir deyişle; iyi bir bakım programı uygulamak şartıyla makine kullanımının ömrü arttırılabilmektedir. Grisso ve Melvin 1995 yılındaki çalışmalarında çok iyi bir bakım programıyla, onarım ve bakım giderlerinin %25 azaltılabileceğini saptamışlardır (Kati, 2004). Bu konuda yürütülen araştırmalar iyi bir bakımın traktör satın alma bedelinin %20'si kadar tasarruf sağlayacağını göstermektedir (Traktör Parça Ticaret, 2013).

Ünal; 1987 yılında yaptığı çalışmada, makineli çalışma maliyetlerinin minimum düzeyde tutulabilmesi için, çalışma sürecinin kesintisiz (arızasız) olarak sürmesi gerektiğini bildirmiştir. Dolayısıyla işletmelerin maliyet avantajı için bakım sistemlerini geliştirmeleri gerekmektedir. Periyodik bakım genel üretim masraflarını düşürmesinin yanı sıra, verimliliği de maksimum düzeye çıkarır. Çalışmada, Türkiye'de 1984 yılı rakamlarına göre makine onarım bakımına önem verilmemesi nedeniyle ortaya çıkan üretim kaybının % 5 -12 arasında olduğu ifade edilmiştir. Aybek ve Sabancı 2001 yılında yaptıkları araştırmada; tarım makineleri ile çalışma sırasında oluşan iş kazaları, kaza giderleri ve kazaların önlenmesi ile makinelerin onarım bakımı arasında bir bağı olduğunu rapor etmişlerdir. Felix et al. 2015 tarafından yürütülen çalışma sonuçlarına göre, tarım traktörleri ile çalışma sırasında oluşan arızalar ve bakım-onarım maliyetlerini azaltmak için traktör kullanıcısı; traktörü çalışma kapasitesinden fazla yüklememeli ve traktör kullanım kitabındaki bilgilerine uymalıdır.

Şekil 2.2'de periyodik bakımların uygulanmasından beklentilerin gelişimi özetlenmiştir. Şekil 2.3'de ise periyodik bakım tekniklerinin gelişimi özetlenmiştir.

Plansız Bakım	Onarıcı / Önleyici Bakım	Makine durumuna bağlı / Periyodik Bakımlar	Makine durumu izleme / Periyodik Bakım			
Bozulduğunda tamir et	Yüksek karlılık	İş güvenliği	İş güvenliğinin artması			
	Uzun makine kullanma ömrü	Çevre sağlığı	Makine performansı iyileşmesi			
	Düşük maliyet	Uzun ve değerli Makine ömrü	Çevre sağlığının korunması			
		Daha düşük kullanım maliyeti	Arıza olasılığının düşük seviyede tutulması			
		Teknoloji kullanma	Otomasyon teknolojisi kullanıldığında daha düşük onarım bakım maliyeti			
1940	1960	1970	1980	1990	2000	2010

Şekil 2.2 Tarihsel olarak makine bakımları uygulanmasından beklentiler

Plansız Bakım	Onarıcı / Önleyici Bakım	Makine duruma bağlı / Periyodik Bakımlar	Makine durumu izleme / Periyodik Bakım			
Plansız, yüksek masraflı yöntem		Onarım bakım maliyeti modelleme	Makine durumunu izleme			
		Arıza olasılığı modelleme	Arıza tespiti uygulama			
		Önceden hazır programlı bakımlar	Otomasyon programları			
		Ayarlama ve kontrol etme programları	Makine gücü büyütükçe ardından periyodikleri artırma			
1940	1960	1970	1980	1990	2000	2010

Şekil 2.3 Tarihsel olarak makine bakım teknikleri

2.2 Traktör Bakım-Onarım Maliyetlerini Etkileyen Faktörler

Hunt'a göre (1979) bakım ve onarım maliyetleri; bakım amacıyla kullanılan yağın, filtrelerin, bu amaçla kullanılan parçaların maliyetleri ve bakım işçiliği ile aşırı yüklenme ve aşınma gibi nedenlerle arızalanmış parçaların yenilenme veya değiştirilme maliyetleri ve işçilik maliyetlerinden oluşur. Ayrıca Hunt, bakım-onarım maliyetlerinin dünyanın farklı ülkelerindeki değişimlerinin; toprak özelliklerinden, iklim koşullarından, yetiştirilen ürün isteklerinden, makineyi kullanan operatörün tecrübe ve yeteneğinden ve makine büyüklüğünün farklılığından kaynaklandığını düşünmüştür. Kepner et al. (1978) ve Fairbanks et al. (1971) çalışmalarında onarım saatlik giderlerinin makine tipini etkilediğinden vurgulamışlardır. Kepner et al. (1982), bakım maliyetlerinin; makine kullanım koşullarından, makine kullanım yöntemlerinden, bakım uygulamalarından ve uluslararası yedek parça fiyatları farklılığından kaynaklandığını, bunun dışında ağır toprak koşullarında çalıştırılan makinelerin bakım-onarım maliyetlerinin diğerlerine göre nispeten daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca tarım makinelerinin çalışma ömrü boyunca bakım ve onarım maliyetleri ile ilgili kayıtların yetersiz olduğunu, bu nedenle maliyetleri tahmin edebilmenin zor olduğunu ifade etmişlerdir. Bunun dışında, Fairbanks et al. (1971), Hunt (1983) ve Witney (1988) tarafından yürütülen çalışmalarda da belirtildiği gibi, arızaların tesadüfen oluşması ve onları gidermek için plansız bir onarım yapılması nedeni ile onarım maliyetlerini tahmin edebilmek zor bir iştir. Beppler ve Hummeida (1985) ise; bakım-onarım maliyetlerinin, gelişmekte olan ülkelerde, toplam kullanım maliyetlerinin %14 ile %21'i arasında olduğunu belirlemiş, Asya ve Afrika ülkelerinde ise bakım-onarım maliyetlerinin Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerinden 3 ile 5 kat daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bukhari et al. (1987), tarım traktörlerinin bakım-onarım maliyetlerini etkileyen faktörleri incelediğinde aşağıdaki sonuçlara varmışlardır:

- Bakım-onarım maliyetleri yıllık çalışma saatlerine bağlıdır. Dolayısıyla bakım-onarım maliyetleri traktörün kullanım sezonunda çalıştığı saatler ile yakından ilgili olup, traktör yaşından daha önemlidir.
- Traktörü çalışabilir durumda tutmak için yapılan bakım onarım maliyetleri traktör yaşlandıkça artmaktadır.
- Çiftlik büyüklüğünün traktör bakım-onarım maliyetlerine az da olsa bir etkisi vardır.

Edwards (1989) çalışmasında belirli bir makinenin bakım-onarım maliyetlerinin; toprak tipi, çalışma yeri ve iklimsel değişiklikler nedeniyle bir bölgeden başka bölgeye göre farklılıklar gösterdiği, aynı bölge içinde ise işletmeden işletmeye farklı bakım stratejisi ve operatör dikkati sebebiyle değiştiğini belirlemiştir. AL Suhaibani ve Wahby (2015) çalışmalarında bakım onarım maliyetlerinin hem traktör ömrüne hem de traktör motor gücünün büyüklüğüne bağlı olduğunu belirlemişlerdir.

Traktör bakım-onarım maliyetlerini etkileyen faktörler aşağıda gibi özetlenebilir;

- Bakım uygulamaları ve traktör kullanım stratejileri,
- Traktörün teknik özellikleri,
- Uluslararası traktör edinme ve yedek parça fiyatlarının değişimi,
- Traktör yıllık çalışma saatleri,
- Traktörün kullanılacağı alan, toprak özellikleri, iklim koşulları ve çalışma yoğunluğu,
- Traktör kullanım süresince operatörün dikkati, tecrübe ve yeteneğidir.

2.3 Traktör Bakım-Onarım Maliyetlerini Modelleme Çalışmaları

1970’li yıllardan itibaren traktör birikimli bakım-onarım giderlerinin matematik modellenmesi üzerine çalışmalar yürütülmüş ve bu modellenme araştırmacılar için çok cazip hale gelmiş, birçok araştırmacı bunun üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak bu modelin geliştirilme sürecinde birikimli bakım-onarım giderlerini etkileyen farklı faktörler göz önüne alınmaktadır. Faktörlerden en çok kullanılan farklı birimde traktör birikimli çalışma saatleridir. Genelde literatürdeki çalışmalarda dört birim kullanılmıştır. Bunlar;

- Birikimli çalışma saatleri (X),
- Birikimli çalışma saatlerinin traktör mekanik ömrüne (10^4 h) yüzdesi,
- Birikimli çalışma saatlerinin traktör mekanik ömrüne (12×10^3 h)¹ yüzdesi,
- Traktör ideal yıllık çalışma saat (10^3 h) cinsinden birikimli çalışma saatleridir.

¹ Uluslararası standartlara göre traktörün mekanik ömrün (10^4 - 12×10^3) saattir.

Bu çalışmada da, bağımsız değişken² (X) olarak birikimli çalışma saatlerine dayalı bağımlı değişken³ (Y) olarak traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek amacıyla matematik bir model geliştirmek hedeflenmiştir. Bu hedefe yönelik olarak bazı ülkelerde bu çalışmanın konusu ile ilgili olarak farklı araştırmacıların geliştirdikleri modellerin sonuçları aşağıdaki gibi bağımsız değişken olan birikimli çalışma saatlerinin birimlerine göre açıklanıp daha sonra “BULGULAR ve TARTIŞMA” bölümünde geliştirilmiş modelleri ile karşılaştırılmıştır.

2.3.1 Birikimli çalışma saatlerine dayalı model

Amerika’da, Bowers ve Hunt (1970) Illinois ve Indiana’da yaklaşık 1800 çiftçi ile anket yapmış ve bakım onarım maliyet modellerini geliştirmek için bakım onarım maliyet verilerini kullanmışlardır. Birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edilebilmesi için 125 adet traktörün bakım-onarım verileri toplanmış ve toplanan verilerin istatistiksel analizi yapılarak bağımsız değişkenlere göre farklı modeller geliştirilmiştir. Traktör birikimli çalışma saatlerinin bağımsız değişken olması üzerine geliştirilmiş model aşağıdaki gibidir:

$$Y = (3,58 X^{1,6}) \cdot 10^{-5} \quad (1)$$

Culpin (1975), traktörlerin bakım ve yedek parça maliyetlerini, İngiltere’de çeşitli seviyelerde kullanılan traktörleri edinme maliyetlerinin yüzdesi olarak saptamış ve aşağıdaki modeli geliştirmiştir.

$$Y = 0,00865 X \quad (2)$$

Culpin’e göre, orta güçlü bir traktörün ortalama çalışma ömrü yaklaşık 8 yıldır. Buna karşın, çalışma saatleri boyunca bakım işlerinin uygun yapılmasına bağlı olarak belirtilen sürenin iki katı kadar sürede çalışan birçok traktör vardır. Ortalama çalışma süresi olarak 10000 saatlik çalışma ortalama traktör ömrü olarak makul

² Bağımlı değişkeni etkileyen değişkendir. Bu çalışmada da “X” olarak ifade edilmiştir. X ise birikimli çalışma saatleridir.

³ Diğer değişkenler tarafından etkilenen değişkendir. Bu çalışmada da “Y” olarak ifade edilmiştir. Y ise traktör satın alma bedelinin %si olarak birikimli bakım-onarım maliyetleri.

kabul edilebilir. Bu süre 8 yıl için yıllık 1250 saat, ya da 12 yıl için yıllık 800 saattir. Ayrıca, Culpin traktörün uygun şekilde bakımı ve gözden geçirilmesi ile 10000 saatin üzerinde çalışabileceğini de vurgulamıştır.

Morris (1988) İngiltere'deki Norfolk Çiftliğinde gerçekleştirdiği anket ile 50 traktörün onarım masraflarının fonksiyonunu tanımlamıştır. Morris, Norfolk'taki Weasenham Çiftliğindeki 50 traktörün bakım ve onarım masraflarını toplamış ve bu verileri bakım-onarım maliyetlerinin tahmini ile ilgili modeli elde etmek için kullanmıştır. Morris'in çalışması; traktör mekanik ömrüne (10000 saat) ulaşıncaya kadar bakım onarım maliyetlerinin %80 (Traktör Satın Alma bedeli %) olduğunu göstermektedir. Traktör kullanıcılarının yeteneği, çalışma şartları ve bakım standartlarının, makinenin bakım-onarım maliyetlerinde belirleyici faktörler olduğu belirtilmiştir. Model aşağıdaki gibidir:

$$Y = (9,96 X^{1,48}).10^{-5}, \quad R^2 = 0,61 \quad (3)$$

ASAE (1989) standartlarında, traktör bakım-onarım maliyetlerini tahmin edilebilmek için, üssel bir fonksiyonu alarak bir model önerilmiştir. Model aşağıdaki gibidir:

$$Y = (1,2 X^2).10^{-6} \quad (4)$$

Dahab ve Osama (2002), Sudan'da traktör bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için üssel bir fonksiyon eşitliğini geliştirmiştir. Model aşağıdaki gibidir:

$$Y = (4,0 X^{1,25}).10^{-4} \quad (5)$$

Nasir (2007) Sudan'daki Yeni Halfa bölgesinde MF (43 adet), Belarus (45 adet) ve Ford (34 adet) olmak üzere 122 adet traktör ve üç traktör modeli üzerinde birikimli bakım-onarım maliyetlerini, üssel bir fonksiyon eşitliği olarak üç matematik model ile belirlemiştir. Sudan'da bakım onarım maliyet tahminlerinin sanayi ülkelerindekinden daha az olduğunu belirtmiştir. Söz konusu traktörlere ait yıllık traktör bakım ve onarım giderlerini kullanarak ve regresyon analizi yaparak kullanılabilecek bir model belirlemiştir. Modeller aşağıda verilmiştir:

$$(MF) 72,5 \text{ BG}; \quad Y = (0,5 X^{1,44}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,99 \quad (6)$$

$$(\text{Belarus}) 83,5 \text{ BG}; \quad Y = (1,0 X^{1,39}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,99 \quad (7)$$

$$(\text{Ford}) 79 \text{ BG}; \quad Y = (5,0 X^{1,25}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,99 \quad (8)$$

Khoub et al. (2008), İran'ın merkez bölgesinde bulunan Khansar ve Golpayegan ilçelerinde traktör bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için bir model geliştirmeyi hedefleyerek bir anket yürütmüşlerdir. 2007 yılında 102 adet MF-285 traktör kullanıcıları ile yüz yüze anket yaparak bakım ve onarım giderleri ile alakalı verileri toplamış ve modeli aşağıdaki gibi belirlemişlerdir.

$$Y = (20 X^{1,162}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,996 \quad (9)$$

Khoub et al. (2010) İran'ın merkez bölgesinde bulunan Khansar ve Golpayegan ilçelerinde traktör bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için bir model geliştirmeyi hedefleyerek bir anket yürütmüşlerdir. 2008 yılında 118 adet MF-285 traktör kullanıcısı ile yüz yüze anket yaparak bakım ve onarım giderleri ile alakalı verileri toplamış ve bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen modeli kullanarak elde edilmiş tahminlerinin, daha önce bazı önerilmiş modellerin sonuçları ile karşılaştırıp daha az olduğunu ifade etmişlerdir. Dolayısıyla her bölge için özgün bir model olması sonuca varmışlardır.

$$\text{MF-285} \quad Y = (15 X^{1,171}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,996 \quad (10)$$

Khodabakhshian ve Shakeri (2011), İran'da üç traktör modelini ve her modelden 15 adet üzerinde birikimli bakım-onarım maliyetlerini hesaplayabilmek için üssel bir eşitlikten yararlanarak her traktör modeli için ayrı bir model geliştirmişlerdir. Bakım onarım maliyetlerinin traktör ömrü uzadıkça arttığı ve traktör modellerinden elde edilen maliyet tahminleri arasındaki farklılığı gösterdiğini söze getirmişlerdir. İran'da "Kavardeh Agribusiness" Tarım Şirketindeki kaydedilmiş söz konusu traktörlere ait yıllık traktör bakım ve onarım giderleri kullanılarak geliştirilen modeller aşağıda verilmiştir:

$$\text{JD-3140}; \quad Y = (30 X^{1,163}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,996 \quad (11)$$

$$\text{MF-285}; \quad Y = (40 X^{1,152}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,994 \quad (12)$$

$$\text{JD-3350}; \quad Y = (20 X^{1,178}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,995 \quad (13)$$

Donca (2011); Romanya’da Bihor ve Arad illerindeki U683DT modeli Universal traktörlerin birikimli çalışma saatlerine bağlı, birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için bir eşitlik belirlemiştir. Toplanmış verilerin regresyonu ile belirlenen model aşağıda verilmiştir:

$$\text{U683DT}; \quad Y = 0,002 X^{1,162}, \quad R^2 = 0,99 \quad (14)$$

Abdallah et al. (2014), Sudan’daki Blue Nil ve Kuzey Kordofan devletlerinde yürütülen Tarımsal Jezira Projesi’ndeki traktör kullanım giderlerini kullanarak Farmtrac 80 (FT80), Farmtrac 70 (FT70), Farmtrac 60 (FT60) ve Powertrac 55 (PT55) olmak üzere dört traktör modeli üzerinde birikimli bakım-onarım maliyetlerini üssel bir fonksiyon eşitliği olarak dört matematik modeli geliştirmişlerdir. Söz konusu traktörlere ait yıllık traktör bakım ve onarım giderleri kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Belirlenen kullanılabilir modeller aşağıdaki gibidir:

$$\text{(FT80) 80 BG}; \quad Y = (5,0 X^{1,25}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,99 \quad (15)$$

$$\text{(FT70) 70 BG}; \quad Y = (0,5 X^{1,44}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,89 \quad (16)$$

$$\text{(FT60) 60 BG}; \quad Y = (1,0 X^{1,39}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,96 \quad (17)$$

$$\text{(PT55) 55 BG}; \quad Y = (0,2 X^{1,49}).10^{-4}, \quad R^2 = 0,99 \quad (18)$$

2.3.2 Traktör on bin çalışma saati mekanik ömrüne dayalı model

Fairbanks et al. (1971), Amerika’da 1968 yılında kooperatifler tarafından yönetilen ve Kansas bölgesini temsil eden 114 çiftlikten topladığı verilere dayalı olarak, kayıtlarındaki mevcut olan bakım-onarım maliyetlerinin güvenli bir şekilde elde edilmesinin zor olduğunu rapor etmişlerdir. Bununla birlikte 46 âdet traktörün bakım ve onarım giderlerini kullanarak bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için matematik model geliştirmişlerdir. Bu neden ile elde edilmiş tahminlerin, daha önceki çalışmalarındaki tahminlere göre çok düşük olduğunu belirlemişlerdir. Bunun sebebi olarak toplanmış verilerin yeterli olmamasını belirtmişlerdir. Tarım makinelerinin tipine göre, bakım-onarım maliyetlerin en

küçük kareler tekniğini kullanarak model eşitliklerini ortaya koymuşlardır. Traktörler için geliştirilmiş model aşağıdaki verilmiştir:

$$Y = 0,0014 (X/100)^{2,19} \quad (19)$$

Fairbanks et al. (1971) tarafından toplanmış verileri ve aynı konuda başka anket çalışmalarının sonuçlarını kullanarak tarım makinelerine göre bakım-onarım maliyetlerinin modellenmesi, ASAE (1986) tarafından da gerçekleştirilmiştir. Ancak traktör bakım onarım maliyetlerini; o modeller kullanılarak tahmin ederken bu maliyetlerini diğer etkileyen faktörlerin dikkati alınması gerektiği tavsiye edilmiştir. 2WD (arka aksı tahrikli) ve 4WD (her iki aksı tahrikli) olmak üzere iki traktör tipi için iki ayrı model geliştirilmiştir. Bunlar:

$$2WD; \quad Y = 0,007 (X/100)^2 \quad (20)$$

$$4WD; \quad Y = 0,003 (X/100)^2 \quad (21)$$

Amerika'da Rotz (1987); 2WD, 4WD traktörler ve buharlı tarım araçları dâhil tarım makineleri ve aletlerine göre bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için yıllık ziraat mühendisliği verilerini ve daha önce yapılmış çalışmaların verilerinin analizi ile matematik modeller geliştirmiştir. 2WD ve 4WD Traktörler için aşağıdaki model geliştirilmiştir.

$$Y = 0,01 (X/100)^2 \quad (22)$$

Wendl (1991) çalışmasında, traktör servislerinde kaydı tutulan bakım onarım verilerini topladıktan sonra 4WD traktörlerin birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için bir model belirlemişlerdir. Almanya koşullarında işçilik maliyetleri toplam bakım-onarım maliyetlerinin %35'ini oluşturduğunu açığa çıkarmıştır. Model ise aşağıdaki gibidir:

$$4WD; \quad Y = 0,1064 (X/100)^{1,5} \quad (23)$$

ASAE (2006) tarafından 4WD ve 2WD traktörlerin bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için üssel bir fonksiyon eşitliği olarak modeller

geliştirilmiştir. Modeller aşağıdaki gibidir:

$$2WD; \quad Y = 0,012 (X/100)^2 \quad (24)$$

$$4WD; \quad Y = 0,01 (X/100)^2 \quad (25)$$

Ashtiani et al. (2006), 2WD traktörlerin birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek amacıyla üssel fonksiyon eşitliği olarak bir model geliştirmişlerdir. Model aşağıdaki gibidir:

$$2WD; \quad Y = 0,042 (X/100)^{1,599} \quad (26)$$

Ranjbar et al. (2010), 2WD traktörlerin 2260 ve altındaki birikimli çalışma saatlerine bağlı birikimli bakım-onarım maliyetlerinin tahmini için bir model geliştirmişlerdir. İran'da bir tarım şirketindeki kaydedilmiş yıllık traktör bakım ve onarım giderleri kullanılarak, regresyon analizi ile belirlenen model aşağıdaki gibidir:

$$2WD; \quad Y = 0,013 (X/100)^{1,677}, \quad R^2 = 0,976 \quad (27)$$

Rashidi ve Ranjbar (2011a,b,c) üç traktör modeli ve her modelden seçilen 15 adet traktör üzerinde, birikimli bakım-onarım maliyetini tahmin edebilmek için bir araştırma yürütmüşlerdir. Yıllık traktör bakım ve onarım giderleri kullanılarak regresyon analizleri yapılmış ve üssel bir fonksiyon olarak her traktör modeli için bir eşitlik belirlemişlerdir. Modeller aşağıda verilmiştir:

$$JD-3140; X \leq 2545h \quad Y = 0,0075 (X/100)^{1,7545}, \quad R^2 = 0,955 \quad (28)$$

$$MF-285; X \leq 2275h \quad Y = 0,0187 (X/100)^{1,6381}, \quad R^2 = 0,966 \quad (29)$$

$$U-650; X \leq 1970h \quad Y = 0,0377 (X/100)^{1,5451}, \quad R^2 = 0,967 \quad (30)$$

Niari et al. (2012); İran'da Erdebil ilindeki 4955 John Deere traktörünün 2275 saat ve altındaki birikimli çalışma saatlerine bağlı, birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için bir eşitlik geliştirmişlerdir. Toplanmış verilerin regresyon analizi edilerek geliştirilen model aşağıda verilmiştir:

$$JD-4955; X \leq 2275h \quad Y = 0,004 (X/100)^{1,796}, \quad R^2 = 0,966 \quad (31)$$

2.3.3 Traktör on iki bin çalışma saati mekanik ömrüne dayalı model

Bowers ve Hunt (1970) Illinois ve Indiana’da yaklaşık 1800 çiftçi ile anket yapmışlar ve bakım onarım maliyet modellerini geliştirmek için bakım onarım maliyet verilerini kullanmışlardır. Birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için 125 adet traktörden toplanmış veriler istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Traktör birikimli çalışma saatlerinin traktör mekanik ömrünün (12000 h) yüzdesi, bağımsız değişken olarak alınmış ve bir model geliştirilmiştir. Ancak geliştirilmiş model eşitliği ile çeşitli marka ve model tiplerde çalıştırılan makinelerin bakım-onarım maliyetleri tahmin edilebilmişken, modelin kendine özgü çiftliklerde tek başına çalıştırılan makineler için geçerli olmadığı belirtilmiştir. Geliştiriliş model eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$Y = 0,076 (X/120)^{1,6} \quad (32)$$

ASAE (1973) tarafından aynı konu üzerinde bir araştırma yürütülmüştür. Bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek amacıyla Amerika çapında daha önce yapılmış olan anketlerin verileri kullanılarak 2WD ve 4WD olmak üzere iki traktör tipi için iki ayrı model geliştirilmiştir. Geliştirilmiş modellerin sonuçlarına dayalı olarak traktörlerin birikimli çalışma saatlerinin düşük seviyelerinde birikimli bakım-onarım maliyetlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen eşitlikler aşağıda verilmiştir:

$$2WD; \quad Y = 0,12 (X/120)^{1,5} \quad (33)$$

$$4WD; \quad Y = 0,10 (X/120)^{1,5} \quad (34)$$

Ward et al. (1985), 63 adet orman traktöründe birikimli çalışma saatlerine dayalı, birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için üssel bir fonksiyon eşitliği olarak matematiksel bir model belirlemiştir. Özellikle ormanda römork çekmede, hidrolik güç ile çalışan testere kullanımında, çim kesme gibi çeşitli görevlerde çalıştırılan (42 adet) 2WD ve (21 adet) 4WD iki farklı traktör için iki ayrı model geliştirmişleridir. Elde edilmiş tahminlerin daha önceki çalışmalardaki tahminlerine göre çok yüksek olduğunu belirtilmiştir. Veri toplamada kullanılan traktörlerin bakım-onarım verilerinin varyasyonu oldukça yüksek olması nedeni ile tek başına çalıştırılan traktörler için elde edilmiş modelin

kullanımını engelleyebileceği sonucuna varılmıştır. Bakım-onarım maliyetlerindeki yüksek varyasyonun; makine kullanım koşullarında, bakım uygulamalarında, makine kullanıcı yeteneklerinde ve traktörlerin teknik özelliklerindeki farklılıktan kaynaklandığı sonuca varılmıştır. Ancak bu düşüncelerin kanıtlanması için herhangi bir açıklama getirmemişlerdir. Geliştirilmiş modeller aşağıdaki gibidir:

$$2WD; \quad Y = 0,042 (X/120)^{1,895}, \quad R^2 = 0,95 \quad (35)$$

$$4WD; \quad Y = 0,0406 (X/120)^{1,923}, \quad R^2 = 0,98 \quad (36)$$

Sabir et al. (1990), Hindistan’da, 93 traktörden toplanan verilerden gidilerek yapılan araştırmada, (2WD) traktörler için bakım-onarım maliyetlerinin tipik eğilimlerini göz önüne alarak aşağıdaki eşitliği ortaya koymuşlardır.

$$2WD; \quad Y = 0,0669 (X/120)^{1,592}, \quad R^2 = 0,996 \quad (37)$$

Almassi ve Yeganeh (2002), İran’daki kuzey Khuzestan bölgesinde “Karoon Agro-Industrial” Şirketine ait 213 adet traktörün kullanım giderleri üzerinde yapılan araştırmada birikimli çalışma saatlerine bağlı olarak traktör bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için toplanmış verileri regresyon analizine tabi tutarak aşağıdaki model eşitliğini ortaya koymuşlardır.

$$Y = 0,052 (X/120)^{1,5865} \quad (38)$$

Pishbin (2014), İran’daki Fars bölgesinde traktör bakım-onarım maliyetlerinin, birikimli çalışma saatleri ile ilişkisini yorumlamak amacıyla, üç farklı traktör modelinin verilerini topladıktan sonra regresyon analizini gerçekleştirerek üssel bir fonksiyon formülü olarak üç ayrı model geliştirmiştir. Modeller aşağıda verilmiştir:

$$MF-285; \quad Y = 0,149394(X/120)^{1,30834}, \quad R^2 = 0,997 \quad (39)$$

$$JD-3350; \quad Y = 0,0721179(X/120)^{1,48771}, \quad R^2 = 0,978 \quad (40)$$

$$JD-4955; \quad Y = 0,0211184(X/120)^{1,81187}, \quad R^2 = 0,996 \quad (41)$$

2.3.4 Traktör yıllık ideal bin saat çalışmasına dayalı model

Kruger ve Logan (1980) Avustralya'da traktör bakım-onarım maliyetleri üzerinde bir araştırma yürütmüşlerdir. Değiştirilmiş lastiklerin maliyetleri yer almadan traktör bakım-onarım giderlerini tahmin edebilmek amacıyla aşağıdaki eşitliği geliştirmişlerdir.

$$Y = 2,8 (X/1000)^{1,06} \quad (42)$$

ASAE (1987) tarafından Amerika'da yürütülmüş bir anketin verileri kullanılarak traktörlerin birikimli bakım-onarım maliyetlerinin traktör edinme bedelinin yüzdesini tahmin edebilmek için birikimli çalışma saatleri, traktör ideal yıllık kullanım çalışma saatlerinin (1000 h) üssel bir fonksiyonu eşitliği olarak bir model geliştirilmiştir (Eşitliği 43).

$$Y = 1,2 (X/1000)^2 \quad (43)$$

Konda (1991); Burkina Faso'da (11 adet) 2WD ve (19 adet) 4WD olmak üzere iki traktör tipinin bakım-onarım maliyetlerini araştırmak üzere toplanmış giderleri istatistik analize tabi tutarak Avrupa ve Amerika'daki geliştirilmiş modellere benzeyen bir modeli ortaya koymuşlardır (Eşitlik 44 ve 45).

$$2WD; \quad Y = 9,3 (X/1000)^{1,1} , \quad R^2 = 0,45 \quad (44)$$

$$4WD; \quad Y = 5,95 (X/1000)^{1,4} , \quad R^2 = 0,81 \quad (45)$$

Mpanduji (2000), Tanzania koşullarında çalıştırılan (2WD, 121 adet) 58 kW ve (4WD, 25 adet) 91 kW ortalama motor gücüne sahip olan iki traktör tipinin bakım-onarım maliyetlerini modellemek amacıyla her tip için ayrı bir model geliştirmiştir. 2WD traktör tipi için büyük araziye sahip çiftliklerde çalıştırılan traktörlerin yıllık çalışma saatlerinin daha az ve orta çiftliklerdekilerin ise daha fazla olduğunu belirlemiştir. Ancak büyük araziye sahip çiftliklerde ağır işlemler için kullanılan 4WD traktörlerin yıllık çalışma saatlerinin oldukça az olduğunu ifade etmiştir. Çalıştırılan traktörlerin yıllık çalışma saatleri; 4WD traktörler için

640 saat, 2WD traktörler için ise 660 ile 1020 saat aralarında değiştiği belirtilmiştir. Geliştirilen modeller aşağıdaki gibidir:

$$2WD; \quad Y=0,4917(X/1000)^{2,3775}, \quad R^2 = 0,93 \quad (46)$$

$$4WD; \quad Y=0,157(X/1000)^{3,049}, \quad R^2 = 0,81 \quad (47)$$

ASAE 2011 tarafından Amerika koşullarında 2WD ve 4WD traktörler için traktör bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek amacıyla belirlenmiş modeller aşağıdaki gibidir.

$$2WD; \quad Y = 0,7 (X/1000)^2 \quad (48)$$

$$4WD; \quad Y = 0,3 (X/1000)^2 \quad (49)$$

Calcante et al. (2013), 4WD 59-198 kW motor gücüne sahip olan 100 adet traktörden veri toplamışlardır. İtalya'nın tarım koşullarına bağlı olarak toplanmış verilerin regresyon analizini yaparak, traktör bakım onarım maliyetlerinin tahmin modelinin parametrelerini "a"; 1,954 "b" ise 1,295 ($R^2=0,82$) şeklinde güncellemişlerdir. Araştırma sonuçlarına dayalı olarak bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için yerel koşulların önemsenmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

$$4WD; \quad Y=1,945 (X/1000)^{1,295}, \quad R^2 = 0,82 \quad (50)$$

2.4 Arıza Oranı ve "Bathtub Eğrisi"

Tarım makineleri kullanımında diğer makinelerde olduğu gibi bakım, onarım, arıza tespiti ve arızanın öngörülmesi çok önemlidir. Özellikle sürdürülebilir bir tarımsal üretim için tarım işletmelerinde traktör ve tarım makinesi kaynaklı arızaların oluşmasını engellemek veya arızayı hızlı bir şekilde gidermek hayati önem taşımaktadır. Aksi takdirde iş zirvelerinin oluştuğu dönemlerde ortaya çıkacak arızalar önemli düzeyde üretim kaybına neden olabilir. Tarım makineleri ve traktörleri, bakım-onarımı konusunda çalışma yapan çok sayıda araştırmacı makinelerde oluşan arızaların birçok farklı kaynaktan ortaya çıktığını belirtmektedirler. Bohm, (1993) ve Aneke (1993) çalışmalarında operatör, makine

veya çalışma koşulları gibi birçok nedenle arızaların oluşabileceğini bildirmişlerdir. Tarım makineleri kullanım süresinde arıza oranlarının analizi, makine arızalandığında ihtiyaç olacak yedek parça maliyetlerini doğru tahmin etmek ve yapılacak onarım süresinin gecikmesinden kaynaklanan ekstra bakım-onarım maliyetlerini düşürmek için çok önemlidir.

Makine Kullanım sürecinde arızaların meydana gelme ihtimalinin zamana bağlı olarak değişimi, “Bathtub Eğrisi” ile ifade edilmektedir. 1970’li yıllardan itibaren hasat makineleri, ekim makineleri gibi mevsimsel çalışan makine kullanım durumu, arıza oranlarının makine birikimli çalışma saatleri ile ilişkisine dayalı olarak oluşturulan eğriler “Bathtub Eğrisi”⁴ ile karşılaştırılarak yorumlanmaktadır. Günümüzde traktör kullanım durumunun yorumlanması için de bu yöntem kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 2.4’de makine çalışma zamanına bağlı arıza oranlarını temsil eden “Bathtub Eğrisi” görülmektedir.

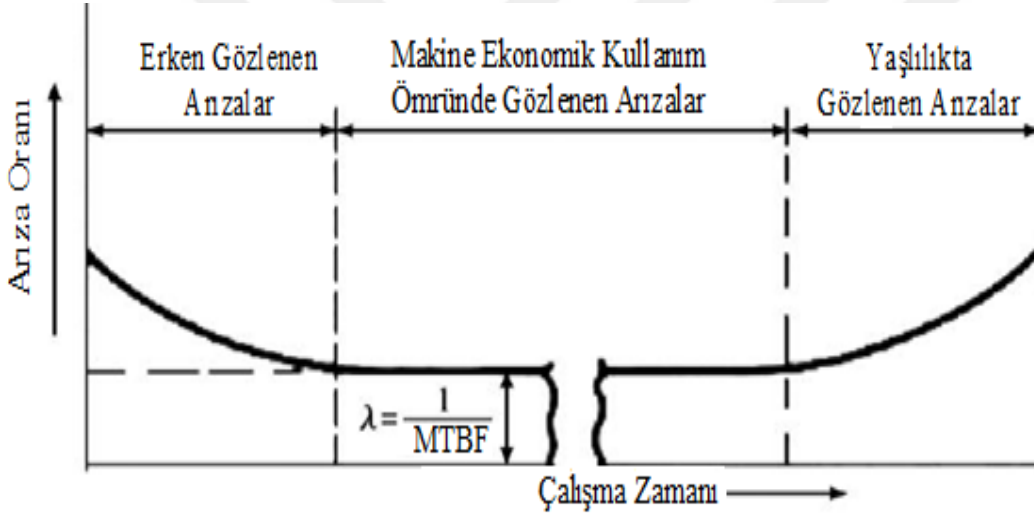
“Bathtub Eğrisi” üç evreden oluşmaktadır. “Erken gözlenen arızalar” adı verilen birinci evre; makinenin ilk kullanılmaya başlandığı evre olup, bu evrede makine üzerinde birbirine temas ederek çalışan elemanların normal bir şekilde çalışabilmesine kadar olan süreçtir. Bu evre, en fazla birkaç hafta (traktörlerde 100 ile 200 saat) sürmektedir. Oluşan arızalar; hatalı aksam ve parçalar, kötü kaynak, bağlantı hatası, elemanların hareket ederken birbirini aşındırması gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. Makinayı kullanıcıya sevk etmeden önce imalatçı firmalar bu konuda dikkat edilmesi gereken hususları makina kullanım kılavuzlarında belirtmektedir. Bu evre, makinenin ilk kullanım döneminde yüksek bir arıza oranı gösterebilmekte ve zamanla azalmaktadır.

“Bathtub Eğrisi”nde ortadaki ikinci evrede görülen arızalar, “makine ekonomik kullanım ömründe gözlenen arızalar” adını almakta ve düşük değerde, hemen hemen sabit bir arıza oranını göstermektedir. Bu süre içerisinde arızalar, rastgele meydana gelmektedir. Bu dönem makine veya üzerindeki elemanların en verimli çalıştığı dönemdir.

⁴ Makine kullanım süresince zamana bağlı arıza oranlarını göstermek için kullanılır. Bazı kaynaklarda da “Banyo Küveti Eğrisi” olarak adlandırılmaktadır.

“Yaşlılık döneminde gözlenen arızalar” olarak adlandırılan son evre ise, giderek artan bir arıza oranı ile karakterize edilmektedir. Bu evrede artan arıza oranları genelde bağlantıların oksitlenmesi ve elastikiyetlerini kaybetmesi, ana yapının yıpranması nedeniyle meydana gelmektedir (Kumar and Gross, 1977, Tufts, 1985, Billinton and Allan, 1992, Humphrey et al. 2002, Say and Sumer, 2011, Afsharnia et al. 2013, Afsharnia et al. 2014a,b).

Özet olarak makine kullanımının ilk döneminde makine tamamen yenidir ve arıza görülme olasılığı oldukça yüksektir. Sonraki dönemlerde arıza oranı makine ömrü uzadıkça azalmakta ve gittikçe hemen hemen sabit bir değer civarında kalmaktadır. Son dönemlerde ise yorulma ve diğer yaşlanma belirtileri ortaya çıkmaya başladıkça arıza oranı önemli ölçüde artma eğiliminde olmaktadır.



Şekil 2.4 Makina çalışma zamanına bağlı arıza oranları - “Bathtub Eğrisi”
(Kumar and Gross, 1977, Tufts, 1985, Billinton and Allan, 1992, Say and Sumer, 2011)

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Tarım işletmesi

Çalışmada verilerinden yararlanılan traktörler, Ceylanpınar Tarım İşletmesi'nde kullanılmaktadır. Ceylanpınar Tarım İşletmesi Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, Şanlıurfa ili Ceylanpınar İlçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. İşletme arazileri doğuda Ceylanpınar ve Kızıltepe arazileri, batıda Akçakale ve Harran İlçeleri, güneyde Suriye Devleti ve kuzeyde Viranşehir İlçe arazileri ile sınırlıdır. İşletme arazileri TİGEM'in⁵ toplam arazi varlığının %51'ini ve Şanlıurfa yüzölçümünün %9,3'ünü teşkil etmekte birlikte, GAP⁶ ile sulanacak arazilerin ise %4,5'i işletme sınırları içinde yer almaktadır (TİGEM, 2013).

İşletmede kuru iklim hüküm sürmekte olup, yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı geçer. Uzun yıllar yağış ortalaması 268,1 mm'dir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında hemen hemen hiç yağmur almayan İşletmenin yıllık ortalama yağışı 252,7 mm'dir. Yıllık ortalama en yüksek nispi nem %83, ortalama en düşük nispi nem %28'dir. Yaz aylarında en yüksek sıcaklık 47,3 °C, kış aylarında ise en düşük sıcaklık -6,0 °C'dir (TİGEM, 2013).

3.1.2 Atölyelerin varlığı

Ceylanpınar Tarım İşletmesi, büyüklüğü nedeni ile diğer işletmelerden farklı olarak Gümüşsu, Gökçayır, Karataş, Beyazkule ve Merkez olmak üzere beş ana birimden oluşmaktadır. Bu işletmelerin tamamında da makine şubesi olup, atölyeler bu şubelere bağlı olarak hizmet vermektedir. Merkez işletmesinde bakım ve onarım ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde teşkilatlanmış bir atölye bulunmaktadır. Ayrıca bir kısım hizmeti araziye götüren seyyar atölyeler de mevcuttur. Bunun dışında ister yerli ister yabancı traktör yedek parçalarını

⁵ **TİGEM:** Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü; Türkiye Cumhuriyeti'nce tarım ve tarıma dayalı sanayinin ihtiyacı olan her türlü mal ve hizmetleri üretmek amacı ile 08 Haziran 1984 tarihinde Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'na bağlı olarak kurulmuştur.

⁶ **GAP:** Güneydoğu Anadolu Bölgesini sulama projesidir.

gecikmeden temin edebilmek için tarım işletme merkezinde özel bayi bulunmaktadır. Şekil 3.1’de merkezdeki elektrik ve revizyon atölyesinin girişi görülmektedir.



Şekil 3.1 Elektrik ve revizyon atölyesi

3.1.3 VALTRA-8400 traktörleri

Bu çalışmada; Türkiye’nin en önemli tarım işletmelerinden birisi olan Ceylanpınar Tarım İşletme Müdürlüğü’nde yaklaşık 11 yıl süre ile doğru kaydı tutulabilen 2003 model VALTRA 8400 serisi 11 adet traktör, deneme materyali olarak alınmıştır. Bunun dışındaki traktörler için işletmede 10 yılı aşkın süre ile kayıtlara ulaşılamamıştır. Yapılan piyasa araştırmasında da özel sektöre ait traktör bakım-onarım servislerinde traktörlerin garanti süreleri dışında tutulmuş sağlıklı uzun süreli verilere ulaşılamamıştır. Bu noktada akla iki soru gelmektedir. Birincisi farklı firmalar ticari kaygı nedeniyle verilerini paylaşmak istememektedir. İkincisi ki bu olasılık kuvvetle muhtemel görünmektedir, traktör kullanıcıları garanti süresi bittikten sonra traktör bakım ve onarımlarını servislerde yaptırmamakta veya servisler doğru ve sağlıklı kayıt tutmamaktadır. Bu durum Türk tarımı için son derece önemli bir eksikliklerdir. Deneme materyali olan VALTRA 8400 serisi traktörler işletmede grup halinde çalıştırılmaktadır. Tarım işletmesinde her mevsimindeki tarımsal faaliyetlerine göre tarım işlemleri belirtildikten sonra traktörler gruplar şeklinde ayrılarak tarlaya götürülüp yapılacak işlemleri gerçekleştirilmektedir. Böylece traktörlerin üzerine bakımları, yakıt doldurulması, güncel çalışmaların takip edilmesi ve her vardiyada operatör değiştirilmesi gibi yapılacak hizmetleri kolayca sağlanabilmektedir. Traktörler teknik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Traktör teknik özellikleri (MEGA⁷ Broşürü).

Marka	Valtra
Modeli	Valmet 8400-2003-4WD
Motor Tipi	620DS
Silindir Hacmi /Sayısı/T Turbo Şarj	6,6 Litre-6-T
Silindir Çapı X Kurs Boyu	108X120 (mm)
Sıkıştırma Oranı	16,5:1
Maksimum Beygir Güç (SAE)	151 HP (≈113 kW)
Maksimum Güç (DIN)	140 HP/2200 (≈104,5 kW)
Maksimum Tork	520/1400 (Nm/rpm)
Debriyaj	Organik
Hava Filtresi	İki Aşamalı Kuru Elemanlı
Şanzıman Tipi	Tam Senkronize
Vites	36 İleri+36 Geri Senkronize + Delta Powershift
Hızlı Değişirme Delta Powershift	Her Viteste Debriyajsız Üç Değişik Hız Kademesi
Kuyruk Mili	Değiştirebilir 6 Kanallı Şaft
Kuyruk Mili Kavrama	Çok Diskli Elektro-Hidrolik Kumandalı
540 /1000 Kuyruk Mili	1874/2080 Motor (Devri/dakika)
Hidrolik Sistemi	Elektro-Hidrolik Kumandalı
Elektronik Otokontrolü	Standart
Hidrolik Pompa Kapasitesi	73 Litre/dakika
Maksimum Çalışma Basıncı	190 (bar)
Kaldırma Kapasitesi	7000 (kg)
Direksiyon	Yükseklik Ve Derinlik Ayarlı Direksiyon Simidi
Maksimum Dönüş Açısı Ve Yarıçapı	55° - 5,5 m
Yakıt Tankı Kapasitesi	165 (litre)
Frenler	Çok Diskli Yağlı Fren
Akü	12 Volt- 150 Ah
Genişlik	2180 (mm)
Yükseklik	2870 (mm)
Uzunluk	4750 (mm)
Ağırlık	5020 (kg)
LASTİK EBATLARI	ARKA; 18,4 R 38, ÖN; 380/85 R 28 (14,9 R 28)

Traktörlerin üretici firma tarafından tavsiye edilen ve Ceylanpınar Tarım İşletme Müdürlüğü tarafından uygulanmış bakım işlemleri aşağıdaki gibi sıralanmış ve Şekil 3.2’de şematik olarak verilmiştir (MEGA Broşürü).

- **Günlük/ Her 10 Saatte Bir**

1. Motor yağı seviyesinin kontrolü *
2. Radyatör su seviyesinin, radyatör su kapağının ve peteklerin kontrolü
3. Yağ ve su sızıntısı kontrolü

⁷ MEGA: Mega Ziraat Makineleri Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Firması

- **Haftalık / Her 50 Saatte Bir**

4. Hidrolik bağlantı ile yedek çeki kancasının yağlanması
5. Fren mekanizmasının yağlanması
6. Ön aks mesnetlerinin (pim ve perno) yağlanması
7. Şanzıman, diferansiyel ve hidrolik yağ seviyesinin kontrolü
8. Motor hava dış filtresinin temizlenmesi
9. Klima ve su pompa kayış gerginliklerinin kontrolü
10. Dizel yakıt (Motorin) su tutucusu kontrolü
11. Akü elektrolit seviyesinin kontrolü

- **Her 250 Saatte Bir**

12. Kapı menteşelerinin yağlanması *
13. Motor yağı ve filtresinin değiştirilmesi
14. Ön aks bağlantılarının yağlanması (tekerlek bağlantısı)
15. Hidrolik ve şanzıman basınç yağ filtresinin değiştirilmesi (İlk değişim 100 saatten sonra, ikincisi 250 saatten sonra, üçüncüsü 500 saatten sonra, ardından her 500 saatte bir).
16. Fren ve debriyaj hidrolik yağ seviyesinin kontrolü
17. Kabin havalandırma sistemi hava filtresin temizlenmesi
18. Tekerlek bijonlarının sıkılık kontrolü ve lastik hava basınçlarının kontrolü (Ön: 26 Psi Arka: 30 Psi) *⁸.

- **Her 500 Saatte Bir**

19. Su tutucusunun temizlenmesi
20. Fren pedallarının boşluk kontrolü
21. Hidrolik ve şanzıman basınç yağ filtresinin değiştirilmesi.
22. Ön aks diferansiyel, kapaklarda (poyralarda) yağ seviyesinin kontrolü

- **Her 1000 Saatte Bir**

23. Şanzıman ve hidrolik yağları ile yağ ön temizleyici filtresinin değiştirilmesi
24. Ön aks diferansiyel ve kapaklarda (poyralarda) yağ değiştirilmesi

⁸ * Şekilde yer almamıştır.

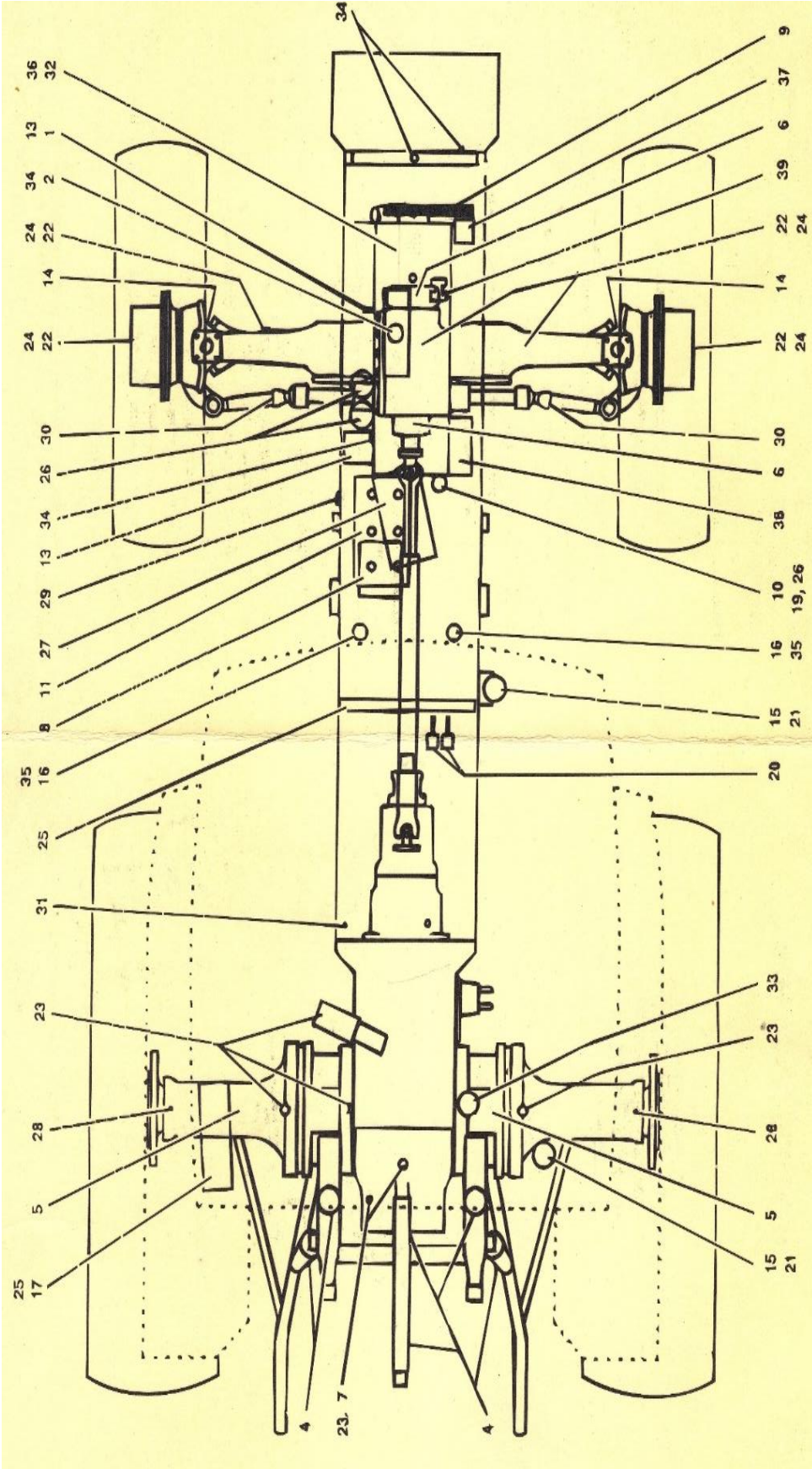
25. Kabin havalandırma ve iç sirkülasyon filtrelerinin değiştirilmesi
26. Motorin filtresinin ve su tutucusunun kartuşlarının değiştirilmesi
27. İç ve dış hava filtresin değiştirilmesi
28. Arka tahrik aks yataklarının yağlanması
29. Motor volanı halka dişlisinin yağlanması
30. Ön aks boşluklarının kontrolü ve yağlanması
31. Yakıt deposu temizlenmesi
32. Supaplarının ayarlanması
33. Şanzıman havalandırma tıpasının değiştirilmesi

- **Her 2000 Saatte Bir**

34. Soğutma sisteminin temizlenmesi
35. Fren ve debriyaj hidrolik yağının değiştirilmesi
36. Enjektörlerinin kontrol ve temizlenmesi
37. Motor dinamosunun kontrolü
38. Marş motorunun kontrolü

- **Her 4000 Saatte Bir**

39. Turbo şarjının kontrolü



Şekil 3.2 VALTRA Valmet 8400 serisi traktörlerin bakım ve yağlama şeması (MEGA Broşürü)

3.2 Yöntem

3.2.1 Traktör bakım, onarım ve arıza gözlem verileri

Beş aşamalı olarak yürütülen bu çalışmanın birinci aşamasında, Ceylanpınar Tarım İşletme Müdürlüğü'nde yaklaşık 11 yıl süre ile kullanılan ve kaydı tutulan 2003 model VALTRA 8400 serisi toplam 11 adet traktör ile işletmedeki diğer marka ve model traktörlerin bakım ve onarımları konusunda tutulan tüm defterler incelenmiştir. İncelenen defter kayıtlarındaki bilgiler bilgisayara işlenmiştir ve Excel dosyaları oluşturulmuştur.

Bu incelemeler, kayıtların güncellenmesi ve Excel dosyaların oluşturulmasının sonucunda 2003 model VALTRA 8400 serisi 11 adet traktörün düzenli kayıtları olduğu görülmüş ve bu çalışmada deneme materyal olarak alınmıştır. 2003 model VALTRA 8400 serisi traktörler dışında kalan diğer traktörlerin bazılarının yeni model traktör olduğu, 2-3 yıl süreyle işletmede kullanıldığı görülmüş ve araştırma materyali olarak değerlendirmeye alınmamıştır. On yıl ve üzeri sürelerle işletmede kullanılan diğer marka ve model traktörlerin ise düzenli kayıtlarının olmadığı saptanmış ve bu traktörler de araştırma materyali olarak değerlendirilmemiştir.

3.2.2 Traktör bakım ve onarım maliyetlerinin analizi

Çalışmanın ikinci aşamasında; Excel dosyası olarak toplanmış veriler SPSS⁹ programı kullanılarak analiz edilmiştir. Maliyet analizleri yapılırken maliyet unsurları göz önüne alınmıştır.

Buna göre bakım maliyet unsurları;

- Filtrelerin maliyeti,
- Yağ maliyeti,
- İşçilik maliyeti, olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır.

⁹ SPSS bilgisayar programı (İngilizce açılımıyla: Statistical Package for the Social Sciences), ilk sürümü 1968 yılında piyasaya verilmiş istatistiksel analize yönelik bir bilgisayar programıdır.

İşletmede günlük (10 h) ve haftalık (50 h) bakımlar, operatörler tarafından takip edilip yapılmaktadır. Gruptaki birçok traktör 250 saatlik çalışmanın ardından atölyede teknisyenler tarafından bakıma alınmakta ve traktörlerin çalışma saatleri ve yapıldığı bakımlar kaydedilmektedir. İşletmede Mart-2003 ile Aralık-2013 tarihleri arasında tutulan kayıtlar incelenmiş ve araştırmaya ait traktörlerin üzerindeki yapılmış bakımlarının tarihli ve elle yazılmış 76 kaydı bulunmuştur. O bakımlarında kullanılan malzemelerin satın alma fiyatları dikkate alınarak bakım maliyetleri çıkarılmıştır. Bilindiği gibi büyük tarım işletmelerinde her arızayı tamir etmek veya her bakımı yapmak için işçilik maliyetlerini belirlemek mümkün olamamaktadır. Bu nedenle araştırmaya ait traktörlerin üzerindeki yapılmış her bakım ve her onarım için kullanılan işçi sayıları belirlenip yıllar itibarıyla, asgari ücret üzerinden gidilerek işçilik maliyetleri belirlenmiştir. İşçi sayıları belirlenmek için atölyelerde yetkili görevlilerle (makine şefleri ve teknisyenleri) yüz yüze görüşülerek belirlenmiştir. Ek 1.'de ÇSGB¹⁰, (2014) verilerinden faydalanarak işçilik maliyeti hesaplanmıştır. Traktör bakım maliyetleri Türk Lirası olarak hesaplanmış, ardından bakımın yapıldığı tarihteki Amerikan dolarının cinsinden değeri tespit edilmiştir¹¹. 2003-2013 yılları arasında aylara göre döviz kurları ortalaması Ek 2.'de gösterilmiştir (İş Yatırım, 2014).

İşletmede Mart-2003 ile Aralık-2013 tarihleri arasında kaydı tutulan traktörlerin toplam 1019 arıza kaydına rastlanmıştır. Gerek kayıtlardan gerekse de atölyelerde çalışan teknisyenler ile yüz yüze yapılan görüşmelerden; arıza kaynağı, arıza giderilme yöntemi ve onarımın yapıldığı yer belirlenmiştir.

Arıza kaynağı;

- G1 (Yanma, oksitlenme),
- G2 (Takılma, sıkışma),
- G3 (Kırılma, kopma, eğilme),
- G4 (Aşınma, paslanma, yıpranma),
- G5 (Nedeni belli olmayan veya karmaşık sebepler) olmak üzere beş gruba ayrılmıştır.

¹⁰ ÇSGB: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

¹¹ Uluslararası traktör bakım onarım maliyetlerinin Amerikan doları olarak müşterek bir birimde olduğu için bu çalışmada da maliyetleri Amerikan doları olarak tespit edilmiştir.

Arıza giderilme yöntemleri;

- Arızalı elemanı onarma¹²,
- Arızalı elemanı kısmen yenileme,
- Arızalı elemanı tamamen yenileme olmak üzere üç farklı yöntemle ayrılmıştır.

Onarım yapılma yeri;

- İşletmelerdeki atölyelerde,
- Seyyar atölyeler kullanılarak tarladadır.

Ayrıca traktörlerde oluşan arızalar traktörün farklı sistemlerinde veya parçalarında oluşma durumlarına göre sınıflandırılmıştır. Buna göre yapılan sınıflandırmada aşağıdaki gruplar oluşturulmuştur.

1. Motor ve parçaları
2. Transmisyon sistemleri
3. Hidrolik sistemler
4. Elektrik ve elektronik sistemler
5. Frenleme sistemi
6. Dümenleme sistemi
7. Yakıt sistemi
8. Soğutma sistemi
9. Diğer (Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.)

Onarım maliyet unsurları ise;

- Parçaların maliyeti,
- İşçilik maliyeti olarak ayrılmış ve onarımın maliyetleri analizi yapılmıştır.

¹² Arızalı elemanı onarma: arızalı elemanı her hangi bir parça değişmeden tamir etmektir.

Onarım maliyetleri, arızaların giderilmesi için kullanılan malzemelerin satın alma fiyatları dikkate alınarak belirlenmiştir. İşçilik maliyeti ise, yapılmış onarım için kullanılan işçi sayıları belirlenip, yıllar itibarı ile asgari ücret üzerinden hesaplanmıştır. Bunun dışında traktörün kullanım yılları itibarı ile traktör onarım maliyetlerinin;

- Traktör sistemlerine,
- Arıza kaynaklarına,
- Arıza giderilme yöntemlerine,
- Onarım yapılma yerlerine göre analizi yapılmıştır.

Benzer bir şekilde her traktör sisteminde yapılmış onarımın toplam maliyetleri analiz edilmiştir. Bu aşamanın sonunda traktör kullanım süresince traktör bakım ve onarım maliyetleri bir araya getirilip analiz edilmiştir.

3.2.3 Birikimli bakım-onarım maliyetlerinin modellenmesi

Çalışmanın üçüncü aşamasında; tarım işletmesindeki araştırmaya ait traktörlerin belirlenmiş birikimli bakım-onarım maliyetleri modellenmiştir. Traktör satın alma bedelinin yüzdesi cinsinden birikimli bakım-onarım maliyetleri bağımlı değişken, birikimli çalışma saatleri bağımsız değişken olarak göz önüne alınmıştır. Birikimli bakım-onarım maliyetinin modellenmesinde en uygun matematiksel modeli (Curve Estimation¹³) belirlemek için SPSS Programı aracılığıyla aşağıdaki matematiksel modeller göz önüne alınarak regresyon analizi¹⁴ yapılmıştır.

$Y=a+bX_1$	doğrusal (linear)
$Y=a+bX_1+c X_1^2$	polinom (polynomial)
$Y=ae^{bX_1}$	üstel (exponential)
$Y=a+\ln bX_1$	logaritmik (logarithmic)
$Y=a X_1^b$	üssel (power)

¹³ Curve Estimation: Verilere uygun eğri uydurulması için model denenmesi sağlar. Model seçimi için çoklu regresyon katsayısından yararlanır.

¹⁴ Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi, o konu ile ilgili tahminler (Estimation) ya da kestirimler (Prediction) yapabilmek amacıyla regresyon modeli olarak adlandırılan matematiksel bir model ile karakterize eden bir istatistik analiz tekniğidir. Ayrıca matematiksel model bulunduktan sonra bu modelin yeterli olup olmadığını kontrol etmek için gerekli olan analizler ve testlerdir (Şahinler,2000).

Burada Y: birikimli bakım-onarım maliyetleridir (Traktör Satın Alma Bedeli %).

X_1 : Birikimli çalışma saatlerine bağlı olarak dört farklı birimde elde edilen değerleri. Bunlar;

1. Birikimli çalışma saatleri ($X_1 = X$).
2. Birikimli çalışma saatlerinin traktör 10000 saatlik mekanik ömrü cinsinden % oranı ($X_1 = 100 * X / 10000$).
3. Birikimli çalışma saatlerinin traktör 12000 saatlik mekanik ömrü cinsinden % oranı ($X_1 = 100 * X / 12000$).
4. Birikimli çalışma saatlerinin traktör ideal yıllık 1000 saatlik çalışması cinsinden oranı ($X_1 = X / 1000$). İlgili literatür bilgilerindeki detayları 8. ile 18. sayfalarda belirtilmiştir.

a, b, c: sabitler; regresyon analiz sonuçlarında her model için belirlenmektedir.

e: doğal logaritmanın tabanı ($e = 2,7182818\dots$)

ln: doğal logaritma.

Bunun yanı sıra geliştirilen model farklı araştırmacılar tarafından buna benzer geliştirilmiş olan modeller ile karşılaştırılıp bağımsız değişken birimlerine göre modellerin eğrileri ve parametreleri ayrı ayrı açıklanmıştır. Bu karşılaştırmanın sonuçları göz önüne alınarak traktör tahrik tipine, traktör motor gücü büyüklüğüne, traktör mekanik ömrüne ve geliştirilmiş modellerdeki “b” değerinin büyüklüğüne dayalı olarak birikimli bakım-onarım maliyetlerini (% Traktör Satın Alma Bedeli) tahmin edebilmek için bazı modeller önerilmiştir.

3.2.4 Arıza gözlem analizi

Çalışmanın dördüncü aşamasında; çalışmaya ait traktör kullanım yılları itibarı ile 1019 sayıda meydana gelmiş toplam arızaların; traktör sistemlerine, arıza kaynaklarına, arıza giderilme yöntemlerine ve onarım yapılma yerlerine göre analizleri yapılmıştır. Bunun dışında her traktör sitemindeki onarımı yapılan arıza toplam gözlemlerinin; arıza kaynaklarına, arıza giderilme yöntemlerine ve onarım yapılma yerlerine göre analizi yapılmıştır.

3.2.5 Arıza oranı analizi

Çalışmanın beşinci aşamasında ise araştırmaya ait traktörlerin arıza oranları belirlenmiştir. Arıza oranı (λ), makinede arızalar arası geçen ortalama zamanın tersidir. Arızalar arası geçen ortalama zamanın nasıl hesaplanacağı eşitlik 50’de, arıza oranı hesaplama yöntemi ise eşitlik 51’de verilmiştir (Kumar and Gross 1977; Billinton and Allan, 1992).

$$MTBF = \frac{T}{n} \quad (50)$$

Burada: MTBF; Arızalar arası geçen ortalama zaman (saat) , T; yıllık traktör çalışma saati, n; yıllık arıza gözlem sayısı.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (51)$$

Burada: λ arıza oranıdır.

Belirlenmiş arıza oranının verileri (bağımlı değişken), birikimli çalışma saatleri (bağımsız değişken) göz önüne alınarak aralarındaki ilişkiler matematik model olarak belirlenmiştir. Söz konusu modeli belirlemek için SPSS Programı aracılığıyla aşağıda verilen matematik modeller kullanılmış, bu modellerin regresyon analizi yapılarak elde edilen regresyon eğrilerinden modeli temsil eden en uygun üssel eşitlik belirlenmiştir.

Kullanılan modeller aşağıda verilmiştir.

$\lambda = a + bX$	doğrusal (linear)
$\lambda = a + bX + cX^2$	polinom (polynomial)
$\lambda = ae^{bX}$	üstel (exponential)
$\lambda = a + \ln bX$	logaritmik (logarithmic)
$\lambda = aX^b$	üssel (power)

Burada λ : arıza oranı,

X: traktör birikimli çalışma saatleri,

a, b, c: sabitler; regresyon analiz sonuçlarında her model için belirlenmektedir,

e: doğal logaritmanın tabanı ($e = 2,7182818\dots$),

ln: doğal logaritmadır.

Çalışmanın traktörlerin kullanım durumunu belirlemek için elde edilmiş eğrisi “Bathtub Eğrisi” ile karşılaştırılmıştır.

Ayrıca çalışmaya ait traktör yıllık arıza oranının traktör birikimli bakım-onarım maliyetleri ile ilişkisi belirlenmiştir. Bu ilişkiyi belirleme sırasında elde edilmiş verilerin regresyon analizi yapılarak, verileri temsil eden en uygun doğrusal model ortaya konulmuştur.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Traktör Bakım Maliyetlerinin Analizi

Bakım maliyet unsurları; filtrelerin maliyeti, yağ maliyeti ve işçilik maliyeti olmak üzere üç unsura ayrılmıştır¹⁵. Çizelge 4,1’de bakım unsurları göz önüne alındığında traktör kullanım süresince ortalama bakım maliyetlerin yıllık çalışma saatleri ile değişimi¹⁶ görülmektedir.

Çizelge 4.1 Traktör kullanım süresince bakım giderleri ve çalışma saatleri.

TÇY	Filtre Maliyeti ⁽¹⁾			Yağ Maliyeti ⁽²⁾			İşçilik Maliyeti			Toplam Maliyeti		TYOÇS
	Ort. (\$)	%	\$/h	Ort. (\$)	%	\$/h	Ort.(\$)	%	\$/h	Ort. (\$)	\$/h	
2003	112,89	17	0,09	445,87	65	0,35	124,72	18	0,10	683,48	0,53	1286
2004	144,69	15	0,08	713,81	72	0,39	134,82	14	0,07	993,32	0,54	1849
2005	142,18	16	0,08	624,14	71	0,34	118,03	13	0,06	884,35	0,48	1853
2006	169,63	15	0,10	831,36	72	0,47	157,08	14	0,09	1158,07	0,65	1784
2007	223,66	16	0,12	989,25	71	0,55	182,97	13	0,10	1395,88	0,78	1798
2008	163,35	15	0,10	783,05	72	0,49	147,01	13	0,09	1093,41	0,68	1606
2009	207,77	15	0,11	978,97	72	0,53	176,11	13	0,10	1362,85	0,74	1842
2010	246,60	16	0,13	1089,49	71	0,59	196,54	13	0,11	1532,63	0,83	1848
2011	217,72	14	0,12	1091,57	73	0,60	192,90	13	0,11	1502,19	0,83	1812
2012	161,03	15	0,10	753,62	71	0,48	140,95	13	0,09	1055,60	0,67	1571
2013	245,46	16	0,13	1087,93	71	0,59	205,90	13	0,11	1539,29	0,84	1829
Ort.	185,00	15	0,11	853,55	71	0,49	161,55	14	0,09	1200,10	0,69	1734

⁽¹⁾ motor, hidrolik, şanzıman, hava ve kabin filtreleri ve su ayırıcı.
⁽²⁾ motor, hidrolik ve şanzıman, ön poyra kapağı, ön diferansiyel, fren ve debriyaj yağları
TÇY: Traktör Çalışma Yılı. TYOÇS: Traktör Yıllık Ortalama Çalışma Saatleri

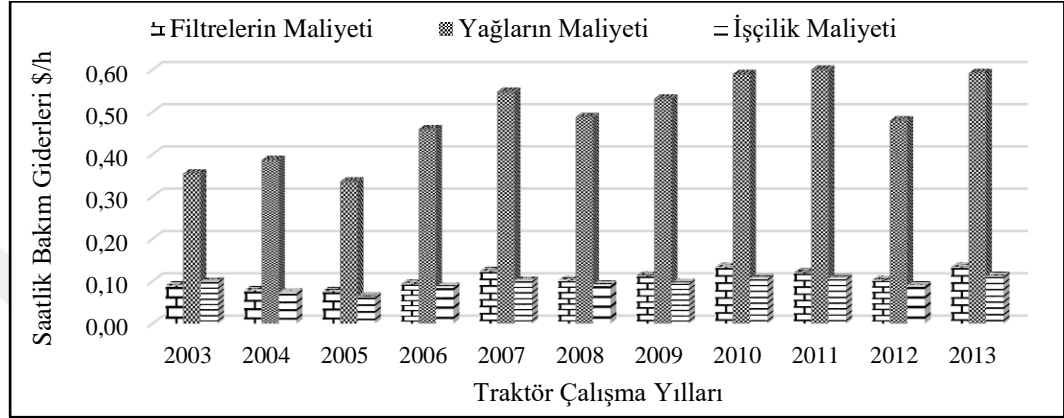
Çizelge 4.1 incelendiğinde, yağ maliyetlerinin diğer maliyetlerden daha yüksek bir değerde olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni yaklaşık her 2000 çalışma saatinde en az 9 defa motor yağı (182 litre), 2 defa hidrolik ve şanzıman yağı (84 litre), 2 defa ön göbek ve diferansiyel yağı (18 litre) ve bir defa de fren ve debriyaj yağının (0,4 litre) değiştirilmiş olmasıdır. Ayrıca, filtre maliyetlerinin 2007, 2010, 2013 yıllarında diğer yıllara kıyasla daha yüksek değerlerde olduğu

¹⁵ Traktör filtreleri ve değişme zamanları Ek 3’de yağların tipi ise kullanılacağı yere göre Ek 4’de görülmektedir.

¹⁶ Bütün Maliyet değerleri Amerikan doları olarak hesaplanırken Ek2’de görüleceği Döviz Kurları ortalaması aylara göre göz önüne alınmıştır (İş Yatırım, 2014).

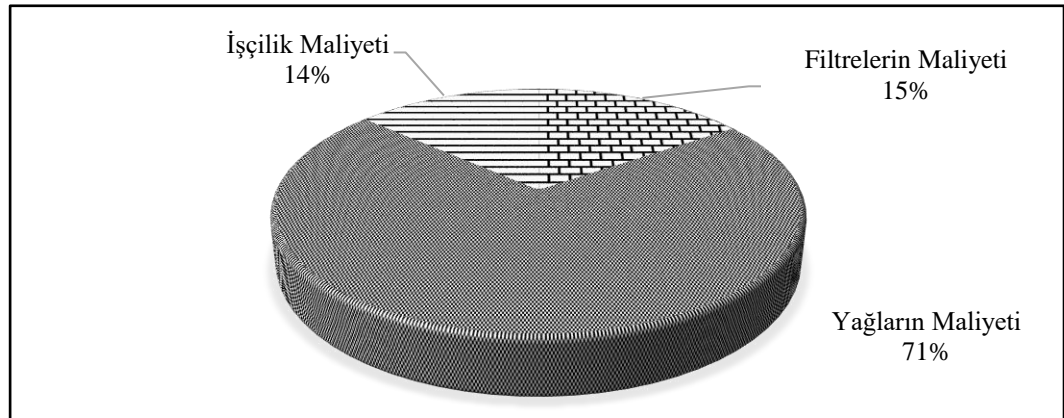
görülmüştür. Bunun nedeni o yıllarda traktör üzerindeki bütün filtrelerin en az bir defa değiştirilmiş olmasıdır.

Çizelge 4.1'in verilerinden faydalanarak Şekil 4.1 ve 4.2 elde edilmiştir. Şekil 4.1'de bakım maliyet unsurlarına göre traktör kullanım süresince saatlik bakım giderlerinin dağılımı görülmektedir. Şekil 4.2'de ise bakım maliyet unsurlarına göre oransal ortalama bakım maliyetlerinin dağılımı görülmektedir.



Şekil 4.1 Bakım maliyet unsurlarına göre saatlik bakım giderlerinin dağılımı

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi söz konusu traktörlerin yağ maliyetlerinin yüksek, işçilik ve filtrelerinin maliyetlerinin yağ maliyetlerine göre daha düşük bir değerde olduğu belirlenmiştir. Şekil ve grafiklerden anlaşıldığı üzere bakım maliyetlerinde dalgalı bir artış görülmektedir. Bu artış yapılan periyodik bakımların kullanım süresinde yıllara değil çalışma saatlerine göre hesaplanmasından ve döviz kurlarının değişkenlik göstermesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.2 Bakım maliyet unsurlarına göre ortalama bakım maliyetinin dağılımı

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi oransal yağ maliyetlerinin %71, filtre maliyetlerinin %15 ve işçilik maliyetlerinin %14 olduğu belirlenmiştir. Saatlik bakım giderlerinin ortalama değerleri dikkate alındığında; filtrelerin 0,11\$, yağların 0,49\$ ve işçilik maliyetlerinin 0,09\$ olduğu görülmüştür.

Araştırmaya ait traktörlerin yıllık ortalama 1734 saat çalışma süreyle çalışmış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Bu süre yıllara bağlı olarak 1571- 1853 h/yıl arasında değişmiştir. Ancak traktörlerin çalışmaya başladığı yılın¹⁷ ortalama çalışma saati 1259 h/yıl olarak bulunmuştur. Bununla birlikte bazı yıllarda yine düşük değerler görülmüştür. Bu yıllarda düşük çalışma saatlerinin nedeni; birçok traktörün motor rektifiyesinin yapılması ve traktörün çalışmasını engelleyen hava muhalefeti gibi olumsuz iklim durumlarıdır.

Tarımda traktör kullanımında saatlik giderlerin değerlendirilmesinde, traktörün yıllık çalışma süresi dikkate alınan en önemli göstergedir. Bu süre esas olarak işlenen arazi büyüklüğü, mekanizasyon uygulamaları ve traktör üzerinde her geçen gün gelişen teknolojiye bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Saral, (1982), ekonomik açıdan yıllık traktör kullanım süresinin 800 çalışma saati üzerinde olması gerektiği ve birden fazla traktör satın alacak işletmeler için traktör büyüklüklerinin birbirinden farklı olması gerektiğini bildirmiştir. Demirci (1986), yürütmüş olduğu büyük güçlü traktör ve büyük iş kapasiteli makinelerin kullanılma olanaklarının araştırıldığı bir çalışmada, ekonomik bir kullanım için traktör kullanım saatinin en az 650 h/yıl olması gerektiğini ve 850-1000 h/yıl arasındaki kullanımların ise traktörün efektif kullanıldığı aralık olduğunu bildirmiştir. Işık ve Altun (1998) tarafından Şanlıurfa-Harran Ovasında yapılan çalışmada Harran İlçesi için belirlenen ortalama traktör yıllık kullanım süresinin 365 h/yıl olduğu belirlenmiştir. Antalya yöresinde çok fazla sayıda işletmenin bulunduğu 5,1-10 ha arazi büyüklüğüne sahip işletmeler için yıllık ortalama traktör kullanım süresinin 250 h olduğu bildirilmektedir (Akıncı ve Çanakçı 2000). Bu konudaki bir başka çalışmada ise Trakya bölgesinde oransal olarak en büyük grubu oluşturan 10-20 ha arasında araziye sahip işletmelerde yıllık ortalama traktör kullanım süresi 439,3 h olarak hesaplanmıştır (Sağlam ve Akdemir 2002). Sümer vd. (2008)

¹⁷ Araştırmaya ait traktörler 2003 Mart ayında çalışmaya başlamıştır.

Çanakkale’de yürüttüğü çalışmalarda kullanılmış traktörler için ortalama yıllık kullanım süresinin 377 h/yıl olduğunu rapor etmiştir. Katı (2004) yürütmüş olduğu bir çalışmada Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü’nün çeşitli işletmelerinde iki farklı markadan grup halinde çalıştırılan traktörler için traktör yıllık ortalama kullanım süresini sırasıyla; A işletmesinde 766 h/yıl, B işletmesinde 898 h/yıl, C işletmede 931 h/yıl ve D işletmesinde 660 h/yıl olduğunu belirlemiştir. Mutlu, (2011) işletmelerde bulunan traktörlerin yıllık ortalama kullanım süresini 550,6 h olarak belirlemiştir. Ancak yabancı literatürde, özellikle son çalışmalara göre traktörlerin ortalama yıllık çalışma saatlerinin 1200 h/yıl seviyesinden daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ranjbar et al. 2010 yılındaki çalışmasında 2WD traktörler için traktör ortalama yıllık çalışma süresini 1212 h/yıl, Niari et al. 2012 yılındaki çalışmasında JD 4955 traktörler için traktör ortalama yıllık çalışma süresini 1329 h/yıl, Pishbin, (2014) çalışmasında MF 285, JD 4955 ve JD3350 üç farklı traktör tipi olmak üzere yıllık ortalama çalışma saatlerinin sırasıyla; 1713, 1611 ve 1276 h/yıl, Afsharnia et al. (2014a) çalışmasında MF 285, MF399, JD 3140 ve U650 dört farklı traktör tipi olmak üzere yıllık ortalama çalışma saatlerinin sırasıyla; 1079, 1227, 1461 ve 1242 h/yıl olduğunu belirlemiştir. İncelenen literatür sonuçlarına göre bu araştırmaya konu olan traktörlerin, 1734 saatlik ortalama çalışma süresinin, çok iyi durumda olduğunu söylemek mümkündür.

4.2 Traktör Yıllık Onarım Maliyetlerinin Analizi

4.2.1 Traktör sistemlerine göre analiz

Çizelge 4.2’de, traktör kullanım yılları itibarı ile traktör sistemlerine göre ortalama onarım maliyetlerinin değişimi verilmiştir. Yapılan analizlerde onarım maliyetlerinin değişimlerini ifade eden varyasyon katsayısı (%CV) değerleri yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.2). Araştırma konusu olan bütün traktörler her yıl aynı sayıda arızaya uğramamış olması ve traktörlere ait en küçük ve en büyük yıllık onarım maliyet değerleri arasındaki farkın büyük olması, yüksek %CV değerlerini açıklamaktadır. Örnek olarak Ek 5’de traktör kullanım yılları itibarı ile her yıla ait en küçük ve en büyük yıllık onarım maliyet değerleri, yıllık onarım maliyet ortalaması, standart sapması ve araştırmaya ait toplam traktörler içerisinde arıza yapanlarının sayısı verilmiştir.

Çizelge 4.2 Traktör sistemlerine göre ortalama onarım maliyetlerinin değişimi.

TÇY	Traktör Sistemleri						
	Motor Ve Parçaları		Transmisyonlar		Hidrolik Sistemleri		
	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV	
2003	0,0	-	10,0	333	26,0	156	
2004	0,0	-	16,1	247	31,6	179	
2005	11,5	330	27,3	199	81,8	74	
2006	26,8	224	185,3	130	193,0	151	
2007	21,5	225	495,2	128	71,0	94	
2008	90,1	235	440,0	203	46,3	145	
2009	124,3	219	253,0	132	334,2	123	
2010	188,6	149	559,8	87	335,2	131	
2011	112,7	221	1096,1	52	185,7	156	
2012	69,7	179	595,2	76	208,4	87	
2013	156,6	108	1642,7	58	283,9	129	
Ortalama	89,1		329,6		188,4		
TÇY	Traktör Sistemleri, devam...						
	Elektrik Sistemi		Frenleme Sistemi		Dümenleme Sistemi		
	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV	
2003	22,3	62	7,6	241	4,2	219	
2004	56,3	163	16,5	88	15,8	181	
2005	13,8	78	29,8	141	38,5	215	
2006	37,5	146	135,9	81	6,6	236	
2007	99,3	97	46,7	204	10,7	222	
2008	102,8	106	51,4	225	109,1	246	
2009	55,7	102	41,1	138	22,4	152	
2010	92,9	101	40,5	193	52,8	72	
2011	83,8	108	93,0	179	45,0	121	
2012	119,4	79	19,9	114	80,0	82	
2013	92,7	127	43,7	132	43,6	186	
Ortalama	70,6		43,3		33,7		
TÇY	Traktör Sistemleri, devam...						
	Yakıt Sistemi		Soğutma Sistemi		Diğer*		
	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV	Lastik Maliyetleri (\$)
2003	11,8	197	3,8	221	489,0	4	480,2
2004	9,7	201	19,0	143	1067,9	8	1033,5
2005	15,1	202	122,6	183	1162,5	10	1133,1
2006	2,7	333	203,8	110	839,8	42	735,1
2007	19,5	141	407,0	139	1360,0	41	1279,9
2008	29,1	300	442,3	108	1205,1	43	1095,3
2009	68,1	185	64,4	167	1530,2	10	1376,4
2010	9,4	262	190,1	163	1400,6	27	1382,6
2011	43,5	175	188,0	115	1331,6	31	1278,4
2012	53,1	182	67,3	332	1457,6	28	1289,0
2013	21,4	278	156,6	137	1540,1	15	1514,5
Ortalama	25,8		156,4		1281,7		1145,3
%CV:100* Standart Sapma/Ortalama							
* Diğer:(Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.). Diğer elemanlarındaki en yüksek maliyetlere sahip olan lastiklerdir. Bu maliyetler, ayrı bir kalemde gösterilmiştir.							

Çizelge 4.2'deki veriler değerlendirildiğinde ilk iki yıl motor ve parçalarında maliyet oluşturan bir işlem kaydedilmemiştir. Fakat traktör yaşlandıkça yıllık ortalama motor ve parçaları kapsamında onarım maliyetlerinin 11,5 \$'dan 156,6 \$'a kadar arttığı görülmüştür. Transmisyon sistemlerinde yıllık onarım maliyetleri 10,0 \$'dan 1642,7 \$'a kadar belirli bir artış göstermektedir, Soğutma sistemindeki onarım maliyetleri ise kullanımının altıncı yılında (2008) en yüksek değere ulaşmıştır (442,3 \$). Hidrolik sistemindeki onarım maliyetleri, traktörün son beş kullanım yılında yüksek değerler göstermiştir. Yakıt, frenleme, dümenleme ve elektrik-elektronik sistemlerindeki dalgalı bir değişim gösteren yıllık ortalama onarım maliyetlerinin traktör yaşına bağlı olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu değerler sırasıyla; 2,7-68,1 \$, 7,6-135,9 \$, 4,2-109,1 \$ ve 22,3-119,4 \$ arasında değişmiştir.

Tanıtımı yapılmamış diğer elemanlardaki (Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.) harcanan yıllık onarım maliyetlerinin ise 489,0-1540,1 \$ arasında değişen en yüksek değerler olduğu saptanmıştır. Tarım işletmesindeki araştırmaya ait kullanılan traktörlerin lastikleri ağır çalışma şartlarına ve bazı durumlarda uzun günlük çalışma saatlerine maruz kalması nedeniyle yılda ortalama iki defa değiştirilmiştir. Dolayısıyla belirlenen diğer donanımlarda oluşmuş onarım maliyet değerlerinin yüksek olmasının nedeni, lastik 480,2-1514,5 \$ arasında değişen maliyetleridir.

Şekil 4.3'de traktör sistemlerinde oransal ortalama onarım maliyetlerinin dağılımı verilmiştir. Şekilde görüleceği gibi, traktör kullanım süresinde diğer elemanlarda (Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.) oluşmuş ortalama onarım maliyetleri %58'lik bir oran ile en büyük payı almaktadır. Bu yüksek değer yukarıda açıklandığı gibi diğer elemanlardan olan yıpranmış traktör lastiklerinin değiştirilmesinden dolayı ortaya çıkmaktadır, Değiştirilmiş lastiklerinin yıllık ortalama maliyeti 1145,3 \$'lık değer ile diğer elemanlarındaki harcanan onarım maliyetlerinin %89'luk oranını oluşturmaktadır. Arızalanmış sürücü koltuğu onarımı, lastik onarım maliyetlerini takip etmektedir.

Transmisyon onarım maliyeti 329,6 \$'lık değer ile ve %15'lik oran ile yıllık onarım maliyetler arasında yer almaktadır. Transmisyon onarım maliyetlerindeki

en yüksek maliyet ana şanzıman dişlilerinin özellikle birinci ve ikinci vites dişlileri arızaları onarımı nedeniyle oluşmuştur,

Hidrolik sistemdeki yıllık onarım maliyetleri %8'lik oran ile ve 188,4 \$'lık değer ile yıllık onarım maliyetleri içinde transmisyon onarım maliyetlerinden sonra üçüncü sırayı almıştır. Hidrolik sistemlerinde en yüksek onarım maliyetlerinin öncelikle arızalanmış hidrolik pompasından ve arızalanmış üç nokta askı sisteminin hidrolik kollarının yıllık onarım maliyetlerinden kaynaklandığı belirlenmiştir,

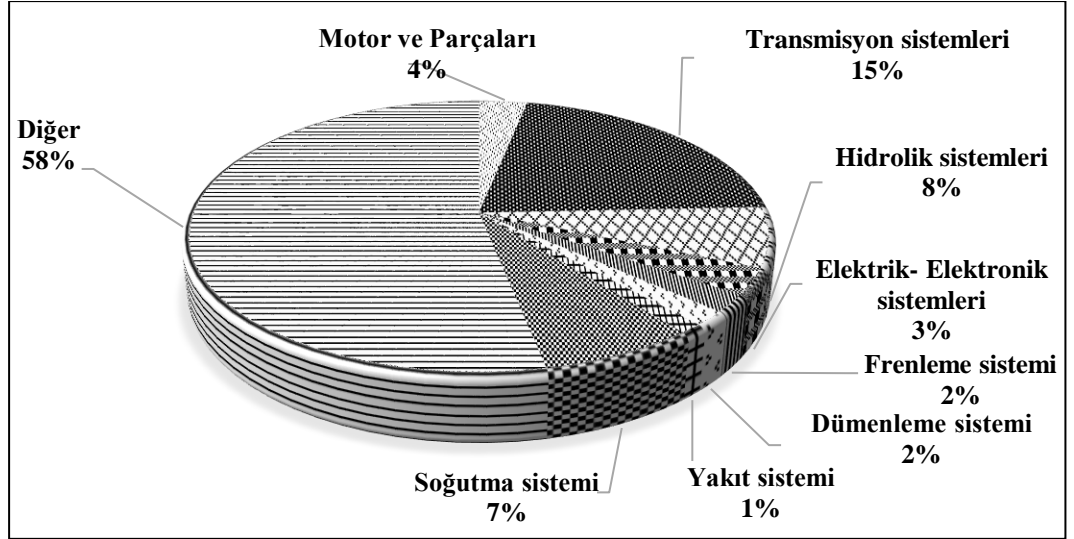
%7 oranında ve 156,4 \$'lık değere sahip olan soğutma sistemlerindeki onarım maliyetlerine gelindiğinde, birinci sırada arızalanmış su pompaları onarım maliyeti, sonrasında arızalanmış radyatörlerin onarım maliyeti bulunmaktadır.

Motor ve parçalarındaki yıllık onarım maliyetleri % 4'lük oran ile (89,1 \$'lık) yıllık onarım maliyetleri içinde beşinci sırada yer almıştır, Motor ve parçaların yıllık onarım maliyetlerinin büyük bölümünü, arızalanmış pistonların onarım maliyeti oluşturmuştur,

%3'lük oran ile (70,6 \$'lık) yıllık onarım maliyetlerine sahip olan elektrik-elektronik sistemlerdeki onarım maliyetleri altıncı sırada yer almıştır, Elektrik-elektronik sistemlerindeki arızalanmış elemanlara bakıldığında arızalanmış marş motorlarının ve tüketilmiş akülerin yıllık onarım maliyetlerinin en yüksek değerde olduğu bulunmuştur,

Frenleme ve dümenleme sistemlerindeki yıllık onarım maliyetleri %2'lik oranda (43,3 ve 33,7 \$'lık) bulunmuştur, Frenleme sistemlerindeki arızalanmış paçalardan en maliyetli olanının fren merkezleri olduğu belirlenmiştir, Dümenleme sistemindeki maliyetlerde ise; arızalanmış direksiyon onarım maliyetinin en yüksek olduğu görülmüştür,

En az görülen maliyet (25,8 \$'lık), yakıt sistemindeki yıllık onarım maliyetleridir, Oransal olarak bu maliyet %1 olmakla birlikte bu maliyet içinde en büyük payı arızalanmış yakıt hortumlarının onarım maliyetleri almaktadır,



Şekil 4.3 Traktör sistemlerde yıllık ortalama onarım maliyetlerinin dağılımı

4.2.2 Arıza kaynaklarına göre analiz

Arıza kaynakları; G1 (Yanma, oksitlenme), G2 (Takılma, sıkışma), G3 (Kırılma, kopma, eğilme), G4 (Aşınma, paslanma, yıpranma), G5 (Nedeni belli olmayan veya karmaşık sebeplerden oluşan arızalar) olmak üzere beş gruba ayrılmıştır. Çizelge 4.3'de traktör kullanım süresince arıza kaynaklarına göre ortalama onarım maliyetlerinin değişimi görülmektedir. Çizelgede görüleceği gibi, traktör başına düşen yıllık onarım maliyetlerinin; G1'den kaynaklanan 13,3-119,4\$, G2'den kaynaklanan 24,8-753,5\$, G3'den kaynaklanan 47,7 - 475,5\$, G4'den kaynaklanan 480,2-2256,1\$ ve G5'den kaynaklanan 2,9 - 409,8 \$'ı ile aralıklarında değiştiği belirlenmiştir.

Traktör kullanım yılları itibari ile onarım maliyet değerlerine bakıldığında G4'den kaynaklan onarım maliyetlerinin en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni; öncelikle lastik yıllık onarım maliyetleri ve daha sonra ana şanzımanlarda aşınmış ve yıpranmış dişlilerin onarım maliyetlerin yüksekliğidir.

İkinci sırada G2'den kaynaklan yıllık onarım maliyetleri yer almaktadır. Bunlar; özellikle 2005 yılından itibaren birbirine temas eden parçalardan kaynaklanan takılma ve sıkışma nedeni ile meydana gelen arızaların çokluğundan kaynaklanmış onarım maliyetleridir.

Üçüncü sırada ise G3'den kaynaklan yıllık onarım maliyetleri görülmektedir. Özellikle traktör kullanım süresinde son yıllarda harekete sürekli maruz kalan elemanlarda kırılma, eğilme nedeniyle meydana gelen arızaların çoğaldığından kaynaklanmış onarım maliyetleridir.

G5'den meydana gelen arızaların yıllık onarım maliyetlerinin, traktör kullanım süresinde traktör yaşına bağlı olarak oluşan arızalardan kaynaklandığı belirlenmiştir. Doğal olarak traktör yaşlandıkça ortaya çıkan bazı arızalar birden fazla sebepten oluşmuştur.

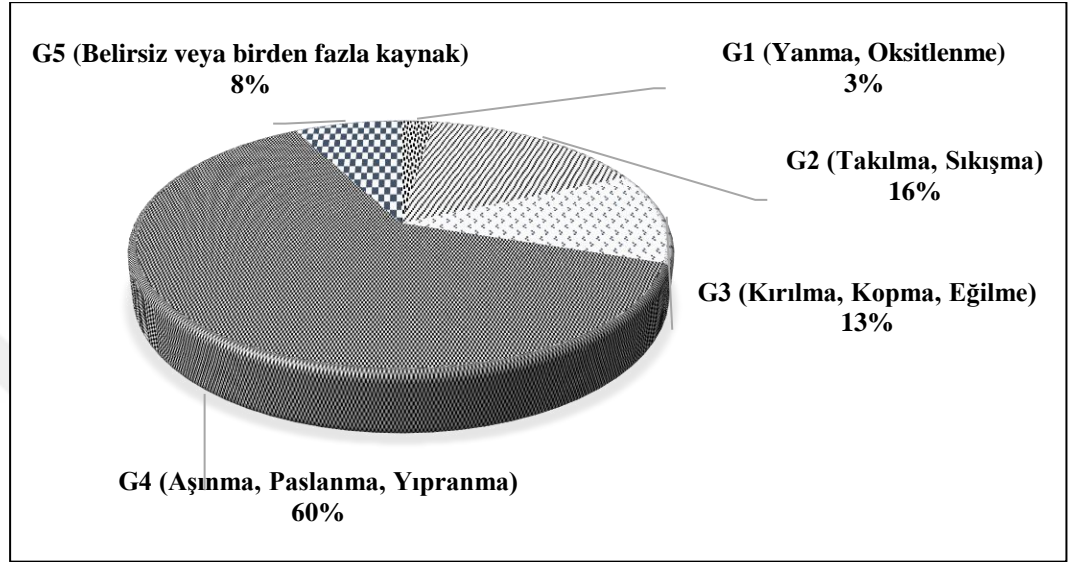
G1'den kaynaklan onarım maliyetleri ise diğer gruplardan oluşan maliyetlilere göre daha az değerlerde bulunmuştur.

Çizelge 4.3 Arıza kaynağına göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin değişimi.

TÇY	Arıza Kaynağı									
	G1 (Yanma, Oksitlenme)		G2 (Takılma, Sıkışma)		G3 (Kırılma, Kopma, Eğilme)		G4 (Aşınma, Paslanma, Yıpranma)		G5 (Belirsiz veya karmaşık sebepler)	
	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV
2003	19,0	76	24,8	92	47,7	95	480,2	0	2,9	334
2004	51,8	180	51,7	91	49,0	147	1074,0	9	6,4	222
2005	13,3	84	167,9	140	84,8	115	1219,0	21	17,7	292
2006	32,2	175	388,6	80	247,1	123	889,2	31	74,5	223
2007	69,3	144	410,2	131	475,5	145	1401,9	30	174,0	171
2008	71,0	131	318,7	80	341,8	147	1449,2	50	335,7	130
2009	43,5	131	220,3	128	235,3	138	1641,9	15	352,4	144
2010	91,8	237	607,3	94	194,0	122	1713,0	26	263,8	135
2011	82,2	108	679,9	72	440,8	114	1784,6	39	192,0	154
2012	119,4	79	378,3	101	397,3	92	1738,6	28	37,0	285
2013	89,6	130	753,5	41	472,3	128	2256,1	34	409,8	164
Ortalama	65,9		363,7		304,7		1393,5		182,9	

Şekil 4.4'de arıza kaynaklarına göre oransal yıllık ortalama onarım maliyetlerinin dağılımı görülmektedir. Oransal ortalama yıllık onarım maliyetlerine bakıldığında, G4'den kaynaklanan onarım maliyetlerinin en yüksek değerinde (%60) olduğu görülmektedir. Bunun dışında G1'den kaynaklanan %3, G2'den kaynaklanan %16, G3'den kaynaklanan %13 ve G5'den kaynaklanan %8 oranında yıllık onarım maliyetleri oluşmaktadır.

G4'den kaynaklanan onarım maliyetleri incelendiğinde %82'lik payın yıpranmış lastiklerin değiştirilmesinden %6'lık payın ise yıpranmış veya aşınmış vites dişlilerinin değiştirilmesinden kaynaklandığı görülmüştür. Kalan %13'lük payı ise diğer parçalarının yıpranması veya aşınması gibi nedenlerden kaynaklanan onarım maliyeti oluşturmaktadır.



Şekil 4.4 Arıza kaynaklarına göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin dağılımı

4.2.3 Arıza giderilme yöntemlerine göre analiz

Arıza giderilme yöntemleri; arızalı elemanın onarılması, arızalı elemanın kısmen yenilenmesi ve arızalı elemanın tamamen yenilenmesi olmak üzere üç farklı gruba ayrılmıştır. Çizelge 4.4'de traktör kullanım süresince arıza giderilme yöntemlerine göre traktör ortalama onarım maliyetlerinin değişimi görülmektedir. Çizelgeden görüleceği gibi, arızanın giderilmesi için traktör başına düşen yıllık onarım maliyeti; birinci yöntemde 7,0 - 102,1 \$, ikinci yöntemde 36,7 - 1320,6 \$ ve üçüncü yöntemde ise 531,1 - 2586,2 \$ değerleri arasında olduğu belirlenmiştir.

Araştırmaya ait traktörlerin üzerindeki arızalanmış elemanların onarılmasından kaynaklanan yıllık onarım maliyetlerine bakıldığında dalgalı bir dağılım gösterdiği saptanmıştır. Traktör üzerine arızalı elemanların onarılmasından oluşan yıllık onarım maliyetlerinin traktörün yaşına bağlı olmadığı anlaşılmaktadır. Arızalanmış elemanların kısmen ve tamamen yenilenmesinden kaynaklanan yıllık onarım maliyetlerinin ise traktör yaşlandıkça arttığı görülmüştür.

Bunun dışında traktör kullanımı süresince arızalanmış elemanların tamamen yenilenmesinden oluşan onarım maliyetlerinin diğer yöntemler ile yapılmış onarımın maliyetlerine kıyasla en yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bu maliyetlerin içerisinde değiştirilmiş traktör lastiklerinin maliyetleri en büyük kısmı teşkil etmektedir. Traktör lastiklerinin maliyetlerinden sonra özellikle 2007 yılından itibaren oluşan maliyetleri büyüklüğüne göre; arızalanmış hidrolik pompalarının, sürücü koltuklarının, kardan millerinin değiştirilmesinden kaynaklanan onarım maliyetleri şeklinde sıralamak mümkündür.

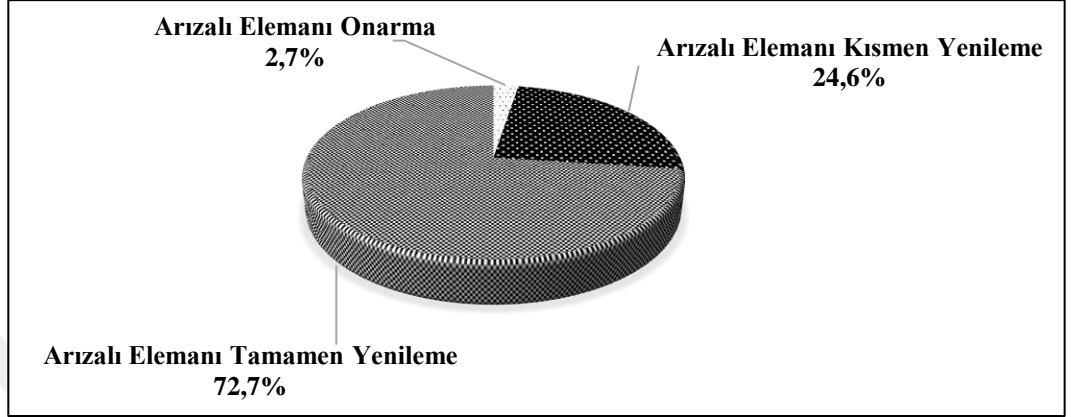
Arızalanmış elemanların kısmen yenilenmesinden oluşan onarım maliyetleri incelendiğinde de 2006 yılından itibaren belirli bir artışın olduğu gözlenmiştir. Traktör bir süre çalıştıktan sonra maddi açıdan önemli hasarlara uğramaya başlamakta ve ister istemez traktörün üzerindeki arızalı elemanların onarım maliyetlerinde belirli bir artış oluşmaktadır.

Çizelge 4.4 Arıza giderilme yöntemlerine göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin değişimi.

TÇY	Arıza Giderilme Yöntemi					
	Arızalı Elemanı Onarma		Arızalı Elemanı Kısmen Yenileme		Arızalı Elemanı Tamamen Yenileme	
	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV
2003	7,0	154	36,7	139	531,1	6
2004	30,8	102	71,8	190	1130,3	13
2005	53,2	186	78,2	100	1371,3	20
2006	101,8	97	337,3	92	1192,4	17
2007	83,4	141	440,2	128	2007,2	31
2008	50,2	181	672,9	143	1793,2	27
2009	58,2	146	465,3	88	1970,0	28
2010	102,1	68	821,9	57	1946,0	37
2011	30,6	81	1067,7	54	2081,2	32
2012	81,3	119	884,0	56	1705,2	34
2013	74,5	122	1320,6	63	2586,2	26
Ortalama	61,2		563,3		1664,9	

Oransal yıllık ortalama onarım maliyetleri; birinci yöntemde %2,7 ikinci yöntemde %24,6 ve üçüncü yöntemde ise %72,7'dir (Şekil 4.5).

Üçüncü yöntem ile yıllık onarım maliyetleri incelendiğinde en büyük kısmı yıpranmış lastiklerin değiştirilmesinden kaynaklandığı saptanmıştır. İkinci yöntem ile yapılmış onarım maliyetlerine bakıldığında da arızalanmış şanzıman ve “delta powershift”¹⁸, arızalanmış debriyajları ve arızalanmış su pompaların de en önemli onarım maliyetleri arasında olduğu görülmüştür,



Şekil 4.5 Arıza giderilme yöntemine göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin dağılımı

4.2.4 Onarım yapılma yerlerine göre analiz

Yapılan onarımlar; ana atölyeler ve seyyar atölyeler kullanılarak tarlada yapılmış onarımlar olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Çizelge 4.5’de traktörün kullanım süresince onarım yapılma yerlerine göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin değişimi görülmektedir. Çizelgede görüleceği gibi, onarım yapılma yerine göre traktör başına düşen yıllık onarım maliyeti; atölyede yapılmış onarım maliyetlerinin 504,6 - 3791,1 Amerikan doları, tarlada ise 39,8 - 260,5 Amerikan doları arasında olduğu belirlenmiştir.

Ana atölyede yapılmış onarım maliyetlerinin büyüklüğünün, tarladaki onarım maliyetlerinden çok daha fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuç; büyük maliyetli onarımların ancak atölyede yapılabilmesinden kaynaklanmaktadır.

Traktör kullanım yıllarına göre atölyede yapılmış olan yıllık onarım maliyetleri belirli bir artış göstermiştir. Bu maliyetler; özellikle 2007 yılından itibaren motor parçaları, şanzıman elemanları, su pompaları ve radyatörlerde bazı

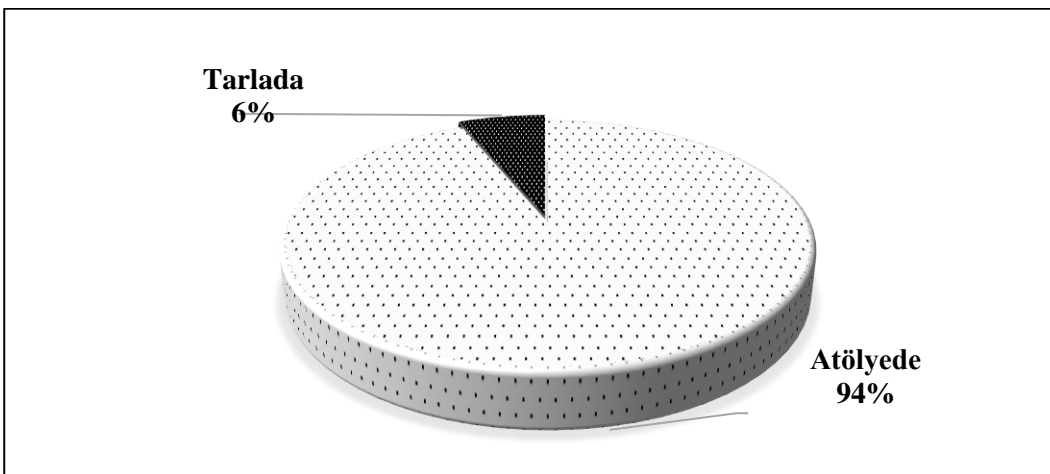
¹⁸ Delta powershift, her viteste debriyajsız üç değişik hız kademesini sağlayan bir elemandır.

önemli onarımların meydana gelmesi nedeniyle artmıştır. Tarlada yapılmış onarım maliyetlerinin ise; traktörün yaşına bağlı olmadığı görülmüştür. Bu maliyetler incelendiğinde, değiştirilmiş traktör üç nokta askı sistemlerinin kollarının, hidrolik valflerinin onarım maliyetlerinin en önemli payı oluşturduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.5 Onarım yapılma yerlerine göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin değişimi.

TÇY	Onarım Yapılma Yerleri			
	Atölyedeki		Tarladaki	
	Ort. (\$)	%CV	Ort. (\$)	%CV
2003	504,6	8	70,1	76
2004	1193,1	18	39,8	77
2005	1389,4	18	113,3	90
2006	1538,4	27	93,1	126
2007	2374,1	36	156,8	65
2008	2306,6	59	209,6	81
2009	2363,0	29	130,5	102
2010	2675,5	32	194,5	49
2011	3036,3	21	143,2	88
2012	2410,1	29	260,5	74
2013	3791,1	24	190,2	90
Ortalama	2143,8		145,6	

Şekil 4,6'da onarım yapılma yerlerine göre traktör kullanım süresince oransal yıllık ortalama onarım maliyetlerinin dağılımı görülmektedir, Şekilde görüleceği gibi, traktör kullanım süresince ortalama onarım maliyetlerinin; %94'ü atölyede, %6'si tarlada yapılan onarım maliyetlerinden oluşmuştur,



Şekil 4.6 Onarım yapılma yerlerine göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinin dağılımı

Traktör kullanım süresinde kaydedilmiş onarım maliyetleri incelendiğinde, atölyedeki onarımların %54'ü yıpranmış lastikler, %10'u şanzımanlardaki dişli arızaları, %7'lik kısmı ise su pompalar ve radyatör arızalarından kaynaklanmıştır. Geriye %29'luk kısım çok farklı nedenlere dayalı arızalarından oluşmuştur.

Tarlada yapılan onarım maliyetlerine bakıldığında değiştirilmiş hidrolik sistemindeki üç nokta askı sistemlerinin kollarında, hidrolik valflerinde ve çamurluklarda meydana gelen arızaların onarımı ile ilgili onarım maliyetleri, ilk üç sırayı almıştır.

4.3 Traktör Sistemlerinde Toplam Onarım Maliyetlerinin Analizi

4.3.1 Arıza kaynaklarına göre analiz

Çizelge 4.6'da traktör kullanım süresinde arıza kaynakları göz önüne alındığında traktör sistemlerindeki toplam onarım maliyetlerinin değişimi görülmektedir, Şekil 4.7'de ise arıza kaynaklarına göre traktör sistemlerindeki oransal toplam onarım maliyetlerinin dağılımı görülmektedir¹⁹,

Çizelge 4.6'deki değerler incelendiğinde, G2'den kaynaklanan arıza onarımının toplam maliyetlerin %44'lük oranı ile transmisyon sisteminde en yüksek maliyet oluşturan arızaların giderilme maliyet (1763,1 \$) olduğu görülmektedir. İkinci olarak %17'lik oran ile hidrolik sistemler (675,8 \$) ve soğutma sistemi (669,4 \$) yer almıştır. Motor ve parçalarındaki onarım maliyeti (386,6 \$) %10'luk oran ile üçüncü sırada yer almıştır. Diğer sistemlerinde ise %0,3 ile %4'lük oran ile bulunduğu görülmüştür.

G3'den kaynaklanan arıza onarımının toplam maliyetleri içinde olan en yüksek maliyet %62'lik oran ile transmisyon sistemindeki arızaların onarım maliyetidir (1837,9 \$). Hidrolik sistemlerde onarım maliyeti %17'lik oran ile ikinci sırada yer almıştır (496,0 \$). Üçüncü sırada ise (270,3 \$) değer ve %9'luk oran ile soğutma sistemi yer almıştır. Diğer sistemlerde ise %0,2 ile %6'luk oran ile bulunduğu görülmüştür.

¹⁹ G1'den kaynaklanan toplam onarım maliyetleri; 549,4 \$ değer ve %100'lük oran ile sadece elektrik-elektronik sistemlerinde bulunduğu için Çizelge 4.6'da ve Şekil 4.7'nin grafiklerinde yer verilmemiştir.

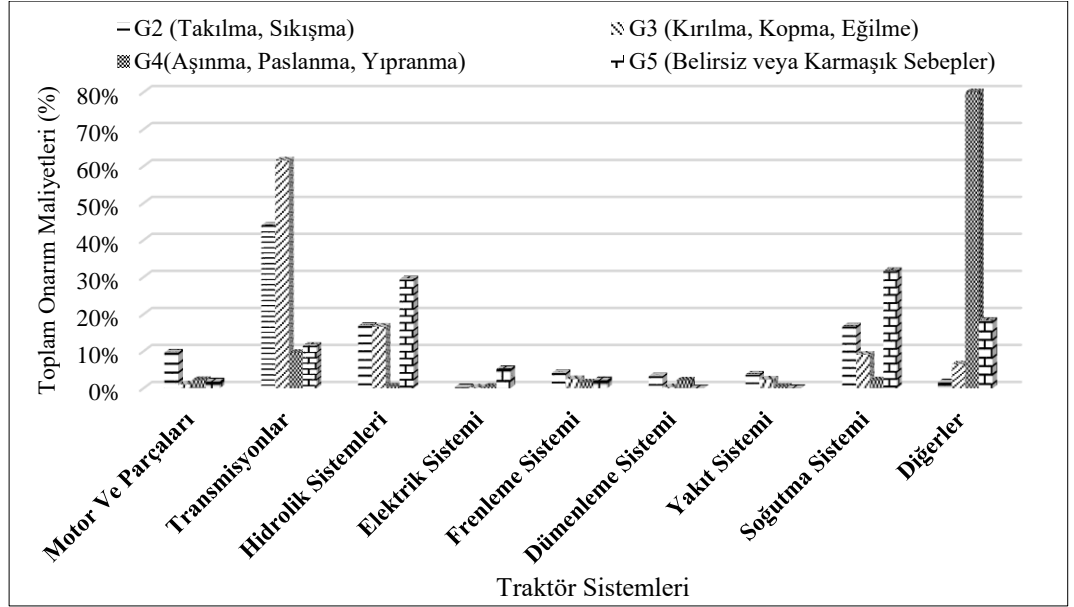
G4'den kaynaklanan toplam onarım maliyetlerinden çizelgede tanıtımı yapılmış traktör sistemlerindeki (1049,8 \$) değer ve % 10'luk oran ile transmisyon sistemlerinde oluşmuş arıza onarımın maliyetlerinin en belirgin olup diğer sistemlerde ise %0,4 ile %2'lik oran ile yer almıştır. Ancak tanıtımı yapılmamış traktör üzerindeki diğer elemanlardaki (Kabin, kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.) arıza onarımı için belirlenen maliyetlerinden % 81'lik oran ile en yüksek kısmı oluşturmuştur (12788,2 \$). Bu maliyetlerin içerisinde değiştirilmiş lastik maliyetleri % 98 oran ile ve 12598,1 \$'lık değer ile öne çıkmaktadır.

G5'den kaynaklanan toplam onarım maliyetleri içinde olan en yüksek maliyet %32'lik oran ile soğutma sistemindeki arızalarının onarım maliyetidir (590,6 \$). Hidrolik sistemlerde onarım maliyeti %29'luk oran ile ikinci sırada yer almıştır (548,5 \$). Üçüncü sırada 339,1\$ değer ve %18'lik oran ile çizelgedeki diğer bölümünde belirlenen maliyetler yer almıştır. Daha sonra da; 213,6 \$ değer ve %11'lik oran ile transmisyon sistemlerde oluşmuş arıza onarımları gelmiştir, Diğer sistemlerde ise %0 ile %6'lık oran ile bulunduğu görülmüştür.

Çizelge 4.6 Arıza kaynaklarına göre toplam onarım maliyetlerinin değişimi.

Traktör Sistemleri	Arıza Kaynağı							
	G2 (Takılma, Sıkışma)		G3(Kırılma, Kopma, Eğilme)		G4 (Aşınma, Paslanma, Yıpranma)		G5 (Belirsiz veya karmaşık sebepler)	
	Ort. (\$)	%	Ort. (\$)	%	Ort. (\$)	%	Ort. (\$)	%
Motor ve Parçaları	386,6	10	30,8	1	349,8	2	34,8	2
Transmisyonlar	1763,1	44	1837,9	62	1506,2	10	213,6	11
Hidrolik Sistemleri	675,8	17	496,0	17	76,7	0,5	548,5	29
Elektrik Sistemi	11,8	0,3	6,0	0,2	63,0	0,4	97,2	5
Frenleme Sistemi	164,4	4	73,5	2	246,5	2	40,9	2
Dümenleme Sistemi	130,0	3	8,3	0,3	333,2	2	0,0	0,0
Yakıt Sistemi	147,6	4	70,9	2	63,5	0,4	1,5	0,1
Soğutma Sistemi	669,4	17	270,3	9	334,7	2	590,6	32
Diğer*	64,5	2	192,6	6	12788,2	81	339,1	18
Toplam	4013,2	100	2986,3	100	15761,8	100	1866,2	100

* Diğer elemanlarındaki değiştirilmiş lastik maliyetleri %98 oran ile ve 12598,1 \$'lık değer ile G4'den kaynaklanan arıza onarımının maliyetlerinden en büyük kısmı teşkil etmektedir.



Şekil 4.7 Arıza kaynaklarına göre toplam onarım maliyetlerinin dağılımı

4.3.2 Arıza giderilme yöntemlerine göre analiz

Çizelge 4.7’de arıza giderilme yöntemlerine göre traktör sistemlerindeki toplam onarım maliyetlerinin değişimi görülmektedir. Şekil 4.8’de arıza giderilme yöntemlerine göre traktör sistemlerindeki oransal toplam onarım maliyetlerinin dağılımı verilmiştir.

Çizelge 4.7 Arıza giderilme yöntemlerine göre toplam onarım maliyetlerinin değişimi.

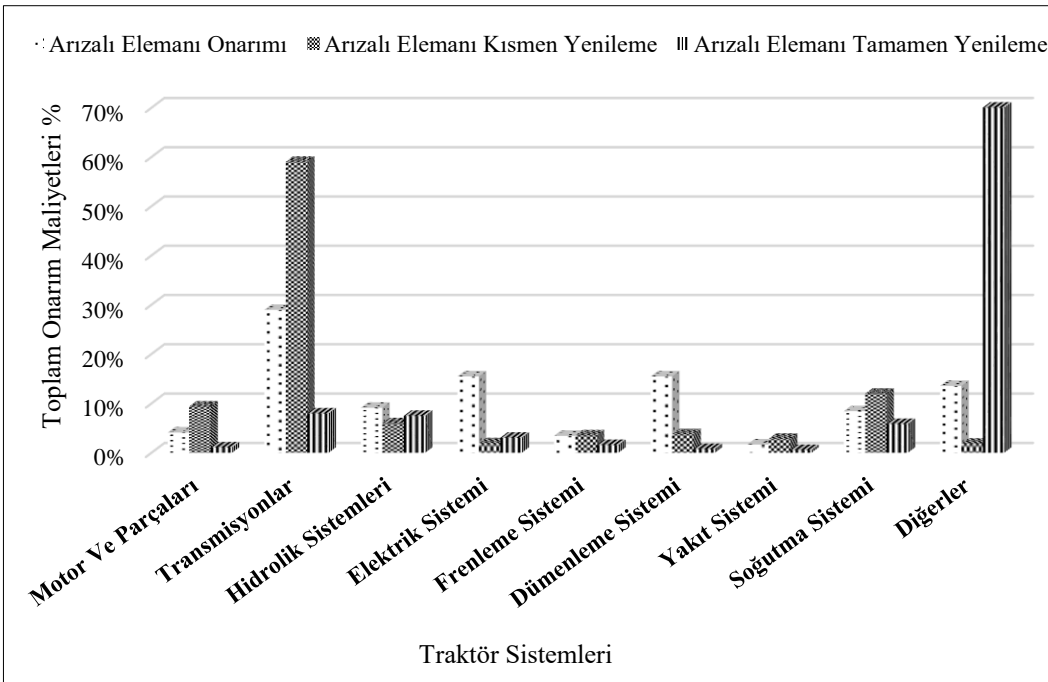
Traktör Sistemi	Arıza Giderilme Yöntemi					
	Arızalı Elemanı Onarma		Arızalı Elemanı Kısmen Yenileme		Arızalı Elemanı tamamen Yenileme	
	Ort. (\$)	%	Ort. (\$)	%	Ort. (\$)	%
Motor Ve Parçaları	27,9	4	580,6	9	193,5	1
Transmisyonlar	197,5	29	3669,1	59	1454,1	8
Hidrolik Sistemleri	62,1	9	369,9	6	1365	7
Elektrik Sistemi	105,4	15	118,2	2	553,6	3
Frenleme Sistemi	23,3	3	217,4	3	284,7	2
Dümenleme Sistemi	105,4	15	232,1	4	133,9	1
Yakıt Sistemi	11,3	2	174,9	3	97,4	1
Soğutma Sistemi	57,4	8	742,3	12	1065,2	6
Diğer*	92,3	14	113,2	2	13178,9	72
Toplam	682,4	100	6217,7	100	18326,3	100

* Diğer elemanlarındaki değiştirilmiş lastik maliyetleri, arızalı elemanı tamamen yenileme yöntemi ile arıza onarımının maliyetlerinden %96 oran ile ve 12598,1\$’lık değer ile teşkil etmektedir.

Çizelge 4.7'nin değerleri incelendiğinde arıza giderilme yöntemlerinde, arızalı elemanı onarma yöntemi içerisinde en yüksek ve en düşük maliyetler sırasıyla; (%29) ve (%2)'lik oranlar ile transmisyon sistemi ve yakıt sisteminde ortaya çıkmıştır. Bu sistemlerde onarım maliyet değerleri sırasıyla; 197,5 \$ ve 11,3 \$'dır.

Aynı çizelgede arızalı elemanı kısmen yenileme yönteminde en yüksek maliyetler %59'luk oran ile transmisyon sisteminde, en düşük maliyetler ise %2'lik oran ile elektrik-elektronik sistemlerde oluşmuştur. Bu maliyetlerin parasal değeri, transmisyon sisteminde 3669,1 \$, elektrik-elektronik sistemlerde ise 118,2 \$'dır. Tanıtımı yapılmamış diğer elemanlarda da düşük değerde toplam onarım maliyetleri fark edilmiştir (113,2 \$).

Arızalı elemanı tamamen yenileme yönteminde harcanan maliyetlere bakıldığında, en yüksek maliyetler %76'lık oran ile diğer elemanlarda, en düşük maliyetler ise %1'lik oran ile yakıt sistemindeki onarım maliyetlerinde olduğu görülmektedir. Bu maliyetlerin parasal değeri diğer kalemlerde 13178,9 \$, yakıt sisteminde ise 97,4 \$'dır. Diğer elemanlardaki değiştirilmiş lastik maliyetleri, %96 oran ve 12598,1 \$'lık değer ile en büyük kısmı teşkil etmektedir,



Şekil 4.8 Arıza giderilme yöntemine göre toplam onarım maliyetleri dağılımı

4.3.3 Onarım yapılma yerlerine göre analiz

Çizelge 4.8’de onarım yapılma yerlerine göre traktör sistemlerindeki toplam onarım maliyetlerinin değişimi görülmektedir. Şekil 4.9’da ise onarım yapılma yerlerine göre traktör sistemlerindeki oransal toplam maliyetlerinin dağılımı yer almaktadır.

Çizelge 4.8’deki değerlere bakıldığında, hemen hemen bütün traktör sistemlerindeki atölyelerde yapılmış onarımların maliyetinin, tarlada oluşmuş arızaların giderilme harcamalarına nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak elektrik-elektronik sistemlerinde tarladaki yapılmış olan onarım giderlerinin, atölyede harcanan maliyetlerden daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni; elektrik-elektronik sistemlerindeki arızalanmış elemanların çoğunun basit araçlar ile değiştirilebilme kolaylığı ve traktörde oluşan bazı arızaların traktörün çalışmasına engel teşkil etmeyip daha sonra tarlaya seyyar atölyeler getirilip oluşan arızayı giderme alternatifinin olmasından kaynaklanması olasıdır.

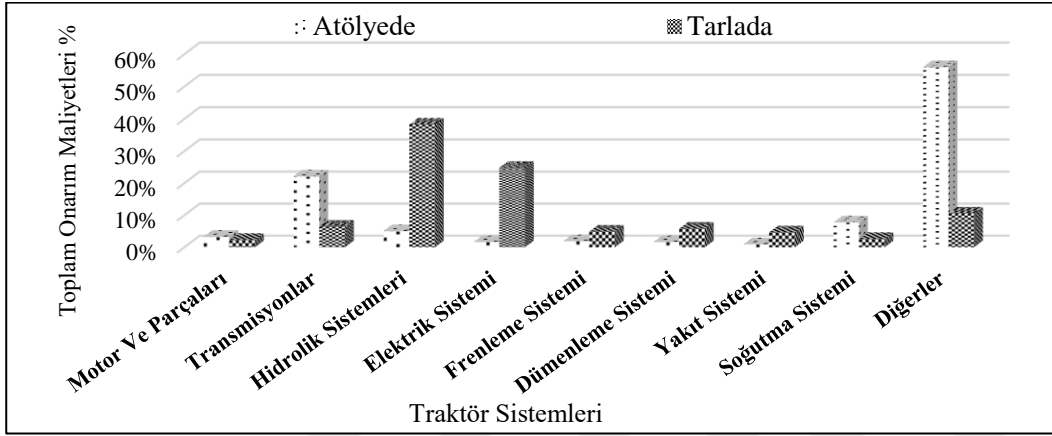
Çizelge 4.8 Onarım yapılma yerine göre toplam onarım maliyetlerinin değişimi.

Traktör Sistemi	Onarım Yapılma Yeri			
	Atölyede		Tarlada	
	Ort. (\$)	%	Ort. (\$)	%
Motor Ve Parçaları	765,6	3	36,4	2
Transmisyonlar	5218,0	22	102,8	6
Hidrolik Sistemleri	1181,9	5	615,1	38
Elektrik Sistemi	378,0	2	399,2	25
Frenleme Sistemi	447,0	2	78,3	5
Dümenleme Sistemi	378,2	2	93,2	6
Yakıt Sistemi	209,1	1	74,5	5
Soğutma Sistemi	1823,7	8	41,2	3
Diğer*	13215,0	56	169,4	11
Toplam	23616,3	100	1610,1	100
* Diğer elemanlarındaki değiştirilmiş lastik maliyetleri, atölyede yapılmış arıza onarımının maliyetlerinden %95 oran ile ve 12598,1 \$’lık değer ile teşkil etmektedir,				

Şekil 4.9’daki grafiklerden anlaşılan atölyedeki en yüksek onarım maliyetleri %56’lık oran ile diğer elemanlarda (Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.), en düşük onarım maliyetler ise %1’lik oran ile yakıt sisteminde ortaya çıkmaktadır. Bu maliyetleri çizelge 4.8’de sırasıyla; 13215,0 \$ ve 209,1 \$ değeri

almaktadır. Atölyede yapılmış arıza onarımının maliyetlerinden diğer elemanlarından değiştirilmiş lastik maliyetleri, %95 oran ve 12598,1\$'lık değer ile teşkil etmektedir.

Aynı şekilde tarladaki en yüksek onarım maliyetleri %38'lik oran ile hidrolik sistemlerde, en düşük maliyetler ise %2'lik oran ile motor ve parçalarında oluşmuştur. Bu maliyetlerin parasal değeri hidrolik sistemlerde 615,1 \$, motor ve parçalarında ise 36,4 \$'dır.



Şekil 4.9 Onarım yapılma yerlerine göre toplam onarım maliyetlerinin dağılımı

4.4 Traktör Bakım-Onarım Maliyetlerinin Analizi

Çizelge 4.9'da traktör kullanım süresince bakım-onarım maliyet unsurlarına göre traktör bakım-onarım maliyetlerinin değişimi dolar (\$) olarak görülmektedir. Çizelgenin verilerine bakıldığında, traktör başına düşen yıllık bakım-onarım maliyetlerine ait parça maliyeti traktör ömrü uzadıkça artış gösterirken filtrelerin, yağların ve işçiliğin maliyetlerinin, traktörün yaşına bağlı olmadığı saptanmıştır.

Traktör bakım-onarım saatlik giderlerine (\$/h) bakıldığında, traktörün ömrü uzadıkça arttığı saptanmıştır. Traktörlerin çalıştığı 2003 yılında saatlik ortalamasının 0,98 \$, 2013 yılında ise 3,02 \$ bakım onarım giderleri olarak belirlenmiştir. Abdelmotaleb, 1989 yılındaki çalışmasında ise 0 - 12 yıl traktörlerin yaşı ile 100 - 800 saat traktör yıllık kullanım süreleri için bakım-onarım saatlik giderlerinin 0,74 - 3,31 dolar arasında olduğunu belirlemiştir. Ayrıca traktör yaşlandıkça bakım-onarım saatlik giderlerinin yükselirken; traktör yıllık çalışma saatleri arttıkça, azaldığını rapor etmiştir.

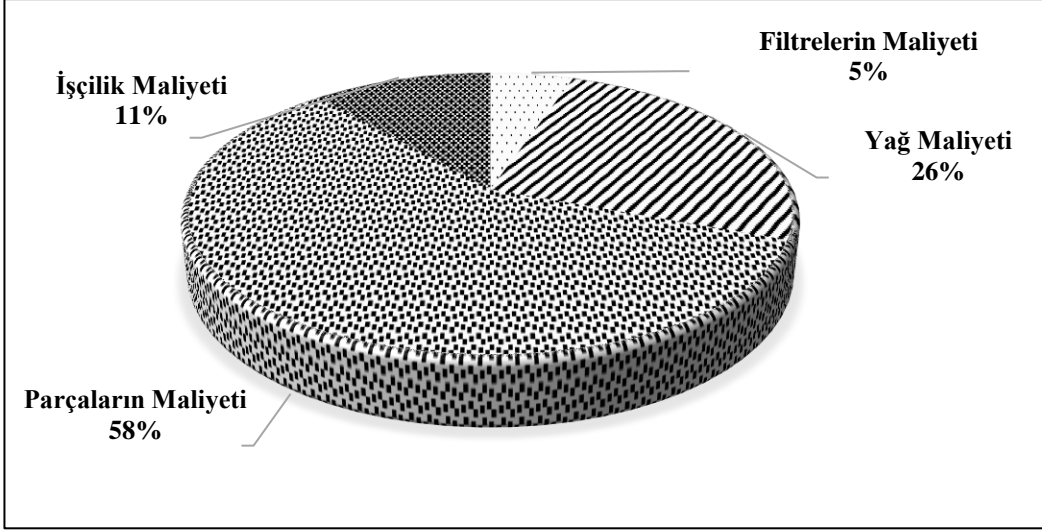
Traktör kullanım saatlerine bağlı bakım maliyetleri ortalama olarak 0,69 \$/h olmuşken onarım maliyetleri 1,35 \$/h'dir, diğer bir ifade ile onarım maliyetleri bakım maliyetlerinden %96 oranda daha yüksektir. Benzer bir sonuca varmış olan AL Suhaibani ve Wahby (2015) çalışmalarında genel traktörler için onarım maliyetlerinin bakım maliyetlerinden %85 oranda daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 4.9 Traktör bakım-onarım maliyetlerinin değişimi.

TÇY	Filtre Maliyeti		Yağ Maliyeti		Parça Maliyeti		İşçilik Maliyeti		YTBOM (\$)	YTÇS	\$/h
	Ort. (\$)	%	Ort. (\$)	%	Ort. (\$)	%	Ort. (\$)	%			
2003	112,9	9	445,9	35	521,2	41	178,3	14	1258,3	1286	0,98
2004	144,7	6	713,8	32	1118,1	50	249,6	11	2226,2	1849	1,20
2005	142,2	6	624,1	26	1348,5	56	272,3	11	2387,1	1853	1,29
2006	169,6	6	831,4	30	1415,7	51	372,9	13	2789,6	1784	1,56
2007	223,7	5	1159,9	28	2278,5	56	435,3	11	4097,3	1798	2,28
2008	163,4	5	783,0	22	2265,0	63	398,3	11	3609,7	1606	2,25
2009	207,0	5	976,0	25	2245,6	58	423,4	11	3852,0	1842	2,09
2010	253,0	6	1083,1	25	2557,2	58	509,3	12	4402,6	1848	2,38
2011	217,7	4	1435,9	29	2862,0	57	510,4	10	5026,0	1812	2,77
2012	161,0	4	753,6	20	2359,9	63	451,6	12	3726,2	1571	2,37
2013	245,5	4	1087,9	20	3603,1	65	584,1	11	5520,6	1829	3,02
Ortalama	185,5	5	899,5	26	2052,3	58	398,7	11	3536,0	1734	2,04

YTBOM: Yıllık Traktör Bakım-Onarım Maliyetleri, YTÇS: Yıllık Traktör Çalışma Saatleri,

Şekil 4.10'da bakım-onarım maliyet unsurlarına göre ortalama oransal yıllık bakım-onarım maliyetlerinin dağılımı gösterilmektedir, Traktör kullanım süresinde yüzdeler dilimde %58'in parçaların maliyeti, %26'nın yağların maliyeti, %5'in filtrelerin maliyeti ve %11'in ise işçilik maliyeti olduğu saptanmıştır. Khodabakhshian ve Shakeri (2011), İran'da da 2WD üç traktör modelin bakım-onarım maliyetlerinin aşağıda gösterildiği şekilde saptandığını belirtmişlerdir. JD-3140 model için parça maliyetlerinin %71,35, yağ maliyetlerinin %12,0, filtre maliyetlerinin %2,1 ve işçilik maliyetlerinin %14,54 olduğu, MF-285 model için parça maliyetlerinin %67,95, yağ maliyetlerinin %11,22, filtre maliyetlerinin %2,44 ve işçilik maliyetlerinin %18,39 olduğu, JD-3350 model için parça maliyetlerinin %69,72, yağ maliyetlerinin %11,6, filtre maliyetlerinin %2,38 ve işçilik maliyetlerinin %16,3 olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuçlarından anlaşıldığı gibi bakım-onarım maliyetlerinden parça maliyetleri en büyük kısmı oluşturmaktadır.



Şekil 4.10 Bakım-onarım maliyet unsurlarına göre bakım-onarım maliyetlerinin dağılımı

4.5 Traktör Birikimli Bakım-Onarım Maliyetlerini Modelleme

4.5.1 Modellemede değişkenler

Bu çalışmada, dört farklı bağımsız değişken olarak traktör birikimli çalışma saatlerine dayalı traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için elde edilmiş veriler, bağımsız değişkenlere göre ayrı ayrı regresyon analizi yapılmış ve dört farklı model geliştirilmiştir. Bu modellerin eşitliği, literatürde araştırmacıların belirttiği gibi, en uygun modelin üssel fonksiyon olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.10'da ortalama birikimli bakım-onarım maliyetlerinin (%TSAB) traktör birikimli çalışma saatleri ile değişimi görülmektedir. Çizelgenin verileri değerlendirildiğinde birikimli bakım-onarım maliyetlerinin arasındaki varyasyon katsayısının %5 ile %36 arasında olduğu saptanmıştır. Bu yüksek CV değerlerinin sebebinin, çalışmanın söz konusu traktörlerinin kullanım süresince farklı arızalara uğramasından ve sonuç olarak farklı bakım-onarım maliyetlerinin ortaya çıkmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Traktör birikimli çalışma saatlerinin arasındaki varyasyon katsayısının ise (%1 ile %7) daha düşük değerlerde olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni, araştırmaya ait traktörlere düşen yıllık planlanmış olan işlemlerin hemen hemen aynı olması ve söz konusu traktörlerin yıllık çalışma saatlerinin arasındaki farklılığın az olmasından kaynaklıdır.

Çizelge 4.10 Birikimli bakım-onarım maliyetlerini modelleme verileri.

TÇY	Y: TBBOM (%TSAB)				X: TBÇS				
	TBBOM (\$)	% CV	Y	% CV	X	X/100	X/120	X/1000	% CV
2003	1258,30	5	3,18	5	1285,82	12,86	10,72	1,29	7
2004	3484,54	10	8,82	8	3134,91	31,35	26,12	3,13	3
2005	5871,63	12	14,86	6	4987,55	49,88	41,56	4,99	1
2006	8661,19	16	21,92	7	6771,91	67,72	56,43	6,77	1
2007	12758,53	21	32,29	11	8569,73	85,70	71,41	8,57	2
2008	16368,21	36	41,42	12	10176,18	101,76	84,80	10,18	2
2009	20220,25	17	51,17	12	12018,27	120,18	100,15	12,02	1
2010	24622,85	20	62,31	12	13866,09	138,66	115,55	13,87	1
2011	29648,81	13	75,03	9	15677,64	156,78	130,65	15,68	1
2012	33375,00	22	84,46	9	17248,27	172,48	143,74	17,25	1
2013	38895,59	15	98,43	8	19077,27	190,77	158,98	19,08	1

Ceylanpınar İşletmesindeki kayıtlara göre 2013 yılında Traktör satın alma bedeli 75384,96 YTL 2013 döviz kuru ortalaması 1,90773 olarak TSAB = 39515,6 \$'dır.

TBBOM (%TSAB): Traktör Birikimli Bakım-Onarım Maliyetleri (% Traktör Satın Alma Bedeli),
TBÇS: Traktör Birikimli Çalışma Saatleri,

4.5.2 Birikimli çalışma saatlerine dayalı modelleme

Traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için birikimli bakım-onarım maliyetleri (%TSAB) bağımlı değişken (Y) ve traktör birikimli çalışma saatleri bağımsız değişken (X) olarak en uygun matematiksel modelini elde edebilmek amacıyla beş modelin regresyon analizi yapılmıştır. Çizelge 4.11'de model regresyon analizi ve parametreleri görülmektedir. En yüksek R^2 (0,988) değeri gösterenin üssel model olduğu belirlenmiştir.

Modelin eşitliği: $Y = 0,0003 X^{1,287}$ dir.

Çizelge 4.11 Birinci modelin regresyon analiz özeti ve parametreleri.

Bağımlı Değişken: TBBOM (% TSAB)								
Fonksiyon	Regresyon test özeti					Parametreleri		
	R ²	F	df1	df2	Sig.	a	b	b1
Doğrusal	0,959	2773,122	1	119	0,000	-10,62	0,005	
Logaritmik	0,770	398,419	1	119	0,000	-266,54	34,595	
Polinom	0,971	2001,466	2	118	0,000	-1,5998	0,003	1,241E ⁻⁰⁷
Üssel	0,988	9844,144	1	119	0,000	0,0003	1,287	
Üstel	0,900	1073,395	1	119	0,000	5,2565	0,000	

Bağımsız değişken: TBÇS = X, %95 Güven aralığı.

Yukarıdaki belirlenmiş model parametrelerin ve elde edilen tahminlerin birlikte doğrulanması amacıyla bu model ve farklı ülkelerden önerilmiş modeller arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Çizelge 4.12'de farklı ülkelerden birinci

olarak belirlenmiş modellerinin özeti görülmektedir, Bu karşılaştırma şekil 4.11’de de görülmektedir.

Çizelge 4.12’deki model parametrelerinin değerlerine bakıldığında, “b” değeri 1 ile 2 arasındayken, “a” değerinin ise $1,2 \times 10^{-6}$ ile $8,65 \times 10^{-3}$ arasında olduğu görülmektedir, Ayrıca “b” değeri yükselince “a” değeri azalmaktadır. Literatürde geçen çalışmalardaki traktör birikimli çalışma saatlerinin arasındaki varyasyon katsayısı yüksek ise “b” değerleri $1,2 > “b” > 1,45$ elde edilmişken traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahminlerinin arasındaki farklılıkların çok belirgin olduğu görülmektedir. Diğer taraftan traktör birikimli çalışma saatleri arasındaki varyasyon katsayısı az ise $1,2 \leq “b” \leq 1,45$ olmakta, traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahminlerinin arasındaki farklılıkları çok azdır.

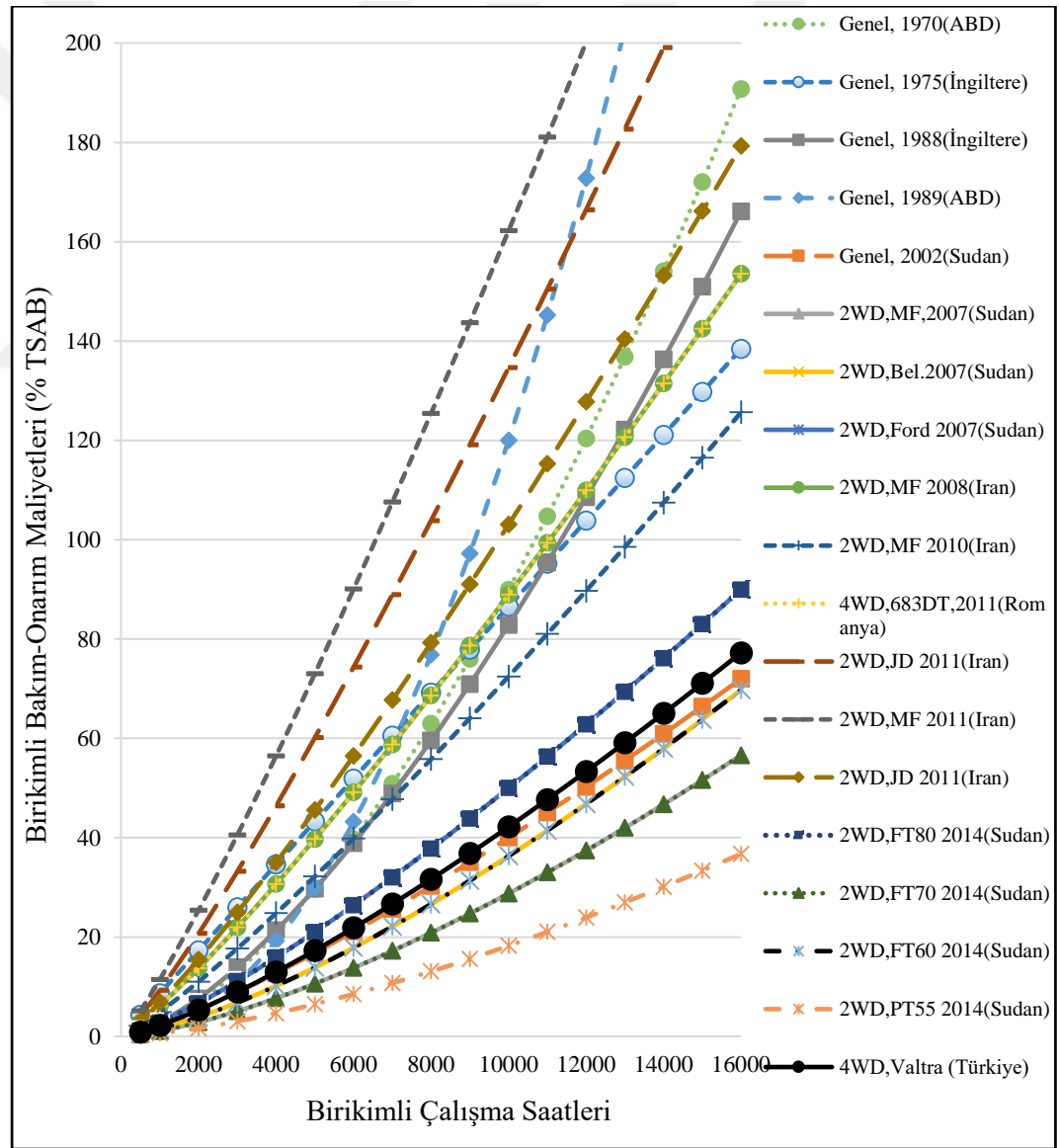
Çizelge 4.12 Farklı ülkelerden birinci olarak belirlenmiş modellerinin özeti.

Kaynakça	Y = a (X) ^b		TBCS × 10 ³				Traktör Tipi*
	Parametreler		5	10	12	16	
	a	b	BOBM (%TSAB)				
Bowers and Hunt, 1970 (ABD)	$3,58 \times 10^{-5}$	1,600	30	90	120	191	Genel
Culpin, 1975 (İngiltere)	$8,65 \times 10^{-3}$	1,000	43	87	104	138	Genel
Morris, 1988 (İngiltere)	$9,96 \times 10^{-5}$	1,480	30	83	109	166	Genel
ASAE, 1989 (ABD)	$1,2 \times 10^{-6}$	2,000	30	120	173	307	Genel
Dahab and Osama, 2002 (Sudan)	4×10^{-4}	1,250	17	40	50	72	Genel
Nasir, 2007 (Sudan)**	5×10^{-5}	1,440	11	29	37	57	2WD
	10^{-4}	1,390	14	36	47	70	2WD
	5×10^{-4}	1,250	21	50	63	90	2WD
Khoub et, al., 2008 (Iran)	2×10^{-3}	1,162	40	89	110	154	2WD
Khoub et, al., 2010 (Iran)	$1,5 \times 10^{-3}$	1,171	32	72	90	126	2WD
Donca, 2011 (Romanya)	2×10^{-3}	1,162	40	89	110	153	4WD
Khodabakhshian and Shakeri, 2011 (Iran)	3×10^{-3}	1,163	60	135	166	233	2WD
	4×10^{-3}	1,152	73	162	200	279	2WD
	2×10^{-3}	1,178	46	103	128	179	2WD
Abdallah et al., 2014 (Sudan)**	5×10^{-4}	1,250	21	50	63	90	2WD
	5×10^{-5}	1,440	11	29	37	57	2WD
	10^{-4}	1,390	14	36	47	70	2WD
	2×10^{-5}	1,490	6	18	24	37	2WD
Bu çalışmada, (Türkiye)	3×10^{-4}	1,287	17	42	53	77	4WD
*: Traktör genel tipi her iki tipi için geçerlidir,							
** Sudan’deki Nasir (2007) ve Abdallah et al.’in (2014) çalışmalarında üç farklı traktör marka ve modelleri üzerinde çalışmalarına rağmen modellerdeki parametreleri aynı çıkmıştır,							

Şekil 4.11’deki eğriler incelendiğinde, tarihsel seyrine göre ilk fark edilen, eski çalışmalarda, özellikle genel traktörler için tahminlerin oldukça büyük değerde

olmasıdır. Ayrıca birçok araştırmada 2WD, orta ve büyük motor gücüne sahip olan traktörler için geliştirilmiştir.

Bu çalışmada geliştirilmiş olan model eğrisinin, Sudan'da Abdallah et al., (2014), Dahab ve Osama, (2002) modellerinin eğrilerine en yakın eğriler olduğu görülmekle birlikte Amerika, İrlanda, İngiltere ve İran gibi sanayileşmiş ülkelerde önerilmiş model eğrilerinin altında bir seviyede yer aldığı saptanmıştır. Bunun sebebinin, traktör satın alma bedelinin; sanayi ülkelerine göre diğer ülkelerde daha yüksek olmasından ve orijinal yedek parçaları kullanılmaktansa yerli veya ucuz yedek parçaların kullanılmasının tercih edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.11 Birinci modeli farklı ülkelerden belirlenen modeller ile karşılaştırma

4.5.3 Traktör on bin saat mekanik ömrüne dayalı modelleme

Traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için traktör birikimli bakım-onarım maliyetleri (%TSAB) bağımlı değişken (Y) ve traktör birikimli çalışma saatleri (traktör mekanik ömrüne (10000 h) yüzdesi) bağımsız değişken (X/100) olarak en uygun matematiksel model elde edilebilmesi için beş model regresyonu test edilmiştir. Çizelge 4.13’de model regresyon analizi ve model parametreleri görülmektedir, En yüksek R² (0,988) değerini gösterenin üssel model olduğu belirlenmiştir.

Modelin eşitliği: $Y = 0,107 (X/100)^{1,287}$ dır.

Çizelge 4.13 İkinci modelin regresyon analiz özeti ve parametreleri.

Bağımlı Değişken: BOBM (% TSAB)								
Fonksiyon	Regresyon test özeti					Parametreleri		
	R ²	F	df1	df2	Sig.	a	b	b1
Doğrusal	0,959	2773,122	1	119	0,000	-10,624	0,541	
Logaritmik	0,770	398,419	1	119	0,000	-107,229	34,595	
Polinom	0,971	2001,466	2	118	0,000	-1,600	0,288	0,001
Üssel	0,988	9844,144	1	119	0,000	0,107	1,287	
Üstel	0,900	1073,395	1	119	0,000	5,257	0,017	
Bağımsız değişken: (X/100) . %95 Güven aralığı.								

Belirtilen model parametreleri ve elde edilen tahminler ile birlikte doğrulanması amacıyla bu model ve farklı ülkelerden aynı değişkenler ile önerilmiş modeller arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Çizelge 4.14’de farklı ülkelerden ikinci olarak belirlenmiş modellerinin özeti görülmektedir, Bu karşılaştırma şekil 4.12’de yer almıştır.

Çizelge 4.14’deki değerler incelendiğinde, daha önce yürütülen çalışmalarda traktörlerin 10000 saat çalışmasının sonunda tahmin edilmiş birikimli bakım-onarım maliyetleri %16 - %120 arasında olmakla birlikte bu çalışmada %40’ı görülmektedir. Buradaki farklılıkların kaynağı, çalışma konusu traktörlerin grup halinde çalıştırıldığı büyük işletmelerde çok iyi düzeyde bakım ve onarım programları uygulanması ve bazı çalışmalarda modelin geliştirilmesi sırasında modeldeki “b” değerinin 2 olarak varsayılması ve başka çalışmalarda ise;

uygulanacak belirlenmiş model alanların traktör birikimli çalışma saatlerinin sınırlı seviyelerde olmasından düşünülmektedir.

Çizelge 4.14 Farklı ülkelerden ikinci olarak belirlenmiş modellerin özeti.

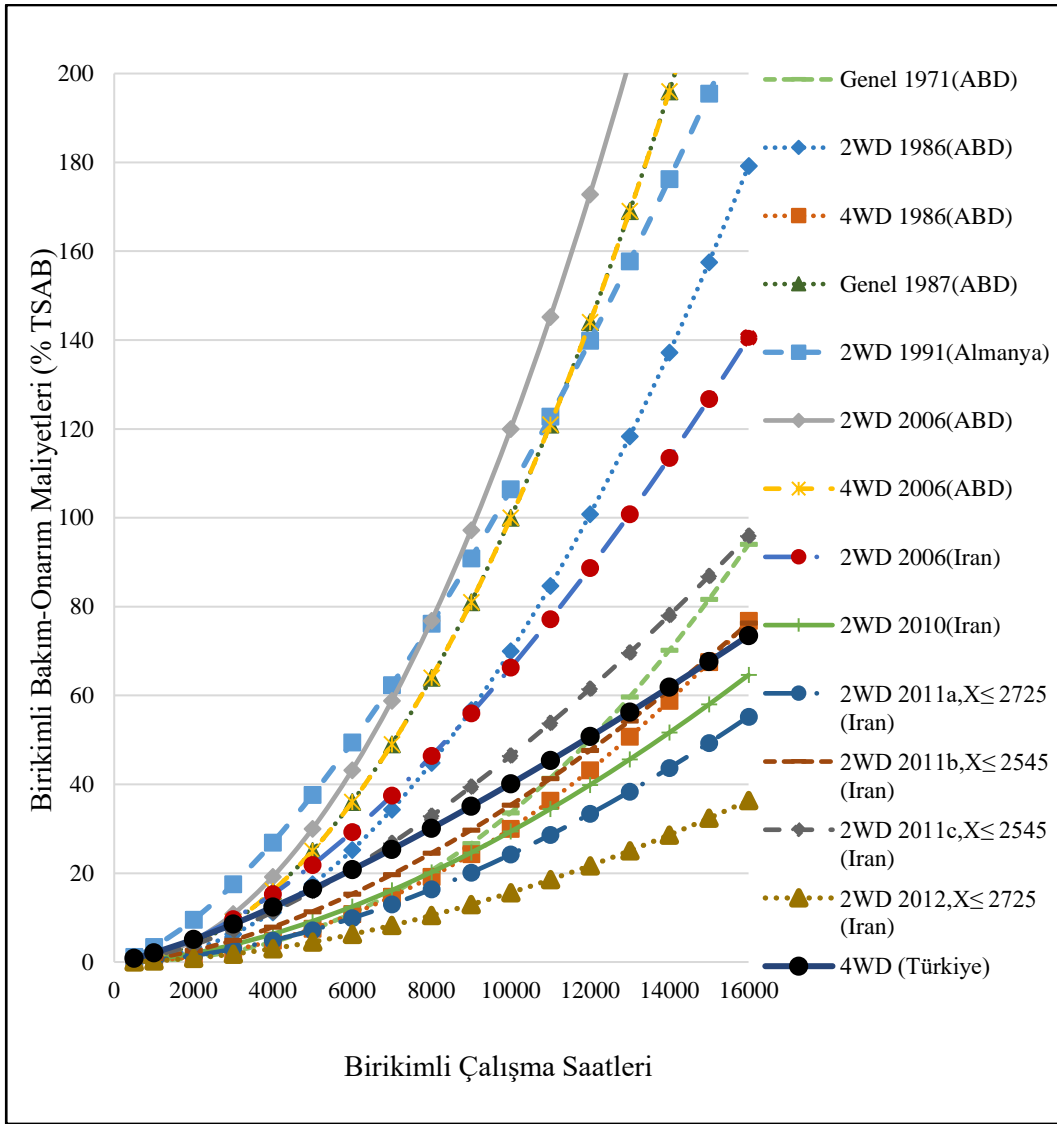
Kaynakça	Y = a (X/100) ^b		TBÇS×10 ³				Traktör Tipi
	Parametreler		5	10	12	16	
	a	b	BOBM (%TSAB)				
Fairbanks et al, 1971 (ABD)	0,0014	2,190	7	34	50	94	Genel
ASAE, 1986 (ABD)	0,0070	2,000	18	70	101	179	2WD
ASAE, 1986 (ABD)	0,0030	2,000	8	30	43	77	4WD
Rotz, 1987 (ABD)	0,0100	2,000	25	100	144	256	Genel
Wendl, 1991 (Almanya)	0,1064	1,500	38	106	140	215	2WD
ASAE, 2006 (ABD)	0,0120	2,000	30	120	173	307	2WD
ASAE, 2006 (ABD)	0,0100	2,000	25	100	144	256	4WD
Ashtiani et al., 2006 (Iran)	0,0420	1,599	22	66	89	140	2WD
Ranjbar et, al., 2010 (Iran)	0,0130	1,677	9	29	40	65	2WD
Rashidi and Ranjbar, 2011a (Iran)	0,0075	1,755	7	24	33	55	2WD
Rashidi and Ranjbar, 2011b (Iran)	0,0187	1,638	11	35	48	76	2WD
Rashidi and Ranjbar, 2011c (Iran)	0,0377	1,545	16	46	62	96	2WD
Niari et al., 2012 (Iran)	0,0040	1,796	5	16	22	36	2WD
Bu Çalışma (Türkiye)	0,1070	1,287	16	40	51	73	4WD

İkinci olarak belirlenmiş modelindeki parametre olan “a” değerinin önceki çalışmalarda 0,0070 ile 0,1064 arasında olup bu çalışmada ise 0,1070 ile daha yüksek değerde olduğu saptanmıştır. Rotz, 1987 yılındaki çalışmasında “a” değerinin, bakım-onarım maliyetlerinin büyüklüğüne bağlandığını belirlemiştir, Bunun dışında traktör teknik özellikleri, yıl boyunca traktör çalışma yoğunluğu ve traktör yıllık çalışma saatlerine bağlı olduğu düşünülmektedir.

Modeldeki diğer parametre olan “b” değerlerine bakıldığında, bu değerlerin önceki çalışmalarda 1,500 ile 2,190 arasında olup bu çalışmada ise 1,287 ile daha düşük değerde olduğu belirlenmiştir. Rotz, 1987 yılındaki çalışmasında da “b” değerinin bakım-onarım maliyetlerinin dağılımını açıklarken bu değer 1’e yaklaştığında modelin eğrisinin zamanla doğrusal şekilde olacağını ifade etmiştir.

Bunun dışında traktör tipinin, traktör motor gücü büyüklüğüne bağlı olduğu düşünülmektedir.

2WD traktörler için modellerdeki regresyon analizlerin neticesinde “b” değerleri artınca traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahminleri azalmaktadır. Literatürde 4WD traktörler ile ilgili az sayıda çalışmalar olmasından dolayı “b” değerlerinin traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahminleri ile arasında net bir ilişkisi ortaya konulamamıştır. Ancak literatürdeki birçok çalışmada, 2WD traktörlerin birikimli bakım-onarım maliyetlerinin 4WD traktörlerin birikimli bakım onarım maliyetlerinden daha fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.12 İkinci modeli farklı ülkelerden belirlenen modelleri ile karşılaştırma

4.5.4 Traktör on iki bin saat mekanik ömrüne dayalı modelleme

Traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için traktör birikimli bakım-onarım maliyetleri (%TSAB) bağımlı değişken (Y) ve traktör birikimli çalışma saatleri (traktör mekanik ömrüne (12000 h) yüzdesi) bağımsız değişken (X/120) olarak en uygun matematik modelini elde edebilmek için beş modelin regresyon analizi yapılmıştır. Çizelge 4.15’de modelin regresyon analizi ve parametreleri görülmektedir. En yüksek değerin R² (0,988) değerine sahip olan üssel modelin olduğu saptanmıştır.

Modelin eşitliği: $Y = 0,136 (X/120)^{1,287}$ dir.

Çizelge 4.15 Üçüncü modelin regresyon analiz özeti ve parametreleri.

Bağımlı Değişken: TBOBM (%TSAB)								
Fonksiyon	Regresyon test özeti					Parametreleri		
	R ²	F	df1	df2	Sig.	a	b	b1
Doğrusal	0,959	2773,122	1	119	0,000	-10,624	0,650	
Logaritmik	0,770	398,419	1	119	0,000	-100,921	34,595	
Polinom	0,971	2001,466	2	118	0,000	-1,600	0,346	0,002
Üssel	0,988	9844,144	1	119	0,000	0,136	1,287	
Üstel	0,900	1073,395	1	119	0,000	5,257	0,021	
Bağımsız değişken:(X/120). %95 Güven aralığı.								

Üçüncü model parametreleri ve elde edilen tahminleri ile birlikte doğrulanması amacıyla bu model ve farklı ülkelerde önceden aynı değişkenler göz önüne alınarak önerilmiş modellerin arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Çizelge 4.16’da farklı ülkelerden üçüncü olarak belirlenmiş modellerin özeti görülmektedir, Bu karşılaştırma şekil 4.13’de yer almıştır.

Çizelge 4.16’daki değerleri incelendiğinde, daha önceki çalışmalarda traktör mekanik ömrüne ulaşınca (12000 h) traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahminleri (%Traktör Satın Alma Bedeli) %62 ile %285 arasında olmakla birlikte bu çalışmada ise %51 oranında görülmektedir.

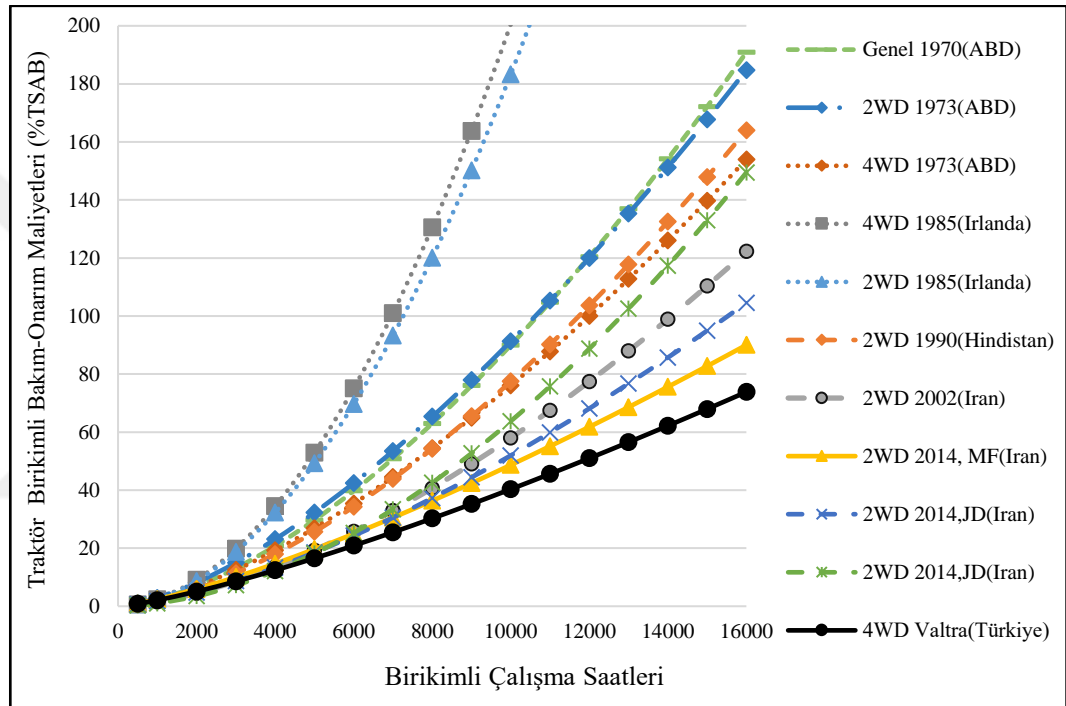
Ward et al, (1985) çalışmalarında, traktörün 12000 saatlik çalışma sonunda traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahminlerinin, iki traktör tipi için sırasıyla 2WD; %259 ve 4WD; %285 oranları ile çok yüksek bir değerde olduğu sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte çalışma örneklemede materyal olarak kullanılan traktörlerin 12000 saatlik mekanik ömrüne ulaşmadan yenilenmesi nedeniyle traktör ekonomik ömrünün 8000 saat olması önerisinde bulunmuşlardır.

Çizelge 4.16 Farklı ülkelerden üçüncü olarak belirlenmiş modellerin özeti.

Kaynakça	Y = a (X/120) ^b		TBCS×10 ³				Traktör Tipi	TYOÇS
	Parametreler		5	10	12	16		
	a	b	TBBOM (TSAB%)					
Bowers and Hunt, 1970 (ABD)	0,0760	1,600	30	90	120	191	Genel	-
ASAE, 1973 (ABD)	0,1200	1,500	32	91	120	185	2WD	-
	0,1000	1,500	27	76	100	154	4WD	-
Ward, et al., 1985 (İrlanda)	0,0406	1,923	53	201	285	495	4WD	533
	0,0420	1,895	49	183	259	447	2WD	653
Sabir et al., 1990 (Hindistan)	0,0669	1,592	25	76	102	162	2WD	-
Almassi and Yeganeh, 2002 (Iran)	0,0520	1,587	19	58	77	122	Genel	-
Pishbin, 2014 (Iran)	0,1494	1,308	20	49	62	90	2WD	1713
	0,0721	1,488	19	52	68	105	2WD	1611
	0,0211	1,812	18	64	89	149	2WD	1276
Bu Çalışma (Türkiye)	0,1360	1,287	17	40	51	74	4WD	1736
TYOÇS: Traktör Yıllık Ortalama Çalışma Saatleri								

Literatürdeki ve bu çalışmadaki sonuçlara göre traktörlerin 12000 saat çalışma sonunda traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahminlerinin traktör yıllık ortalama çalışma saatleri ile ters bir ilişki gösterdiği anlaşılmaktadır. Örnek vermek gerekirse bu çalışmada, traktör yıllık ortalama çalışma saatleri 1736 saat olmuşken, traktörlerin 12000 saat çalışması sonunda birikimli bakım-onarım maliyet tahmini %51 bulunmuştur. Pishbin (2014), çalışmasında da traktör yıllık ortalama çalışma saatlerinin sırasıyla; 1713,1611 ve 1276 saat olmuşken traktör 12000 saat çalışma sonunda birikimli bakım-onarım maliyet tahminlerinin %62, %68 ve %89 oranlarında olduğunu belirlemiştir, Bunun nedenin hem traktör tipi hem de traktör motor gücünde farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Üçüncü model parametrelerinin değerleri incelendiğinde, “a” değerlerinin 0,0211 ile 0,1494 arasındayken, “b” değerleri ise 1,287 ile 1,923 arasında olduğu görülmektedir. Ayrıca eski çalışmalarda önerilen modellerde “b” değeri son yıllarda yürütülen çalışmalarda önerilenlerden hemen hemen daha yüksek değerlerde bulunmaktadır. Ayrıca birikimli bakım-onarım maliyet tahminleri eski çalışmalarda daha yüksek değerlerdedir. Bunun nedenin, eski traktörlerin yıllık çalışma saatlerinin yeni traktörlere göre daha az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.13 Üçüncü modeli farklı ülkelerden belirlenen modeller ile karşılaştırma

4.5.5 Traktör yıllık bin çalışma saatine dayalı modelleme

Traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için traktör birikimli bakım-onarım maliyetleri (%TSAB) bağımlı değişken (Y) ve traktör birikimli çalışma saatleri (traktör ideal yıllık çalışma saatlerinin (1000 h) cinsinden) bağımsız değişken (X/1000) olarak en uygun matematik modelini elde edebilmek için beş farklı fonksiyon regresyonu analiz edilmiştir. Çizelge 4.17’de dördüncü modelin regresyon analizi ve parametreleri görülmektedir. En yüksek R^2 (0,988) değerine sahip olan üssel modeli saptanmıştır.

$$\text{Modelin eşitliği: } Y = 2,076 (X/1000)^{1,287} \text{ dir.}$$

Çizelge 4.17 Dördüncü modelin regresyon analiz özeti ve parametreleri.

Bağımlı Değişken: TBOBM (% TSAB)								
Fonksiyon	Regresyon test özeti					Parametreleri		
	R ²	F	df1	df2	Sig.	a	b	b1
Doğrusal	0,959	2773,122	1	119	0,000	-10,624	5,414	
Logaritmik	0,770	398,419	1	119	0,000	-27,571	34,595	
Polinom	0,971	2001,466	2	118	0,000	-1,600	2,880	0,124
Üssel	0,988	9844,144	1	119	0,000	2,076	1,287	
Üstel	0,900	1073,395	1	119	0,000	5,257	0,172	
Bağımsız değişken: (X/1000). %95 Güven aralığı.								

Dördüncü olarak belirlenmiş model parametreleri ve elde edilen tahminler ile birlikte doğrulanması amacıyla bu modelin ve farklı ülkelerde önceden aynı değişkenlere dayalı önerilmiş modellerin arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Çizelge 4.18’de farklı ülkelerden dördüncü olarak belirlenmiş modellerinin özeti görülmektedir. Bu karşılaştırma şekil 4.14’de de yer almıştır.

Çizelge 4.18’in değerleri incelendiğinde, Avustralya’da, Kruger ve Logan’ın (1980) çalışmalarının sonuçlarının hemen hemen en düşük traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahminlere sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin, Kruger ve Logan’ın traktör bakım-onarım maliyetlerini modelleme sırasında traktör lastik maliyetlerinin bakım-onarım maliyetlerine eklemeyi sürdürdüklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

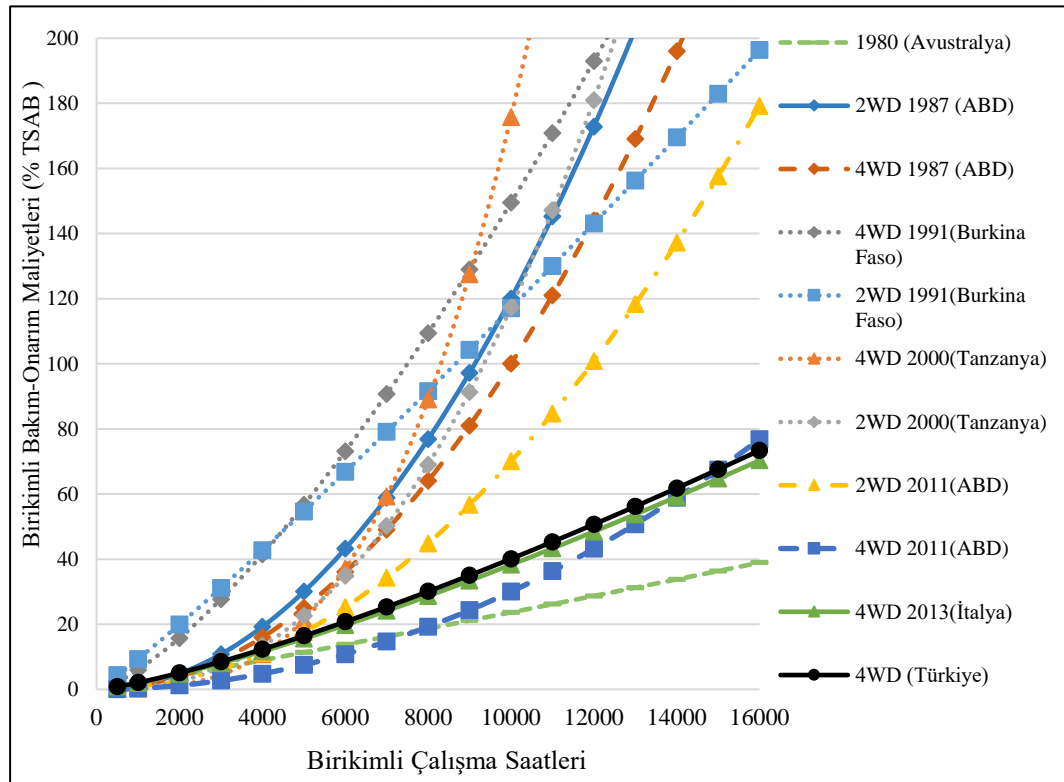
Mpanduji’nin (2000) Tanzanya’daki ve Konda’nun (1991) Burkina Faso’daki çalışmalarında traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahminlerinin ise oldukça büyük değerlerde olduğu görülmektedir. Bu yüksek değerlerin nedeni; Mpanduji’nin açıkladığı gibi ithal edilmiş olan yedek parça maliyetlerinin çok yüksek olması, Konda’nun (1991) düşüncelerine göre ise gelişmekte olan ülkelerde yedek parçaların imalat standartlarına uygun olmaması, yedek parçaların temin edilmesi esnasında dikkatli davranılmaması veya bakım ve kullanım uygulamalarının iyi bir seviyede yapılmamasından kaynaklanmaktadır.

ASAE (1987) standartlarında belirlenmiş modellerden elde edilmiş birikimli bakım-onarım maliyetleri (%TSAB); traktör yıllık 1000 çalışma saat ile traktörün mekanik ömrüne (10000 h) ulaşıncaya 2WD traktörler için %120’lik ve 4WD traktörler için %100’lük oranlar ile olmaktadır.

4WD traktörler için bu çalışmada, İtalya'daki Calcante et al. (2013) çalışmalarında ve ASAE (2011) standartlardaki belirlenmiş modellerden elde edilmiş birikimli bakım-onarım maliyet tahminlerinin (%TSAB) oldukça düşük değerlerde ve birbirine yakın olduğu fark edilmiştir.

Çizelge 4.18 Farklı ülkelerden dördüncü olarak belirlenmiş modellerin özeti.

Kaynakça	$Y = a (X/1000)^b$		TBCS×10 ³				Traktör Tipi
	Parametreler		5	10	12	16	
	a	b	TBBOM (% TSAB)				
Kruger and Logan, 1980 (Avustralya)	2,060	1,0600	11	24	29	39	Genel
ASAE, 1987 (ABD)	1,200	2,0000	30	120	173	307	2WD
	1,000	2,0000	25	100	144	256	4WD
Konda, 1991 (Burkina Faso)	5,950	1,4000	57	149	193	289	4WD
	9,300	1,1000	55	117	143	196	2WD
Mpanduji, 2000 (Tanzanya)	0,157	3,0490	21	176	306	737	4WD
	0,492	2,3775	23	117	181	359	2WD
ASAE, 2011 (ABD)	0,700	2,0000	18	70	101	179	2WD
	0,300	2,0000	8	30	43	77	4WD
Calcante, et al., 2013 (İtalya)	1,940	1,2950	16	38	48	70	4WD
Bu Çalışma (Türkiye)	2,070	1,2870	16	40	51	73	4WD



Şekil 4.14 Dördüncü modeli farklı ülkelerden belirlenen modeller ile karşılaştırma

4.5.6 Traktör birikimli bakım-onarım maliyetler tahmin teorisi

Traktör bakım-onarım maliyetleri; bakım amacıyla kullanılan yağın, filtrelerin, bakım işçiliğinin, arızalanmış parçaların onarılma, yenilenme veya değiştirilme maliyetleri, lastik tekerlekleri, yıkama (özellikle kabinli traktörler), boyama gibi her türlü bakımlar ve işçilik maliyetlerinden oluşmaktadır. Traktör bakım-onarım maliyetleri sadece traktör tahrik tipi değil traktör motor gücünün büyüklüğü ve traktör yıllık çalışma saatleri gibi bazı önemli faktörlere bağlanmaktadır. Bu çalışmada da traktör birikimli çalışma saatlerine (X) dayalı dört farklı bağımsız değişken olarak ve traktör satın alma bedelin yüzde cinsinden birikimli bakım-onarım maliyetleri (Y) bağımlı değişken olarak alınmış ve verilerin regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analiz sonuçlarında; birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için daha önce birçok çalışmada belirtildiği gibi bu çalışmada da en uygun modelin $Y = aX^b$ (üssel modeli) olduğu belirlenmiştir. Elde edilen dört model; $Y=0,0003 X^{1,287}$, $Y=0,107 (X/100)^{1,287}$, $Y=0,136 (X/120)^{1,287}$, $Y=2,076 (X/1000)^{1,287}$ olup bu modeller ile farklı zamanlarda yapılmış çalışmalarda elde edilen benzer modeller karşılaştırılmış ve şu sonuçlara varılmıştır:

- Modeldeki parametreler, “a” ve “b” değerleri, birikimli çalışma saatleri ve birikimli bakım-onarım maliyetlerinin arasındaki varyasyonlardan etkilenmektedir. Ayrıca “b” değeri yükselince “a” değeri azalmaktadır. Bowers and Hunt, 1970; Farrow et al, 1980; Ward et al. 1985; Rotz, 1987; Morris, 1988; Ward, 1990; Ahmed et al., 1999 and Zaidi et al., 1992; Jekayinfa et al., 2005 yıllarındaki eserlerinde modeldeki “a” ve “b” parametre değerlerinin; traktör üzerine bakım stratejisi, çalışma koşulları, operatör tecrübe ve yetenekleri, makine tasarım özelliği, modelleme sırasında örnekleme hacmi, verileri kaydetme yöntemleri gibi faktörlerden etkilendiğini belirtmişlerdir.
- Traktör tahrik tipi, traktör satın alma bedeli, orijinal yedek parçaların kullanılması ve bakım-onarım işçilik maliyetlerinde uluslararası farklılıklardan, birikimli bakım-onarım maliyetleri etkilenmektedir.
- Traktör mekanik ömrünü tamamladığında birikimli bakım-onarım maliyetleri traktör satın alma bedelinin yüzde cinsinden; traktör tahrik tipi, traktör motor

gücünün büyüklüğü, traktör yıllık ortalama çalışma saatlerine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir.

- Traktör birikimli bakım-onarım maliyetleri (%TSAB); traktörün motor gücünün büyüklüğü, traktör yıllık çalışma saatlerinin büyüklüğü ve onu temsil eden matematik modeldeki parametre olan “b” değerlerinin büyüklüğü artınca azalmaktadır.
- Genel olarak literatür incelemelerinde 2WD traktörlerin birikimli bakım-onarım maliyetlerinin (Traktör Satın Alma Bedeli %) 4WD traktörlerin birikimli bakım onarım maliyetlerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak 4WD traktörlerde bakım onarım maliyetleri, traktör çalıştığı ilk dönemlerde daha yüksek değerler göstermektedir.
- Traktör mekanik ömrüne ulaşınca kadar traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahminleri, traktör yıllık ortalama çalışma saatleri ile uyumlu bir ilişki göstermektedir. Ancak traktör mekanik ömrüne geçince yıllık çalışma saatlerinin seviyesi arttıkça, bakım-onarım maliyet tahminleri daha az seviyelerde yer almaktadır. Başka bir deyişle bir traktörün ortalamada yıllık 1000 saat çalışma durumunda mekanik ömrüne ulaşınca kadar bakım onarım maliyetleri, ortalamada yıllık 1500 saat çalıştığında bakım maliyetlerinden daha yüksek olup mekanik ömrüne geçince ise daha az olacaktır. Bunun nedeni; traktörün yıllık 1000 saat çalıştığında çalışma yılı boyunca daha fazla duruşlar yapıp arızaların meydana gelme ihtimalinin yükseleceği, sonuçta onarım bakım maliyetlerinin daha fazla olacağı düşünülmektedir. Ancak traktör ömrü uzadıkça ve yaşlılık dönemine yaklaşıncaya yıllık çalışma saati daha yüksek olan traktörün bakım onarım maliyetleri daha fazla olacaktır.
- Aynı traktör için yıllık çalışacağı ortalama saatleri artınca traktör bakım-onarım maliyetleri daha az seviyede olup traktör mekanik ömrüne ulaşınca ise daha yüksek seviyede olmasıdır.

Tarım traktörleri için bakım-onarım maliyetlerini traktör çalışma saatlerine bağlı olarak tahmin edebilmek amacıyla öncelikle traktör tahrik tipini iki ana grup altında belirtme ve bu ana gruplara bağlı alt gruplara ayırmanın gerekli olduğu düşünülmektedir. Bir önceki bölümlerde yapılmış karşılaştırma sonuçlarına dayalı

ve bazı varsayımlara bağılı olarak tarım traktörleri on iki gruba ayrılmış ve her gruba bakım onarım maliyet tahminine uygun bir model önerilmiştir. Bu varsayımları aşağıda gibi sıralanabilir:

- Traktörün 2WD ve 4WD olabilmesidir.
- 2WD Traktörlerin motor gücüne göre küçük (≤ 40 BG; 29,9 kW), orta (41-70 BG; 30,56 – 52,2 kW) ve büyük (≥ 71 BG; 53,0 kW) güçlü motora sahip olabilmesidir.
- 4WD Traktörlerin motor gücüne göre küçük (≤ 60 BG; 44,8 kW), orta (61-160 BG; 45,5-119,4 kW) ve büyük (≥ 161 BG; 120,1 kW) güçlü motora sahip olabilmesidir²⁰.
- Traktör ideal yıllık çalışma saatlerinin 500, 1000 ve ≥ 1500 saat olabilmesi,
- Model parametre olan “b” değerinin 1,1 – 2 aralarında olup traktör motor gücü artınca azalmasıdır.
- Traktör mekanik ömrünün 12000 çalışma saati olabilmesidir.
- Küçük motor gücüne sahip olan 2WD traktörlerin mekanik ömrüne ulaşıncı traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerinin %120 oranında olabilmesidir.
- Orta motor gücüne sahip olan 2WD traktörlerin mekanik ömrüne ulaşıncı traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerinin % 100 oranında olabilmesidir.
- Büyük motor gücüne sahip olan 2WD traktörlerin mekanik ömrüne ulaşıncı traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerinin %80 oranında olabilmesidir.
- Küçük motor gücüne sahip olan 4WD traktörlerin mekanik ömrüne ulaşıncı traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerinin % 70 oranında olabilmesidir.
- Orta motor gücüne sahip olan 4WD traktörlerin mekanik ömrüne ulaşıncı traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerinin %52 oranında olabilmesidir.
- Büyük motor gücüne sahip olan 4WD traktörlerin mekanik ömrüne ulaşıncı

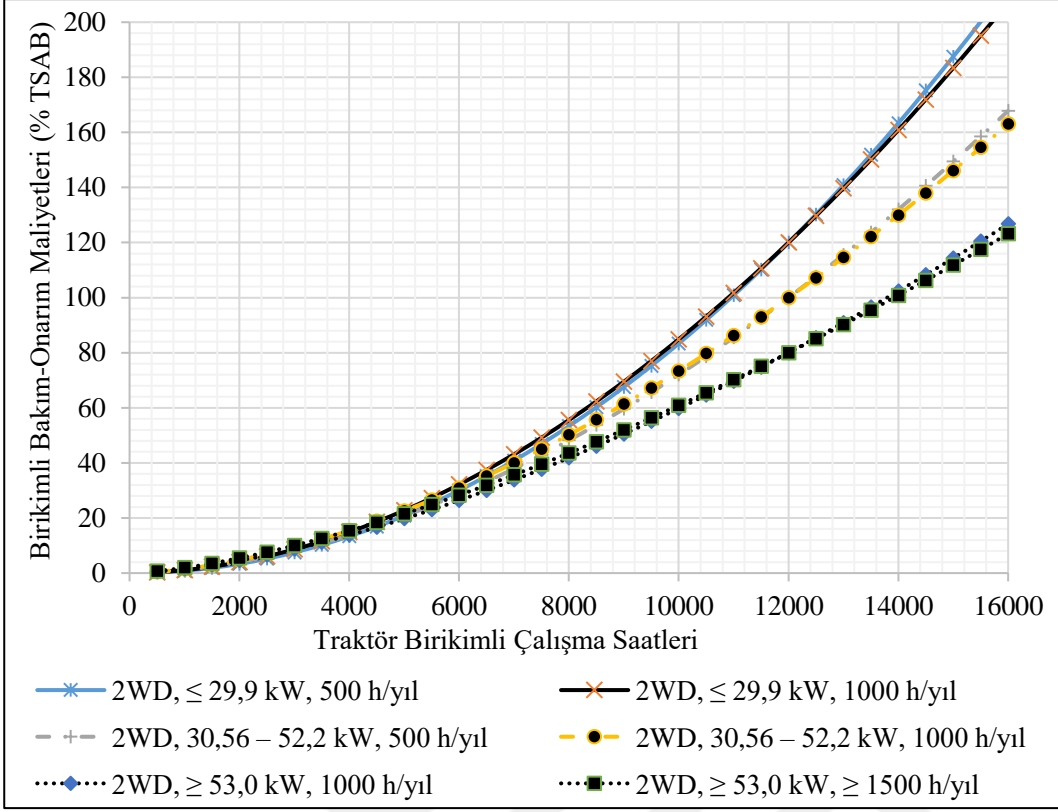
²⁰ Uluslararası traktör motor güç büyüklüğüne göre sınıflandırılmasında müşterek değerler bulunmadığı için yukarıdaki değerler örneklemede bulunulmuştur.

traktör birikimli bakım-onarım maliyetlerinin %40 oranında olabilmesidir.

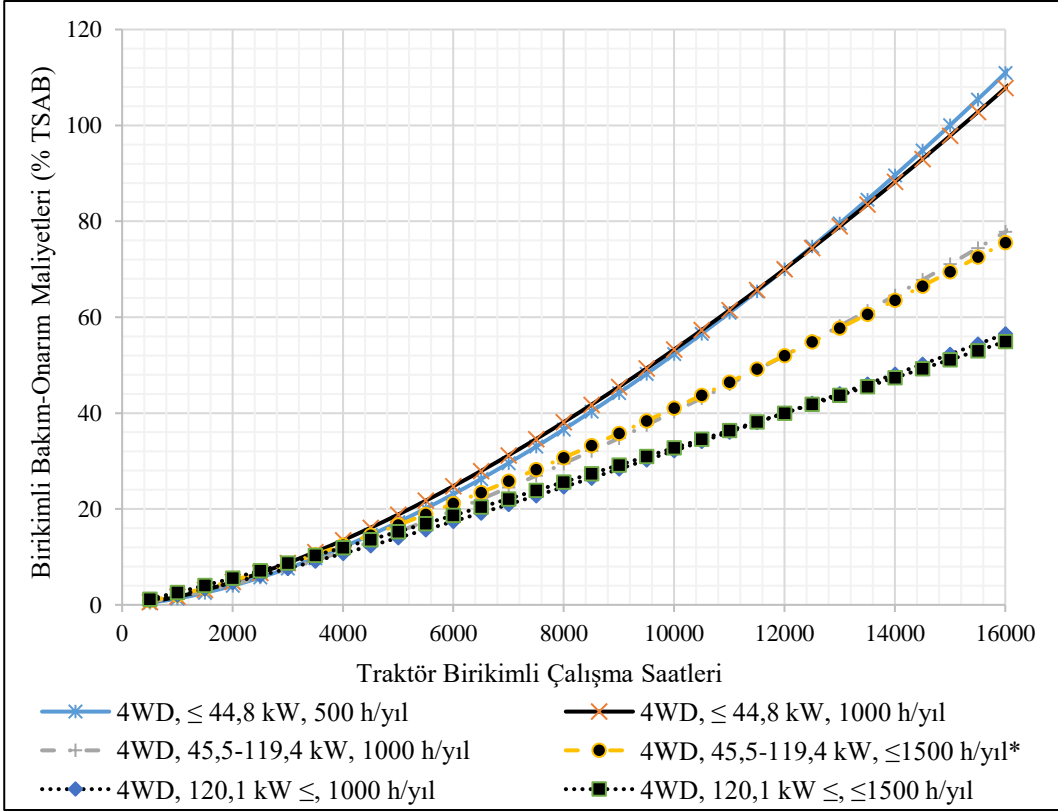
Çizelge 4.19’da teori modellerinin özeti görülmektedir, Şekil 4.15’te 2WD traktörler için teori model eğrileri, Şekil 4.16’da ise 4WD traktörler için teori model eğrileri yer almaktadır.

Çizelge 4.19 Traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahmin modellerinin özeti.

Önerilen Model	Gruplar ve Model Sınırları	TMÖ (Saat)*	TBBOM %
$Y = 0,000000833 X^2$	2WD, $\leq 29,9$ kW, 500 h/yıl	12000	120
$Y = 0,000002130 X^{1,9}$	2WD, $\leq 29,9$ kW, 1000 h/yıl	12000	120
$Y = 0,000004540 X^{1,8}$	2WD, 30,56 – 52,2 kW, 500 h/yıl	12000	100
$Y = 0,000011600 X^{1,7}$	2WD, 30,56 – 52,2 kW, 1000 h/yıl	12000	100
$Y = 0,000023800 X^{1,6}$	2WD, $\geq 53,0$ kW, 1000 h/yıl	12000	80
$Y = 0,000060700 X^{1,5}$	2WD, $\geq 53,0$ kW, ≥ 1500 h/yıl	12000	80
$Y = 0,000020800 X^{1,6}$	4WD, $\leq 44,8$ kW, 500 h/yıl	12000	70
$Y = 0,000053300 X^{1,5}$	4WD, $\leq 44,8$ kW, 1000 h/yıl	12000	70
$Y = 0,000101000 X^{1,4}$	4WD, 45,5-119,4 kW, 1000 h/yıl	12000	52
$Y = 0,000259000 X^{1,3}$	4WD, 45,5-119,4 kW, ≥ 1500 h/yıl**	12000	52
$Y = 0,000509000 X^{1,2}$	4WD, $\geq 120,1$ kW, 1000 h/yıl	12000	40
$Y = 0,001303000 X^{1,1}$	4WD, $\geq 120,1$ kW, ≥ 1500 h/yıl	12000	40
Y = Traktör Birikimli Bakım Onarım Maliyetleri; TBBOM (% TSAB),			
X = Traktör Birikimli Çalışma Saatleri; TBÇS,			
TMÖ: Traktör Mekanik Ömrü (saat)			
*: Genelde traktörlerin mekanik ömrü, eski modeller için 10^4 yeni modeller için 12×10^3 saattir.			
**: Bu çalışmanın sonuçlarından biridir,			



Şekil 4.15 2WD traktörler için önerilen model eğrileri



Şekil 4.16 4WD traktörler için önerilen model eğrileri

4.6 Yıllık Toplam Arıza Gözlemlerinin Analizi

4.6.1 Traktör sistemlerine göre analiz

Çizelge 4.20’de çalışmaya ait traktör kullanım yılları itibarı ile traktör sistemlerine göre toplam arıza gözlemleri görülmektedir, Şekil 4.17’de de traktör kullanım yılları itibarıyla traktör yüzdelerinde sistemlerdeki oluşmuş toplam arıza gözlemlerinin dağılımı görülmektedir.

Şekil 4.17’deki grafikler incelendiğinde, ilk iki yıl motor ve parçalarda herhangi bir arıza kaydedilmemiştir. Ancak traktör ömrü uzadıkça arızaların çoğaldığı görülmüştür, Bu artış iki evreye ayrılmaktadır. Birinci evrede 2003-2010 yılları arasında % 0’dan %19’a (0-7 arıza) kadar artmış olup ikinci evrede ise 2011-2013 yılları arasında % 8’den %27’ye (3-10 arıza) kadar toplam arıza gözlemlerinin arttığı saptanmıştır.

Transmisyon sistemlerinde de toplam arıza gözlemleri traktör yaşına bağlı olarak artmıştır. Bunlar da üç evreye ayrılmaktadır: Birinci evrede 2003-2008 yılları arasında % 3’ten % 8’e (1-17 arıza), ikinci evrede 2009-2011 yılları arasında %6’dan %15’e (11-26 arıza) ve üçüncü evrede ise 2012-2013 yılları arasında %10’dan %22’ye (19-39 arıza) kadar toplam arıza sayısının arttığı gözlenmiştir.

Dümenleme sistemlerinde toplam arıza gözlemlerine bakıldığında, parabolik bir değişim gösterip 2010 ve 2011 yıllarında %15’lik oran ile (9 arıza) en yüksek noktaya ulaştığı görülmektedir.

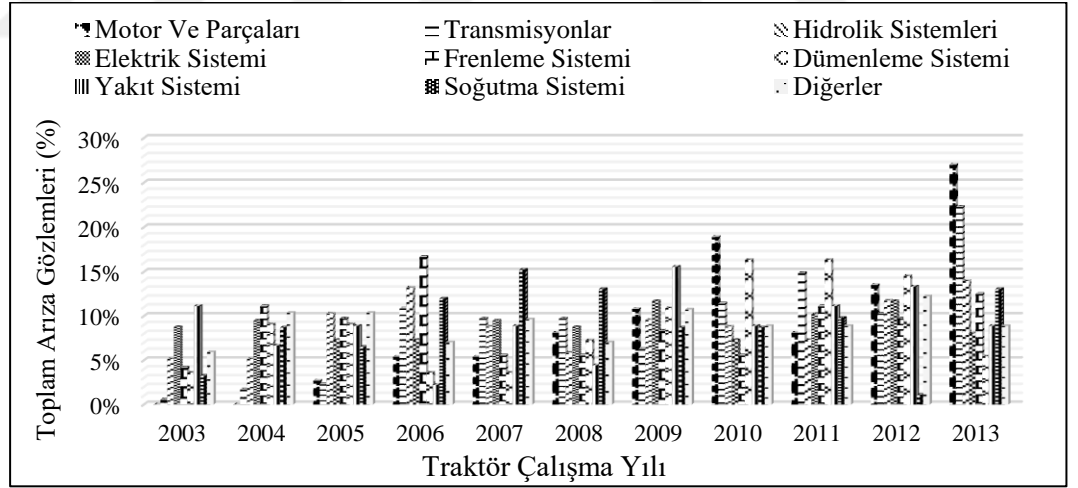
Traktör kullanım süresince hidrolik, frenleme, yakıt, soğutma sistemleri ve diğer kalemlerde (Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.) toplam arıza gözlemlerinin ise sırasıyla; %3’ten %13’e (7-19 arıza), %3’ten %17’ye (3-12 arıza), %3’ten %16’ya (1-7 arıza), % 2’den %15’e (3-14 arıza) ve % 6’dan % 12’ye (16-33 arıza) oranların arasında dalgalı bir dağılım gösterdiği görülmüştür. Arıza gözlem sayısı Çizelge 4.20’de yer almaktadır.

Çizelge 4.20 Traktör sistemlerinin yıllara göre toplam arıza gözlemlerinin değişimi.

TÇY	Traktör Sistemleri												
	Motor Ve Parçaları				Transmisyonlar				Hidrolik Sistemleri				
	Top.	Maksi (1)	Mini (2)	Traktör (3)	Top.	Maksi (1)	Mini (2)	Traktör (3)	Top.	Maksi (1)	Mini (2)	Traktör (3)	
2003	0	0	0	0	1	1	1	1	7	2	1	6	
2004	0	0	0	0	3	1	1	3	7	2	1	5	
2005	1	1	1	1	4	2	1	3	14	2	1	10	
2006	2	1	1	2	19	3	1	11	18	4	1	9	
2007	2	1	1	2	17	3	1	10	12	3	1	7	
2008	3	1	1	3	17	6	1	7	8	3	1	6	
2009	4	1	1	4	11	2	1	7	13	2	1	8	
2010	7	2	1	6	20	5	1	11	12	2	1	8	
2011	3	1	1	3	26	5	1	11	10	2	1	9	
2012	5	2	1	4	18	5	1	10	16	3	1	9	
2013	10	2	1	8	39	5	1	11	19	4	1	8	
Ortalama	3				16				12				
TÇY	Traktör Sistemleri, devam...												
	Elektrik Sistemi				Frenleme Sistemi				Dümenleme Sistemi				
	Top.	Maksi	Mini	Trak.	Top.	Maksi	Mini	Trak.	Top.	Maksi	Mini	Trak.	
2003	12	3	1	10	3	2	1	2	2	1	1	2	
2004	13	2	1	11	8	1	1	8	5	1	1	5	
2005	10	2	1	9	7	2	1	5	5	1	1	5	
2006	10	2	1	9	12	3	1	9	2	1	1	2	
2007	13	2	1	9	4	1	1	4	2	1	1	2	
2008	12	2	1	9	4	1	1	4	4	1	1	4	
2009	16	3	1	10	6	1	1	6	6	2	1	5	
2010	10	1	1	10	4	1	1	4	9	1	1	9	
2011	14	2	1	10	8	2	1	7	9	2	1	7	
2012	16	2	1	11	7	1	1	7	8	1	1	8	
2013	11	2	1	7	9	2	1	8	3	1	1	3	
Ortalama	12				7				5				
TÇY	Traktör Sistemleri, devam...												
	Yakıt Sistemi				Soğutma Sistemi				Diğer				
	Top.	Maksi	Mini	Trak.	Top.	Maksi	Mini	Trak.	Top.	Maksi	Mini	Trak.	Lastik
2003	5	1	1	5	3	1	1	3	16	3	1	11	11
2004	3	1	1	3	8	2	1	7	28	4	2	11	22
2005	4	1	1	4	6	1	1	6	28	3	2	11	21
2006	1	1	1	1	11	2	1	8	19	3	1	11	14
2007	4	1	1	4	14	3	1	9	26	4	1	10	20
2008	2	1	1	2	12	3	1	8	19	3	1	11	15
2009	7	2	1	6	8	2	1	7	29	3	2	11	21
2010	4	2	1	3	8	3	1	5	24	3	1	11	19
2011	5	1	1	5	9	2	1	8	24	4	1	11	18
2012	6	1	1	6	1	1	1	1	33	4	1	11	18
2013	4	1	1	4	12	2	1	8	24	3	1	11	21
Ortalama	4				8				25				18
(1) Maksimum: traktörler içinde en fazla arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı													
(2) Minimum: traktörler içinde sıfır olmadan en az arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı													
(3) Araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanların sayısı													
Diğer elemanlardaki en yüksek arıza gözlemlere sahip olan lastiklerdir. Bu gözlemler, çizelgede ayrı bir kaleme de gösterilmiştir.													

Çizelge 4.20’de görüldüğü gibi, traktör kullanım süresince araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanların sayısı arasında farklılıklar saptanmıştır. Ancak diğerlerde (Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.) oluşan arızalanmalara bakıldığında gruptaki hemen hemen tüm traktörlerin yılda en az bir kez arızaya uğradığı saptanmıştır. Bunun nedeni traktör tekerlek lastiklerinin yılda en az bir kez değiştirilmesidir.

Aynı çizelgedeki toplam arıza gözlemlerinin yıllık ortalamasına bakıldığında, oluşmuş arızaların; transmisyon sistemlerinde 16 arıza/yıl (%17,4) ile hidrolik ve elektrik-elektronik sistemlerde 12 arıza/yıl (%13,0) ile tanıtımı yapılmış olan traktör sistemlerindeki oluşmuş toplam arıza gözlemlerinden en belirgin olduğu görülmüştür. Diğer sistemlerde de soğutma, frenleme, dümenleme, yakıt ve motor ve parçalarındaki oluşmuş toplam arıza gözlemlerinin sırasıyla; 8 arıza/yıl (%8,7), 7 arıza/yıl (%7,6), 5 arıza/yıl (%5,4), 4 arıza/yıl (%4,4) ve 3 arıza/yıl (%4,4) olduğu belirlenmiştir. Tanıtımı yapılmamış diğer elemanlarda ise (Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.) oluşmuş arızaların 25 arıza/yıl (%27,2) ile yıllık toplam arıza gözlemlerinden en büyük kısmı oluşturduğu görülmüştür.



Şekil 4.17 Traktör sistemlerindeki toplam arıza gözlemlerinin dağılımı

4.6.2 Arıza kaynaklarına göre analiz

Çizelge 4.21’de traktör kullanım yılları itibari ile arıza kaynaklarına göre toplam arıza gözlemleri görülmektedir. Şekil 4.18’de ise arıza kaynaklarına göre traktör kullanım yılları itibari ile oransal toplam arıza gözlemlerinin dağılımı görülmektedir. Çizelge 4,21’deki değerler incelendiğinde G2 ve G4’ten

kaynaklanan toplam arıza sayısının traktörler yaşlandıkça çoğaldığı görülmektedir. G2'den kaynaklanan toplam arıza gözlemleri 2003-2013 yılların arasında 13'ten 49 arızaya (%5 - %19 oranında), G4'ten kaynaklanan arızalar ise 2003-2013 yılları arasında 11'den 47 arızaya kadar (%3 - %12 oranında) arttığı görülmüştür.

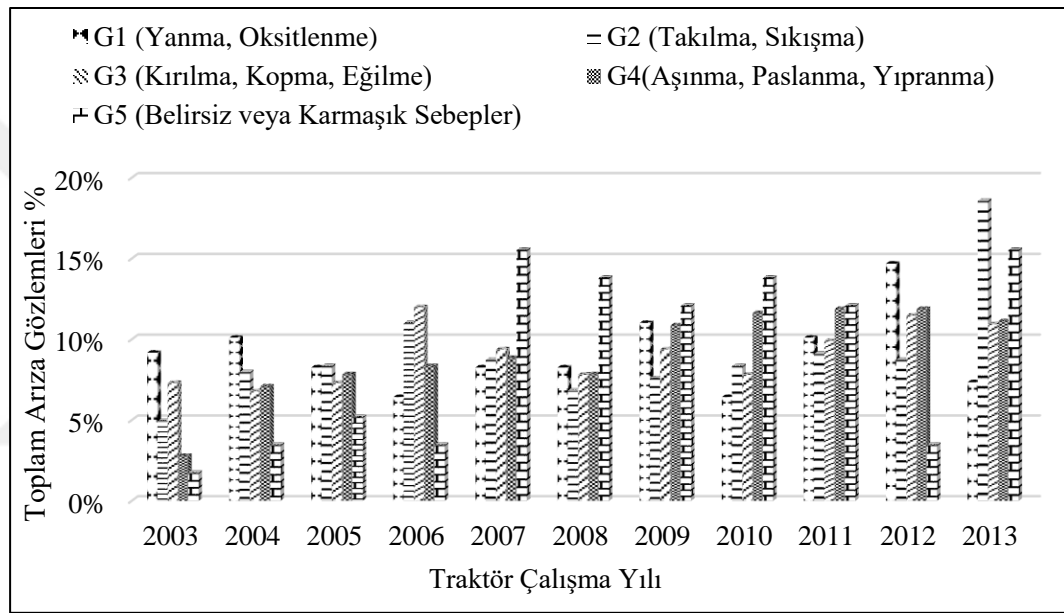
Diğer gruplar ise sırasıyla; G1, G3 ve G5'ten kaynaklanan toplam arıza gözlemleri sırasıyla; 7 ile 16 arıza (%7 - %15), 13 ile 22 arıza (%5 - %11), ve 1 ile 9 arıza (%2 - %15) arasında dalgalı bir dağılım gösterip traktör yaşına bağlı olmadığı belirlenmiştir. Oransal arıza sayısı şekil 4.18'de yansımaktadır.

Çizelge 4.21 Arıza kaynaklarına göre toplam arıza gözlemlerinin değişimi.

TÇY	Arıza Kaynakları																			
	G1 (Yanma, Oksitlenme)				G2 (Takılma, Sıkışma)				G3 (Kırılma, Kopma, Eğilme)				G4 (Aşınma, Paslanma, Yıpranma)				G5 (Belirsiz veya karmaşık sebepler)			
	Toplam	Maksi ⁽¹⁾	Mini ⁽²⁾	Traktör ⁽³⁾	Toplam	Maksi	Mini	Traktör	Toplam	Maksi	Mini	Traktör	Toplam	Maksi	Mini	Traktör	Toplam	Maksi	Mini	Traktör
2003	10	2	1	9	13	3	1	9	14	3	1	9	11	1	1	11	1	1	1	1
2004	11	1	1	11	21	3	1	10	13	5	1	6	28	3	2	11	2	1	1	2
2005	9	2	1	8	22	3	1	10	14	3	1	9	31	6	1	11	3	2	1	2
2006	7	1	1	7	29	4	1	11	23	4	1	9	33	5	1	11	2	1	1	2
2007	9	2	1	8	23	3	1	11	18	4	1	8	35	4	1	11	9	2	1	7
2008	9	2	1	7	18	3	1	10	15	5	1	8	31	4	2	11	8	2	1	7
2009	12	2	1	9	20	4	1	11	18	3	1	10	43	6	2	11	7	3	1	5
2010	7	1	1	7	22	4	1	10	15	2	1	11	46	6	3	11	8	2	1	7
2011	11	2	1	10	24	4	1	10	19	4	1	10	47	6	2	11	7	1	1	7
2012	16	2	1	11	23	4	1	10	22	3	1	10	47	8	2	11	2	1	1	2
2013	8	2	1	6	49	8	2	11	21	4	1	11	44	6	2	11	9	2	1	7
Ort.	10				24				18				36				5			
⁽¹⁾ Maksimum: traktörler içinde en fazla arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı																				
⁽²⁾ Minimum: traktörler içinde sıfır olmadan en az arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı																				
⁽³⁾ Araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanların sayısı																				

Çizelge 4.21'de görüldüğü gibi, traktör kullanım süresince araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda G1, G3 ve G5'ten kaynaklanan arızalara uğrayanların sayısında büyük farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu farklılıklar 1 ile 11 traktör arasında yer almaktadır. Oysa G2'den kaynaklanan arıza yapan traktörlerin tamamına yakını, G4'ten kaynaklanan arıza yapanların ise traktör kullanım her yılında tamamının en az bir arızaya uğradığı belirlenmiştir.

Aynı çizelgede araştırmaya ait traktör kullanım süresince arıza kaynaklarına göre toplam arıza gözlemlerinin yıllık ortalamasına bakıldığında ve büyükten küçüğe doğru sıralaması yapıldığında, G4'ten kaynaklanan arıza sayısının 36 arıza/yıl ve buna karşılık %38,7'lik oran ile birinci, G2'den kaynaklanan arıza sayısının 24 arıza/yıl ve buna karşılık %25,9'lik oran ile ikinci, G3'ten kaynaklanan arıza sayısının 18 arıza/yıl ve buna karşılık %19,4'lük oran ile üçüncü, G1'den kaynaklanan arıza sayısının 10 arıza/yıl ve buna karşılık %10,7'lik oran ile dördüncü ve en son sıradaysa G5'ten kaynaklanan arıza sayısının 5 arıza/yıl ve buna karşılık %5,3'lük oran ile yer aldığı görülmektedir.



Şekil 4.18 Arıza kaynaklarına göre toplam arıza gözlemlerinin dağılımı

4.6.3 Arıza giderilme yöntemlerine göre analiz

Çizelge 4.22'de traktör kullanım süresince arıza giderilme yöntemlerine göre toplam arıza gözlemleri görülmektedir, Şekil 4.19 da arıza giderilme yöntemlerine göre oransal toplam arıza gözlemlerinin dağılımını göstermektedir.

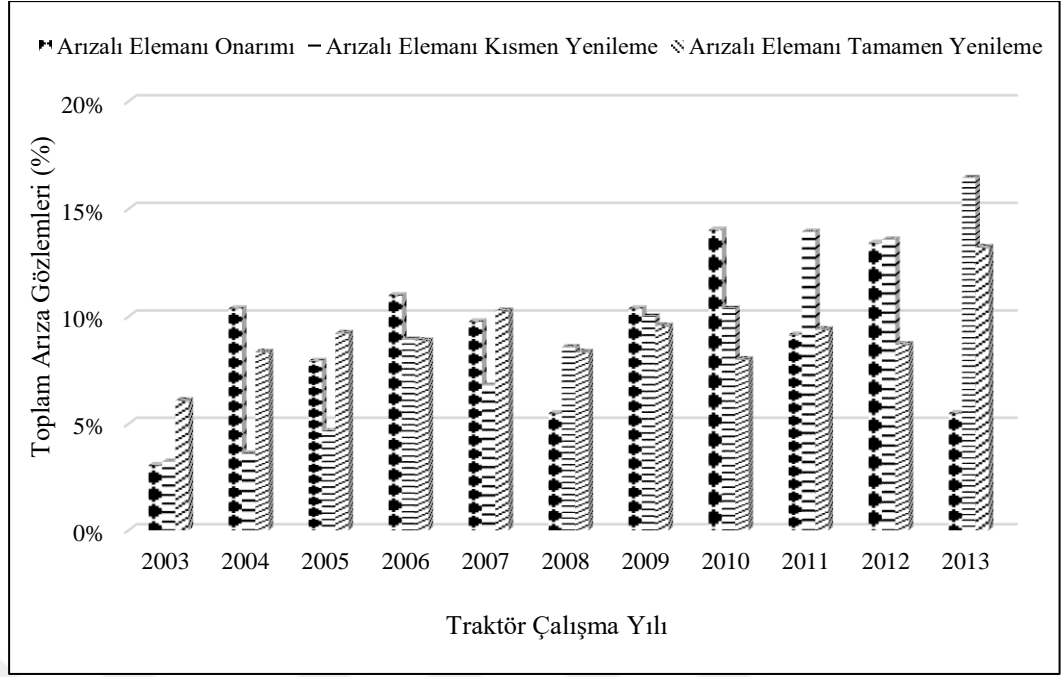
Çizelge 4.22'nin değerleri incelendiğinde, çalışmaya ait traktör kullanım süresince arızalı elemanı onarma ve arızalı elemanı tamamen yenileme yöntemleri ile onarımı yapılmış arıza gözlemlerinin traktör yaşına bağlı olmadığı belirlenmişken bunun aksine arızalı elemanı kısmen yenileme yöntemi ile onarılmış arıza gözlemleri traktör yaşına bağlı olarak artmıştır.

Aynı çizelgede de araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızalı elemanı kısmen yenileme yöntemi ile onarılmış arızalara uğrayan traktörlerin sayısının traktör yaşına bağlı olarak arttığı görülmüştür. Her kullanım yılında arızalı elemanı tamamen yenileme yöntemi ile onarımı yapılmış arızalara söz konusu traktörlerin tamamının uğradığı belirlenmiştir. Arızalı elemanı onarma yöntemi ile onarılmış olan traktörlerin sayısı ise 5 ile 10 traktör arasında değişmiştir.

Çizelge 4.22 Arıza giderilme yöntemlerine göre arıza gözlemlerinin değişimi.

TÇY	Arıza giderilme yöntemi											
	Arızalı Elemanı Onarma				Arızalı Elemanı Kısmen Yenileme				Arızalı Elemanı Tamamen Yenileme			
	Toplam	Maksi ⁽¹⁾	Mini ⁽²⁾	Traktör ⁽³⁾	Toplam	Maksi	Mini	Traktör	Toplam	Maksi	Mini	Traktör
2003	5	1	1	5	9	3	1	6	35	4	1	11
2004	17	3	1	8	10	3	1	6	48	8	2	11
2005	13	3	1	7	13	3	1	8	53	6	3	11
2006	18	4	1	10	25	5	1	10	51	7	3	11
2007	16	3	1	8	19	3	1	10	59	7	4	11
2008	9	2	1	6	24	7	1	10	48	6	3	11
2009	17	3	1	10	28	4	1	11	55	6	3	11
2010	23	4	1	10	29	5	1	11	46	8	2	11
2011	15	3	1	10	39	6	2	11	54	7	2	11
2012	22	4	1	10	38	5	1	11	50	7	3	11
2013	9	2	1	7	46	6	3	11	76	10	4	11
Orta.	15				25				52			
⁽¹⁾ Maksimum: traktörler içinde en fazla arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı												
⁽²⁾ Minimum: traktörler içinde sıfır olmadan en az arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı												
⁽³⁾ Araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanların sayısı												

Traktör kullanım süresince arıza giderilme yöntemlerine göre toplam arıza gözlemlerinin yıllık ortalamasına bakıldığında ve büyükten küçüğe doğru bir sıralama yapıldığında, arızalı elemanı tamamen yenileme yöntemi ile onarımı yapılmış arızaların 52 arıza/yıl ve buna karşılık %56,5'lik oran ile en büyük, daha sonra arızalı elemanı kısmen yenileme yöntemi ile onarımı yapılmış arızaların 25 arıza/yıl ve buna karşılık %27,2 oranında ve son olarak arızalı elemanı onarma yöntemi ile onarımı yapılmış arızaların 15 arıza/yıl ve buna karşılık %16,3 oran ile en küçük kısmı oluşturduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.19 Arıza giderilme yöntemine göre toplam arıza gözlemlerinin dağılımı

4.6.4 Onarım yapılma yerlerine göre analiz

Çizelge 4.23’de traktör kullanım süresince onarım yapılma yerlerine göre toplam arıza gözlemleri görülmektedir. Şekil 4.20’de de traktör kullanım yılları itibarı ile onarım yapılma yerlerine göre oransal toplam arıza gözlemlerinin dağılımı görülmektedir.

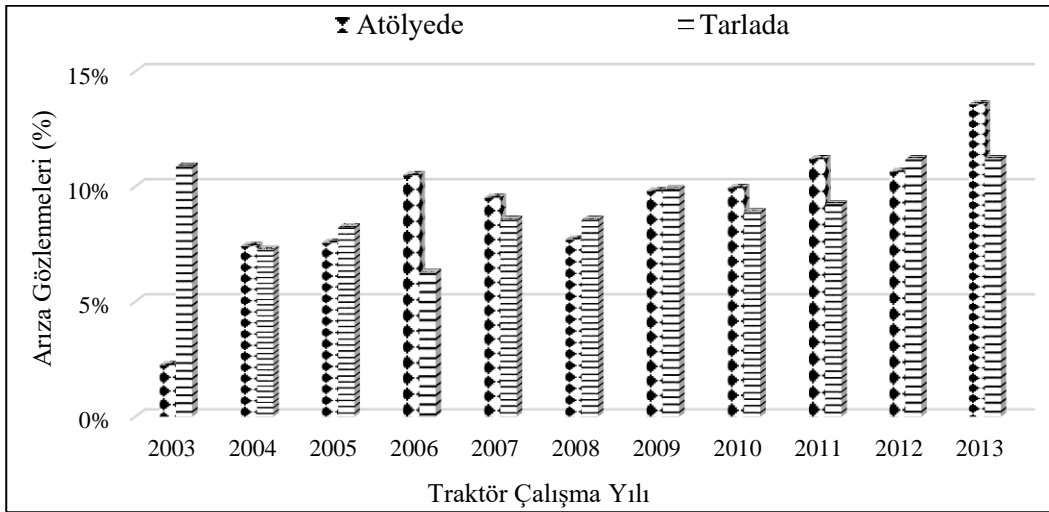
Çizelge 4.23’deki değerler değerlendirildiğinde, araştırmaya ait traktör kullanım süresince atölyede onarımı yapılmış toplam arıza gözlemlerinin, traktörün yaşına bağlı olduğu görülmekle birlikte, seyyar atölyeler kullanılarak tarlada onarımı yapılmış toplam arıza gözlemlerinin ise traktörün yaşına bağlı olmadığı belirlenmiştir. Atölyede onarımı yapılmış olan arızalar, 16’dan 97 arızaya kadar artmıştır. Seyyar atölyeler kullanılarak tarladaki onarımı yapılmış arızalar ise 19 ile 34 arıza arasında dalgalı bir değişim göstermiştir. Oransal arıza sayısı şekil 4.20’de gösterilmiştir.

Aynı çizelgedeki araştırmaya ait toplam traktörler içinde, ilgili çalışma yılında arızaya uğrayan traktörlerin sayısına bakıldığında, her çalışma yılında her traktörün en az bir defa atölyede tamiratının yapıldığı görülmüştür. Fakat çoğunlukla traktörlerin onarımı tarlada yapılmıştır.

Çizelge 4.23 Onarım yapılma yerlerine göre toplam arıza gözlemlerinin değişimi.

TÇY	Arıza giderilme yöntemleri							
	Atölyede				Tarlada			
	Toplam	Maksi ⁽¹⁾	Mini ⁽²⁾	Traktör ⁽³⁾	Toplam	Maksi	Mini	Traktör
2003	16	3	1	11	33	7	1	11
2004	53	6	4	11	22	5	1	11
2005	54	8	4	11	25	4	1	10
2006	75	9	5	11	19	3	1	10
2007	68	8	5	11	26	3	1	10
2008	55	10	3	11	26	4	1	10
2009	70	9	4	11	30	5	1	10
2010	71	10	4	11	27	4	1	11
2011	80	10	5	11	28	4	1	11
2012	76	10	5	11	34	5	1	10
2013	97	11	4	11	34	5	1	11
Ortalama	65				28			
⁽¹⁾ Maksimum: traktörler içinde en fazla arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı								
⁽²⁾ Minimum: traktörler içinde sıfır olmadan en az arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı								
⁽³⁾ Araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanların sayısı								

Traktör kullanım süresince, onarım yapılma yerlerine göre arıza gözlemlerinin yıllık ortalamasına bakıldığında, atölyede onarımı yapılmış arızaların 65 arıza ve buna karşılık % 69,9'luk oran ile büyük kısmını oluşturmuşken tarlada onarımı yapılmış arızaların ise 28 arıza ve buna karşılık % 30,1'lik oran ile küçük olan kısmını oluşturmuştur.



Şekil 4.20 Onarım yapılma yerlerine göre toplam arıza gözlemlerinin dağılımı

4.7 Traktör Sistemlerinde Toplam Arıza Gözlemlerinin Analizi

4.7.1 Arıza kaynaklarına göre analiz

Çizelge 4.24’de araştırmaya ait traktörlerde oluşan arıza kaynaklarına göre traktör sistemlerindeki onarımı yapılmış toplam arıza gözlemlerinin değişimi görülmektedir²¹.

Çizelge 4.24 Arıza kaynaklarına göre traktör sistemlerinde toplam arıza gözlemlerinin değişimi.

Traktör Sistemi	Arıza Kaynağı															
	G2 (Takılma, Sıkışma)				G3 (Kırılma, Kopma, Eğilme)				G4 (Aşınma, Paslanma, Yıpranma)				G5 (Belirsiz veya karmaşık sebepler)			
	Toplam	Maksi ⁽¹⁾	Mini ⁽²⁾	Traktör ⁽³⁾	Toplam	Maksi	Mini	Traktör	Toplam	Maksi	Mini	Traktör	Toplam	Maksi	Mini	Traktör
Motor Ve Parçaları	18	4	1	10	2	2	2	1	14	2	1	9	3	2	1	2
Transmisyon	56	10	2	11	40	8	1	11	77	12	5	11	2	1	1	2
Hidrolik Sistemleri	61	9	3	10	59	8	3	11	6	1	1	6	10	3	1	7
Elektrik Sistemi	3	1	1	3	6	2	1	4	11	2	1	7	8	2	1	6
Frenleme Sistemi	37	6	1	11	16	3	1	10	14	3	1	9	5	2	1	4
Dümenleme Sistemi	18	4	1	9	2	1	1	2	35	6	1	10	-	-	-	0
Yakıt Sistemi	20	3	1	10	17	3	1	9	7	2	1	5	1	1	1	1
Soğutma Sistemi	30	4	2	10	26	5	1	11	17	4	1	9	19	4	1	9
Diğer	21	4	1	8	24	4	1	10	215	21	17	11	10	2	1	8
⁽¹⁾ Maksimum: traktörler içinde en fazla arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı																
⁽²⁾ Minimum: traktörler içinde sıfır olmadan en az arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı																
⁽³⁾ Araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanların sayısı																

Çizelge 4.24’ün verileri incelendiğinde, hidrolik ve transmisyon sistemlerdeki G2’den kaynaklanan toplam arıza gözlemleri 61 ve 56 arıza ile en büyük değerlerde görülmüştür. Diğer traktör sistemlerinde ise aynı sebeplerden kaynaklanan toplam arızaların 3 ile 37 arıza arasında olduğu belirlenmiştir.

Yine de hidrolik ve transmisyon sistemlerde G3’ten kaynaklanan arızalar 59 ve 40 arıza ile en yüksek değerlere sahip olmuşken, diğer traktör sistemlerinde ise 2 ile 26 arıza arasında yer almıştır.

²¹ G1’den kaynaklanan toplam arızalar 109 arıza ile sadece elektrik-elektronik sistemlerinde olduğu için bu çizelgede yer almamıştır.

G4'ten kaynaklanan arıza gözlemlerine bakıldığında, diğer elemanlarda (Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.) ve transmisyon sistemlerde toplam arızalarının 215 ve 77 arıza ile en büyük değerlerde bulunup diğer sistemlerde ise 6 ile 35 arıza arasında olduğu saptanmıştır.

G5'ten kaynaklanan arıza gözlemleri incelendiğinde, dümenleme sisteminde herhangi bir arıza kaydedilmemişken diğer sistemlerde ise 1 ile 19 arıza arasında görülmüştür.

Araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili arıza kaynaklarına göre traktör sistemlerinde arızayı oluşturan traktörlerinin sayısına bakıldığında büyük farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıklar 1 ile 11 traktör arasında yer almaktadır. Ancak dümenleme sisteminde G5'ten kaynaklanan her hangi bir arızayı oluşturan traktör yoktur.

4.7.2 Arıza giderilme yöntemlerine göre analiz

Çizelge 4.25'de arıza giderilme yöntemlerine göre traktör sistemlerindeki toplam arıza gözlemlerinin değişimi görülmektedir. Çizelgedeki veriler incelendiğinde, arızalı elemanı tamamen yenileme yöntemi ile onarımı yapılmış arıza gözlemlerinin sırasıyla; diğer elemanlarda (Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.) 239 arıza, elektrik-elektronik sistemlerde 99 arıza ve hidrolik sistemlerde 75 arıza olarak en yüksek değerler olduğu saptanmıştır. Bu arızaları; diğerlerdeki 200 kez değiştirilmiş olan traktör lastikleri en büyük kısmı oluşturmuşken, elektrik-elektronik sistemlerdeki 33 kez değiştirilmiş bozuk sensörleri ve hidrolik sistemlerdeki üç nokta askı hidrolik sistemlerinde 34 kez yapılmış onarımın en fazla görüldüğü saptanmıştır. Diğer traktör sistemlerde ise 4-54 arıza arasındadır.

Arızalı elemanı kısmen yenileme yöntemi ile onarımı yapılmış olan toplam arıza gözlemlerine bakıldığında, transmisyon sistemlerin 107 arıza en yüksek değeri oluşturduğu görülmektedir. Bu arızaların içerisinde sırasıyla; debriyajlarda 26 arıza, şanzımanlarda 25 arıza ve "delta powersift"lerde 18 arıza olmak üzere en fazla oluşmuş arızalar belirlenmiştir. Aynı yöntem ile onarımı yapılan arızaların, diğer traktör sistemlerinde ise 7 - 40 arıza arasında olduğu görülmüştür.

Arızalı elemanı onarma yöntemi ile onarımı yapılmış arıza gözlemleri incelendiğinde de transmisyon sistemlerinin 38 arıza ile en büyük kısmı oluşturduğu belirlenmiştir. Bu yöntem ile transmisyon sistemlerindeki onarılmış arızalarının; kardan milleri ve ön dingillerde 17 arıza ile en fazla olduğu belirlenmiştir. Aynı yöntem ile onarımı yapılan arızaları diğer traktör sistemlerinde ise 4-26 arıza arasındadır.

Araştırmaya ait toplam traktörler içinde, ilgili traktör sistemlerinde onarımı yapılmış arızaya uğrayan traktörlerin sayısına bakıldığında, arıza giderilme yöntemleri bazında 3 ile 11 traktörde arıza oluşturmuştur,

Çizelge 4.25 Arıza giderilme yöntemlerine göre traktör sistemlerinde toplam arıza gözlemlerinin değişimi.

Traktör Sistemleri	Arıza giderilme yöntemleri											
	Arızalı Elemanı Onarma				Arızalı Elemanı Kısmen Yenileme				Arızalı Elemanı Tamamen Yenileme			
	Toplam	Maksi ⁽¹⁾	Mini ⁽²⁾	Traktör ⁽³⁾	Toplam	Maksi	Mini	Traktör	Toplam	Maksi	Mini	Traktör
Motor Ve Parçaları	4	1	1	4	18	4	1	11	15	3	1	8
Transmisyonlar	38	7	2	11	107	17	6	11	30	6	1	10
Hidrolik Sistemleri	22	4	1	7	40	7	2	10	74	10	5	11
Elektrik Sistemi	26	4	1	11	12	2	1	9	99	14	7	11
Frenleme Sistemi	9	2	1	7	22	4	1	10	41	6	1	11
Dümenleme Sistemi	24	4	1	9	27	4	1	10	4	2	1	3
Yakıt Sistemi	8	2	1	7	18	3	1	10	19	3	1	11
Soğutma Sistemi	9	3	1	7	29	6	1	10	54	8	3	11
Diğer	24	4	1	10	7	1	1	7	239	25	19	11
⁽¹⁾ Maksimum: traktörler içinde en fazla arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı												
⁽²⁾ Minimum: traktörler içinde sıfır olmadan en az arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı												
⁽³⁾ Araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanların sayısı												

4.7.3 Onarım yapılma yerlerine göre analiz

Çizelge 4,26'da onarım yapılma yerlerine göre traktör sistemlerinde oluşan toplam arıza gözlemlerinin değişimi görülmektedir. Çizelgenin verilerine bakıldığında, atölyede onarımı yapılmış olan toplam arızalar sırasıyla; diğer kalemlerde 234 arıza, transmisyon sistemlerde 168 arıza ve soğutma sisteminde 67 arıza ile en yüksek değerlerde görülmüşken diğer traktör sistemlerde ise 34 - 55

arıza arasındadır. Atölyedeki diğer kalemlerde onarımı yapılmış arızalar incelendiğinde, en belirgin olanının 200 kez traktör lastiklerinin değişmiş olması olduğu görülür. Transmisyon sistemlerinde rastlanılmış arızaların; debriyajlarda 35 arıza, kardan millerinde 34 arıza ve şanzımanlarda 28 arıza, soğutma sisteminde ise su pompalarda 34 arıza ve radyatörlerde 28 arıza ile en fazla olduğu görülür.

Seyyar atölyeler kullanılarak tarlada onarımı yapılmış olan arıza gözlemleri incelendiğinde elektrik-elektronik sistemlerde 84 arıza ve hidrolik sistemlerde 81 arıza en yüksek değerlerde yer almışken, diğer traktör sistemlerde ise 3 - 36 arıza arasındadır. Tarladaki elektrik-elektronik sistemlerinde onarımı yapılmış arızalar incelendiğinde, bozuk sensörler ve sigortaların değiştirilmesi en fazla olmuşken hidrolik sistemlerde ise üç nokta askı hidrolik sistemlerdeki arızalanmış yan kollarının onarımları sayı olarak en fazladır.

Araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili onarım yapılma yerlerine göre arızaya uğrayan traktörlerinin sayısına bakıldığında, atölyede onarımı yapılmış olan söz konusu traktörlerin tamamına yakını arızaya uğramışken, tarlada onarımı yapılmış traktörlerin ise çeşitli traktör sistemlerinde 2 ile 11 traktör arızaya uğramıştır.

Çizelge 4.26 Onarım yapılma yerlerine göre traktör sistemlerinde toplam arıza gözlemlerinin değişimi.

Traktör Sistemleri	Onarım Yapılma Yeri							
	Atölyede				Tarlada			
	Toplam	Maksimum ⁽¹⁾	Minimum ⁽²⁾	Traktör ⁽³⁾	Toplam	Maksimum	Minimum	Traktör
Motor Ve Parçaları	34	5	1	10	3	1	1	3
Transmisyonlar	168	26	9	11	7	3	1	5
Hidrolik Sistemleri	55	9	1	11	81	12	4	11
Elektrik Sistemi	53	8	3	11	84	10	4	11
Frenleme Sistemi	42	6	2	11	30	5	1	11
Dümenleme Sistemi	43	7	1	10	12	3	1	6
Yakıt Sistemi	19	4	1	9	26	5	1	10
Soğutma Sistemi	67	11	4	11	25	5	1	8
Diğer	234	24	20	11	36	6	1	11
⁽¹⁾ Maksimum: traktörler içinde en fazla arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı								
⁽²⁾ Minimum: traktörler içinde sıfır olmadan en az arıza oluşturan traktörlerdeki arıza sayısı								
⁽³⁾ Araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanların sayısı								

4.8 Arıza Oranlarının Analizi

Çizelge 4.27’de çalışmaya ait traktör kullanım yılları itibarı ile arıza gözlemleri (arıza), bir arızanın oluşması için geçen ortalama zamanı (saat), arıza oranı (arıza/saat) ve traktör çalışma saatlerinin (saat) değişimi verilmiştir.

Çizelgenin verileri incelendiğinde, traktör kullanım seyrine göre ortalama arıza gözlemlerinin traktörün yaşına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Arıza gözlemlerinin traktör kullanım yılları itibarı ile 4-12 arıza arasında artış gösterdiği görülmüştür.

Araştırma materyali olan traktörlerin Ceylanpınar İşletmesi’nde 10 yılı aşkın ortalama birikimli çalışma saati 19078 saat olarak saptanmıştır. Bu değer orta motor gücüne sahip bir traktör için büyük bir değer olduğunu söylemek mümkündür. Tarım işletmesinde atölyelerin çalışma alanlarına çok uzak olmaması, seyyar atölyelerin varlığı, yedek parça ihtiyacının hızlı bir şekilde karşılanıyor olması ve periyodik bakımların düzenli olarak zamanında yapılması nedeniyle traktörlerin verimli bir şekilde çalıştırılması bu denli yüksek çalışma saatlerinin oluşmasına neden olarak gösterilebilir. Yıllık çalışma saatleri arasındaki varyasyonun %2 ile %7 gibi birbirine yakın değerler arasında değişmesi de dikkat çekici bir husustur.

Çizelge 4.27 Arıza oranının traktör çalışma saatleri ile ilişkisini etkileyen faktörleri.

TÇY	Arıza gözlemleri				MTBF (saat)		Arıza oranı		Ortalama Çalışma saatleri		
	Ort.	Maksi	Mini	%CV	Ort.	%CV	Ort.	%CV	Yıllık	%CV	Birikimli
2003	4	8	3	50	316	31	0,0035	34	1286	7	1286
2004	7	11	6	29	281	18	0,0037	24	1849	4	3135
2005	7	11	6	14	267	18	0,0039	25	1853	3	4988
2006	9	10	7	11	213	15	0,0048	15	1784	5	6772
2007	9	10	6	22	217	20	0,0048	18	1798	3	8570
2008	7	12	5	29	229	22	0,0046	27	1606	4	10176
2009	9	11	7	11	207	17	0,0050	18	1842	4	12018
2010	9	12	6	22	218	25	0,0048	23	1848	3	13866
2011	10	11	8	10	187	12	0,0054	12	1812	3	15678
2012	10	12	8	10	159	11	0,0064	11	1571	2	17249
2013	12	15	8	17	160	22	0,0065	20	1829	4	19078

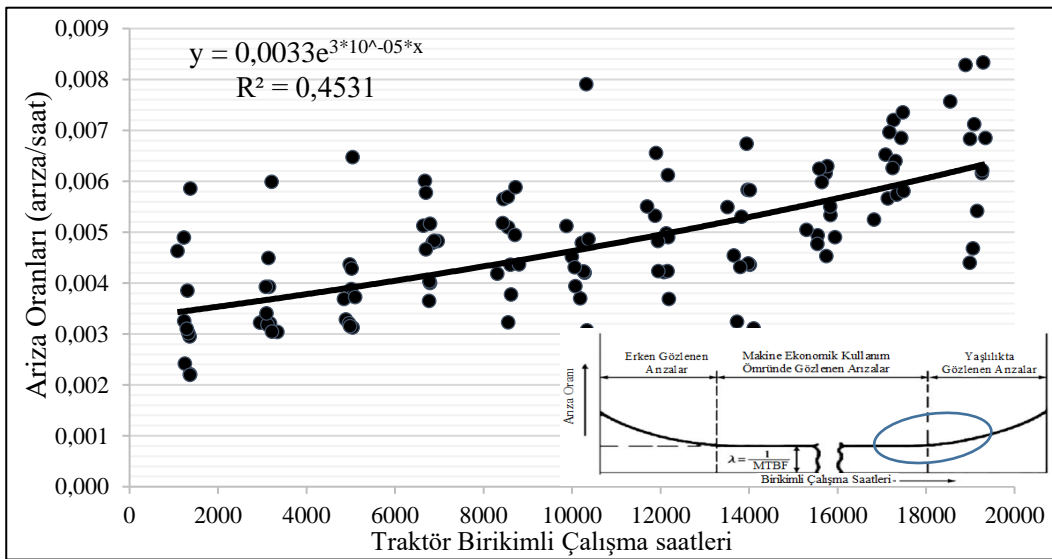
Yıllık arıza oranının birikimli çalışma saatleri ile ilişkisini belirlemek için SPSS programı kullanılarak yapılan regresyon analizlerine dayalı olarak oluşturulan matematiksel modellerden ilişki verilerinin eğrisini temsil eden “üstel eğrisinin” en uygun eğri olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.28’de modellerin regresyon analiz özeti ve parametreleri görülmektedir. Şekil 4.21’de ise arıza oranının traktör birikimli çalışma saatleri ile ilişkisi görülmektedir.

Çizelge 4.28 Arıza oranı ve çalışma saatleri arası ilişkinin regresyon analizi.

Bağımlı Değişken: Arıza Oranları								
Fonksiyon	Model özeti					Parametreleri		
	R ²	F	df1	df2	Sig.	a	b	b1
Doğrusal	0,442	94,317	1	119	0,000	0,003	1,568E-7	
Logaritmik	0,372	70,385	1	119	0,000	-0,004	0,001	
Polinom	0,448	47,931	2	118	0,000	0,004	8,135E-8	3,697E-12
Üssel	0,415	84,344	1	119	0,000	0,001	0,230	
Üstel	0,451	97,778	1	119	0,000	0,003	3,370E-5	

Bağımsız değişken: Traktör Birikimli Çalışma saatleri, %95 Güven aralığı.

Araştırmaya ait traktörlerin kullanım süresince gözlenen arızalarının zamana bağlı değişim eğrisi, Bathtub Eğrisi ile karşılaştırılarak Ceylanpınar Tarım İşletmesi’nde bulunan ve araştırma materyali olarak alınan 11 adet traktörün 19078 saatlik birikimli çalışma saati ile yaşlılık dönemine girdiği görülmüştür (Çizelge 4.27).



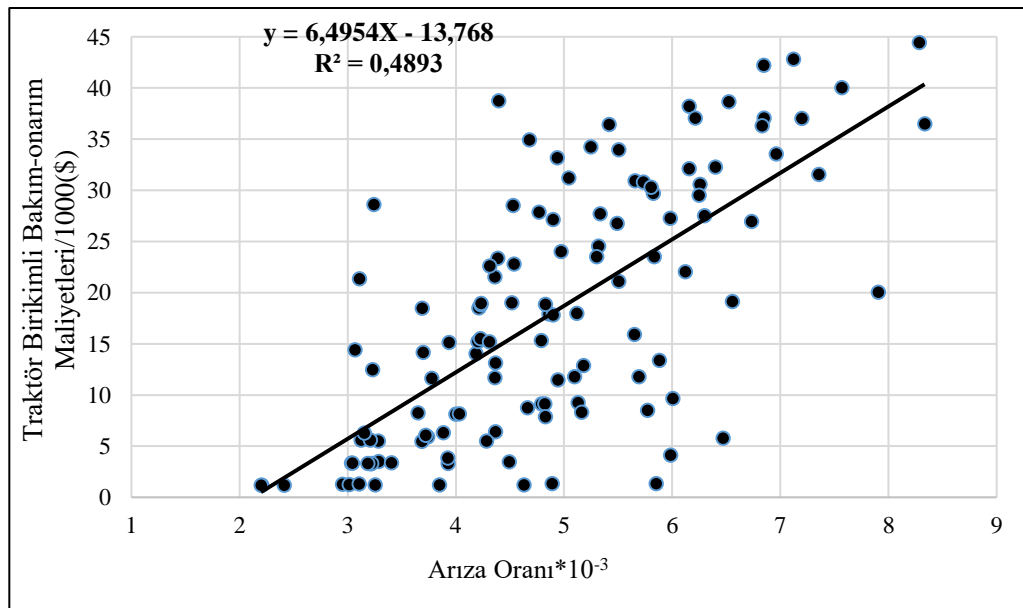
Şekil 4.21 Arıza oranlarının birikimli çalışma saatleri ile ilişkisi

Bunun dışında çalışmaya ait traktör arıza oranının traktör birikimli bakım-onarım maliyetleri ile ilişkisini belirlemek amacıyla en çok kullanılan beş matematiksel modelden yola çıkılarak yapılan değerlendirmede ilişki verilerini temsil eden doğrusal eğrinin en uygun eğri olduğu saptanmıştır. Çizelge 4.29'da modellerin regresyon analiz özeti ve parametreleri, Şekil 4.22'de ise arıza oranının traktör birikimli bakım-onarım maliyetleri ile ilişkisi görülmektedir.

Çizelge 4.29 Arıza oranı ve bakım-onarım maliyetleri arası ilişkinin regresyon analizi.

Bağımlı Değişken: Traktör Birikimli Bakım-Onarım Maliyetleri*10 ⁻³ (\$)								
Fonksiyon	Model özeti					Parametreleri		
	R ²	F	df1	df2	Sig.	a	b	b1
Doğrusal	0,4893	114,008	1	119	0,0000	-13,768	6,495	
Logaritmik	0,4777	108,817	1	119	0,0000	-28,798	30,202	
Polinom	0,4897	37,431	3	117	0,0000	-9,972	3,574	0,6824
Üssel	0,4599	101,335	1	119	0,0000	0,273	2,463	
Üstel	0,4192	85,883	1	119	0,0000	1,077	0,500	

Bağımsız değişken: Arıza Oranı (arıza/1000 çalışma saati), %95 Güven aralığı.



Şekil 4.22 Arıza oranlarının birikimli bakım-onarım maliyetleri ile ilişkisi

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Genelde tarım makinelerinin ve tarımda güç kaynağı olarak kullanılan traktörlerin ekonomik ömürleri süresince mümkün olduğu kadar sorunsuz çalışmaları, onlara uygulanan periyodik bakımların özenle yapılmasına ve bakım onarım ile ilgili kayıtların titizlikle tutulmasına bağlıdır. Mutlu'nun, 2011 yılındaki çalışmasında belirttiği gibi tarımda üretim planlamasının sıkça konuşulduğu günümüzde, planlamanın temel girdisi olan doğru veriye erişmede etkin bir kayıt sistemi mutlaka gerekmektedir. Bu konuda resmi kurumların gerçekleştirdiği bazı uygulamalar bulunmaktadır. Söz konusu kayıtların içeriğinin traktör kullanımıyla ilgili veriler yönünden detaylandırılması önem arz etmektedir. Bu yolla planlama için gerekli güncel veriler hızlı bir şekilde elde edilebilecek ve dinamizm artırılacaktır. Böylesi nicelik ve nitelik yönünden, bir tarımsal üretim için bakım ve onarım işlemleri düzenli aralıklarla yapılmış traktörlerin sahada yer alması gerekmektedir.

Traktör çalışma yılları itibarı ile araştırmaya konu olan traktörlerin yağ maliyetlerinin, işçilik ve filtre maliyetlerine göre daha yüksek bir değerde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bakım maliyetleri bazında, dalgalı bir artış görülmüştür. Bu artış yapılan periyodik bakımların, büyük ölçüde kullanım süresinde yıllara değil çalışma saatlerine göre yapılmasından, ayrıca döviz kurlarının değişiklik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Traktör saatlik bakım giderlerinin ortalama değeri ; filtrelerde 0,11 \$, yağlarda 0,49 \$ ve işçilikte ise 0,09 \$'dır.

Tarımda traktör kullanımında saatlik giderler hesaplanırken çok önemli başka bir gösterge olan traktörün yıllık çalışma süresi karşımıza çıkmaktadır. Bu süre; esas olarak kullanıldığı arazi büyüklüğü ve uygulanan mekanizasyon işlemlerinin değişimi ve traktör üzerinde her geçen gün gelişmekte olan tekniklere bağlı olarak değişmektedir. Literatürdeki değerler incelendiğinde traktör yıllık çalışma saatleri eski model traktörler için 250 ile 800 saat/yıl, yeni modeller için ise 1000 ile 1750 saat/yıl olarak görülmüştür. Bu araştırmaya konu olan traktörlerin, ortalama yıllık 1734 saatlik çalışması da, diğer durumlar göz önüne alındığında oldukça verimli bir süre olarak değerlendirilebilmektedir.

Traktör çalışma yılları itibarıyla, sınıflandırılmış traktör sistemlerine göre traktör ömrü uzadıkça motor ile parçalarında ve transmisyonlarında yıllık onarım maliyetleri giderek artış göstermektedir. Diğer sistemlerde (hidrolik, soğutma, yakıt, frenleme, dümenleme ve elektrik-elektronik sistemleri) yıllık onarım maliyetlerinin dalgalı bir değişiklik gösterip traktör yaşına bağlı olmadığı söylenebilir. Tanıtımı yapılmamış diğer elemanlarda ise; (Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.) ortalama yıllık onarım maliyetlerinin %58'lik bir oran ile en büyük kısmı oluşturduğu görülmektedir. Bu yüksek değer; diğer elemanlardan olan yıpranmış traktör lastiklerinin değiştirilmesinden kaynaklı ortaya çıkmaktadır.

Lastik yıpranmasının aşağıdaki nedenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir;

- Tarım işletmesinde araştırmaya konu olan traktörlerin lastikleri, günlük uzun kullanım süreleri ve toprak işleme ve hasat mevsiminde ağır çalışma koşullarına maruz kalması nedeniyle ortalama olarak yılda iki kez değiştirilmektedir.
- Söz konusu traktörler, genellikle dışarıda (tarlada) park edilip, lastik yıpranmasına neden olan ve lastik yıpranmasını hızlandıran birtakım olumsuz iklim faktörlerine maruz kalmaktadır,

Traktör kullanım yılları itibari ile arıza kaynaklarına göre yıllık ortalama onarım maliyetlerinden aşınma, paslanma, yıpranma (G4) gibi nedenlerden kaynaklanan onarım maliyetleri %60'lık oran ile en büyük kısmı oluşturmaktadır. Buna neden olarak, öncelikle yıpranmış lastik değiştirme maliyetleri, daha sonra ana şanzımanlarda aşınmış ve yıpranmış dişlilerin değiştirme maliyetlerinin etkili olduğu söylenebilir. Araştırmaya ait traktörlerin, kullanımının üçüncü yılından itibaren birbirine temas eden parçalarından kaynaklanan takılma ve sıkışma (G2) gibi nedenler ile meydana gelen arızaların çokluğu, son yıllarda ise sürekli harekete maruz kalan elemanlarda kırılma, eğilme (G3) gibi nedenlerden dolayı meydana gelen arızaların çoğalmasından dolayı yıllık onarım maliyetlerini arttırmaktadır.

Traktör kullanım yılları itibari ile arıza giderilme yöntemlerine göre arızalanmış elemanların kısmen ve tamamen yenilenmesinden kaynaklı yıllık onarım maliyetleri traktör ömrü uzadıkça artmaktadır. Ancak arızalanmış

elemanların onarılmasından kaynaklanan onarım maliyetleri traktör yaşına bağlı olmamaktadır. Arızalanmış elemanların tamamen yenilenmesinden oluşan onarım maliyetleri öteki yöntemler ile arızalanmış elemanların onarımının yapılmasından oluşan maliyetlere göre en yüksek değerlerde olmakla birlikte, yıllık ortalama onarım maliyetleri %73 oran ile en büyük kısmı oluşturmaktadır. Bu maliyetler içinde de değiştirilmiş traktör lastiklerinin maliyetleri en büyük dilimi teşkil etmektedir.

Traktör kullanım yılları itibari ile onarım yapılma yerlerine göre ana atölyede arızalanmış elemanların onarımı yapılmasından oluşan maliyetlerinin büyüklüğünün, tarladaki yapılmış onarım maliyetlerinden çok daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni; lastik değiştirilmesi, motor parçaları, şanzıman elemanları, su pompaları ve radyatörlerde meydana gelen büyük maliyetli arızaların onarımlarının ancak atölyede yapılabilmesidir. Yine de orta ve büyük tarım işletmelerinde seyyar atölyeler kullanılmasıyla, hem traktörlerin çalışmaması hem de önemli arızaların oluşmasının en düşük seviyede tutulması sağlanacaktır.

Araştırmaya ait traktörlerin kullanım süresince arıza kaynaklarına göre traktör sistemlerindeki arızalanmış elemanların onarımı yapılmasından oluşmuş maliyetleri; elektrik-elektronik sistemlerde yanma, oksitlenme (G1), transmisyonlarda takılma, sıkışma (G2) ve kırılma, kopma, eğilme (G3), soğutma sistemlerinde belirsiz veya karmaşık sebepler (G5) gibi nedenlerden meydana gelen arızalarını gidermek için toplam maliyetler içerisinde en yüksek maliyetler oluşturmaktadır. Bu değerler sırasıyla; 549,4 \$, 1763,1 \$, 1837,9 \$ ve 590,6 \$'dır. Aşınma, paslanma, yıpranma (G4) gibi nedenlerden ortaya çıkan onarım maliyetleri ise tanıtımı yapılmamış diğer elemanlarda meydana gelen arızaların giderilmesi için 12788,2 \$ ile toplam onarım maliyetlerinde en yüksek değere sahip olmaktadır.

Arıza giderilme yöntemlerine göre tanıtımı yapılmış traktör sistemlerindeki arızalanmış elemanların onarımının yapılmasından oluşmuş maliyetleri; arızalı elemanı onarma, kısmen ve tamamen yenileme yöntemi ile transmisyonlarda meydana gelen arızaları gidermek için 197,5 \$, 3669,1 \$ ve 1454,1 \$ ile en yüksektir, Bunun nedeni; toprak işleme ve hasat mevsimleri gibi ağır çalışma dönemlerinde büyük olasılıklı arızaya uğrayan ve oldukça büyük maliyetli

elemanların transmisyona sistemlerinde olmasından kaynaklanmaktadır. Tanıtımı yapılmamış diğere elemanlarda onarım yapılmasından ortaya çıkan maliyetler, arızalı elemanı tamamen yenileme yöntemi ile tamirat yapılması 13178,9 \$'lık değere ile toplam maliyetlerinden en büyük kısmı oluşturmaktadır. Bu maliyetlerin içerisinde değıştirilmiş lastik maliyetleri %96'lık oran ve 12598,1 \$ değerindedir.

Onarımın yapılma yerlerine göre traktör sistemlerinde arızalanmış elemanların onarımının yapılmasından oluşan maliyetler; atölyede yapılmış tamirat giderleri, en yüksek değerde transmisyona sistemlerinde (5218 \$) ardından soğutma sistemlerinde (1823,7 \$) ortaya çıkmıştır. Tarlada yapılmış onarım giderleri ise hidrolik sistemlerinde (615,1\$) ardından elektrik-elektronik sistemlerinde (399,2 \$) oluşmuş olup bu maliyetler toplam onarım maliyetleri içinde en yüksek payı oluşturmuştur. Transmisyona ve soğutma sistemlerinde meydana gelen arızalar ancak atölyede giderilebilmektedir, Bunun aksine hidrolik ve elektrik-elektronik sistemlerde, arızalanmış elemanların çoğunun basit araçlar ile değıştirilebilme kolaylığı vardır. Traktörde oluşan ve traktörün çalışmasına engel teşkil etmeyen bazı arızaların tarlaya götürülen seyyar atölyelerde de yapılma şansı olabilmektedir. Tanıtımı yapılmamış diğere arızaların atölyedeki onarımları sonucu ortaya çıkan maliyetler 13215 \$ ile toplam maliyetleri içinde belirgin bir şekilde en büyük kısmı oluşturmaktadır. Bu maliyetler içerisinde lastik değıştirme maliyetleri 12598,1 \$ olup %95 oranındadır.

Traktör bakım-onarım saatlik giderleri (\$/h), traktörün ömrü uzadıkça artmaktadır. Araştırmaya ait traktörlerin çalıştığı ilk yıl olan 2003 yılında, saatlik bakım-onarım giderleri ortalama olarak 0,98 \$ iken, 2013 yılında bu değere 3,02 \$ olarak karşımıza çıkmaktadır. Traktör kullanım saatlerine bağlı bakım maliyetleri ortalama olarak 0,69 \$/h olmuşken onarım maliyetleri 1,35 \$/h'dir, diğere bir ifade ile onarım maliyetleri bakım maliyetlerinden %96 oranda daha yüksektir. Bu sonuca bakıldığında 4WD traktörlerde onarım maliyetleri bakım maliyetlerinden iki kata kadar daha yüksek olarak çıkabilmektedir.

Bakım-onarım maliyet unsurlarına göre oransal traktör bakım-onarım maliyetlerinin yıllık ortalamasının %58'i parça değışmesinden, %26'sı yağlardan, %5'i filtrelerden ve %11'i ise işçilik maliyetlerinden oluşmaktadır.

Khodabakhshian ve Shakeri'nin (2011) yaptıkları çalışmada 2WD traktörler için saptanan yağ maliyetlerinin bu çalışmada saptanan değerlerden iki katına yakın olduğu görülmüştür. Bu nedenler traktörlerde harcanan yağ miktarlarını etkileyen faktörleri saptamak amacıyla bir çalışma yapılmasının gerekli olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Traktör bakım-onarım maliyet analizi; uygulamadan oldukça fazla ve doğru veri toplanmasını, bu verilerin işlenerek bu maliyetlerin doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi için geliştirilmiş modellerin test edilip genelleştirilmesini gerektirmektedir. Traktör bakım-onarım maliyetlerinin modellenmesi sırasında sadece traktör tahrik tipi değil, traktör motor gücünün büyüklüğü ve traktör yıllık çalışma saatleri gibi temel faktörler de göz önüne alınmalıdır. Tarımsal eğitim ve yayım çalışmaları kapsamında, farklı tip ve büyüklükteki tarım işletmeleri için, teknik, ekonomik ve sosyal yönlerini de dikkate alarak, uygun tip ve büyüklükteki tarım traktörlerinin seçim ve kullanımı konusunda kullanıcıların veya çiftçilerin bilgilendirilmesi gerekmektedir. Tam da bu noktada traktör kullanım süresince birikimli bakım-onarım giderleri önemli bir rol oynamaktadır. Bu giderlerin tahmini için önerilmiş modelleri göz önüne alarak kullanılacak traktörlerin kolayca seçilebileceği düşünülmektedir. Böylece minimum sermaye ile ileri teknolojiye geçme, tam kapasite ile çalışma, uzmanlaşma sayesinde traktörü daha doğru kullanma ve yıllık giderleri azaltma gibi avantajlar söz konusu olabilecektir.

Bu çalışmada traktör birikimli çalışma saatlerine dayalı dört farklı bağımsız değişken olarak ve traktör satın alma bedelin yüzde cinsinden birikimli bakım-onarım maliyetleri bağımlı değişken göz önüne alınarak ve bununla alakalı verilerin regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analizi sonuçlarında; orta motor gücüne sahip olan 4WD traktörün birikimli bakım-onarım maliyetlerini tahmin edebilmek için dört model; $Y=0,0003 X^{1,287}$, $Y=0,107 (X/100)^{1,287}$, $Y=0,136 (X/120)^{1,287}$, $Y=2,076 (X/1000)^{1,287}$ olarak elde edilmiştir.

Traktör birikimli bakım-onarım maliyetleri, traktör birikimli çalışma saatlerine bağlı olarak üssel bir şekilde artmaktadır. Yapılan analizler sonucunda, işletmede orta motor gücüne sahip Valtra traktörlerin birikimli bakım-onarım

giderleri ile birikimli çalışma saatleri arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki söz konusudur ($R^2 = 0,99$; %95 Güven aralığı).

Traktör yıllık çalışma saatleri, traktör tahrik tipi ve traktör motor gücünün büyüklüğüne göre tarım traktörleri on iki gruba ayrılmış ve her gruba bakım onarım maliyet tahminine uygun bir model önerisinde bulunulmuştur. Aynı zamanda bu modellerin, traktör birikimli bakım-onarım maliyet tahmininde ve gelişmekte olan bilgisayar destekli programlarda kullanılabileceği düşünülmektedir.

Araştırmanın 11 traktörün yıllık toplam arıza gözlemlerinin ortalaması;

- Tanıtımı yapılmış traktör sistemlerine göre sırasıyla; transmisyon sistemlerinde 16, hidrolik sistemlerinde 12, elektrik-elektronik sistemlerinde 12, soğutma sisteminde 8, frenleme sisteminde 7, dümenleme sisteminde 5, yakıt sisteminde 4, motor ve parçalarında 3 adet olarak bulunmuştur. Tanıtımı yapılmamış diğer elemanlarda ise (Kabin-kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.) arıza sayısı 25 adet olarak belirlenmiştir. Transmisyon sistemlerde, motor ve parçalarında oluşmuş arıza gözlemleri traktör ömrü uzadıkça artmaktadır. Traktör motor ve parçalarında oluşmuş arıza gözlemleri oldukça azdır. Bunun sebebi; titiz ve düzenli periyodik bakımlar uygulanması, traktörün üzerinde büyük veya önemli hasarlara uğramadan önce basit hasarlar seyyar atölyeler sayesinde tam zamanında onarılması ve traktörün yetenekli ve tecrübeli operatörler tarafından kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Arıza kaynaklarına göre yıllık toplam arıza gözlemlerinin ortalaması sırasıyla; aşınma, paslanma, yıpranma (G4) nedeni ile 36, takılma, sıkışma (G2) nedeni ile 24, kırılma, kopma, eğilme nedeni ile (G3) 18, yanma, oksitlenme (G1) nedeni ile 10 ve belirsiz veya karmaşık sebepler gibi (G5) nedeni ile 5 kez meydana gelen arızadır. G2 ve G4 nedenlerinden meydana gelen toplam arıza gözlemlerinin traktörler yaşlandıkça çoğaldığı görülmektedir. Diğer gruplardan kaynaklanan arızalar ise traktör yaşına bağlı olmamaktadır.
- Arıza giderilme yöntemlerine göre sırasıyla; arızalı elemanı tamamen yenileme yöntemi ile 52, arızalı elemanı kısmen yenileme yöntemi ile 25 ve arızalı elemanı onarma yöntemi ile 15 adet olarak bulunmuştur.

Çalışmaya ait traktörler kullanım yılları itibarı ile arızalı elemanı onarma ve arızalı elemanı tamamen yenileme yöntemleri ile onarımı yapılmış arıza gözlemlerinin traktör yaşına bağlı olmadığı görülmüştür. Ancak arızalı elemanı kısmen yenileme yöntemi ile onarılmış arıza gözlemleri traktör yaşına bağlı olarak artmaktadır.

- Onarım yapılma yerlerine göre sırasıyla; atölyede 65, tarlalarda ise 28 arızadır. Araştırmaya ait traktör kullanım süresince, atölyede onarımı yapılmış toplam arıza gözlemlerinin, traktörün yaşına bağlı olduğu, seyyar atölyeler kullanılarak tarlada onarımı yapılmış toplam arıza gözlemlerinin ise traktörün yaşına bağlı olmadığı görülmektedir.

Araştırmanın 11 traktörün kullanım süresinde traktör sistemlerinde oluşmuş toplam arıza gözlemleri;

- Arıza kaynaklarına göre; elektrik-elektronik sistemlerde yanma, oksitlenme (G1) gibi nedenlerden 109, hidrolik sistemlerde takılma, sıkışma (G2) nedeniyle 61, kırılma, kopma, eğilme (G3) gibi nedenlerden 61 ve 59, soğutma sistemlerde ise belirsiz veya karmaşık (G5) sebeplerden 9 adet gözlemlenmiştir. Ancak tanıtımı yapılmamış diğer elemanlarda (Kabin- kaporta, sürücü koltuğu, çamurluk, lastikler vb.) aşınma, paslanma, yıpranma (G4) gibi nedenlerden 215 adet arıza gözlemlenmiştir. Bu yüksek değerinin en belirgin nedeni, 200 kez değiştirilmiş traktör lastikleridir.
- Arıza giderilme yöntemlerine göre arızalı elemanı onarma ve kısmen yenileme yöntemi ile transmisyonlardaki onarımı yapılmış toplam arıza gözlemleri 38 ve 107 değerlerde diğer sistemlerdeki gözlemlerine göre en fazla olduğu belirlenmektedir. Arızalı elemanı tamamen yenileme yöntemi ile tanıtımı yapılmış sistemlerinden elektrik-elektronik sistemlerindeki onarımı yapılmış arıza gözlemleri 99, tanıtımı yapılmamış diğer elemanlarda ise 239 değer ile en büyük kısmı oluşturmaktadır.
- Onarım yapılma yerlerine göre atölyede onarımı yapılmış arıza gözlemlerinin tanıtımı yapılmış sistemlerden transmisyon sistemlerinde 168 arıza ve soğutma sisteminde 67 arıza ile en büyük kısmı

oluşturmaktadır. Tanıtımı yapılmamış diğer elemanlarda ise 234 arıza bulunmaktadır. Tarlada onarımı yapılmış toplam arıza gözlemleri; elektrik-elektronik sistemlerinde 84, ardından hidrolik sistemlerde 81 arıza ile en yüksek değerler kaydedilmiştir.

Orta ve büyük tarım işletmelerinde özellikle traktörlerin grup halinde çalıştırılması durumunda, ana atölyeler ile seyyar atölyelerin yerleştirilmesi önemli bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Atölyelerin çalışma alanlarına çok uzak olmaması, seyyar atölyelerin varlığı, yedek parça ihtiyacının hızlı bir şekilde karşılanıyor olması ve periyodik bakımların düzenli ve zamanında yapılması nedeniyle traktörlerin verimli bir şekilde çalıştırılması bu denli yüksek çalışma saatlerinin oluşmasını sağlayabilecek koşullar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada; traktör kullanım süresince hem onarım maliyeleri hem de arıza gözlemleri açısından, değiştirilmiş lastikler en önemli paya sahip olmaktadır, Bu sonuç üzere traktör kullanımında tekerlek lastikleri üzerine çalışmaların yoğunlaşması tavsiye edilmektedir.

Ceylanpınar Tarım İşletmesi'nde bulunan ve araştırma materyali olarak alınan 11 adet traktörün, arıza sayıları ortalama olarak birinci yılda 4, on birinci yılda ise 12 olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca traktörlerin yıllık arıza oranının birikimli çalışma saatleri ile ilişkisini belirlemekle birlikte "Bathtub Eğrisi" ile karşılaştırılarak yaşlılık dönemine girdiği görülmektedir. Bu nedenle bu grup traktörlerin yenilenme zamanının geldiğini söylemek mümkündür.

Çalışmaya ait traktörlerin birikimli bakım-onarım maliyetlerinin yıllık arıza oranları ile güçlü bir ilişkisi görülmemektedir. Oysa bununla ilgili veriler regresyon analizi yapılarak doğrusal bir ilişkiye sahip olabilmektedir.

Sağlıklı değerlendirmelerin çoğaltılıp sistematik hale getirilebilmesi ve sahada daha detaylı araştırmaların yapılabilmesi için; ticari firmaların ve diğer traktör kullanıcılarının bakım ve onarım yaptırdıkları yerlerde doğru, sistemli ve sağlıklı kayıtların tutulması gerekmektedir. Ekonomik kalkınma ve ilerleme temelli bir tarımsal üretim için; traktör kullanımında söz konusu bakım uygulamalarının ve onarım işlerinin geniş bir tabana yayılması zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdallah, F. E., Weiming, D., Dahab, M. H., Idris, A.E. and Alhadi M.,** 2014, Estimation of repair and maintenance cost of a tractor base on HP and working hours: Case study of Sudan, Journal of Environmental and Agricultural Sciences, open acces. 1-6 pp.
- Abdelmotaleb, IA.,** 1989, Repair and Maintenance Cost Analysis of Tractors and Combines, Ph.D. Thesis, Iowa State University. 154 p.
- Adıgüzel M.,** 2010, DSİ İşletmelerinde Koruyucu Bakım Yöntemlerinin (Çukurova Bölgesi) Değerlendirilmesi ve Geliştirilmesi İçin Öneriler. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi , Adana, Türkiye, 65 s.
- Afsharnia, F., Asoodar, M. A., and Abdeshahi A.,** 2014a, The Effect of Failure Rate on Repair and Maintenance Costs of Four Agricultural Tractor Models. International Journal of Biological, Veterinary, Agricultural and Food Engineering Vol:8 No:3, 276-280 pp.
- Afsharnia, F., Asoodar, M. A., Abdeshahi, A., and Marzban, A.,** 2014b, Technical and economical comparison of different maintenance conditions for MF 399 tractor in southwest of Iran. Agricultural Engineering International: CIGR Journal;Dec2014, Vol. 16, No.4, 43-50 pp.
- Afsharnia, F., Asoodar, M. A., Abdeshahi, A., and Marzban, A.,** 2013, Failure rate analysis of four agricultural tractor models in southern Iran. Agricultural Engineering International: CIGR Journal; Dec 2013, Vol. 15 Issue 4, 160-170 pp.
- Akıncı, İ.,** 1994, Traktör-Tarım Makinesi Enerji İlişkilerinin Saptanması için Bilgisayar Destekli Ölçme Sisteminin Geliştirilmesi ve Mekanizasyon Planlamasında Temel İşletmecilik Verilerinin Belirlenmesi Üzerinde bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı Doktora Tezi , Adana.T.C.
- Akıncı, İ., ve Çanakçı, M.,** 2000, Antalya ili tarım işletmelerinde traktör ve tarım iş makinaları kullanım sürelerinin belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Haziran 2000, Erzurum. 43-50 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Almassi, M. and Yeganeh, H.R.** 2002, Determination a suitable mathematical model to predict the repair and maintenance costs of farm tractors in Karoon Agro-industry Company. Iranian J. Agric. Sci., 33: 707-716 pp.
- AL-Suhaibani, S. A. and Wahby, M. F.,** 2015, Farm tractors breakdown classification. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, King Saud University. Article in press.
- American Society of Agricultural Engineers (ASAE)** 1973, American Society of Agricultural Engineers Yearbook. ASAE D230.2: Agricultural machinery management data. St. Joseph, MI.
- American Society of Agricultural Engineers (ASAE)** 1986, Agricultural Engineers Yearbook., SI. Joseph M.
- American Society of Agricultural Engineers (ASAE)** 1987, American Society of Agricultural Engineers Yearbook. St. Joseph, M, United States of America.
- American Society of Agricultural Engineers (ASAE) Standards S495,** 2006. Uniform Terminology for Agricultural Machinery. St Joseph, M., ASAE.
- American Society of Agricultural Engineers (ASAE) Standards,** 1989, Engineering Practices and Data Developed and Adopted by the American Society of Agricultural Engineers. Standard EP409. St. Joseph, M.
- American Society of Agricultural Engineers (ASAE) Standards,** 2011, 58th D497.7, Agricultural machinery management data. St. Joseph, M., ASABE.
- Aneke, D. O.,** 1993, Farm tractor distribution and utilization in Benue and Plateau state, Nigeria. Agricultural Engineer, 48 (2), 51-53 pp.
- Ashtiani Eraghi, A.R., Ranjbar, I. and Toorchi, M.,** 2006. Optimum mathematical model for predicting R&M costs of operation tractors in Mazandaran Dasht-e-Naz Farm Company. J. Agri. Sci., 15: 101-112 pp.
- Aybek, A. ve Sabancı A.,** 2001, Tarım Makineleri İle Çalışmada Oluşan İş Kazaları, Kaza Giderleri ve Önemli Güvenlik Kuralları, 8, Ulusal Ergonomi Kongresi- İzmir, Bildiri Kitabı, 152-158 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Aykas, E., Bilgen, H. ve Uçucu, R.,** 1996, Traktör ve Tarım Makinaları Bakım Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Notları No:51/1, E.Ü.Z.F. Ofset Basımevi, İzmir, 57 s.
- Ben-Daya, M., Duffuaa, O. A. and Knezevic, J.** 2009, Handbook of maintenance management and engineering. Springer Dordrecht Heidelberg London NY.
- Beppler, DC. and Hummeida, MA.,** 1985, Repair costs of agricultural machinery in developing countries. Agricultural Engineering Vol. 66 (12) 11 - 13 pp.
- Billinton R. and Allan, R.N.,** 1992, Reliability evaluation of engineering systems (concepts and techniques). New York, London, Plenum Press:453.
- Bohm, M.,**1993, Breakdowns in Agricultural Tractors. Agricultural Engineers 48(3): 79-83 pp.
- Bowers, W. and Hunt, D. R.,** 1970, Application of mathematical formulas to repair cost data. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, Vol 13(6). 806-809 pp.
- Bukhari, S., Baloch, J. M. and Merani, A. N.,** 1987, Factors affecting repair and maintenance costs of farm tractors. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA), Tokyo, Japan,18 (3): 29-32 pp.
- Calcante, A., Fontanini L. and Mazzetto F.,** 2013, Repair and maintenance costs of 4WD tractors and self propelled combine harvesters in Italy. Journal of Agricultural Engineering 2013; volume XLIV(s2):e70. 353-358 pp.
- Campbell, J. D., and Jardine, A. K. S.,** 2001. Maintenance excellence: optimizing equipment life-cycle decisions. New York: Marcel Dekker. 536 s.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB),** Yıllar İtibarıyla Günlük ve Aylık Asgari Ücret, <http://www3.csgb.gov.tr/csgbPortal/csgb.portal?page=asgariucret>. (Erişim tarihi: 13 Ocak 2014).
- Culpin, C.,** 1975, Profitable Farm Mechanization. 3rd edition, Crosby Lockwood Staples, London. 307 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Dahab, M.H. and Osama, H.A.**, 2002, Development of mathematical models for estimation of tractors R&M costs in the main irrigated schemes of the Sudan. University of Khartoum Journal of Agric. Sciences. 10 (2): 251-256 pp.
- Demirci, K.**, 1986, Büyük Güçlü traktör ve Büyük İş Kapasiteli Makinaların Kullanılma Olanakları. Tarımsal Mekanizasyon 10. Ulusal Kongresi, 5-7 Mayıs, Adana. 23-33 s.
- Donca, Gh.**, 2011, Maintenance Cost Model For U683DT Tractor. University of Oradea, Faculty of Environmental Protection.131-136 pp.
- Edwards, J.R.**, 1989, Industrial Cost Accounting Developments in Britain to 1830: A Review Article, Accounting and Business Research, Vol. 18, No. 76: 305-317 pp.
- Erciş, M.S.**, 1995, Tamir Bakım Planlaması ve Bir Uygulama, Yüksek lisans tezi. Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim dalı, 143 s.
- Fairbanks, G. E.; G. H. Lerson and Chung, D. S.**, 1971, Costs of using farm machinery. TRANSACTIONS of the ASAE Vol. 14(1) pp. 98 – 101 pp.
- Farrow, S., Shepherd, J.F. and Waelti, A.**, 1980, “A regional test of machinery repair cost equation”, Working Paper, No 80-1017, ASAE, St Joseph, MI.
- Felix, K., Victoria, O. and Wilson A. A.**, 2015, Breakdown of Tractor Parts in Ghana: The Case of Ghana Heavy Equipment Limited (GHEL). International Journal of Research in Engineering and Technology., Volume: 04 Issue: 06 June-2015, 472-479 pp.
- Grisso, R.D., and Melvin, S.R.**, 1995, Five strategies for extending machinery life. Cooperative Extension, University of Nebraska. NebGuide G95-1261-A.
- Humphrey, D., W. Shawlee, P. Sandborn, and D. Lorenson.** 2002, Utilization life of electronic systems-aging avionics usable life and wear out issues. Society of Automotive Engineers (SAE) Technical Paper, Inc.
- Hunt, D.R.**, 1979, Farm power and machinery management, 7th edition, second printing, Iowa State . University press Ames, chapter 1-4 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hunt, D. R.;** 1983, Farm power and machinery management. 9th edition, Iowa University Press, USA. Ames, Iowa 50010.
- Işık A.,** 1988, Sulu Tarımda Kullanılan Mekanizasyon Araçlarının Optimum Makina ve Güç Seçimine Yönelik İşletme Değerlerinin Belirlenmesi ve Uygun Seçim Modellerinin Oluşturulması Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın No.108. Adana, 1988, 209 s.
- Işık, A. ve Altun, İ.,** 1998, Sanlıurfa-Harran Ovasında Tarımsal Yapı ve Mekanizasyon Özellikleri. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 22 (1998), Ankara. 151-160 s.
- İş Yatırım,** Döviz Kurları ortalama (exchange avarege), http://www.isyatirim.com.tr/p_exchange_avarege.aspx (Erişim tarihi: 18 Ekim 2014).
- Jekayinfa, S.O., Adebisi, K.A., Waheed M.A. and Owolabi, O.O.,** 2005, Appraisal of farm tractor maintenance practices and costs in Nigeria, Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 11 No. 2, 2005, 152-168 pp.
- Kahvecioğlu A.,** 2003, Onarılabılır Elemanlara Önleyici Bakımın Etkisi ve Optimizasyonu. Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi, TMMOB Mak. Müh. Odası, 343-354 s.
- Konda Issa, M. S.,** 1991, Tractor Repair and Maintenance Costs and Management Policies in Burkina Faso, Master Of Science, The University Of Arizona, 70 p.
- Katı, M., A.,** 2004, Standart Traktörlerde Yenileme Zamanının Tahmini İçin bir Model Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim dalı, 117 s.
- Kepner, R.A., Bainer, R. and Barger, E.L.,** 1978, Principles of farm machinery. AVI Publishing Company, Inc. Westport, USA. 247-251 pp.
- Kepner R. A., Bainer R., Barger E. L.,** 1982, Principle of Farm Machinery, (3rd Edition). CBS Publisher, New Delhi, India, 527 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Khodabakhshian R. and Shakeri M.**, 2011, Prediction of Repair and Maintenance Costs of Farm Tractors by Using of Preventive Maintenance. International Journal of Agriculture Sciences, Vol. 3, Issue 1, 39-44 pp.
- Khodabakhshian R.**, 2013, A review of maintenance management of tractors and agricultural machinery: preventive maintenance systems, International Journal of Agriculture Sciences, Agric Eng Int: CIGR Journal, Vol.15, No.4, 147-159 pp.
- Khodabakhshian, R., Shakeri, M. and Baradaran J.**, 2008, Using of condition monitoring in maintenance programs of agricultural machinery (in Persian with English abstract). 5th International Conference on Maintenance, Tehran, Iran.
- Khodabakhshian, R., Shakeri, M. and Baradaran J.**, 2009. Preventive maintenance in Agricultural Machinery, Asian International Journal of Science and Technology in Production and Manufacturing Engineering (AIJSTMPE), 2, 11 – 16 pp.
- Khoub B. G., Ahmadi, H., Akram A., and Karimi, M.**, 2008, Repair and Maintenance Cost Models for MF285 Tractor-A Case Study in Central Region of Iran. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 4 (1): 76-80 pp.
- Khoub B. G., Ahmadi, H., Akram A., and Karimi, M.**, 2010, Determination of optimum life for MF285 tractor based on repair and maintenance costs- A case study in center region of Iran. Journal of Agricultural Technology Vol. 6(4): 673-686 pp.
- Kruger, I. R. and Logan, R. A.**, 1980, 'Farm study of tractor costs.' Proceedings of the Agricultural Engineering Conference 30 Sept. – 2 Oct 1980, Geelong, Vic. 51-55 pp.
- Kumar R. J. and Gross, R.**, 1977, A study of combine harvester reliability. Transactions of the ASAE, 20(1): 30-34 pp.
- Marquez, F. P.**, 2006, An approach to remote condition monitoring systems management. The IET International Conference on Railway Condition Monitoring, 156-60 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Marquez, F. P., Pedregal, D. J., and Roberts C.,** 2010. Time series methods applied to failure prediction and detection. *Reliability Engineering and System Safety*, 95(6): 698-703 pp.
- Mega Ziraat Makineleri Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. (MEGA) Broşürü,** MEGA Firması tarafından düzenlenen ve VALTRA 8400 (Serisi) -2003 (Modeli) traktör bakımlarını belirleyen broşürüdür.
- Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi (MEGEP),** 2011, Makine Teknolojisi, Periyodik Bakım Talimatı 1. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. Ankara, 36 s.
- Morris J.,** 1988, Estimation of tractor repair and maintenance costs. *Journal of Agricultural Engineering Research*, Vol. 41 pp.191-200 pp.
- Mpanduji, S. M.,** 2000, Repair Costs of Tractors and Comparison of mechanization Strategies under Tanzanian Conditions, PhD Thasis, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, ISSN 0931-6264, 144 p.
- Mutlu, N.,** 2011, Şanlıurfa-Harran Ovasında Traktör İşletme Parametrelerinin Belirlenmesi Ve Analizi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim dalı, Ankara. 166 s.
- Nasir A. O. M.,** 2007, Tractors repair and maintenance costs estimation in New Halfa area, MSc Thesis, university of Khartoum, faculty of agricultural, department of agricultural engineering. 91 p.
- Niari, S. M., Ranjbar I. and Rashidi, M.,** 2012, Prediction of Repair and Maintenance Costs of John Deere 4955 Tractors in Ardabil Province. *World Applied Sciences Journal* 19 (10),1412- 1416 pp.
- Pedregal, D. J., Marquez, F. P., and Roberts, C.,** 2009, An algorithmic approach for maintenance management. *Annals of Operations Research*, 166(1): 109-24 pp.
- Pishbin, S.,** 2014, Using Mathematics Modeling to Estimate Repair Costs of Tractors *Advances in Environmental Biology*, AENSI Journals. 8(12), 646-651 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ranjbar, I., Rashidi, M. and Khabbaz, G. B.,** 2010, Prediction of Repair and Maintenance Costs of Two-Wheel Drive Tractors in Iran. CIGR XVIIth World Congress – Québec City, Canada, – June 13-17 pp.
- Rashidi, M. and Ranjbar, I.,** 2011a, Modeling of Repair and Maintenance Costs of John Deere 3140 Tractors in Iran. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 8 (2): 424-428 pp.
- Rashidi, M. and Ranjbar, I.,** 2011b, Modeling of Repair and Maintenance Costs of Massey Ferguson 285 Tractors in Iran. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 10 (3): 361-365 pp.
- Rashidi, M. and Ranjbar, I.,** 2011c, Modeling of Repair and Maintenance Costs of Universal 650 Tractors in Iran. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 10 (1): 16-20 pp.
- Rotz, C.A.,** 1987, A standard model for repair costs of agricultural machinery. Applied Engineering in Agriculture, 3: 3-9 pp.
- Sabir, M.S., Zaidi, M.A. and Sheikh G.S.,** 1990, Mathematical model for repair and maintenance cost of agricultural machinery. Pak. J. Agri. Sci. 27(1) 30-33 pp.
- Sağlam, C. and Akdemir, B.** 2002, Annual Usage of Tractors in North-West Turkey. Biosystems Engineering, Vol 82(1), 39-44 pp.
- Saral, A.,** 1982, Tarım Traktörlerinin Seçimi TZDK Mesleki Yayınları, Ayyıldız Matbaası, Ankara, 27 s.
- Say, S., M. and Sumer, S. K.,** 2011, Failure rate analysis of cereal combined drills, African Journal of Agricultural Research, 6 (6): 1322-1329 pp,
- Sümer, S.K., Say, S.M. ve Özpınar, S.,** 2008, Çanakkale İlinde Kullanılmış Traktör Fiyatlarının Değerlendirilmesi. Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi Dergisi 5(3), 253-266 s.
- Şahinler, S.,** 2000, “En Küçük Kareler Yöntemi ile Doğrusal Regresyon Modeli Oluşturmanın Temel Prensipleri”, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Sayı:5, 57-73 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM)**, 2013, Mevzuat, Yönetmelikler, Makine Daire Bakanlığı Teknik Yönergesi. <http://www.tigem.gov.tr/Mevzuat/Ynetmelikler/Makine%20Daire%20Ba%C5%9Fkanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20Teknik%20Y%C3%B6nergesi.pdf> 46 s. (Erişim tarihi: 10 Ağustos 2013).
- Traktör Parça Ticaret**, 2013, “Traktör Bakımı”, Traktör Parça Ticaret, Faydalı Bilgileri, <http://www.parcaticaret.com/traktorbakimi.html> (Erişim tarihi: 3 Ağustos 2013).
- Tufts R. A.**, 1985, Failure cause, frequency, and repair for forest harvesting equipment. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 28 (4):1673-1677 pp.
- Ünal, M. F.**, 1987, Fabrikalarda Onarım-Bakım Maliyetlerinin Minimizasyonu, Yüksek lisans tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Endüstri ve Endüstri Mühendisliği Anabilim dalı, 149 s.
- Vanzile D. K. and Otis I.**, 1992, Measuring and controlling machine performance. In: G. Salvendy, Editor, Handbook of Industrial Engineering, Wiley, New York, 1575–1584 pp.
- Ward, S. M.**, 1990, Tractor ownership costs, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, Val. 21 No. 1, 21-23 pp.
- Ward, S. M.; P. McNulty and Cunney, M. B.**, 1985, Repair costs of 2WD and 4WD tractors. TRANSACTIONS of the ASAE 28, 1074-1076 pp.
- Wendl G.**, 1991, Investigation on tractor repair costs: Paper No. 911090 for the ASAE meeting presentation, Albuquerque, New Mexico, USA, June 1991
- Witney, B.**, 1988, Choosing and Using Farm Machines. Technology & Engineering, USA, 412 p.
- Yiğit, C.**, 2002, Makinelerde Titreşim Analizi Yöntemiyle Uyarıcı Bakım, Yüksek lisans tezi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim dalı, 126 s.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Mahfouz YAHYA

Doğum Yeri: Şam/Suriye

Doğum Tarihi: 10.05.1980

Medeni Hali: Evli ve 1 çocuğu var

Ana Dili: Arapça

Yabancı Dili: Türkçe, İngilizce ve Almanca

E-Mail : Mahfouz.Yahya@yandex.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Lise: Şam Darulhikmeh Lisesi (1999)

Lisans: Şam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kırsal Mühendisliği Bölümü (2004)

Deploma: Şam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kırsal Mühendisliği Bölümü (2005)

2010 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda Doktora öğrenimine başlamıştır.

2016 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojiler Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora programını bitirmiştir.

EKLER

Ek 1: Yıllara göre Günlük ve Aylık Asgari cretler

Ek 2: 2003-2013 Yılları Arasında Aylara göre Döviz Kurları Ortalaması (USD=TL)

Ek 3: Araştırmaya ait Traktör Filtreleri, Yağları ve Değiştirme Zamanı

Ek 4: Kullanılan Madeni Yağları

Ek 5: Traktör Kullanım Yılları İtibari ile Onarım Maliyetlerin (\$) Bazı İstatistik Verileri;

- Traktör sistemlerine göre onarım maliyetlerin (\$) bazı istatistik verileri
- Arıza kaynaklarına göre onarım maliyetlerin (\$) bazı istatistik verileri
- Arıza giderilme yöntemlerine göre onarım maliyetlerin (\$) bazı istatistik verileri
- Onarım yapılma yerlerine göre onarım maliyetlerin (\$) bazı istatistik verileri

Ek 1

Yıllara göre günlük ve aylık asgari ücretler

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Çalışma Genel Müdürlüğü

TL.

TL.

RESMİ GAZETE YAYIN TARİHİ VE SAYISI	YÜRÜRLÜK TARİHLERİ	16 YAŞINI DOLDURANLAR			16 YAŞINI DOLDURMAYANLAR		
		GÜNLÜK	AYLIK	ARTIŞ ORANI %	GÜNLÜK	AYLIK	ARTIŞ ORANI %
30.06.1974 / 14931	01.07.1974 - 31.05.1976	40	1,200	-	34	1,020	-
31.05.1976 / 15602 M,	01.06.1976 - 31.12.1977	60	1,800	50,0	50	1,500	47,1
30.12.1977 / 16155	01.01.1978 - 30.04.1979	110	3,300	83,3	70	2,100	40,0
30.04.1979 / 16624	01.05.1979 - 30.04.1981	180	5,400	63,6	120	3,600	71,4
16.04.1981 / 17312	01.05.1981 - 31.12.1982	333,33	10,000	85,2	223	6,690	85,8
24.12.1982 / 17908	01.01.1983 - 31.03.1984	540	16,200	62,0	370	11,100	65,9
31.03.1984 / 18358	01.04.1984 - 30.09.1985	817,50	24,525	51,4	562,50	16,875	52,0
25.09.1985 / 18879	01.10.1985 - 30.06.1987	1,380	41,400	68,8	950	28,500	68,9
27.06.1987 / 19500	01.07.1987 - 30.06.1988	2,475	74,250	79,3	1,710	51,300	80,0
30.06.1988 / 19858	01.07.1988 - 31.07.1989	4,200	126,000	69,7	2,895	86,850	69,3
27.07.1989 / 20234	01.08.1989 - 31.07.1990	7,500	225,000	78,6	5,175	155,250	78,8
27.07.1990 / 20587	01.08.1990 - 31.07.1991	13,800	414,000	84,0	10,125	303,750	95,7
30.07.1991 / 20945	01.08.1991 - 31.07.1992	26,700	801,000	93,5	19,590	587,700	93,5
28.07.1992 / 21298	01.08.1992 - 31.07.1993	48,300	1,449,000	80,9	37,230	1,116,900	90,0
30.07.1993 / 21653	01.08.1993 - 31.08.1994	83,250	2,497,500	72,4	67,950	2,038,500	82,5
10.08.1994 / 22017	01.09.1994 - 31.08.1995	139,125	4,173,750	67,1	116,250	3,487,500	71,1
11.08.1995 / 22371	01.09.1995 - 31.07.1996	282,000	8,460,000	102,7	236,250	7,087,500	103,2
31.07.1996 / 22713	01.08.1996 - 31.07.1997	567,000	17,010,000	101,1	480,000	14,400,000	103,2
31.07.1997 / 23066	01.08.1997 - 31.07.1998	1,181,250	35,437,500	108,3	997,500	29,925,000	107,8
31.07.1997 / 23066	01.08.1998 - 31.12.1998	1,594,650	47,839,500	35,0	1,355,475	40,664,250	35,9
31.12.1998 / 23570	01.01.1999 - 30.06.1999	2,602,500	78,075,000	63,2	2,212,125	66,363,750	63,2
31.12.1998 / 23570	01.07.1999 - 31.12.1999	3,120,000	93,600,000	19,9	2,652,000	79,560,000	19,9
31.12.1999 / 23923	01.01.2000 - 30.06.2000	3,660,000	109,800,000	17,3	3,120,000	93,600,000	17,6
31.12.1999 / 23923	01.07.2000 - 31.12.2000	3,960,000	118,800,000	8,2	3,375,000	101,250,000	8,2
22.12.2000 / 24268	01.01.2001 - 30.06.2001	4,665,000	139,950,000	17,8	3,965,250	118,957,500	17,5
22.12.2000 / 24268	01.07.2001 - 31.07.2001	4,898,250	146,947,500	5,0	4,164,000	124,920,000	5,0
26.07.2001 / 24474	01.08.2001 - 31.12.2001	5,598,000	167,940,000	14,3	4,758,300	142,749,000	14,3
29.12.2001 / 24625	01.01.2002 - 30.06.2002	7,400,025	222,000,750	32,2	6,290,025	188,700,750	32,2
28.06.2002 / 24799	01.07.2002 - 31.12.2002	8,362,500	250,875,000	13,0	7,107,000	213,210,000	13,0
31.12.2002 / 24980	01.01.2003 - 31.12.2003	10,200,000	306,000,000	22,0	8,550,000	256,500,000	20,3
31.12.2003 / 25333	01.01.2004 - 30.06.2004	14,100,000	423,000,000	38,2	12,000,000	360,000,000	40,4
26.06.2004 / 25504	01.07.2004 - 31.12.2004	14,805,000	444,150,000	5,0	12,600,000	378,000,000	5,0

RESMİ GAZETE YAYIN TARİHİ VE SAYISI	YÜRÜRLÜK TARİHLERİ	16 YAŞINI DOLDURANLAR			16 YAŞINI DOLDURMAYANLAR			
		ĞÜNLÜK	AYLIK	ARTIŞ ORANI %	ĞÜNLÜK	AYLIK	ARTIŞ ORANI %	
30.12.2004 / 25686	01.01.2005 - 31.12.2005	16,29	488,70	10,0	13,86	415,80	10,0	(*)
23.12.2005 / 26032	01.01.2006-31.12.2006	17,70	531,00	8,7	15,00	450,00	8,2	(*)
28.12.2006 / 26390	01.01.2007-30.06.2007	18,75	562,50	5,9	15,89	476,70	5,9	(*)
28.12.2006 / 26390	01.07.2007-31.12.2007	19,50	585,00	4,0	16,38	491,40	3,1	(*)
29.12.2007 / 26741	01.01.2008-30.06.2008	20,28	608,40	4,0	17,18	515,40	4,9	
29.12.2007 / 26741	01.07.2008 - 31.12.2008	21,29	638,70	5,0	18,02	540,60	4,9	
30.12.2008 / 27096	01.01.2009-30.06.2009	22,20	666,00	4,3	18,90	567,00	4,9	
30.12.2008 / 27096	01.07.2009-31.12.2009	23,10	693,00	4,1	19,65	589,50	4,0	
31.12.2009 / 27449	01.01.2010-30.06.2010	24,30	729,00	5,2	20,70	621,00	5,3	
31.12.2009 / 27449	01.07.2010-31.12.2010	25,35	760,50	4,3	21,60	648,00	4,3	
31.12.2010 / 27802	01.01.2011-30.06.2011	26,55	796,50	4,7	22,65	679,50	4,9	
31.12.2010 / 27802	01.07.2011-31.12.2011	27,90	837,00	5,1	23,85	715,50	5,3	
30.12.2011 / 28158	01.01.2012-30.06.2012	29,55	886,50	5,9	25,35	760,50	6,3	
30.12.2011 / 28158	01.07.2012-31.12.2012	31,35	940,50	6,1	26,85	805,50	5,9	
29.12.2012 / 28512	01.01.2013-30.06.2013	32,62	978,60	4,1	27,97	839,10	4,2	
29.12.2012 / 28512	01.07.2013-31.12.2013	34,05	1,021,50	4,4	29,25	877,50	4,6	
31.12.2013/28868 3. M	01.01.2014-30.06.2014	35,70	1,071,00	4,8	35,70	1,071,00	22,1	
31.12.2013/28868 3. M	01.07.2014-31.12.2014	37,80	1,134,00	5,9	37,80	1,134,00	5,9	
TARIM VE ORMAN KESİMİ ASGARI ÜCRETLERİ								
RESMİ GAZETE YAYIN TARİHİ VE SAYISI	YÜRÜRLÜK TARİHLERİ	16 YAŞINI DOLDURANLAR			16 YAŞINI DOLDURMAYANLAR			
		Günlük	Aylık	Günlük	Aylık	Günlük	Aylık	
31.07.1974 / 14962	01.08.1974 - 30.06.1976	33	990	-	28	840	-	
30.06.1976 / 15632 M.	01.07.1976 - 31.01.1978	50	1,500	51,5	42,5	1,275	51,8	
31.01.1978 / 16186 M.	01.02.1978 - 31.05.1979	90	2,700	80,0	57,5	1,725	35,3	
31.05.1979 / 16652	01.06.1979 - 30.04.1981	160	4,800	77,8	105	3,150	82,6	
31.04.1981 / 17326	01.05.1981 - 31.12.1982	287	8,610	79,4	190	5,700	81,0	
31.12.1982 / 17915	01.01.1983 - 30.04.1984	440	13,200	53,3	292	8,760	53,7	
29.04.1984 / 18386	01.05.1984 - 30.09.1985	670	20,100	52,3	445	13,350	52,4	
29.09.1985 / 18883	01.10.1985 - 30.06.1987	1,140	34,200	70,1	765	22,950	71,9	
27.06.1987 / 19500	01.07.1987 - 30.06.1988	2,190	65,700	92,1	1,470	44,100	92,2	
30.06.1988 / 19858	01.07.1988 - 31.07.1989	3,900	117,000	78,1	2,625	78,750	78,6	
<p>NOT: Sanayi ve Hizmetler Kesimi ile Tarım ve Orman Kesimi işçileri için daha önce Asgari Ücret Tespit Komisyonu'na ayrı ayrı olarak belirlenen Asgari Ücret 1.8.1989 tarihinden bu yana her iki kesim için tek rakam olarak belirlenmektedir.</p>								
<p>(*) 5083 Sayılı "T.C. Devletin Para Birimi Hakkında Kanun " uyarınca 01.01.2005 tarihinden itibaren Türkiye Cumhuriyeti Devletin Para Birimi Yeni Türk Lirası olması nedeniyle, Asgari Ücret Yeni Türk Lirası olarak açıklanmıştır. Tabloda da Yeni Türk Lirası olarak yer verilmiştir, 05.05.2007 tarihinden itibaren ise Resmi Gazete'nde yayınlanan Bakanlar Kurulu Kararı ile Yeni ibaresi kaldırılmıştır.</p>								
HESAPLAMALAR BİLGİ İÇİNDİR, HİÇ BİR SORUMLULUK KABUL EDİLMEZ.								

Traktör Çalışma Yılları İtibarı ile İşçilik Maliyetleri (TL)						
Traktör Çalışma Yılı	Yıl Dönemi	Asgari Ücreti	Gereken işçilerin sayısı			
			1	2	3	4
2003	-	10,2	10,2	20,4	30,6	40,8
2004	1	14,1	14,1	28,2	42,3	56,4
	2	14,8	14,8	29,6	44,4	59,2
2005	-	16,3	16,3	32,6	48,9	65,2
2006	-	17,7	17,7	35,4	53,1	70,8
2007	1	18,8	18,8	37,5	56,2	75,0
	2	19,5	19,5	39,0	58,5	78,0
2008	1	20,3	20,3	40,6	60,8	81,1
	2	21,3	21,3	42,6	63,9	85,2
2009	1	22,2	22,2	44,4	66,6	88,8
	2	23,0	23,0	46,0	69,0	92,0
2010	1	24,3	24,3	48,6	72,9	97,2
	2	25,4	25,4	50,7	76,1	101,4
2011	1	26,6	26,6	53,1	79,7	106,2
	2	27,9	27,9	55,8	83,7	111,6
2012	1	29,6	29,6	59,1	88,7	118,2
	2	31,4	31,4	62,7	94,1	125,4
2013	1	32,6	32,6	65,2	97,9	130,5
	2	34,1	34,1	68,1	102,2	136,2

(ÇSGB, 2014)

Ek 2

2003-2013 yılları arasında aylara göre döviz kurları ortalaması (USD = TL)

Ay\Yıl	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Aralık	1,433	1,401	1,351	1,431	1,178	1,544	1,507	1,522	1,870	1,787	2,066
Kasım	1,478	1,450	1,360	1,457	1,190	1,595	1,487	1,440	1,817	1,793	2,026
Ekim	1,432	1,490	1,357	1,481	1,200	1,496	1,469	1,424	1,830	1,802	1,991
Eylül	1,378	1,505	1,340	1,481	1,263	1,238	1,491	1,492	1,800	1,803	2,021
Ağustos	1,402	1,476	1,344	1,467	1,315	1,179	1,486	1,509	1,756	1,795	1,963
Temmuz	1,404	1,454	1,338	1,554	1,280	1,213	1,518	1,540	1,657	1,812	1,934
Haziran	1,425	1,495	1,360	1,601	1,321	1,234	1,546	1,578	1,603	1,823	1,899
Mayıs	1,490	1,512	1,370	1,431	1,336	1,249	1,556	1,546	1,575	1,809	1,830
Nisan	1,628	1,363	1,361	1,336	1,360	1,301	1,607	1,493	1,521	1,787	1,799
Mart	1,668	1,321	1,314	1,336	1,408	1,243	1,711	1,533	1,579	1,789	1,811
Şubat	1,627	1,329	1,313	1,325	1,396	1,195	1,663	1,515	1,590	1,758	1,777
Ocak	1,663	1,347	1,355	1,333	1,427	1,176	1,602	1,473	1,564	1,841	1,771

(İş Yatırım, 2014)

Ek 3

Araştırmaya ait Traktör Filtreleri, Yağları ve Değişirme Zamanı

Çalışma Saati	Filtreler								Yağlar				Gerekten işçilik (işçi)
	Motor yağ filtresi	Şanzıman filtresi	Hidrolik filtresi	Yakıt Cam filtresi	Su Ayırıcı	Hava İç filtresi	Hava Dış Filtresi	Kabin Hava Filtresi	Motor yağı	Hidrolik yağı	Ön Göbek Yağı	Fren ve debriyaj yağı	
İlk 100	+	+	+	+	+				+				3
İlk 250	+	+	+						+				3
500	+				+				+				1
750	+	+	+						+				1
1000	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		3
1250	+	+	+						+				1
1500	+				+				+				1
1750	+	+	+						+				1
2000	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
2250	+	+	+						+				1

(MEGA Broşürü)

Ek 4

Kullanılan madeni yağları

Madeni yağın kullanıldığı yer	Yağın Cinsi ve Miktarı	Bakım Zamanı
Motor	15w-40 turbo motorin - 21 lt	Her 250 Saatte
Şanzıman (Yarı Otomatik)*	TMS 300 - 42 lt	Her 1000 Saatte
Ön Poyra Kapağı	80w-90 - 1 lt	Her 1000 Saatte
Ön Diferansiyel	80w-90 - 8 lt	Her 1000 Saatte
Fren Sistemi	Dot 3, hidrolik fren yağı - 0,2 lt	Her 2000 Saatte
Debriyaj Sistemi	Dot 3, hidrolik fren yağı - 0,2 lt	Her 2000 Saatte
*: Şanzıman yağı ile diferansiyel ve hidrolik yağı aynı yerdedir,,		

(MEGA Broşürü)

EK 5

Traktör kullanım yılları itibarı ile traktör sistemlerine göre onarım maliyetlerin (\$) bazı istatistik verileri

TÇY	Traktör Sistemleri																	
	Motor Ve Parçaları						Transmisyonlar						Hidrolik Sistemleri					
	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³		Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³		Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0	110,54	110,54	10,0	33,3	1	87,95	9,07	26,0	40,6	6			
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0	132,73	21,49	16,1	39,7	3	173,75	7,45	31,6	56,6	5			
2005	126,17	126,17	11,5	38,0	1	107,29	49,39	27,3	54,3	3	179,34	16,13	81,8	60,6	10			
2006	157,60	137,56	26,8	59,9	2	670,44	18,81	185,3	241,3	11	627,69	8,18	193,0	291,3	9			
2007	132,89	103,82	21,5	48,3	2	1184,29	7,56	495,2	635,4	10	140,93	10,15	71,0	66,6	7			
2008	692,78	63,75	90,1	212,1	3	968,48	10,41	440,0	892,2	7	192,14	2,40	46,3	67,1	6			
2009	886,42	6,12	124,3	272,5	4	863,96	44,04	253,0	332,9	7	1050,16	19,29	334,2	412,1	8			
2010	659,30	109,94	188,6	281,4	6	1353,57	17,08	559,8	484,9	11	1091,79	83,17	335,2	439,2	8			
2011	813,41	143,53	112,7	249,5	3	1321,51	33,96	1096,1	574,9	11	786,69	17,48	185,7	289,3	9			
2012	220,61	79,08	69,7	124,9	4	1236,91	44,48	595,2	454,5	10	620,63	39,25	208,4	181,1	9			
2013	456,07	116,13	156,6	169,3	8	1391,30	49,69	1642,7	959,3	11	932,73	5,26	283,9	366,0	8			
TÇY	Elektrik Sistemi						Frenleme Sistemi						Dümenleme Sistemi					
	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³		Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³		Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	
2003	38,73	3,86	22,3	13,9	10	32,06	25,32	7,6	18,3	2	23,59	22,08	4,2	9,2	2			
2004	328,89	2,26	56,3	91,9	11	48,23	7,27	16,5	14,6	8	96,83	14,37	15,8	28,6	5			
2005	26,59	3,74	13,8	10,7	9	86,40	22,26	29,8	41,9	5	277,96	19,06	38,5	82,6	5			
2006	195,41	1,93	37,5	54,7	9	229,08	24,30	135,9	110,2	9	47,64	25,33	6,6	15,6	2			
2007	229,44	9,31	99,3	95,9	9	310,93	27,71	46,7	95,3	4	62,22	55,09	10,7	23,8	2			
2008	281,12	5,64	102,8	108,5	9	385,66	37,54	51,4	115,5	4	904,87	37,78	109,1	268,9	4			
2009	196,24	5,41	55,7	56,7	10	158,33	6,59	41,1	56,8	6	109,29	7,71	22,4	34,1	5			
2010	255,96	16,47	92,9	93,4	10	252,48	24,99	40,5	78,2	4	118,14	32,42	52,8	37,9	9			
2011	231,79	2,56	83,8	90,5	10	337,10	8,02	93,0	166,5	7	98,75	23,93	45,0	54,3	7			
2012	224,99	12,69	119,4	94,8	11	58,87	11,65	19,9	22,7	7	173,64	26,99	80,0	65,8	8			
2013	210,34	31,05	92,7	118,1	7	169,74	27,12	43,7	57,5	8	240,74	119,15	43,6	81,0	3			
TÇY	Yakıt Sistemi						Soğutma Sistemi						Diğerler					
	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³		Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³		Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	
2003	77,94	7,98	11,8	23,2	5	25,14	1,84	3,8	8,4	3	480,24	8,12	489,0	18,1	11			
2004	60,67	15,81	9,7	19,5	3	91,83	2,01	19,0	27,2	7	736,70	5,00	1067,9	86,5	11			
2005	97,90	4,41	15,1	30,5	4	677,19	11,41	122,6	224,6	6	625,73	5,95	1162,5	120,1	11			
2006	29,94	29,94	2,7	9,0	1	525,73	23,83	203,8	223,7	8	874,19	9,37	839,8	348,8	11			
2007	61,57	43,55	19,5	27,4	4	1106,13	8,33	407,0	565,1	9	835,45	8,59	1360,0	554,2	10			
2008	290,52	30,13	29,1	87,2	2	977,31	13,67	442,3	479,7	8	849,81	10,03	1205,1	514,3	11			
2009	424,66	10,92	68,1	126,2	6	278,89	8,74	64,4	107,7	7	773,23	4,08	1530,2	153,7	11			
2010	62,60	4,62	9,4	24,6	3	718,94	30,16	190,1	309,9	5	858,32	13,40	1400,6	379,1	11			
2011	248,40	5,70	43,5	76,0	5	620,91	3,85	188,0	215,6	8	829,86	12,70	1331,6	418,5	11			
2012	274,24	4,89	53,1	96,5	6	739,91	739,91	67,3	223,1	1	798,34	3,88	1457,6	407,4	11			
2013	199,98	11,12	21,4	59,5	4	663,32	10,01	156,6	214,8	8	832,48	57,13	1540,1	236,5	11			

¹: minimum değerleri sıfır olmadan en az değeri, ² S.S.: %CV.;100* Standart Sapma/Ortalama, ³: araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanları

Traktör kullanım yılları itibari ile arıza kaynaklarına göre onarım maliyetlerinin (\$) bazı istatistik verileri

TÇY	Arıza Kaynakları														
	G1 (Yanma, Oksitlenme)				G2 (Takılma, Sıkışma)				G3 (Kırılma, Kopma, Eğilme)						
	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³
2003	43,02	8,72	19,04	14,36	9	71,29	8,12	24,83	22,82	9	125,50	9,07	47,75	45,41	9
2004	328,89	2,26	51,80	93,00	11	180,17	22,52	51,70	46,99	10	232,66	12,62	49,02	72,25	6
2005	26,59	5,22	13,31	11,19	8	832,22	26,20	167,93	235,73	10	345,99	22,56	84,76	97,25	9
2006	195,41	1,93	29,62	57,00	7	870,01	9,37	388,56	309,83	11	933,24	39,98	247,06	304,88	9
2007	237,79	9,31	69,31	99,76	8	1821,88	27,71	410,21	537,85	11	2205,31	112,54	475,45	688,40	8
2008	259,36	17,77	70,96	93,34	7	748,95	30,13	318,65	255,71	10	1595,28	20,06	341,78	502,90	8
2009	196,24	6,05	43,54	56,86	9	990,28	10,92	220,33	281,31	11	1086,45	33,87	235,33	324,24	10
2010	144,97	16,47	32,52	44,74	7	1469,18	62,58	607,32	569,91	10	860,84	24,99	193,97	236,86	11
2011	231,79	6,26	82,15	88,82	10	1499,21	148,89	679,91	490,76	10	1392,05	12,70	440,77	501,34	10
2012	232,66	12,69	119,41	94,79	11	1184,10	39,25	378,30	381,29	10	1261,59	40,08	397,27	365,47	10
2013	255,31	46,66	67,73	86,68	6	1185,76	306,86	753,54	307,66	11	2081,85	27,12	472,25	602,86	11
TÇY	Arıza Kaynakları (devam)														
	G4 (Aşınma, Paslanma, Yıpranma)				G5 (Belirsiz veya karmaşık sebepler)										
	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³
2003	480,24	480,24	480,24	0,00	11	32,06	32,06	2,91	9,67	1	32,06	32,06	2,91	9,67	1
2004	1360,75	1016,59	1074,02	97,94	11	35,63	34,78	6,40	14,24	2	35,63	34,78	6,40	14,24	2
2005	1638,38	577,86	1219,02	261,22	11	172,00	22,83	17,71	51,63	2	172,00	22,83	17,71	51,63	2
2006	1281,29	562,54	891,80	277,97	11	438,30	380,76	74,46	166,16	2	438,30	380,76	74,46	166,16	2
2007	2141,66	561,74	1401,87	415,97	11	908,03	8,33	174,01	297,55	7	908,03	8,33	174,01	297,55	7
2008	2928,96	693,50	1449,19	726,42	11	1296,40	52,49	335,68	435,45	7	1296,40	52,49	335,68	435,45	7
2009	2041,02	1360,65	1641,91	239,45	11	1550,04	333,94	352,39	507,44	5	1550,04	333,94	352,39	507,44	5
2010	2474,23	1109,29	1772,32	393,63	11	893,47	16,85	263,83	354,92	7	893,47	16,85	263,83	354,92	7
2011	3600,30	819,92	1784,64	701,87	11	786,69	8,02	192,00	295,29	7	786,69	8,02	192,00	295,29	7
2012	2949,52	978,67	1738,59	485,73	11	350,21	56,92	37,01	105,27	2	350,21	56,92	37,01	105,27	2
2013	3816,32	1614,99	2277,96	742,17	11	1905,44	31,05	409,80	673,31	7	1905,44	31,05	409,80	673,31	7

¹: minimum değerleri sıfır olmadan en az değeri, ² S.S: Standart Sapma, ³: araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanları

Traktör kullanım yılları itibari ile arıza giderilme yöntemlerine göre onarım maliyetlerinin (\$) bazı istatistik verileri

TÇY	Arıza Giderilme Yöntemleri																	
	Arızalı Elemanı Onarma						Arızalı Elemanı Kısmen Yenileme						Arızalı Elemanı Tamamen Yenileme					
	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	Traktör ³	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	Traktör ³	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	
2003	31,73	3,86	6,95	10,76	5	135,86	10,47	36,74	50,87	6	598,38	480,24	531,09	31,69	11			
2004	84,35	2,01	30,81	31,32	8	420,72	9,28	71,80	136,17	6	1562,68	1044,04	1130,32	148,90	11			
2005	339,10	19,06	53,18	99,02	7	235,32	33,75	78,25	78,10	8	2040,11	1060,00	1371,31	267,84	11			
2006	340,73	18,81	101,80	99,22	10	893,43	47,64	337,33	311,73	10	1621,39	825,18	1192,37	199,46	11			
2007	374,68	7,56	83,43	117,91	8	1821,88	63,86	440,25	562,06	10	3595,25	1375,93	2007,18	614,43	11			
2008	265,96	2,40	50,21	90,78	6	3297,31	30,13	672,86	964,59	10	2519,67	981,67	1793,20	487,85	11			
2009	305,27	5,41	58,18	85,00	10	1414,94	43,37	465,27	410,01	11	3351,22	1499,38	1970,04	546,86	11			
2010	218,39	33,81	102,09	69,18	10	1501,47	217,88	821,87	465,79	11	3051,34	851,93	1946,00	720,63	11			
2011	70,97	2,56	30,57	24,76	10	2023,84	148,89	1067,66	573,83	11	3492,68	1106,70	2081,24	674,55	11			
2012	345,04	4,89	81,32	96,42	10	1827,33	124,90	884,04	493,96	11	2578,11	907,36	1705,22	585,67	11			
2013	267,68	31,05	74,52	90,84	7	3091,20	279,29	1320,58	838,30	11	3833,17	1869,44	2586,19	665,12	11			

¹: minimum değerleri sıfır olmadan en az değeri, ² S.S: Standart Sapma, ³: araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanları

Traktör kullanım yılları itibari ile onarım yapılmaya yerlerine göre onarım maliyetlerinin (\$) bazı istatistik verileri

TÇY	Onarım Yapılma Yerleri											
	Atölyede						Tarlada					
	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	Traktör ³	Maksi	Mini ¹	Ortalama	S.S. ²	Traktör ³	Traktör ³
2003	590,78	480,24	504,65	42,42	11	178,22	19,48	70,13	53,41	11	53,41	11
2004	1714,67	1053,13	1193,09	220,12	11	93,39	8,25	39,83	30,69	11	30,69	11
2005	1891,60	1123,51	1389,43	253,04	11	363,27	22,59	113,31	102,27	10	102,27	10
2006	2223,01	982,81	1538,37	410,00	11	375,25	1,93	93,13	117,16	10	117,16	10
2007	4594,81	1689,26	2374,05	845,83	11	333,90	47,10	156,79	102,47	10	102,47	10
2008	5645,11	945,50	2306,63	1349,53	11	552,89	30,34	209,63	168,98	10	168,98	10
2009	4142,20	1641,75	2363,03	682,18	11	450,49	11,46	130,46	133,06	10	133,06	10
2010	4077,62	1466,22	2675,48	851,59	11	319,89	71,29	194,48	95,65	11	95,65	11
2011	3943,27	2257,33	3036,26	642,87	11	362,83	12,48	143,21	125,81	11	125,81	11
2012	3979,40	1697,56	2410,10	690,27	11	620,63	71,82	260,47	191,50	10	191,50	10
2013	5103,45	1886,57	3791,05	925,17	11	573,42	27,12	190,23	171,07	11	171,07	11

¹: minimum değerleri sıfır olmadan en az değeri, ² S.S: Standart Sapma, ³: araştırmaya ait toplam traktörler içinde ilgili yılda arızaya uğrayanları