

**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PULLUK UÇ DEMİRLERİNDEKİ AŞINMALARIN BELİRLENMESİNDE
GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİNDEN YARARLANMA OLANAKLARI**

AHU URAS

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

BURSA 2006

**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PULLUK UÇ DEMİRLERİNDEKİ AŞINMALARIN BELİRLENMESİNDE
GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİNDEN YARARLANMA OLANAKLARI**

AHU URAS

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

**Bu tez 21.02.2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile
kabul edilmiştir.**

**Prof. Dr. Rasim OKURSOY
(Danışman)**

**Prof. Dr. A. Tanju GÖKSOY
(Üye)**

**Yrd. Doç. Dr. Ahmet DARGA
(Üye)**

ÖZET

Toprak işleme alet ve makinalarının işlevlerini en iyi şekilde yerine getirmesi, toprak işleme kalitesi ve verimini arttırır. Aşınma ise kalite ve verimi olumsuz yönde etkileyen bir faktördür.

Aşınmaya maruz kalan uç demiri toprağı kesmeyip onu ötelediğinden, çeki kuvvetini arttırarak, enerjinin ve maliyetin artmasına yol açar. Bu olumsuzluklara sebep olan aşınma faktörünün belirlenebilmesi için; bu çalışmada, hassas tartı ve planimetre ölçüm yöntemlerinin yanında görüntü işleme tekniğinden faydalanılmıştır. Görüntü işlemede, Global Lab Image 2 Streamline bilgisayar programı kullanılmıştır. Hassas tartı ölçümleri sonucunda ortalama aşınma miktarı 33,65 g/da olarak belirlenmiştir. Görüntü işleme tekniğiyle belirlenen ortalama aşınma miktarı 61,62 cm² dir. Planimetre ölçümleri sonucunda ortalama aşınma miktarı 61,8 cm² dir.

Bu çalışmada; 2 gövdeli ve trapez uç demirli asma tip bir traktör pulluğı ile toplam 60 da olmak üzere 2 farklı tarlada çalışılmıştır. Çalışılan tarlaların toprak sıkışıklık değerleri bulunmuştur. Toprak sıkışıklığının fazla olduğu parsellerde çalışan uç demirlerinde aşınma daha fazla olmuştur. Aşınmanın ön gövdeden arka gövdeye doğru gidildikçe azaldığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, pulluk uç demirlerindeki aşınmaların, diğer yöntemler yanında görüntü işleme tekniğı kullanılarak da belirlenebileceğı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Aşınma, toprak sıkışıklığı, görüntü işleme

ABSTRACT**DETERMINATION OF THE DEFORMATION AND THE MATERIAL LOSS
ON THE MOLDBOARD PLOUGH BLADES USING THE IMAGE
PROCESSING METHOD**

The quality of the soil tillage and seedbed preparation depends on how well tillage equipment is designed and its purposed function. However, the abrasion and the deformation on tillage equipment are important factors that effect work quality in undesirable way. The deformed tillage tines and moulboard plough blades causes the soil to shift and to increase soil deformation energy as well as the tillage expenses.

In this study, a three point hitch moulboard plough which has two units with trapezoid blades is used in 60 da. The amount of deformation on material loss from the plow blades were determined by using the image processing and weight loss determination together with the planimeter measurements. The Global Lab Image 2 Streamline software is used as image processing purposes. The mean material loss is determined as 33,65 g per dekar as the result of the weight measurement of the moulboard blades. The mean material loss is determined as 61,62 cm² as the result of the image processing measurement of the moulboard blades. The mean material loss is determined as 61,8 cm² as the result of the planimeter measurement of the moulboard blades. The deformation occurred on the front blade more than the deformation and the weight loss on the back blade. It was found that the soil texture and the compaction had a great effect on the material deformation of the blades. This result is also demonstrated by using the image processing.

Key Words : Abrasion, soil compaction, image processing

İÇİNDEKİLER**Sayfa No**

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Deneme Alanı	12
3.1.2. Denemelerde Kullanılan Traktör	12
3.1.3. Denemelerde Kullanılan Pulluk	12
3.1.4. Denemelerde Kullanılan Hidrolik Penetrometre	15
3.1.5. Bilgisayar Programı	16
3.1.6. Denemelerde Kullanılan Ölçü Aletleri	18
3.2. Yöntem	21
3.2.1. Deneme Alanının Hazırlanması	21
3.2.2. Tarla Eğiminin Bulunması	21
3.2.3. Tarla Topraklarının Kuru Baza Göre Nem Tayini	22
3.2.4. Tarla Topraklarının Sıkışıklık Değerlerinin Belirlenmesi	22
3.2.5. Uç Demiri Sertlik Değerlerinin Belirlenmesi	23
3.2.6. Uç Demirlerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi	24
3.2.7. Uç Demirlerinin Planimetre İle Alanlarının Bulunması	24
3.2.8. Uç Demirinin Global Lab Image 2 Streamline ile Alanlarının Bulunması	24
3.2.9. Uç Demirlerinin Açılarının Bulunması	25
3.2.10. Uç Demirlerinin Kesme Genişlikleri ve Keskin Kenar Kalınlıklarının Bulunması	26

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA	27
4.1. Toprak Sıkışıklığı Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi	27
4.2. G. L. I. 2 Streamline Ölçümlerinin Değerlendirilmesi	33
4.3. Planimetre Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi	35
4.4. Hassas Tartı Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi	41
4.5. Uç Demiri Açılarının Değerlendirilmesi	43
4.6. Uç Demiri Kesme Genişlikleri ve Kenar Kalınlıklarının Değerlendirilmesi	47
4.7. İstatistiksel Olarak Verilerin Değerlendirilmesi	48
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	52
KAYNAKLAR	54
TEŞEKKÜR	58
ÖZGEÇMİŞ	59

SİMGELER DİZİNİ

BG	-	Beygircü
° C	-	Santigrad
cm	-	Santimetre
da	-	Dekar
g	-	Gram
h	-	Saat
kPa	-	Kilopaskal
km	-	Kilometre
mg	-	Miligram
m	-	Metre
mm	-	Milimetre
°	-	Derece
%	-	Yüzde Oran
s	-	Saniye

KISALTMALAR DİZİNİ

DIN	-	Alman Standart Normu
G.L.I.	-	Global Lab Image
RC	-	Rockwell C Sertlik Ölçüm Birimi
U.D.	-	Uç Demiri

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL NO</u>	<u>ŞEKİL ADI</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1.	Pulluğun Genel Görünüşü ve Traktör-Pulluk İkili	14
Şekil 3.2.	Uç Demirinin Teknik Ölçüleri	15
Şekil 3.3.	Traktöre Asılır Tip Hidrolik Penetrometre	16
Şekil 3.4.	Bilgisayar Programı Ekran Görüntüsü	16
Şekil 3.5.	Ölçümü Yapılacak Uç Demirinin Bilgisayar Programında Seçili Şekliyle Ekran Görüntüsü	17
Şekil 3.6.	Kalibrasyon Butonu Ekran Görüntüsü	17
Şekil 3.7.	Blob Analiz Butonu Ekran Görüntüsü	18
Şekil 3.8.	Rockwell Ölçüm Cihazı	19
Şekil 3.9.	Denemelerde Kullanılan Ölçü Aletlerinin Toplu Görünüşü	21
Şekil 3.10.	Birinci ve İkinci Tarlalarda Toprak Sıkışıklık Denemelerinin Yapıldığı Yerler	22
Şekil 3.11.	Uç Demirinin Sertliğinin Ölçüldüğü Bölgeler	23
Şekil 4.1.	A Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği	28
Şekil 4.2.	B Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği	28
Şekil 4.3.	C Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği	29
Şekil 4.4.	D Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği	30
Şekil 4.5.	E Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği	31
Şekil 4.6.	F Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği	32
Şekil 4.7.	G.L.I. 2 Streamline Ölçümleri	34
Şekil 4.8.	G.L.I. 2 Streamline Alan Farkları	35
Şekil 4.9.	Planimetre Ölçümleri	36
Şekil 4.10.	Planimetre Alan Farkları	37
Şekil 4.11.	Başlangıç Koşullarına İlişkin G.L.I. 2 Streamline ve Planimetre Ölçümleri	38
Şekil 4.12.	Birinci Tarlaya İlişkin G.L.I. 2 Streamline ve Planimetre Ölçümleri	38
Şekil 4.13.	İkinci Tarlaya İlişkin G.L.I. 2 Streamline ve Planimetre Ölçümleri	39
Şekil 4.14.	Başlangıç ve 1.Tarla Arasındaki Alan Farkları	40
Şekil 4.15.	Başlangıç ve 2.Tarla Arasındaki Alan Farkları	40
Şekil 4.16.	Hassas Tartı Ölçümleri	41

Şekil 4.17. Hassas Tartı Ağırlık Farkları	42
Şekil 4.18. Uç Demiri Açıları	43
Şekil 4.19. Uç Demiri Kenar Açıları [a]	44
Şekil 4.20. Kenar Açığı [a] Farkları	45
Şekil 4.21. Keskin Kenar Açıları [b]	46
Şekil 4.22. Keskin Kenar Açığı [b] Farkları	47
Şekil 5.1. Pulluk Uç Demirinin Aşınmadan Önceki ve Sonraki Görüntüsü	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE NO</u>	<u>ÇİZELGE ADI</u>	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1.	Orjinal Durumdaki Malzemeler İle Sertleştirilmiş Malzemelerin Aşınma Değerleri	6
Çizelge 2.2.	Kültivatör Uç Demirlerinin Ortalama Aşınma Miktarları	8
Çizelge 2.3.	Denemeye Alınan Uç Demirlerinin Sertlik-Aşınma İlişkisi	8
Çizelge 2.4.	Isıl İşlemin Aşınmaya Olan Etkisi ve Değişimi	8
Çizelge 3.1.	Deneme Alanı Tekstür Özellikleri	12
Çizelge 3.2.	Pulluğun Teknik Özellikleri	13
Çizelge 3.3.	Pulluk Uç Demiri Kimyasal Analizi	14
Çizelge 3.4.	Deneme Kayıt Formu	20
Çizelge 3.5.	Laboratuvar Etüt Formu	20
Çizelge 4.1.	Birinci Tarlaya İlişkin Ortalama Toprak Sıkışıklık Değerleri	27
Çizelge 4.2.	İkinci Tarlaya İlişkin Ortalama Toprak Sıkışıklık Değerleri	30
Çizelge 4.3.	Global Lab Image 2 Streamline Ölçümleri	33
Çizelge 4.4.	G.L.I. 2 Streamline Alan Farkları	34
Çizelge 4.5.	Planimetre Ölçümleri	35
Çizelge 4.6.	Planimetre Alan Farkları	36
Çizelge 4.7.	G.L.I. 2 Streamline ve Planimetre Ölçümleri	37
Çizelge 4.8.	G.L.I. 2 Streamline ve Planimetre Alan Farkları	39
Çizelge 4.9.	Hassas Tartı Ölçümleri	41
Çizelge 4.10.	Hassas Tartı Ağırlık Farkları	42
Çizelge 4.11.	Kenar Açığı [a] Ölçümleri	43
Çizelge 4.12.	Kenar Açığı [a] Farkları	44
Çizelge 4.13.	Keskin Kenar Açığı [b] Ölçümleri	45
Çizelge 4.14.	Keskin Kenar Açığı [b] Farkları	46
Çizelge 4.15.	Kesme Genişlikleri ve Kenar Kalınlıkları	47
Çizelge 4.16.	Uç Demirlerindeki % Aşınmanın Varyans Analiz Tablosu	48

Çizelge 4.17. Uç Demiri Konumuna Göre % Aşınma Miktarları	49
Çizelge 4.18. Yönteme Göre % Aşınma Miktarları	49
Çizelge 4.19. Sürüm Sayısına Göre % Aşınma Miktarları	49
Çizelge 4.20. Uç Demirlerindeki Açık Değişimleri Varyans Analizi Tablosu	50
Çizelge 4.21. Uç Demiri Konumunun Aşınmaya Bağlı Açık Değişim Miktarları	50
Çizelge 4.22. Uç Demiri Açık Değişim Miktarları	51
Çizelge 4.23. Sürüm Sayısına Göre Açık Değişim Miktarları	51

1.GİRİŞ

Tarımsal ürünlerin verim ve kalitesi toprağın gereği gibi işlenmesi ile doğrudan ilişkilidir. Diğer koşullar göz önüne alınmazsa toprak işleme kalitesini en çok toprak işleme alet ve makinalarının yapısı ve şekli etkiler (Yaldız, 1990). Bu yüzden toprak işleme alet ve makinalarının işlevlerini, mümkün olduğu kadar iyi yapması istenir.

Aşınma ise birçok mekanizmanın olduğu gibi toprak işleme alet ve makinalarının da şeklini ve yapısını bozan bir olaydır. Aşınma olayı cismin yüzeyinde meydana geldiği için yüzey özellikleri ile ilişkilidir. Yüzey özelliklerinin saptanması ise aşınmadan önce ve sonra mümkündür (Mutaf ve Ulusoy, 1977). Alman DIN 50320 normuna göre aşınma; kullanılan malzemelerin, başka malzemelerle (katı, sıvı, gaz) teması neticesinde mekanik etkenlerle yüzeyden küçük parçacıkların ayrılması sonucu meydana gelen ve istenmeyen yüzey bozulmasıdır (Seçkin, 2000). Benzer bir tanımlamayla aşınma; bağıl hareket ve yüzey basıncı altında kalan iki cismin teması sonucunda ortaya çıkan, mekanik enerjinin etkisi ile malzeme yüzeyinden parçacıkların kopması ile oluşan bir yıpranmadır. Malzemedeki yıpranmanın aşınma sayılabilmesi için; mekanik bir etkenin ve sürtünmenin olması, olayın yavaş ve devamlı olması, malzeme yüzeyinde değişiklik meydana getirmesi ve isteğimiz dışında gerçekleşmesi gerekir (Yücel, 1999).

Malzemedeki kırılma, büyük parça kopması, yüzey işleme veya parlatma aşınmadan sayılmaz (Mutaf ve Ulusoy, 1977). O halde toprak işleme makinalarındaki aşınmaya etki eden etkenler şu şekilde sıralanabilir:

- a) Değişik toprak özellikleri,
- b) Topraktaki farklı nem oranları,
- c) Toprağın alt tabaka sertlikleri,
- d) Uç demirinin farklı metal alaşımlardan yapılması,
- e) Malzeme cinsi, mikro yapısı ve kimyasal bileşimi,
- f) Değişik yüzey pürüzlükleri,
- g) Sürtünme ve sürtünmedeki aşındırıcı taneciklerin sertliği ve büyüklüğü,
- h) Adezyon kuvvetleri,
- ı) Uygulanan ısı işlemler ve malzemenin sıcaklığı,

- i) Çalışma süresi,
- j) Yüklenme ve sürtünme hızı.

Bir aşınma sistemi; aşınma çifti (ana cisim, karşıt cisim) ve diğer aşınma şartlarından (ara cisim, hareket ve yük) oluşur. Bu araştırmada pulluk ana cisim, toprak ise karşıt cisimdir. Aşınma tipleri; abrazif aşınma, adhezif aşınma, yorulma aşınması, korozyon aşınma olarak 4 grupta toplanabilir. Bu aşınma tiplerinin yanında aşınma; tabaka (oksidasyon) aşınması, yenme aşınması, erozyon, kavitasyon, püskürtme aşınması olarak da sınıflandırılmıştır (Yücel, 1999). Abrazif aşınma; uygulanan yüke bağlı olarak, sert ve pürüzlü bir yüzeyin yumuşak malzemeye girerek ve çizikler açacak şekilde mikroskobik talaşlar kaldırmasıdır (Yaldız, 1990). Bu çalışmada da toprak içindeki sert mineraller uç demiri üzerine etki etmektedir. Adhezif aşınma ise, iki metal arasında belli temas noktalarında, malzemenin akma mukavemetinin aşılmasıyla meydana gelen aşınma tipidir. Yüksek hız ve yüklenmelerde görülür. Yorulma aşınması dediğimiz kavram ise, periyodik yüklemelerde görülen ve yüzey altında zayıf noktalar meydana getirip, çatlaklar oluşturan aşınma tipi olarak açıklanabilmektedir. Korozyon aşınma; kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda metal yüzeylerinde korozyonun oluşarak, mekanik etkenlerle taşınması olayıdır. Bunun yanında tabaka aşınması; yüzeylerin hava ile temasa girmesi sonucunda oluşan sert tabakaların değişken yükler altında kırılması ve bu olayın sürekli yinelenmesi ile oluşur. Yenme aşınması dediğimiz aşınma tipi ise; birbirine kuvvetle temas eden iki metal yüzey arasında düşük genlikli titreşimlerin meydana gelmesiyle oluşur. Adhezif aşınmanın şiddetli bir çeşididir (Yücel, 1999).

Pulluk uç demirinde oluşan aşınmanın sakıncaları şu şekilde açıklanabilir: Aşınmaya maruz kalıp körleşen uç demiri, toprağı kesmeyip onu öteler. Böylece pulluk tabanı oluşumu hızlanır. Pulluk tabanı sıkışmış bir tabaka oluşturacağından, bitki gelişimi de bu durumdan olumsuz etkilenir. Pulluk uç demirinin, toprak şeridini paralel kesmesi gerekir. Bu iş için harcanan çeki kuvveti yaklaşık olarak toplam çeki kuvvetinin %50'sidir. Bu yüzden uç demiri imalatı son derece önemlidir. Anız bozmada kullanılan pulluk uç demirlerinin keskin kenarlarının 2 mm aşınması çeki gücü gereksinimini %15-%24 oranında arttırmaktadır (Yaldız, 1990). Uç demirinin aşınmaya başladığı süreçle birlikte, iş için gerekli enerji miktarı da artar. Aşınan parçaların yenilenmesi söz konusu olduğunda, bu da zaman ve malzeme kaybindan

dolayı maliyeti yükseltmektedir. Diğer yandan, iki gövdeli bir pullukla yapılan bu çalışma da ortaya konan bulgular dikkate alınarak, ortalama aşınma miktarı 33,65 g/da alındığında ve ülkemizde tarım yapılan, toplam 18 milyon ha arazinin (Anonim, 2001a) yılda iki kez sürüldüğü düşünülürse 12 bin ton çeliğin aşınmayla birlikte kaybolduğunu söyleyebiliriz. Böylece ülkemizde toplam 902524 adet pulluk (Anonim, 2001b) olduğu dikkate alınır, kaybolan malzeme miktarının oldukça çok olduğu görülebilmektedir. Bu çalışmanın amacı; bütün bu olumsuzlukların giderilmesi için toprak işleme sırasında pulluk uç demirlerinde meydana gelen aşınmaların hassas bir şekilde belirlenmesini sağlamaktır.

Aşınmanın yol açtığı bu sakıncaları ortadan kaldırmak için bazı önlemler alınabilir. Bunlardan bazıları aşağıda yer almaktadır.

a) Bazı uç demirleri iki ayrı sertlikteki çift katlı malzemeden yapılır. Bu şekilde imal edilen uç demirlerinde üst kat alt kata göre daha yumuşaktır. Toprak işleme sırasında bu kat daha çabuk aşınarak, kesici kenar boyunca devamlı bileme sağlanır (Keçecioğlu ve Ulusoy, 1975).

b) Tabaka (oksidasyon) aşınması için; korozif ortama ve sıcaklığa bağlı olarak, çinko, alüminyum, kobalt, molibden, nikel, titanyum, paslanmaz çelik, bronz, sert metal alaşımları ve seramik kaplama uygulamaları olumlu sonuçlar vermektedir.

c) Üç katlı çelikten (dış kat sert karbon oranı %0.8-%0.9, orta kat daha yumuşak karbon oranı %0.1) imal edilen uç demirlerinde de aşınma belli oranda azaltılabilmektedir.

Bu araştırmada; kaybolan malzeme miktarını belirlemek için; ağırlık yöntemi ve planimetrenin yanında görüntü işleme tekniğinden yararlanılmıştır. Görüntü işleme, genel terim olarak resimsel bilgilerin manipülasyonu ve analizi demektir. Görüntü işleme (image processing) cismin görüntüsünün tutulması ve sayısallaştırılması, sayısal görüntünün iyileştirilmesi ve değiştirilmesi, sayısal görüntünün amaca uygun analizi işlemlerinden oluşur (Yalçın, 1997). Çok sayıdaki optik bilginin işlenmesi zorunluluğu, görüntü işleme sistemlerini gündeme getirmiştir. Bu yöndeki çalışmalar, Jet Propulsion Laboratuvarında 1964 yılında başlamış ve aydan gelen görüntüler, sayısal olarak işlenmiştir.

Sayısal görüntü işleme; şekli düzgün olmayan nesnelerin eşit ağırlıklarda kesilmesinde, tekstilde şekillerin oluşturulmasında ve boyama işlemlerinde, bunun

yanında tıp, endüstri ve astronomi alanında kullanılmaktadır (Gökmen, 1990). Diğer yandan sayısal görüntü işleme ile bilgi transfer edilip, karşılaştırılabilir, akışkanlar mekaniğinde, yemeklerde kalite-kontrolde, metalurji ve malzeme biliminde kullanılabilir. Ayrıca, kartoğrafyada, uydu resimleri işlemede, bakteriyel gelişim taramasında, coğrafik modellemede, hava haritacılığında, nesne tanımda ve sıralama işlemlerinde kullanımı da söz konusudur (Uysal, 2000).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Moore ve McLees (1980), hızın çelik ve bakır aşınması üzerine etkisini incelemişlerdir. Laboratuvar ve tarla koşullarında 0,25 ve 7 m/s arasındaki hızlarda denemeler yapmışlardır. Laboratuvar sonuçları, hızın 0,25 m/s'den 5 m/s'ye çıkmasıyla çeliğin yaklaşık % 90 oranında aşındığını göstermiştir. Bakırda bu artış olmamıştır. Tarla denemelerinde ise, hızın 0,25 m/s'den 7 m/s'ye çıkmasıyla, toprak ve malzeme tipine bağlı olarak aşınma oranının da maksimum % 180 arttığını bulmuşlardır. Yüksek aşınma direnci olan malzemeler kullanıldığında, hızın da arttırılabileceği ortaya konulmuştur.

Karamış (1987), yaptığı çalışmada Türk tarımında aşınarak kaybedilen toprak işleme aletlerinin iş elemanlarının metal malzeme miktarlarının, enerji eş değerlerini hesaplayarak, aşınmanın önemini vurgulamıştır. Mutaf ve Ulusoy (1977) çalışmasındaki verileri dikkate alarak, bu değerleri Türkiye'deki tahıl ekimi için genelleştirmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda 9701850 kg çeliğin aşınarak toprağa karıştığı bulunmuştur. Bu miktarın enerji eş değeri, yılda $841,15 \times 10^6$ MJ olarak bulunmuştur.

Komaç ve ark. (1988), dört farklı çelik tipini seçerek, pulluk malzemelerinin, toprağın aşındırma gücüne karşı davranışlarını belirlemişlerdir. Ayrıca pulluk malzeme özelliklerini geliştirmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada, düşük karbonlu çeliklere sıvı ortamda sementasyon işlemi uygulanarak su verilmiştir. Seçtikleri çeliklerden üç tabakalı olan çeliğe yine su verme işlemi uygulanarak dış tabakaların sertleştirilmesi sağlanmıştır. Isıl işlemden sonra dövme işlemi uygulanarak üst yüzey sertleştirilmesi yapılmıştır. Daha sonra ısıl işlem uygulanmış olan uç demirlerinin sertlik değerleri bulunmuştur. Malzemelerin toprağa karşı aşınma dirençleri, laboratuvar koşullarında bulunan aşındırma cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda uç demirlerinin darbe dayanımları bulunmuştur. Yapılan işlemlerden elde edilen sonuçlara göre, malzemelerin aşınma miktarlarının çok olması nedeniyle orjinal hallerinin kullanılmaz olduğu saptanmıştır. Sertleştirilen malzemeler içinden en uygun olanının Sandwich çeliği olduğu saptanmıştır. Aşınmanın, sertlik değeri arttıkça azaldığı bulunmuştur. Dövme işlemi sonucunda, aşınma direncinin arttığı gözlemlenmiştir. Orijinal durumdaki malzemeler ile sertleştirilmiş malzemelerin aşınma değerleri Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Orjinal Durumdaki Malzemeler İle Sertleştirilmiş Malzemelerin Aşınma Değerleri (g/m²)

Çelik Cinsi	Orjinal Durumda	Sertleştirilmiş Durumda
SAE 950-C	398,81	36,34
DIN 17100 St 52-3	201,12	48,38
Sandwich Çeliği	123,95	50,10

Foley ve ark. (1988), yaptıkları çalışmada tarım topraklarında alüminyum oksitli seramik kaplamalı dipkazanın aşınma performansını test etmişlerdir.

Yaldız (1990), pulluk uç demirlerinin uygun malzemeler ve ısıl işlemlerle aşınmaya olan etkilerini incelemiştir. Denemeler 180 da'lık bir tarlada ve 3 gövdeli bir pullukla gerçekleştirilmiştir. Aşınma miktarları ± 2 gram hassasiyetindeki elektronik tartıyla, ağırlık bazında bulunmuştur. Yapılan denemeler ve laboratuvar incelemeleri sonucunda; yüksek miktardaki malzeme sertliğinin, aşınma direncini arttırdığı bulunmuştur. Ön gövdedeki aşınmanın daha fazla olduğu saptanmıştır.

Yu ve Bhole (1990), toprak işleme aletlerini tabi tutabilecekleri, toprak karakteristiklerini değiştirip kontrol edebilecekleri, bir prototip aşındırma test cihazı yapmışlardır. Gerçekleştirilen ilk deneylerde cihaz olumlu sonuç vermiştir.

Çoğay (1992), pulluk uç demirlerindeki aşınmaları belirlemek için tarla denemeleri yapmış ve ağırlık kayıpları ile keskin kenar kalınlıkları arasındaki ilişkileri incelemiştir. Aşınmayı önlemek için en etkin yüzey sertleştirme yöntemlerini bulmaya çalışmıştır. Uç demirlerinde sert karbürlerle bölgesel sertleştirmeler yapılarak, uç demirlerinin sertliği artırılmış ve sonuçta malzemedeki aşınma en az düzeye indirilmiştir.

Kufel ve Wierzcholski (1993), yaptıkları çalışmada, pulluk gövdelerinin çatıya sabit ve esneyebilir bağlanmasının, uç demiri aşınmasına ne yönde etki edeceğini araştırmışlardır. Tarla denemeleri, yapısal değişiklik gösteren iki farklı model pulluğun çalışmalarını kapsamaktadır. Deney sonuçlarına göre, çatıya esnek bağlanan pulluktaki uç demirlerinde, çatıya sabit bağlanan pulluktaki uç demirlerine göre daha az aşınma gerçekleşmiştir.

Salokhe ve ark. (1993), tarımsal uygulamalarda emaye kaplamaları araştırmışlardır. Emaye kaplı ekipmanların toprak içinde çalışırken, sürtünmeyi,

adhezyon ve çeki gereksinimini azalttığını bulmuşlardır. Emaye kaplamaların fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Bu araştırmada, toprak-metal adhezyon ve sürtünmesi, elektriksel iletkenlik, yüzey sertliği gibi değerler elektron tarama mikroskopuyla ölçülmüştür. Yumuşak yüzeyli çeliğin özellikleri ile emaye kaplamanın özelliklerini karşılaştırmışlardır. Emaye kaplamaların özel karakteristikleri nedeniyle tarımda performansı arttırdığını belirtmişlerdir.

Çetinkaya (1994), pulluk uç demiri imalatında kullanılan malzemelere uygulanan ısı işlemlerin aşınma direncine etkisini araştırmıştır. Uç demirlerinin Rockwell sertlik ölçümleri yapılmış, kum havuzunda ve tarla şartlarında denenmiştir. Aşınma ağırlık yöntemiyle belirlenmiştir. Aşınma, uç demirlerinin sertliğine bağlı olarak farklılıklar göstermiştir. En yumuşak 28 RC ve en sert 51 RC malzemelerinin en az aşınma gösterdiği tespit edilmiştir. Uç demirlerindeki aşınmalar, optik ve tarama mikroskobu ile görüntülenmiştir. Deney sonucunda; kumdaki bir dekara düşen aşınma, tarladaki bir dekara düşen aşınmadan daha fazla olarak bulunmuştur. Uç demiri yapısıyla ilişkili olarak tarlada çok aşınan uç demiri kumda da çok aşınmıştır. Ayrıca 4 gövdeli pullukla yapılan denemeler sonucunda, öndeki gövdenin en çok, dördüncü gövdenin birinciye oranla daha az fakat diğerlerinden daha fazla aşındığı belirlenmiştir.

Polat ve Özcan (1994), yaptıkları çalışmada 7 ayaklı sabit kültivatörle aşınmaları belirlemek için tarla denemeleri yapmışlardır. Denemeler toplam 15 ha olmak üzere iki farklı tarlada gerçekleştirilmiştir. Farklı alaçımlardaki kültivatör uç demirlerinin bazıları doğrudan, bazıları ısı işlemlerden sonra denemeye alınmıştır. Aşınma miktarları malzeme ve ısı işlem özellikleri göz önüne alınarak incelenmiştir. Aşınma ağırlık yöntemine göre belirlenmiş olup, $\pm 0,1$ gram hassasiyetindeki terazi ile ölçüm yapılmıştır. Sürüm derinliği 15 cm ve çalışma hızı 1,5 m/s olarak seçilmiştir. Her bir uç demiri 10 km'lik mesafede çalıştırılmıştır. Bu çalışmadaki ortalama aşınma miktarları Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Kültivatör Uç Demirlerinin Ortalama Aşınma Miktarları (g/10 km)

Deneme Ucu	Ortalama Aşınma Miktarı
A	13,53 ± 1,15
B	18,06 ± 0,37
C	26,30 ± 1,63
D	21,70 ± 1,50
E	11,90 ± 1,55

Denemeye alınan uç demirlerinin sertlik-aşınma ilişkisi, Çizelge 2.3.'de verilmiştir. Isıl işlemin aşınmaya olan etkisi ve değişimi ise Çizelge 2.4.'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Denemeye Alınan Uç Demirlerinin Sertlik-Aşınma İlişkisi

Malzeme Çeşidi	Sertlik		Aşınma Miktarı (g/km)
	RC	BSD	
A	30	292	1,35
B	20	235	1,80
C	5	170	2,63

Çizelge 2.4. Isıl İşlemin Aşınmaya Olan Etkisi ve Değişimi

Uç Demiri	Malzeme	Sertlik (RC)	Aşınma (g/km)
B	Ç1050	20	1,80
E	Ç1050 (ısıl işlem)	45	1,19
C	Ç1040	5	2,63
D	Ç1040 (ısıl işlem)	43	2,17

Sonuç itibariyle bu çalışmada sertlik arttıkça aşınmanın azaldığı tespit edilmiştir. Sonuçlar aşınma ve maliyet göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Burada her uç demirinin maliyeti, kendi ekonomik ömrüne bölünerek 1 km'lik mesafedeki gider TL/km olarak bulunmuştur.

Bayhan ve ark. (1995), toprak işleme aletleri uç demirlerinin aşınma deneylerinin yapılabileceği, üzerinde bir toprak kazanı ile bir ana mil ve milin üzerinde kollara bağlı ayakları olan, ayrıca üzerinde hareket iletim düzeni ve ana çatının bulunduğu bir prototip aşındırma makinası geliştirmişlerdir. Denemelerde killi-tınlı toprakta, 20 cm iş derinliğinde çalışılmıştır. Yay çeliğinden yapılmış uç kısımlarının dövülerek sertleştirildiği uç demiri en az aşınma göstermiştir. Sertlik arttıkça aşınmanın azaldığı tespit edilmiştir.

Akdemir ve Göktürk (1995), toprak işleme aletlerinde aşınmanın önüne geçmek için yaptıkları çalışmada, kimyasal bileşiminin belirlendiği, kültivatör uç demirine farklı ısıl işlemler uygulamışlardır. Kopma mukavemeti, kopmadaki uzama, darbe dayanımı ve sertlik değerleri ölçülmüştür. Sertlik ölçümleri Rockwell cinsinden bulunmuştur. Isıl işlem uygulandıktan sonraki sertlik ölçümleri Vickers'a göre yapılmıştır. Metalografik yapısının belirlenmesi için mikroskop altında fotoğrafları alınan uç demirlerinin, iç yapısındaki değişimler gözlenmiştir. Buradan yola çıkılarak en iyi ısıl işlem belirlenmiştir. Ayrıca ekonomik analiz yapılmıştır. Araştırma sonucunda, normalizasyon tavlama (850 °C'de 2 saat) ve nitrürlemenin (570 °C'de 24 saat) uygulandığı işlemler, malzemenin mukavemet değerleri açısından en iyi sonucu vermiştir.

Bayhan ve Ülger (1997), yaptıkları araştırmada 5 farklı çizel uç demirinin aşınmasını incelemişlerdir. Yaz aylarında, kuru toprak koşullarında ve 3 farklı tarlada yapılan denemelerde, her bir uç demiri ile 20 da'lık alanlarda sürüm yapılmıştır. İş derinliği 20 cm olarak seçilmiş olup, çalışma hızı da 4 km/h'tir. Ön çatıdaki ayaklar ile arka çatıdaki ayaklar ayrı ayrı gruplandırılmıştır. Aşınmanın belirlenebilmesi için, uç demirlerinin ağırlıkları $\pm 0,01$ gram hassasiyetindeki terazi ile ölçülmüştür. Aşınma miktarları sürüm uzunluğuna bağlı olarak bulunmuştur. Deneme deseni tesadüf bloklarına göre planlanmıştır. Elde edilen veriler LSD testine tabi tutulmuştur. Aşınma miktarları bakımından, uç demirleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık saptanmıştır. Sürüm sonucunda ön ayaklardaki aşınma miktarı en fazla; 14,24 g/km olurken, en az 9,36 g/km ölçülmüştür. Arka ayaklarda ise en çok aşınma miktarı; 10,41 g/km iken, en az aşınma 5,94 g/km olmuştur. En sert uç demirinin en az aşındığı belirlenmiştir. Böylece malzeme seçimi kadar, uygulanan ısıl işleminde önemli olduğu ortaya konmuştur.

Owsiak (1997), simetrik V şeklinde biçimlendirilmiş toprak işleme aletlerinin aşınmasını incelemiştir. Uç demiri aşınmalarını, uzunluk, kalınlık ve ağırlık olarak bulmuştur. Aşınmada 4 tip çelik kullanmıştır. Çeliklerin sertliklerini ve malzeme yapılarını incelemiştir. Ayrıca V şeklinde biçimlendirilmiş toprak işleme aletlerindeki aşınmanın matematiksel modelini çıkartmıştır.

Natsis ve ark. (1999), yaptıkları tarla denemeleri sonucunda toprak yapısını ve toprak suyunun toprak işleme aletlerinin aşınması üzerine etkisini araştırmışlardır. Killi topraklarda toprak suyunun oranı arttıkça aşınmanın azaldığını belirtmişlerdir. Kumlu topraklarda ise bu durumun tersi söz konusudur. Uç demirinin kesme ağzının kalınlığı arttıkça, çeki kuvveti ve yakıt tüketiminin de arttığını tespit etmişlerdir. Kesme ağzının boyutu arttıkça, toprak keseklerinin de boyutu artmakta; bu durum toprak işleme kalitesini ciddi biçimde düşürmektedir. Araştırmalardan elde edilen en iyi performans, uç demiri kesme ağzı kalınlığı 1 mm olduğunda gerçekleşmektedir.

Yalçın (1997), çok dar ayakların toprak işleme sırasında, topraktaki bozulmalarını ve meydana getirdikleri etkileri incelemiştir. Çok dar ayağın toprağı işleme sırasında meydana getirdiği bozulma şekillerinin görüntüleri bir kamera yardımıyla düşey düzlemde alınarak, toprak-çok dar ayak ilişkisi belirlenmiştir. Bu görüntülere ait ölçümler Global Lab Image bilgisayar programı yardımıyla değerlendirilerek, çalışma derinlikleri ve ayak açısı ilişkileri incelenmiştir.

Ayata (1997), yaptığı çalışmada, toprakla temas halinde olan geniş ve dar ayakların meydana getirdikleri bozulma şekillerini görüntü işleme sistemiyle belirlemeye çalışmıştır. Topraktaki bozulmaları gözlemlemek için; cam kap, elektrik motorundan oluşan güç kaynağı, hareket iletim sistemi, standart ayak ve ayağın bağlantı ünitesinden oluşan deney düzeneğini kullanmıştır. Denemelerde 20, 80 ve 140 mm derinliklerde, kumlu ortamda, 45 ve 90 ° temas açılı ayakların yatay ve düşey düzlemde meydana getirdikleri bozulma alanı, maksimum bozulma mesafesi gibi değerleri belirlemiştir. Her uygulamaya ait görüntüler, sayısal bir kamera yardımıyla kişisel bilgisayara aktarılmıştır. Görüntüler Paint'te belirginleştirildikten sonra, Global Lab Image yazılımı ile incelenmiştir. Görüntü işleme sisteminin toprak dinamiği alanında da başarı ile kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Görüntü işleme tekniği sadece aşınmanın ve topraktaki bozulmaların belirlenmesinde değil, diğer tarımsal alanlarda da kullanılabilmektedir.

Singh ve ark. (1993), yaptıkları çalışmada sert çekirdekli meyvelerde, yaralı ve bereli olanların ayrıştırılmasında görüntü işleme tekniğini kullanmışlardır. Görüntü işlemede bir aydınlatma kaynağı, kamera ve bir bilgisayardan faydalanmışlardır.

Cebeci ve Bek (1994), yürüttükleri çalışmada değişik genotiplerden koyunlara ait yapağı örneklerinin görüntü işleme sistemi kullanılarak değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Elde edilen bulgulardan klasik yöntemlere göre, görüntü işleme tekniğinin bazı avantajlar sağladığını belirlemişlerdir. Burada kullanılan görüntü işleme sistemi, bir mikroskop üzerine monte edilen kamera, bir görüntüleme monitörü ve bilgisayar sisteminden oluşmaktadır. Cisimden alınan görüntü, bilgisayarda bulunan görüntü yakalayıcı kart ile kazanılıp sayısallaştırılır ve herhangi bir formatta bir dosyaya kaydedilir. Daha sonra analiz işlemleri yapılmaktadır.

Taşeri ve Eker (2000), görüntü (image) analiz tekniği hakkında bilgi vererek, bu tekniğin tarım sektöründeki uygulamalarından bahsetmişlerdir. Bunlar; elma ve domateslerin olgunluk aşamalarının saptanması, havuçların kalite kontrolü, dolmalık biberlerin, patatesin ve şeftalinin sınıflandırılması ve elmaların içinde meydana gelen bozuklukların tespitidir. Bütün bu işlemlerin temelinde, cismin kamera ile elde edilen görüntüsünün bilgisayar tarafından sayısallaştırılması ve işlenmesi esası vardır.

Yılmaz (2002), yaptığı çalışmada sera ortamında yetiştirilen turunç fidelerinin yaprak gelişim görüntülerini kamera yardımıyla kaydetmiştir. Bitki ve yaprağa zarar vermeden görüntü işleme yöntemini uygulamış ve yaprak alanlarını belirlemiştir. Görüntü işleme programı olarak Sigma Scan Pro'nun deneme sürümlerini kullanmış ve bitkideki gelişimi gözlemlemiştir.

Işık ve Güler (2003), yaptıkları çalışmada, elmaların boyutsal özelliklerini alansal olarak planimetre ve görüntü işleme tekniği ile belirlemişlerdir. Görüntü işleme tekniği olarak G.L.I. 2 Streamline bilgisayar programının deneme sürümünü kullanmışlardır. Elma boyutlarının, planimetrenin yanında görüntü işleme tekniğiyle de bulunabileceğini ortaya koymuşlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Alanı

Traktör üç nokta askı sistemine bağlı, 2 gövdeli kulaklı pulluğun denemesi Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde yürütülmüştür. Araştırma her biri 30 da olan iki farklı tarlada gerçekleştirilmiştir. Birinci tarlanın eğimi % 2,1 iken, ikinci tarla % 3'lük bir eğime sahiptir. Birinci tarlanın nem değeri ortalama % 8,23 iken, ikinci tarla ortalama % 7,6 nem değerine sahiptir. Çizelge 3.1'de deneme alanı tekstür özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme Alanı Tekstür Özellikleri

BİLEŞENLER	1. TARLA (Kil Bünye)	Kum (%)	28,77
		Silt (%)	15,76
		Kil (%)	55,80
	2. TARLA (Kil Bünye)	Kum (%)	36,43
		Silt (%)	15,29
		Kil (%)	48,27

3.1.2. Denemelerde Kullanılan Traktör

Denemelerde 4 zamanlı, Diesel motorlu, normal emişli, 2000 model New Holland L 65 marka tarım traktörü kullanılmıştır. Kullanılan traktörün maksimum gücü (2500 d/d) 48 kW'tır. Maksimum tork (1400 d/d) 215 Nm'dir. Deneme traktörü 12 ileri 12 geri hız kademesinde çalışma olanağına sahiptir.

3.1.3. Denemelerde Kullanılan Pulluk

Araştırmada, Turan Tarım Firması yapımı 2 gövdeli, yarı otomatik, 13 inç, kulağın iki parçalı olarak imal edildiği, kulak uzantısı olan ve yarı bükük kulağa sahip,

trapez uç demirli tam asma tip traktör pulluğu kullanılmıştır. Pulluğun teknik özellikleri Çizelge 3.2.'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.2. Pulluğun Teknik Özellikleri

Ölçüm Yeri	Ölçülen Değer (mm)
Genel	
Uzunluk	1450
Genişlik	1100
Yükseklik	1260
Ağırlık (kg)	250
Gerçek İş Genişliği	610
Çatı Yüksekliği	640
Bir Gövdenin İş Genişliği	335
Örtme Payı	60
Alt Kavrama Payı	30
Yan Kavrama Payı	18
Kulak	
Sayısı (adet)	2
Malzeme Kalınlığı	7
Uzunluğu	760
Yüksekliği	320
Kulaklar Arası Uzaklık	650
Uç Demiri	
Tipi	Trapez
Uzunluk	490
Genişlik	126
Ortalama Sertlik (RC)	33
Kesme Genişliği	15
Malzeme Kalınlığı	10
Uç Demirleri Arası Uzaklık	645

Pulluk uç demirine ait, kimyasal analiz sonucu elde edilen bulgular Çizelge 3.3'de verilmiştir (Anonim, 2004). Bu bulgulara göre; uç demirinin sertlik değerini belirleyen karbon elementinin değeri ortalama % 0,53'tür. Malzemenin sert ve kırılğan olmasını sağlayan manganez % 1,37'dir. Oksijeni bağlayarak uç demirinin mukavemetini arttıran silisyumun değeri % 0,207'dir. Malzeme sertliğini arttıran alüminyumun değeri ise % 0,0342'dir. Pulluk uç demirinin demir oranı % 97,7'dir. Çizelge 3.3.'de yer alan diğer elementlerin oranı önemli derecede değildir.

Çizelge 3.3. Pulluk Uç Demiri Kimyasal Analizi

Ölçüm No	Elementler (%)						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
1	0.641	0.206	1.36	0.00104	<0.00100	0.0158	0.00990
2	0.466	0.205	1.38	<0.00100	<0.00100	0.0149	0.01000
3	0.387	0.210	1.37	0.00215	<0.00100	0.0143	0.00916
4	0.450	0.208	1.37	0.00262	<0.00100	0.0157	0.01020
5	0.710	0.208	1.38	<0.00100	<0.00100	0.0140	0.00785
	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V
1	<0.00100	0.0354	0.00268	0.0165	<0.00200	0.00162	0.00717
2	<0.00100	0.0343	<0.00100	0.0154	<0.00200	0.00181	0.00703
3	<0.00100	0.0343	0.00315	0.0159	<0.00200	0.00162	0.00744
4	<0.00100	0.0340	0.00229	0.0171	<0.00200	0.00180	0.00675
5	<0.00100	0.0332	0.00140	0.0203	<0.00200	0.00183	0.00816
	W	Pb	Sn	Sb	Fe		
1	<0.00500	<0.00200	0.00910	0.00326	97.67		
2	<0.00500	<0.00200	0.00862	0.00485	97.84		
3	<0.00500	<0.00200	0.00961	0.00565	97.92		
4	<0.00500	<0.00200	0.01010	0.00693	97.85		
5	<0.00500	<0.00200	0.01060	0.00543	97.58		

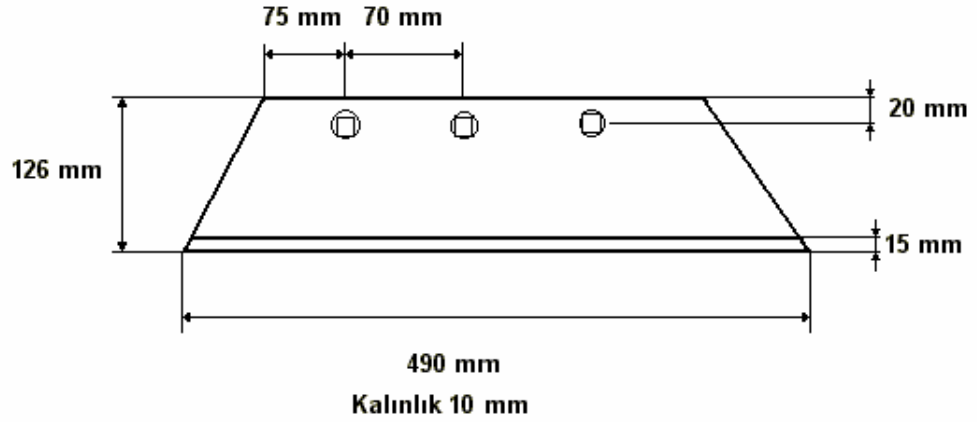
Elementler	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
Ort. (%)	0.530	0.207	1.37	<0.00156	<0.00100	0.0149	0.00942
Elementler	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V
Ort. (%)	<0.00100	0.0342	<0.00210	0.0170	<0.00200	0.00174	0.00731
Elementler	W	Pb	Sn	Sb	Fe		
Ort. (%)	<0.00500	<0.00200	0.00960	0.00523	97.77		

Pulluğun genel görünüşü ve traktör-pulluk ikilisi Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Pulluğun Genel Görünüşü ve Traktör-Pulluk İkilisi

Uç demirine ilişkin teknik özellikler Şekil 3.2' de belirtilmiştir.



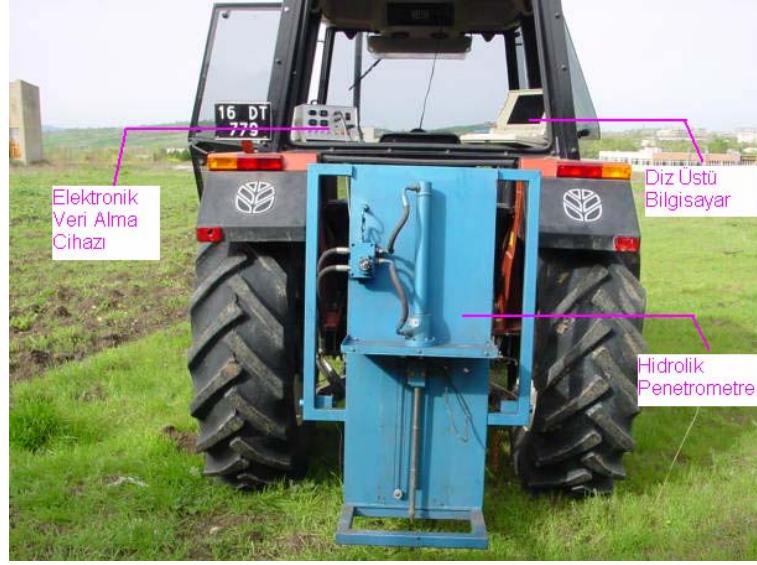
Şekil 3.2. Uç Demirinin Teknik Ölçüleri

3.1.4. Denemelerde Kullanılan Hidrolik Penetrometre

Toprak sıkışıklığı değeri koni indeksi olarak; penetrometre konisinin toprağı standart delme hızında, penetrometre sapına uygulanan kuvvetin, koni taban alanına bölünmesiyle bulunur (Okursoy ve Barut, 1994).

Bu çalışmada, toprak sıkışıklığını belirlemek amacıyla, traktöre asılır tip hidrolik penetrometre kullanılmıştır. Bu penetrometre hidrolik, mekanik ve elektronik ölçüm devresi olmak üzere temel olarak üç bölümden oluşmaktadır.

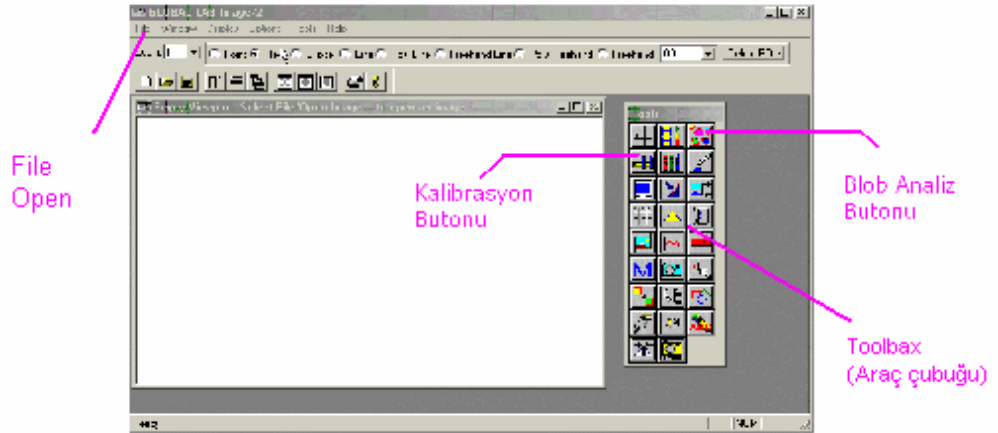
Toprak penetrometresinin 40 cm derinlikte ve standart delme hızı 30 mm/s'de tek bir ölçüm noktasından veri alma işlemi 13,3 s gibi kısa bir zamanda tamamlanabilmektedir. Bu penetrometreyle kuvvet, derinlik ve sıcaklık değerleri algılanabilmektedir. MS-DOS işletim sistemine uyumlu, Pascal dilinde yazılmış bir bilgisayar programı ile ölçümler gerçekleştirilmektedir. Alınan veriler MS-EXCEL ortamında işlenmektedir (Tekin 2001). Traktöre asılır tip hidrolik penetrometre Şekil 3.3.'de verilmiştir.



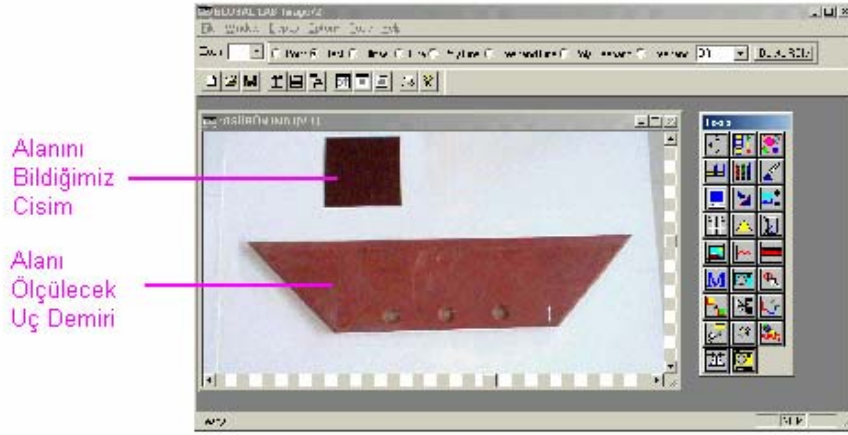
Şekil 3.3. Traktöre Asılır Tip Hidrolik Penetrometre

3.1.5. Bilgisayar Programı

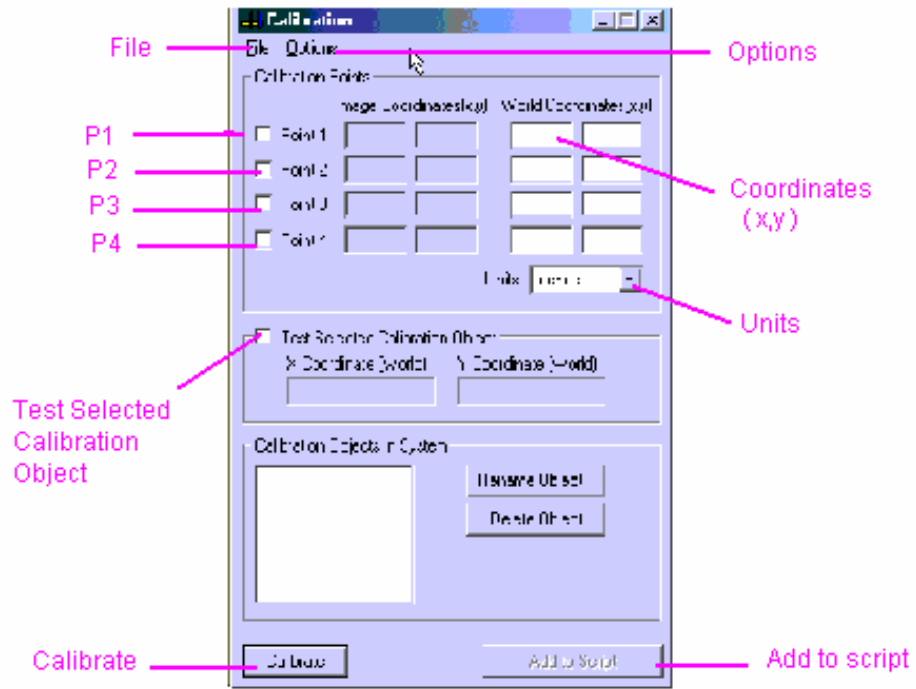
Çalışmada aşınma olayının güvenilir ve kolay bir biçimde bulunması için, Global Lab Image 2 Streamline bilgisayar programının deneme sürümleri kullanılmıştır. Program .bmp uzantılı resimlerle uyumlu çalışmaktadır. Programının kullanımı sırasında önce kalibrasyon işlemi, daha sonra blob (kabarık) analizi yapılmaktadır. Bilgisayar programı ekran görüntüsü Şekil 3.4’de, ölçümü yapılacak uç demirinin bilgisayar programında seçili şekliyle ekran görüntüsü Şekil 3.5’de, kalibrasyon butonu ekran görüntüsü Şekil 3.6’da, blob analizi ekran görüntüsü ise Şekil 3.7.’de verilmiştir.



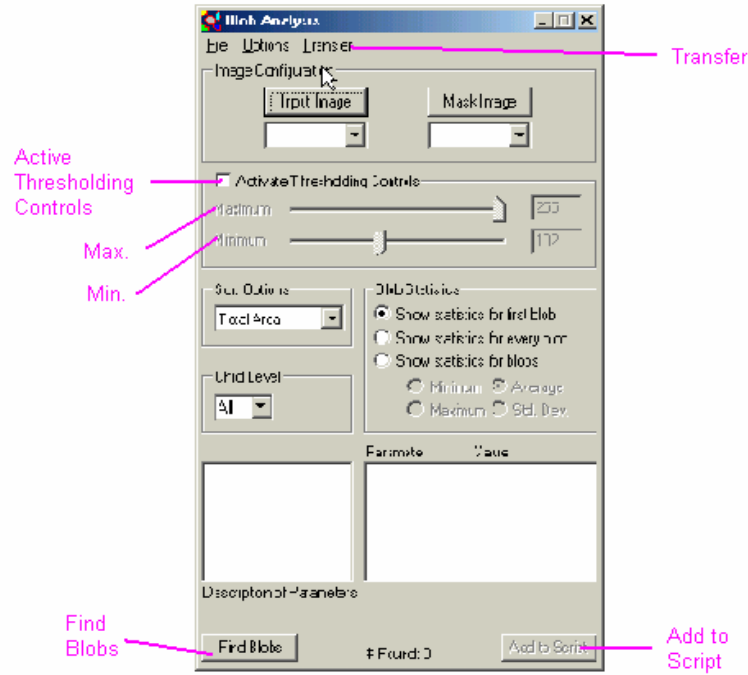
Şekil 3.4. Bilgisayar Programı Ekran Görüntüsü



Şekil 3.5. Ölçümü Yapılacak Uç Demirinin Bilgisayar Programında Seçili Şekliyle Ekran Görüntüsü



Şekil 3.6. Kalibrasyon Butonu Ekran Görüntüsü



Şekil 3.7. Blob Analiz Butonu Ekran Görüntüsü

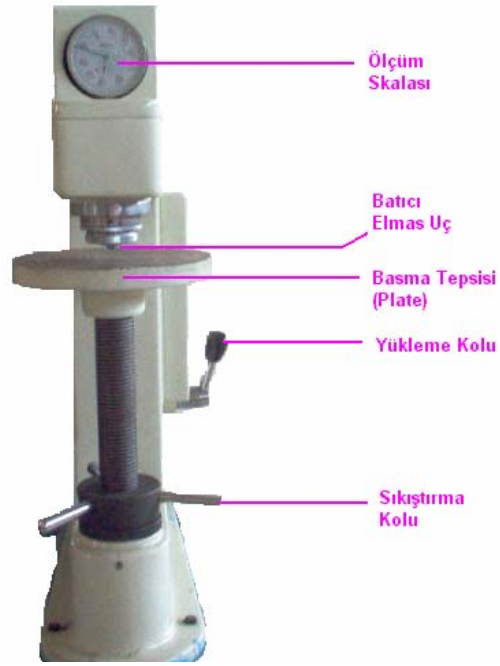
3.1.6. Denemelerde Kullanılan Ölçü Aletleri

Bilgisayar, dijital fotoğraf makinası, Rockwell sertlik ölçüm cihazı, planimetre, hassas tartı, etüv, kumpas, çelik şerit metre, hesap makinası, çitalar ve deneme kayıt formları ile laboratuvar etüt formları kullanılmıştır.

Bilgisayar: Denemelerde; Intel Celeron 1.7 GHz işlemci, 512 Mb RAM, 64 Mb Geforce 2 ekran kartı, NVIDIA Geforce 2 MXMX400 17" monitör özelliklerine sahip kişisel masaüstü bilgisayarı kullanılmıştır.

Dijital Fotoğraf Makinası: Pulluk uç demirlerindeki aşınma miktarını belirlemede, sürümden önce ve sonra fotoğraflarını çekmek için; Hp photosmart 435 marka 3.1 MP 5xzoom özelliklerine sahip dijital fotoğraf makinası kullanılmıştır.

Rockwell Ölçüm Cihazı: Batıcı ucu, 120 ° elmas uçtur. Üzerinde yüklemenin yapıldığı ve sertlik değerini gösteren skala bulunur. Ölçülecek olan aparatın üzerine konulduğu basma tepsi (plate) ve ölçümü gerçekleştirmek için yükleme kolu mevcuttur. Şekil 3.8'de Rockwell sertlik ölçme cihazı verilmiştir.



Şekil 3.8. Rockwell Ölçüm Cihazı

Planimetre: Denemelerde kağıt üzerine çizilen uç demirlerinin alanlarını bulmak amacıyla, Placom KOIZUMI KP-90N marka dijital planimetre kullanılmıştır.

Hassas Tartı: Uç demirlerinin sürümden önce ve sürümden sonra ağırlıklarını belirlemek için, ± 1 g hassasiyetindeki, B150 Baster marka hassas tartı kullanılmıştır.

Kumpas: Pulluğun teknik özelliklerini belirlemek için 1/20 mm'lik kumpas kullanılmıştır.

Çelik Şerit Metre: Deneme alanının alt parsellere ayrılmasında 3, 5, 30 ve 50 m'lik çelik şerit metreler kullanılmıştır.

Hesap Makinası: Çalışma ile ilgili hesaplamaların yapılması amacı ile çok fonksiyonlu bir hesap makinası kullanılmıştır.

Çıtalar: Deneme arazilerinin alt parsellere bölünmesinde ve eğimi hesaplarken 3x4x150 cm ölçüsünde ahşap çıtalar parsel köşelerine çakılmıştır. Çıtaların uzaktan görünmesini sağlamak içinse, çıtalara renkli kurdeleler bağlanmıştır.

Deneme Kayıt Formları: Yapılan çalışmalarla ilgili; tarih, parsel boy ve eni, traktör çalışma hızı ve sürüm şekli gibi bilgiler bu forma işlenmiştir. Çizelge 3.4.'de deneme kayıt formu verilmiştir.

Çizelge 3.4. Deneme Kayıt Formu

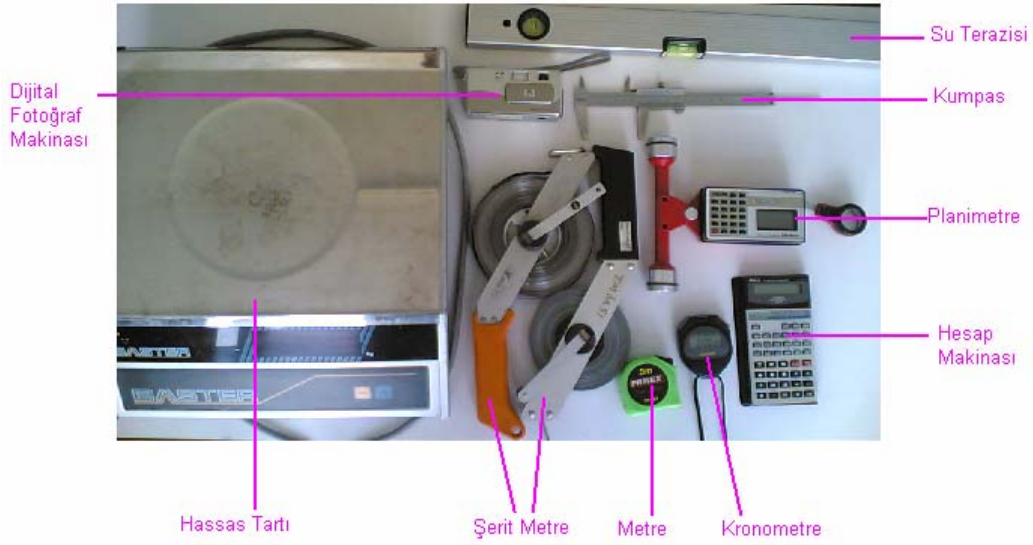
TARİH	// 200. Pazartesi	// 200. Salı	// 200. Çarşamba	// 200. Perşembe	// 200. Cuma
Parsel Boyu (m)					
Parsel Eni (m)					
Traktör Çalışma Hızı (km/h)					
Sürüm Şekli					

Laboratuvar Etüt Formları: Yapılan çalışmalarla ilgili olarak; uç demiri no, ağırlıklar, planimetre ölçümleri, G.L.I. 2 Streamline ölçümleri ve uç demirine ait bazı açı değerlerinin yer aldığı veriler bu forma işlenmiştir. Çalışmalarda kullanılan boş bir laboratuvar etüt formu örneği Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Laboratuvar Etüt Formu

Uç Demiri No:	Ağırlık (gram)	Planimetre Ölçümleri (cm ²)	G.L.I. Ölçümleri (cm ²)	Keskin Kenar Açısı (°)	Kenar Açısı (°)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
TARİH : // 200.					

Denemelerde kullanılan ölçü aletlerinin toplu görünüşü Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9. Denemelerde Kullanılan Ölçü Aletlerinin Toplu Görünüşü

3.2.Yöntem

3.2.1. Deneme Alanının Hazırlanması

30 da'lık iki farklı tarlada yürütülen denemelerde, her bir tarla 10'ar dekarlık 3 parselde bölünmüştür. Deneme çalışmalarına başlamadan önce pulluk, deneme parseli yanındaki alanda çalıştırılarak iş derinliği ayarı, pulluğun sağ-sol paralellik ayarı vb. gibi tarla ayarları yapılmıştır. Pulluk ayarının yanlış yapılması; pulluk işleyici parçalarının çabuk aşınıp yıpranmasını ve pulluk yapısının bütünüyle deformasyona uğramasına neden olacağından ön çalışmalar oldukça faydalı olmuştur. Pulluğun çalışma derinliği 25 cm olacak şekilde ayarlanmıştır.

3.2.2. Tarla Eğiminin Bulunması

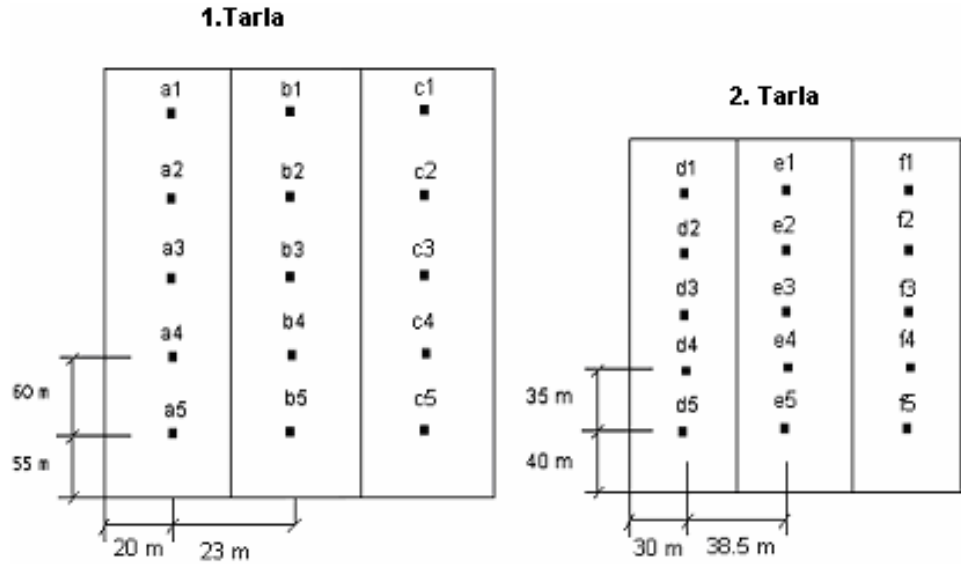
Tarla eğimi; su terazisi, çıtalar, ip ve metre yardımıyla bulunmuştur. Yöntem olarak Pisagor Teoreminden yararlanılmıştır. Her parselden 3'er tane ölçüm alınmıştır. Bu değerlerin ortalaması alınarak arazi eğimi bulunmuştur. İpin yataylığı ve çıtaların dikeyliği su terazisi yardımıyla belirlenmiştir.

3.2.3. Tarla Topraklarının Kuru Baza Göre Nem Tayini

İki tarladan da 6 farklı toprak örneği 25 cm derinlikten alınmıştır. Tek tek numaralandırılmış poşetlere konulan toprak örnekleri laboratuvar ortamına taşınmıştır. Karıştırılan toprak örnekleri, iklim farklılıklarının toprak nemini etkilememesi için bir hafta süreyle güneş görmeyen bir yerde bekletilmiştir. Toprak içindeki kesekler tahta bir zemin üzerinde tahta bir tokmakla dövülüp ufalandıktan sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Petri kaplarına 5'er gram halinde konulan toprak örnekleri 105 °C'lik kurutma fırınında 24 saat süreyle kurutulmuştur. Nem tayini Gravimetrik yöntemle yapılmıştır.

3.2.4. Tarla Topraklarının Sıkışıklık Değerlerin Belirlenmesi

Tarla topraklarının sıkışıklık değeri materyal bölümünde özellikleri verilen, traktör hidroliğinden tahrikli toprak penetrometresi yardımıyla bulunmuştur. İki tarlada toplam 30 noktadan sıkışıklık değerleri ölçülmüştür. Toprak sıkışıklığı ölçümlerinin yapıldığı tarlalardaki ölçüm noktaları Şekil 3.10.'da verilmiştir.



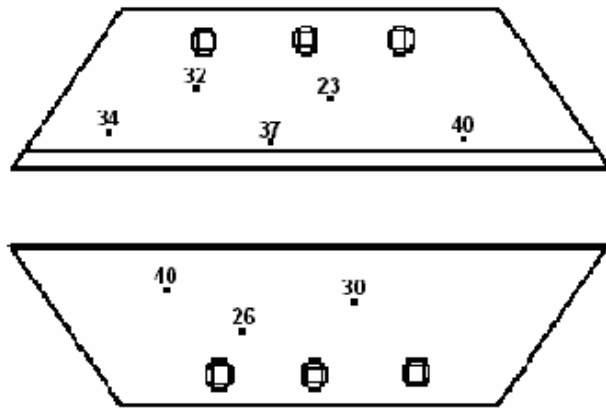
Şekil 3.10. Birinci ve İkinci Tarlalarda Toprak Sıkışıklık Denemelerinin Yapıldığı Yerler

Ölçümün yapılacağı noktada, sistem çalıştırılarak bilgisayar programı hazır hale getirilmiştir. Bilgisayar programında her bir noktaya ayrı bir dosya ismi verilmiştir. Daha sonra traktör hidrolik sistemi indirilerek penetrometrenin toprağa oturması sağlanmış, traktör hidrolik kumanda kolu ile hidrolik yardımcı güç çıkışlarına hareket verilerek pistonun ilerlemesi sağlanmış ve ölçüm alınmıştır.

Ölçümler 0-40 cm arasındaki derinliklerde yapılmıştır. Ölçümün yapıldığı noktalardan aktarılan verilerde, derinliğe (cm) bağlı olarak kuvvet (kg) miktarları yer almaktadır. Toprak sıkışıklığı değerleri DOS ortamında algılanmaktadır. Daha sonra algılanan bu veriler MS-EXCEL ortamına aktarılmıştır. Veriler Excel ortamında işlenerek toprak sıkışıklığına ilişkin grafikler oluşturulmuştur.

3.2.5. Uç Demiri Sertlik Değerlerinin Belirlenmesi

Sürümden önce her bir uç demirine taşlama tezgahında çizgi şeklinde numara verilmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere, aynı özelliklere sahip toplam 7 adet uç demiri seçilmiştir. Uç demirleri birden yediye kadar numaralandırılarak, bunlardan 7 numaralı uç demirinin üzerinde kimyasal analizler yapılmıştır. Diğer uç demirleri sürümler sırasında ve diğer ölçülerin alınması için kullanılmıştır. Uç demiri sertlik değerleri Rockwell cinsinden ölçülmüştür. Uç demirlerinin sertlikleri ölçülürken, keskin kenarından en az 3, sırt kısmından en az 2 ölçüm alınmıştır. Uç demirinin sertliğinin ölçüldüğü bölgeler Şekil 3.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Uç Demiri Sertliğinin Ölçüldüğü Bölgeler

3.2.6. Uç Demirlerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Aşınmaların belirlenebilmesi için uç demirlerin sürümden önce ve sonraki ağırlıkları hassas tartı ile ölçülmüştür. Aradaki farklar hesaplanmış ve en çok hangi uç demirinde ne kadar miktarda aşınma olduğu gram cinsinden bulunmuştur. Aşınma miktarı bu yöntemde tek bir sayı olarak bulunur. Ağırlık kaybı miktarları birim sürtünme yoluna karşılık; g/km veya mg/m, birim alana karşılık; g/cm² cinsinden ifade edilir (Şişman,1999). Ekonomik ve ölçüm yönteminin kolay olması nedeniyle en çok tartı yöntemi seçilmektedir.

3.2.7. Uç Demirlerinin Planimetre İle Alanlarının Bulunması

Sürüm öncesi ve sonrasında, şekilleri çizilen uç demirlerinin, çizimleri üzerinden planimetre kullanılarak alan tespiti yapılmıştır. Planimetre saat yönü doğrultusunda 3 defa döndürülerek ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Böylece planimetre yardımıyla bulunan alanlar üzerinde, aşınma miktarındaki değişimler gözlenmiştir. Planimetre ölçümleri yapılırken ölçmek istediğimiz birim ayarlanmalıdır. Ayrıca yaptığımız ölçümün daha sonra ortalamasını alabilmek için, her ölçüm hafızaya alınmalıdır. Bu çalışmada alan değerleri cm² olarak belirlenmiştir.

3.2.8. Uç Demirin Global Lab Image 2 Streamline ile Alanlarının Bulunması

G.L.I. 2 Streamline programının yazılım dili İngilizce'dir. Program "bmp" uyumlu dosyalarla çalışmaktadır. Bunun için öncelikle dijital fotoğraf makinasının "jpg" olarak kaydettiği resimler "bmp" formatına dönüştürülmelidir. Şekil 3.4.'de bilgisayar programının ekran görüntüsü verilmiştir. Buradaki "file (dosya)" menüsünden "open image (resmi aç)" seçilerek çalışmak istediğimiz resim ekrana kayıtlı olduğu yerden çağırılmalıdır. Şekil 3.5.'de uç demirinin seçili hali gösterilmiştir. Şekil 3.6.'da Kalibrasyon butonunun ekran görüntüsü yer almaktadır. Uç demirlerinin alanlarını görüntü işleme tekniğiyle belirleyebilmemiz için önce kalibrasyon işlemini gerçekleştirmemiz gerekir. Kalibrasyon işleminde alanını önceden bildiğimiz bir cisimle birlikte, alanı ölçmek istediğimiz uç demirleri aynı görüntüde fotoğraflanmalıdır.

Kalibrasyon işlemini yapmak için önce Şekil 3.4.'te gösterilen "toolbox (araç çubuğu)" üzerinde yer alan "calibration (kalibrasyon)" butonuna basılır. Daha sonraki işlem; Şekil 3.6.'da P1 noktası olarak belirtilen yeri seçerek, alanını bildiğimiz cismin sol alt noktasını fare ile işaretlemektir. Aynı işlemin P2, P3 ve P4 için de tekrarlanması gerekir. Şekil 3.6.'da belirtilen kalibrasyon penceresinin sağ kısmında yer alan "coordinates (koordinatlar)" (x,y) kısmına, alanını önceden bildiğimiz cismin gerçek ölçülerinin koordinatları girilir. Tıklanarak belirtilen P noktalarının gerçek koordinatları girildiğinde, bilgisayar bu iki işlemi karşılaştırarak kalibrasyon işlemini tamamlamış olur. Kalibrasyon işlemi "file (dosya)" menüsünden, "save as project (işlemi kaydet)" tıklanmak suretiyle kaydedilmiş olunur. Ölçümü hangi birimden yapmak istiyorsak "units (birimler)" kısmından birim seçilir. Bu çalışmada alan değerleri cm² olarak belirlenmiştir. Uç demirinin alanını bulabilmek için kalibrasyon işleminden sonra "blob (kabarcık)" analizi yapılmalıdır. Blob analizi için Şekil 3.4.'de görülen araç çubuğundan, "blob analysis (kabarcık analizi)" butonuna basılır. Bu butonun ayrıntılı resmi Şekil 3.7.'de verilmiştir. Burada "active thresholding controls (eşikleme kontrolü aktif)" seçenek butonu işaretlenmelidir. Bu kısımda bulunan maksimum ve minimum butonlarını değiştirilerek ekrana önceden çağırmış olduğumuz alanı belirlenecek olan uç demiri resminin, pembe kabarcıklarla kaplanmasını sağlar. "find blobs (kabarcıkları bul)" butonuna bastığımız sırada program birkaç tane alan sunar. Bunlardan bir tanesi, alanını önceden bildiğimiz kalibrasyon cisminin alan ölçümüdür. Bir tanesi ise alanını ölçmek istediğimiz uç demirinin alanıdır. Diğerleri de ekrandaki görüntüye yansıyan küçük gölgelerin alanıdır. Kalibrasyon cisminin alanı önceden bilindiği için, işlemin hassasiyeti bilgisayar tarafından atanan alanlar içerisinde kalibrasyon cismine ait alanla karşılaştırarak bulunabilir. Belirtilen bu alanları aktarmak için, Şekil 3.7.'de yer alan, "transfer/send data to Excel (verileri Excele gönder)" butonuna tıklanır. Böylece G.L.I. 2 Streamline programı kendiliğinden Excel sayfasını açar.

3.2.9. Uç Demirlerinin Açılarının Bulunması

Pulluk uç demirleri sökülüp, temizlendikten sonra beyaz karton üzerine konularak çizimleri yapılmıştır. Bu çizimler üzerinden uç demirlerinin keskin kenar

açıları ve kenar açıları, açı ölçer yardımıyla bulunmuştur. Böylece açılar üzerindeki değişimler aşınmalara bağlı olarak gözlemlenebilmiştir.

3.2.10. Uç Demirlerinin Kesme Genişlikleri ve Keskin Kenar Kalınlıklarının Bulunması

Uç demirlerinin kesme genişlikleri ve keskin kenar kalınlıkları 1/20 mm'lik verniyeli kumpas ve dijital kumpas yardımıyla ölçülmüştür.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

4.1. Toprak Sıkışıklığı Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi

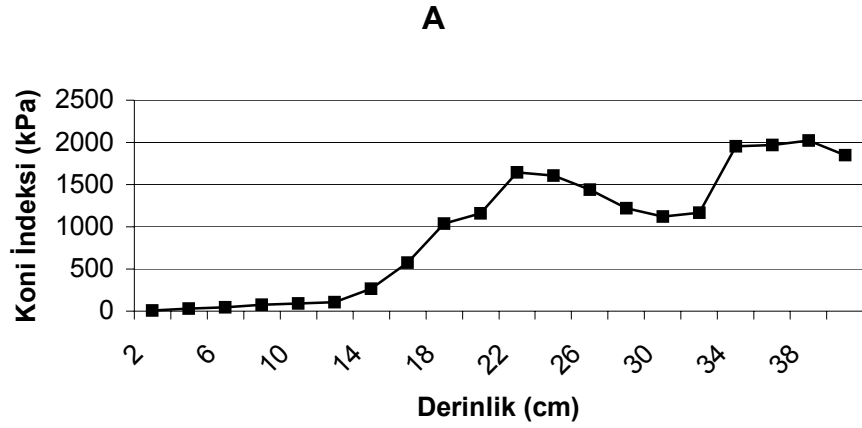
Toprak sıkışıklığı düzeneği atölyede kontrol edildikten sonra denemelerin yapılacağı tarlalara gidilmiştir. Birinci ve ikinci tarlada, 3 sırada ve her sırada 5 ölçüm olmak üzere toplam 30 adet sıkışıklık ölçüm denemesi yapılmıştır. Birinci tarlaya ilişkin ortalama toprak sıkışıklık değerleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Birinci Tarlaya İlişkin Ortalama Toprak Sıkışıklık Değerleri (kPa)

1. TARLA	1. Parsel	2. Parsel	3. Parsel
Derinlik	A=Ort. (a1+...+a5)	B=Ort. (b1+...+b5)	C=Ort. (c1+...+c5)
2	10	174	10
4	31	336	86
6	46	510	147
8	74	593	267
10	93	820	315
12	109	949	344
14	264	1222	364
16	577	1343	381
18	1035	2047	413
20	1161	2160	593
22	1646	2191	939
24*	1608	2302	1203
26*	1436	2380	1348
28	1219	2433	1468
30	1122	2450	1656
32	1165	2656	1876
34	1956	3061	1956
36	1967	3099	1691
38	2024	3205	1625
40	1846	3266	1205

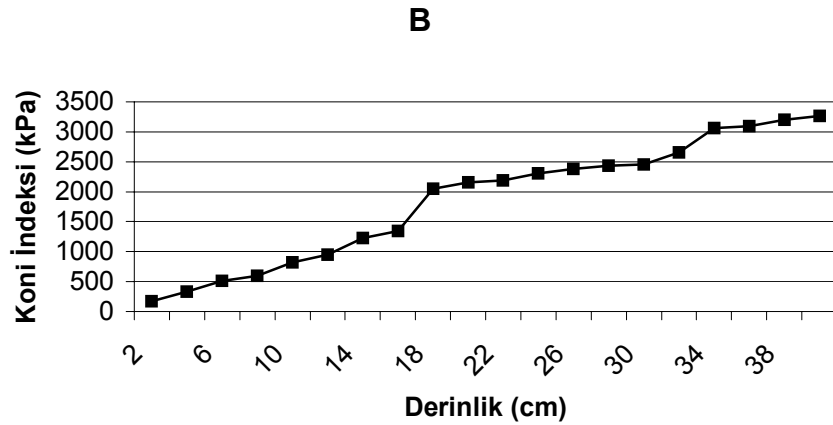
* Pulluk 25 cm iş derinliğindeki toprak sıkışıklığına maruz kaldığından bu değerler önem taşımaktadır.

Şekil 4.1'de A noktasına ait verilerin, her 2 cm derinlikte koni indeksi ortalamaları alınarak oluşturulan grafiği yer almaktadır.



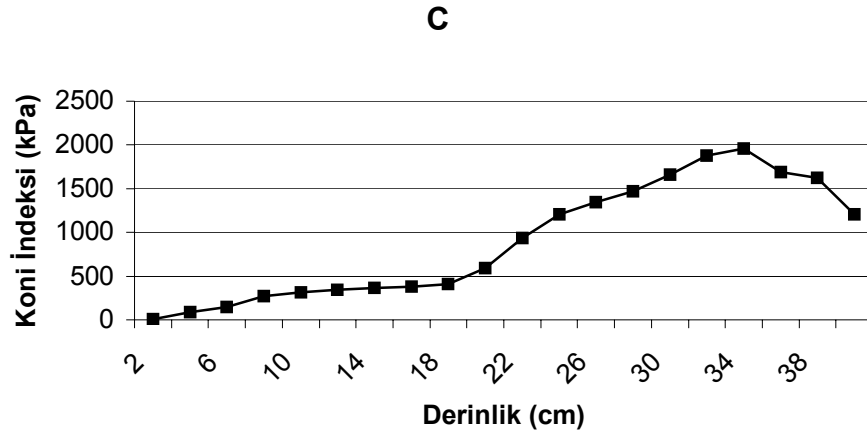
Şekil 4.1. A Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği

Çizelge 4.1.'de ve Şekil 4.1'de gösterilen A noktasındaki veriler 2 cm derinlikte ortalama 10 kPa olarak ölçülmüş ve 12 cm derinliğe kadar düzenli artış gösteren sıkışıklık değeri 109 kPa'a ulaşmıştır. 14 cm derinlikte koni indeksi değeri iki kattan fazla artmıştır. 16 cm derinlikte 500 kPa'nın üzerine çıkan koni indeksi değeri 22 cm derinliğe kadar hızla artmış ve 1646 kPa'a ulaşmıştır. Bu noktadan sonra 32 cm derinliğe kadar azalma eğilimi gösteren sıkışıklık değeri 34 cm derinlikte tekrar hızlı bir yükselişe geçmiştir. 34-38 cm arasındaki derinliklerde artan sıkışıklık değeri 38 cm derinlikten sonra tekrar azalmaya başlamıştır. A noktasından ölçülen değerlerde 38 cm derinliğe kadar uygun sıkışıklık değeri korunmuştur. 38 cm derinlikte en yüksek değer olan 2024 kPa değeri ölçülmüştür. Şekil 4.2'de B noktasına ait verilerin, her 2 cm derinlikte koni indeksi ortalamaları alınarak oluşturulan grafiği yer almaktadır.



Şekil 4.2. B Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği

Çizelge 4.1.'de ve Şekil 4.2'de gösterilen B noktasındaki veriler 2 cm derinlikte ortalama 174 kPa olarak ölçülmüş ve 6 cm derinlikte 500 kPa değerini geçmiştir. 16 cm derinliğe kadar düzenli artış gösteren koni indeksi 18 cm'de yaklaşık 0,5 kat artmıştır. Bu derinlikten sonrada artışın sürekli olduğu ve uygun toprak sıkışıklığı değeri olan 2000 kPa'nın üzerine çıktığı gözlenmiştir. 34 cm derinlikten sonra sıkışıklık değeri 3061 ve üzerinde artmaya devam etmiştir. 40 cm derinlikte koni indeksi değeri ölçülen noktalar arasında en yüksek değerini almış ve 3266 kPa değerine ulaşmıştır. 18 cm derinlikten sonra ölçüm yapılan noktaların yüksek sıkışıklıkta olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.3'de C noktasına ait verilerin, her 2 cm derinlikte koni indeksi ortalamaları alınarak oluşturulan grafiği yer almaktadır.



Şekil 4.3. C Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği

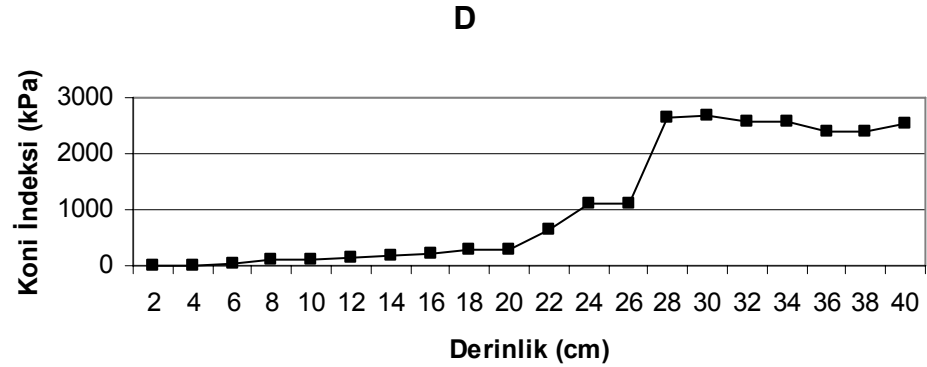
Çizelge 4.1.'de ve Şekil 4.3'de gösterilen C noktasındaki veriler 2 cm derinlikte ortalama 10 kPa olarak ölçülmüş ve 4 cm derinlikte sıkışıklık değeri 86 kPa'a ulaşmıştır. Koni indeksi 18 cm derinliğe kadar 500 kPa değerini geçmemiştir. 34 cm derinliğe kadar artan sıkışıklık değeri bu derinlikte en yüksek değeri olan 1956 kPa'a ulaşmıştır. Bu derinlikten sonra azalma eğilimine geçen koni indeksi 40 cm'de 1205 kPa değerini almıştır. C noktasında ölçülen değerler uygun toprak sıkışıklık değeri olan 2000 kPa değerini geçmemiştir. İkinci tarlaya ilişkin ortalama toprak sıkışıklık değerleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. İkinci Tarlaya İlişkin Ortalama Toprak Sıkışıklık Değerleri (kPa)

2. TARLA	1. Parsel	2. Parsel	3. Parsel
Derinlik	D=Ort. (d1+...+d5)	E=Ort. (e1+...+e5)	F=Ort. (f1+...+f5)
2	14	99	10
4	16	264	53
6	29	474	84
8	101	801	144
10	116	1235	563
12	147	1447	1328
14	167	1658	1767
16	200	1673	1856
18	287	1473	2075
20	283	1316	2176
22	650	1207	2203
24*	1108	1121	2579
26*	1106	1165	2755
28	2647	1279	2837
30	2668	1513	2815
32	2569	1884	2486
34	2564	1976	2462
36	2409	1976	2448
38	2396	1784	2411
40	2541	1533	2212

* Pulluk 25 cm iş derinliğindeki toprak sıkışıklığına maruz kaldığından bu değerler önem taşımaktadır.

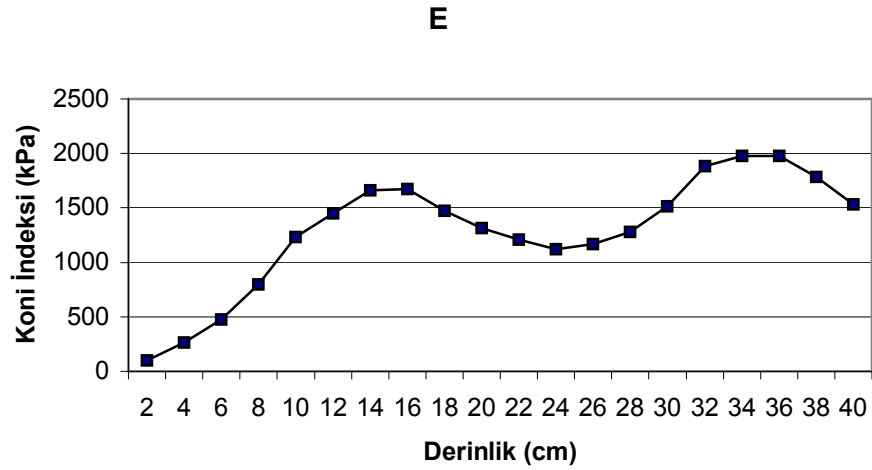
Şekil 4.4'de D noktasına ait verilerin, her 2 cm derinlikte koni indeksi ortalamaları alınarak oluşturulan grafiği yer almaktadır.



Şekil 4.4. D Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği

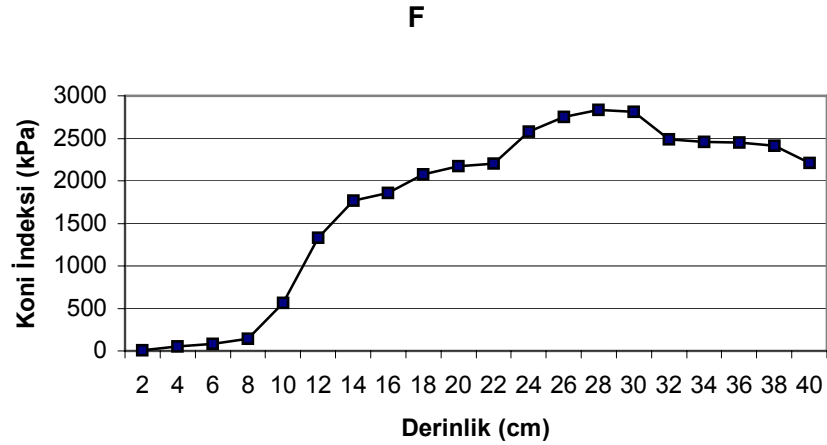
Çizelge 4.2.'de ve Şekil 4.4'de gösterilen D noktasındaki veriler 2 cm derinlikte ortalama 14 kPa olarak ölçülmüş ve 6 cm derinliğe kadar fazla bir değişim olmamıştır. 8 cm derinlikte 101 kPa değerine ulaşan toprak sıkışıklığı değeri 16 cm

derinliğe kadar düzenli bir artış göstermiş ve 18 cm'e geldiğinde verilerin ortalaması 287 kPa olmuştur. 20 cm'de bu değer 4 kPa azalmıştır. 22 cm derinlikte 650 kPa'a ulaşan değer 24 cm derinlikte yaklaşık 0,7 kat artmıştır. Uygun sayılabilecek sıkışıklık değerleri 26 cm'ye kadar devam etmiş ve bu noktada 2 kPa azalmıştır. 28 cm'de iki katından fazla bir artış gösteren sıkışıklık değeri, 30 cm derinlikte en yüksek değerine ulaşmış ve 2668 kPa değeri okunmuştur. 32 cm derinlikte azalma eğilimi gösteren koni indeksi 40 cm derinlikte tekrar artma eğilimi göstermiş ve 2541 kPa değerine ulaşmıştır. Şekil 4.5'de E noktasına ait verilerin, her 2 cm derinlikte koni indeksi ortalamaları alınarak oluşturulan grafiği yer almaktadır.



Şekil 4.5. E Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği

Çizelge 4.2.'de ve Şekil 4.5'de gösterilen E noktasındaki veriler 2 cm derinlikte ortalama 99 kPa olarak ölçülmüş ve 8 cm derinlikte 500 kPa'ı geçmiştir. 16 cm derinliğe kadar düzenli olarak artan koni indeksi değeri burada 1673 kPa değerini almıştır. Daha sonra düşüşe geçen koni indeksi değeri 28 cm derinlikte tekrar artma eğilimi göstererek 36 cm derinliğe kadar bu artışını sürdürmüştür. 34 ve 36 cm derinlikte en yüksek değeri olan 1976 kPa değerini alan koni indeksi tekrar düşüşe geçmiştir. Burada yapılan ölçümlerde uygun sıkışıklık değeri korunmuştur. Şekil 4.6'da F noktasına ait verilerin, her 2 cm derinlikte koni indeksi ortalamaları alınarak oluşturulan grafiği yer almaktadır.



Şekil 4.6. F Noktasına Ait Toprak Sıkışıklığı Verilerinin Grafiği

Çizelge 4.2.'de ve Şekil 4.6'da gösterilen F noktasındaki veriler 2 cm derinlikte ortalama 10 kPa olarak ölçülmüş ve 8 cm derinliğe kadar düzenli bir artış göstermiştir. 10 cm derinliğe gelindiğinde koni indeksi değeri 500 kPa üzerine çıkmıştır. 12 cm de 1000 kPa, 18 cm de ise 2000 kPa üzerinde seyreden toprak sıkışıklık değeri 28 cm derinliğe kadar düzenli bir şekilde artmış, en yüksek değerini bu derinlikte alan koni indeksi 2837 kPa değerine ulaşmıştır. Bu derinlikten sonra azalma eğilimi göstererek 40 cm derinlikte 2212 kPa'a inmiştir. 18 cm derinlikten sonra uygun sıkışıklık değerini aşmıştır.

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yapılan bu araştırmada, toprak sıkışıklığı değerlerinin 10 ile 3266 kPa arasında değiştiği bulunmuştur. Toprak sıkışıklığı değerini bulmak için benzer araştırmalar yapılmıştır.

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yapılan bir araştırmada, toprak sıkışıklığı değerleri 204 ile 5092 kPa arasında belirlenmiştir (Tekin, 2001).

Maksimum 3300 kPa olarak ölçülen toprak sıkışıklık değerinin, % 5 nem oranında meydana geldiği belirtilmiştir (Ayers ve Perumperal, 1982).

Toprak derinliğine bağlı olarak toprak sıkışıklığı, toprak işleme öncesi 1,36-3,89 Mpa, toprak işleme sonrası ise 0,27-4,36 Mpa olarak belirlenmiştir (Barut ve ark., 1996).

Toprak sıkışıklığı değeri % 9 nem içeriğinde tekerlek iz merkezinde 1351,63-2982,65 kPa; tekerlek iz kenarında 1022,73-2713,29 kPa ve % 13 nem oranında sırasıyla 1129,33; 3102,17 ve 729,31-2745,49 kPa değerleri arasında bulunmuştur (Özgöz, 1999).

Toprak sıkışıklığı, Doğu Montana'nın kumlu topraklarında, derin toprak işleme yapıldıktan 2,5 yıl sonra 891 kPa olarak, yüzeysel toprak işleme yapılan alanda ise 981 kPa olarak bulunmuştur (Pikul ve Aase, 1999).

Aşırı toprak sıkışıklığı ile ilgili 2 Mpa'dan büyük değerler deneme alanının bazı bölgelerinde bulunmuştur (Fulton ve ark., 2000).

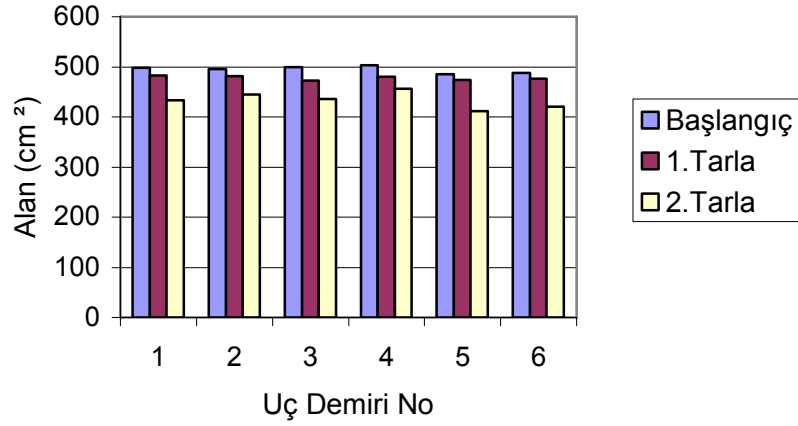
4.2. G.L.I. 2 Streamline Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Uç demirlerinin sürüm yapılmadan önceki alanları ile 1. ve 2.tarla sürüldükten sonraki alan ölçümleri, Global Lab Image 2 Streamline bilgisayar programı kullanılarak ölçülmüş ve bu ölçümlere ait veriler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Global Lab Image 2 Streamline Ölçümleri (cm²)

U.D. No	Sürüm Yapılmadan Önceki Alanlar	1. Tarla Sürüldükten Sonraki Alanlar	2. Tarla Sürüldükten Sonraki Alanlar
1	498,11	483,12	432,69
2	495,67	481,83	444,25
3	499,23	472,86	435,22
4	503,16	480,29	456,35
5	485,77	473,34	411,79
6	487,52	476,47	420,44

Çizelge 4.3.'teki veriler kullanılarak, uç demirlerinin G.L.I. 2 Streamline bilgisayar programıyla ölçülmüş alan değerlerine ilişkin grafiği Şekil 4.7.'de verilmiştir. Çizelge 4.3. ve Şekil 4.7. incelendiğinde; başlangıç değerlerine ek olarak, 1. ve 2.tarlaların sürülmesiyle oluşan alan değerleri gözlemlenebilmektedir. Başlangıçta yaklaşık 485,77-503,16 cm² olan alan değerleri, 1.tarlanın sürülmesiyle 472,86-483,12 cm² alan değerine gerilemiştir. Alan değerleri 2.tarlanın sürülmesiyle birlikte 411,79-456,35 cm² değerine inmiştir.



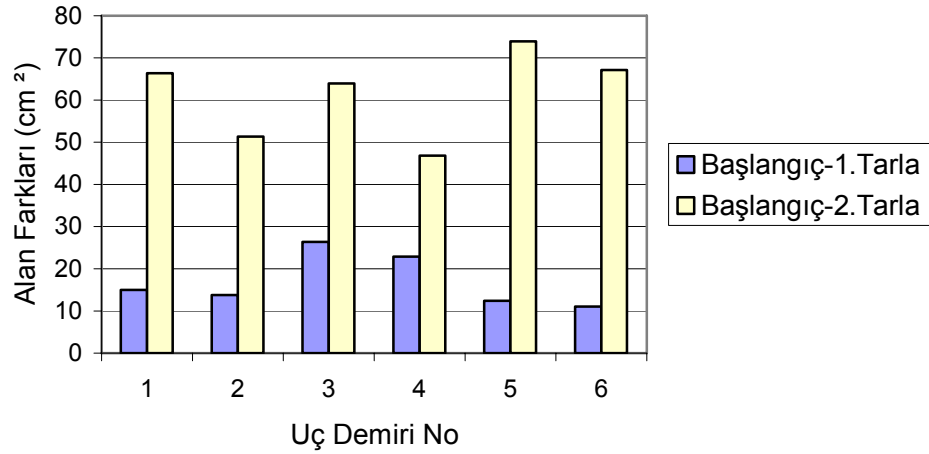
Şekil 4.7. G. L. I. 2 Streamline Ölçümleri

Çizelge 4.4'de uç demirlerinin G.L.I. 2 Streamline bilgisayar programıyla ölçülmüş alan farkları belirtilmiştir.

Çizelge 4.4. G.L.I. 2 Streamline Alan Farkları (cm²)

U.D. No	Başlangıç-1. Tarla Arasındaki Farklar	Başlangıç-2. Tarla Arasındaki Farklar
1	14,99	66,42
2	13,84	51,42
3	26,37	64,01
4	22,87	46,81
5	12,43	73,98
6	11,05	67,08

Çizelge 4.4.'te başlangıçla 1.tarla arasındaki alan farkları 11,05-26,37 cm² arasında değişirken, başlangıçla 2.tarla arasındaki alan farkları 46,81-73,98 cm² arasında değişmektedir. Çizelge 4.4.'deki veriler kullanılarak, uç demirlerinin G.L.I. 2 Streamline bilgisayar programıyla ölçülmüş alan farklarına ilişkin grafiği Şekil 4.8.'de verilmiştir.



Şekil 4.8. G.L.I. 2 Streamline Alan Farkları

Çizelge 4.4. ve Şekil 4.8. incelendiğinde, 1.tarlanın sürülmesiyle başlangıç koşullarına göre; en fazla alan farkı yani aşınma 3 no'lu uç demirinde 26,37 cm² olurken, en az alan farkı 6 no'lu uç demirinde 11,05 cm² ölçülmüştür. İkinci tarlanın sürülmesiyle başlangıç koşullarına göre; en fazla aşınma 5 no'lu uç demirinde 73,98 cm² olup, en az aşınma dolayısıyla alan kaybı ise 4 no'lu uç demirinde 46,81 cm² değerinde olmuştur.

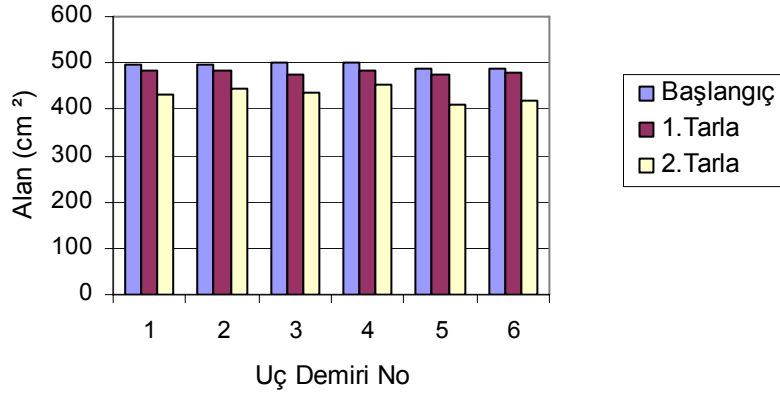
4.3. Planimetre Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi

Uç demirlerinin sürüm yapmadan önceki alanları ile 1. ve 2.tarla sürüldükten sonraki alan ölçümleri, dijital planimetre kullanılarak ölçülmüş ve bu ölçümlere ait veriler Çizelge 4.5'de verilmiştir. Çizelge 4.5.'teki veriler kullanılarak, uç demirlerinin planimetreyle ölçülmüş alan değerlerine ilişkin grafiği Şekil 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Planimetre Ölçümleri (cm²)

U.D. No	Sürüm Yapılmadan Önceki Ölçümler	1. Tarla Sürüldükten Sonraki Ölçümler	2. Tarla Sürüldükten Sonraki Ölçümler
1	497,06	485,03	431,97
2	494,43	482,50	443,40
3	498,80	474,73	434,10
4	502,06	482,13	455,06
5	486,03	475,99	410,56
6	486,66	478,36	419,10

Çizelge 4.5. ve Şekil 4.9. incelendiğinde; başlangıç değerlerine ek olarak, 1. ve 2.tarlaların sürülmesiyle oluşan alan değerleri gözlemlenebilmektedir. Başlangıçta yaklaşık 486,03-502,06 cm² olan alan değerleri, 1.tarlanın sürülmesiyle 474,73-485,03 cm² alan değerine gerilemiştir. Alan değerleri 2.tarlanın sürülmesiyle birlikte 410,56-455,06 cm² değerine inmiştir.



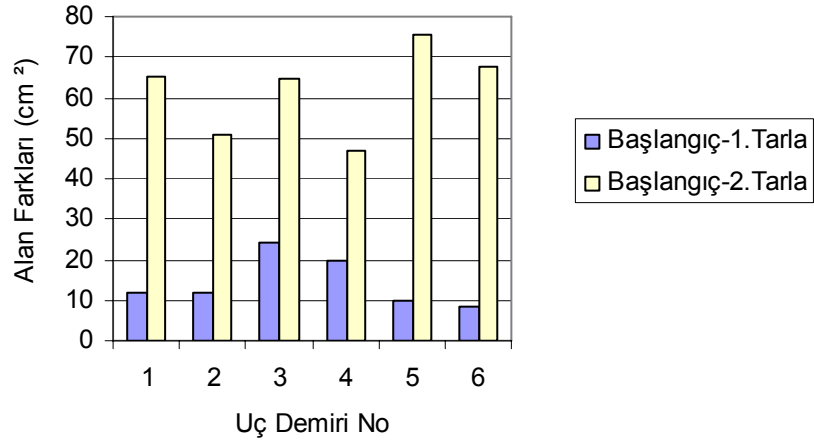
Şekil 4.9. Planimetre Ölçümleri

Çizelge 4.6'da uç demirlerinin planimetreyle ölçülmüş alan farkları belirtilmiştir.

Çizelge 4.6. Planimetre Alan Farkları (cm²)

U.D. No	Başlangıç-1.Tarla Arasındaki Farklar	Başlangıç-2.Tarla Arasındaki Farklar
1	12,03	65,09
2	11,93	51,03
3	24,07	64,70
4	19,93	47,00
5	10,04	75,47
6	8,30	67,56

Çizelge 4.6.'da başlangıçla 1.tarla arasındaki alan farkları 8,30-24,07 cm² arasında değişirken, başlangıçla 2.tarla arasındaki alan farkları 47,00-75,47 cm² arasında değişmektedir. Çizelge 4.6.'da ki veriler kullanılarak, uç demirlerinin planimetreyle ölçülmüş alan farklarına ilişkin grafiği Şekil 4.10.'da verilmiştir.



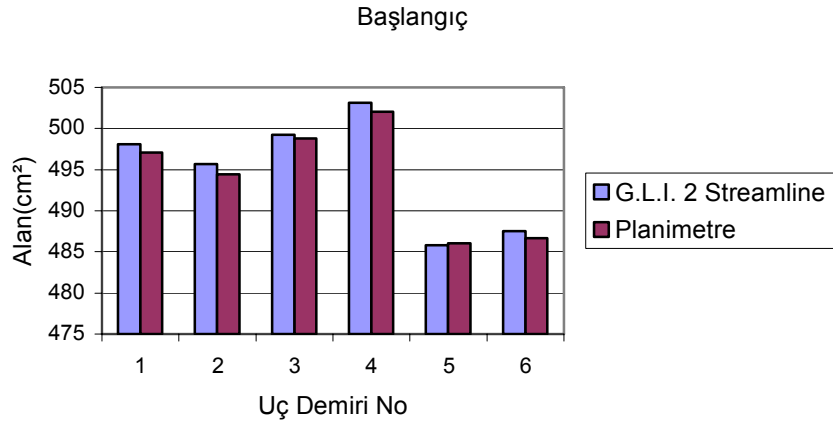
Şekil 4.10. Planimetre Alan Farkları

Çizelge 4.6. ve Şekil 4.10. incelendiğinde, 1.tarlanın sürülmesiyle başlangıç koşullarına göre; en fazla alan farkı yani aşınma 3 no'lu uç demirinde 24,07 cm² olurken, en az alan farkı 6 no'lu uç demirinde 8,30 cm² ölçülmüştür. İkinci tarlanın sürülmesiyle başlangıç koşullarına göre; en fazla aşınma 5 no'lu uç demirinde 75,47 cm² olup, en az aşınma dolayısıyla alan kaybı ise 4 no'lu uç demirinde 47 cm² değerinde olmuştur. Çizelge 4.7.'de G.L.I. 2 Streamline ve planimetre ölçüm değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.7. G.L.I. 2 Streamline ve Planimetre Ölçümleri (cm²)

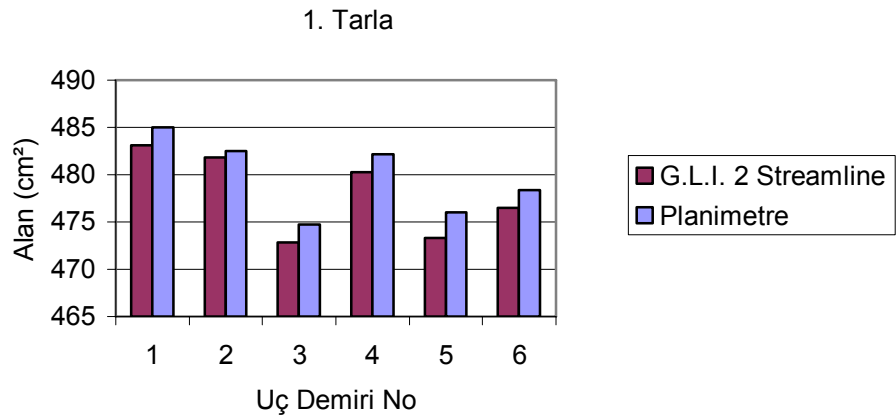
	U.D. No	G.L.I. 2 Streamline Alan Değerleri	Planimetre Alan Değerleri
Başlangıç	1	498,11	497,06
	2	495,67	494,43
	3	499,23	498,80
	4	503,16	502,06
	5	485,77	486,03
	6	487,52	486,66
1. Tarla	1	483,12	485,03
	2	481,83	482,50
	3	472,86	474,73
	4	480,29	482,13
	5	473,34	475,99
	6	476,47	478,36
2. Tarla	1	432,69	431,97
	2	444,25	443,40
	3	435,22	434,10
	4	456,35	455,06
	5	411,79	410,56
	6	420,44	419,10

Başlangıç değerlerine ilişkin G.L.I. 2 Streamline ve planimetre ölçümleri Şekil 4.11.'de verilmiştir. Çizelge 4.7. ve Şekil 4.11. incelendiğinde; G.L.I. 2 Streamline bilgisayar programı ile ölçülen alan değerleri başlangıç koşullarında 485,77 ile 503,16 cm² arasında değişmiştir. Bu değerler planimetre ile 486,03 ile 502,06 cm² arasında ölçülmüştür.



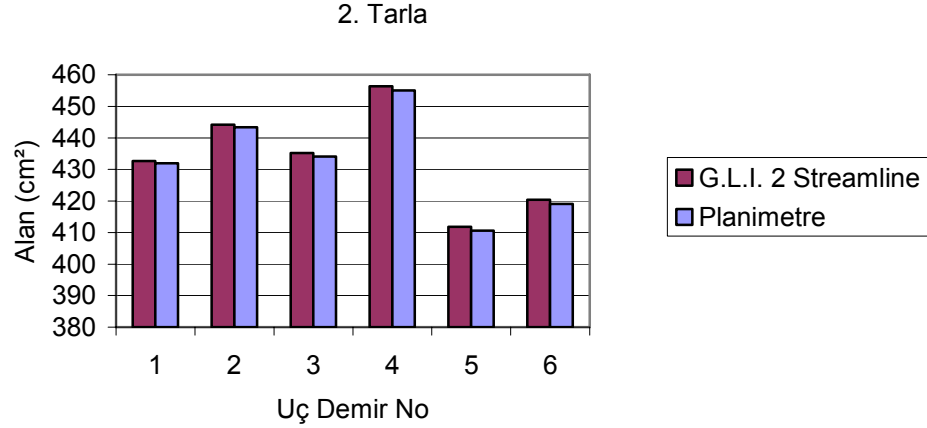
Şekil 4.11. Başlangıç Koşullarına İlişkin G.L.I. 2 Streamline ve Planimetre Ölçümleri

Birinci tarla sürüldükten sonraki G.L.I. 2 Streamline ve planimetre ölçümleri Şekil 4.12.'de verilmiştir. Çizelge 4.7. ve Şekil 4.12. incelendiğinde; G.L.I. 2 Streamline bilgisayar programı ile ölçülen alan değerleri 472,86 ile 483,12 cm² arasında değişmiştir. Bu değerler planimetre ile 474,73 ile 485,03 cm² arasında ölçülmüştür.



Şekil 4.12. Birinci Tarlaya İlişkin G.L.I. 2 Streamline ve Planimetre Ölçümleri

İkinci tarla sürüldükten sonraki G.L.I. 2 Streamline ve planimetre ölçümleri Şekil 4.13.'te verilmiştir. Çizelge 4.7. ve Şekil 4.13. incelendiğinde; G.L.I. 2 Streamline bilgisayar programı ile ölçülen alan değerleri 411,79 ile 456,35 cm² arasında değişmiştir. Bu değerler planimetre ile 410,56 ile 455,06 cm² arasında ölçülmüştür.

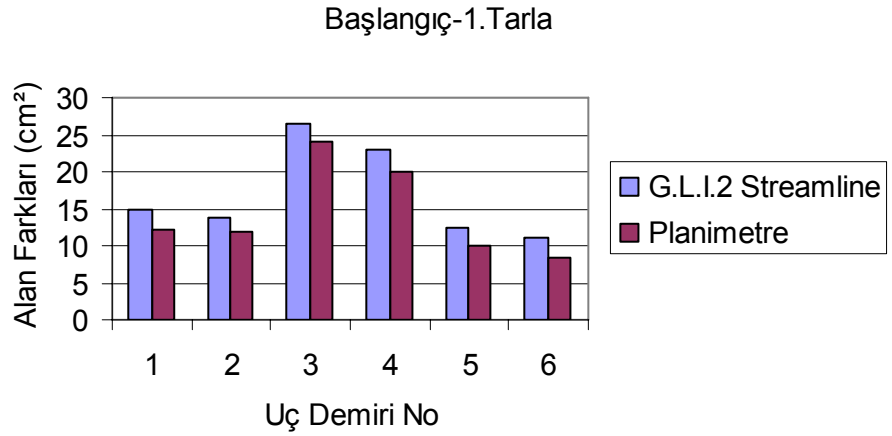


Şekil 4.13. İkinci Tarlaya İlişkin G.L.I. 2 Streamline ve Planimetre Ölçümleri

Çizelge 4.7'deki değerler göz önüne alınarak çizilen Şekil 4.11., Şekil 4.12. ve Şekil 4.13.'deki alan ölçümleri incelendiğinde, G.L.I. 2 Streamline ve planimetre ile ölçülen alan değerleri birbirleriyle örtüşmektedir. Çizelge 4.8'de G.L.I. 2 Streamline ve planimetre alan farkları verilmiştir. Bu verilerden yola çıkılarak, başlangıç ve 1.tarla arasındaki alan farklarının grafiği Şekil 4.14'te verilmiştir.

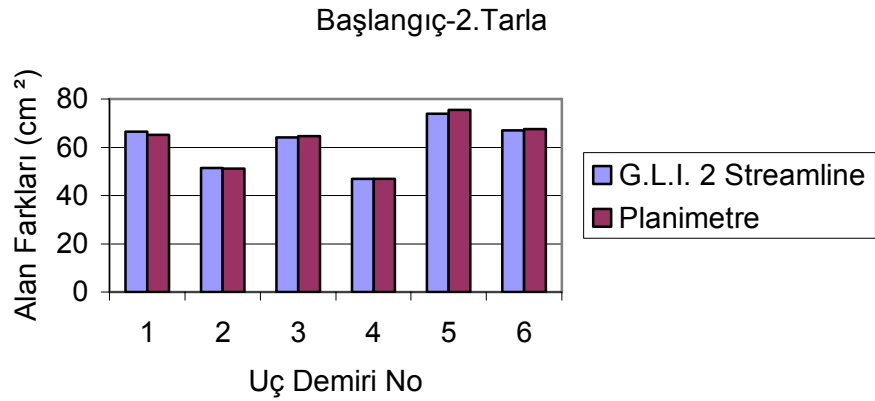
Çizelge 4.8. G.L.I. 2 Streamline ve Planimetre Alan Farkları (cm²)

	U.D. No	G.L.I. 2 Streamline İle Ölçülen Uç Demiri Alan Değerleri Farkları	Planimetreyle Ölçülen Uç Demiri Alan Değerleri Farkları
Başlangıç-1.Tarla	1	14,99	12,03
	2	13,84	11,93
	3	26,37	24,07
	4	22,87	19,93
	5	12,43	10,04
	6	11,05	8,30
Başlangıç-2.Tarla	1	66,42	65,09
	2	51,42	51,03
	3	64,01	64,70
	4	46,81	47,00
	5	73,98	75,47
	6	67,08	67,56



Şekil 4.14. Başlangıç ve 1.Tarla Arasındaki Alan Farkları

Çizelge 4.8. ve Şekil 4.14. incelendiğinde; G.L.I. 2 Streamline bilgisayar programı ile ölçülen alan farkları birinci tarlanın sürülmesiyle birlikte 11,05 ile 26,37 cm² arasında değişmiştir. Bu değerler planimetre ile 8,30 ile 24,07 cm² arasında ölçülmüştür. Başlangıç ve 2.tarla arasındaki alan farklarının grafiği Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.15. Başlangıç ve 2.Tarla Arasındaki Alan Farkları

Çizelge 4.8. ve Şekil 4.15. incelendiğinde; G.L.I. 2 Streamline bilgisayar programı ile ölçülen alan farkları ikinci tarlanın sürülmesiyle birlikte 46,81 ile 73,98 cm² arasında değişmiştir. Bu değerler planimetre ile 47,00 ile 75,47 cm² arasında ölçülmüştür.

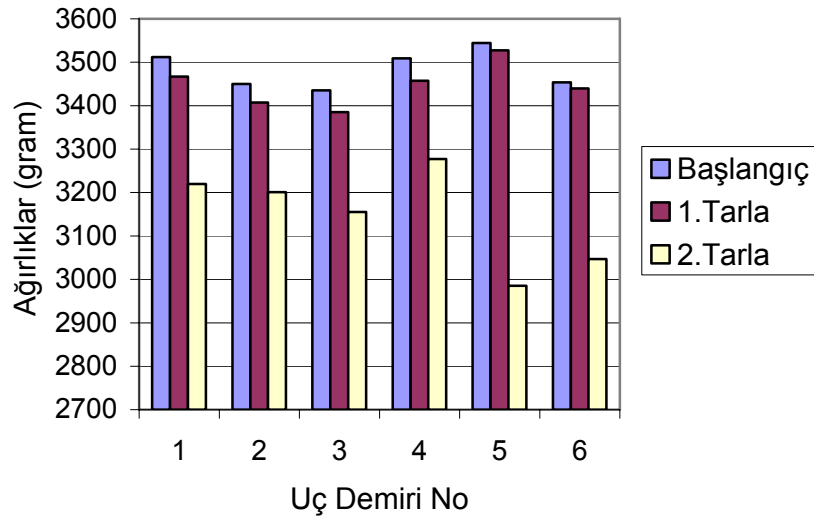
4.4. Hassas Tartı Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi

Uç demirlerinin sürüm yapılmadan önceki ağırlıkları ile 1. ve 2.tarla sürüldükten sonraki ağırlık ölçümleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Hassas tartı ölçümlerine ait verilerin grafiği Şekil 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Hassas Tartı Ölçümleri (gram)

U.D. No	Sürüm Yapılmadan Önceki Ağırlıklar	1.Tarla Sürüldükten Sonraki Ağırlıklar	2.Tarla Sürüldükten Sonraki Ağırlıklar
1	3512	3467	3220
2	3450	3407	3201
3	3435	3385	3155
4	3509	3457	3277
5	3544	3527	2985
6	3454	3440	3047

Çizelge 4.9. ve Şekil 4.16. incelendiğinde; başlangıçta 3435-3544 gram olan ağırlık değerleri, 1.tarlanın sürülmesiyle 3385-3527 grama gerilemiştir. Ağırlık değerleri 2.tarlanın sürülmesiyle birlikte 2985-3277 grama inmiştir.



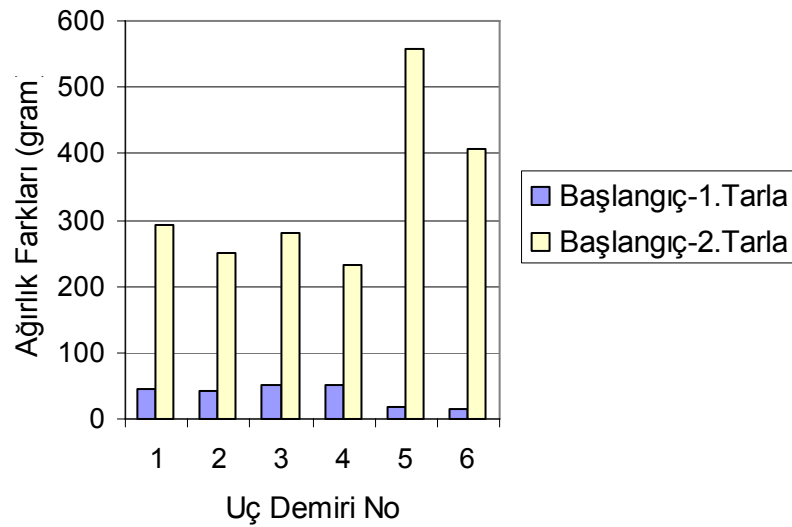
Şekil 4.16. Hassas Tartı Ölçümleri

Çizelge 4.10.'da başlangıç koşulları ve 1.tarla arası ağırlık farklarıyla, başlangıç ve 2.tarla arasındaki ağırlık farkları verilmiştir.

Çizelge 4.10. Hassas Tartı Ağırlık Farkları (gram)

U.D. No	Başlangıç-1.Tarla Arasındaki Farklar	Başlangıç-2.Tarla Arasındaki Farklar
1	45	292
2	43	249
3	50	280
4	52	232
5	17	559
6	14	407

Çizelge 4.10'da ki veriler kullanılarak, Şekil 4.17. çizilmiştir.



Şekil 4.17. Hassas Tartı Ağırlık Farkları

Çizelge 4.10. ve Şekil 4.17. incelendiğinde; 1.tarlanın sürülmesiyle başlangıç koşullarına göre; en fazla ağırlık farkı 4 no'lu uç demirinde 52 gram olurken, en az ağırlık farkı 6 no'lu uç demirinde 14 gram ölçülmüştür. İkinci tarlanın sürülmesiyle başlangıç koşullarına göre; en fazla aşınma 5 no'lu uç demirinde olup bu uç demirinde ağırlık farkı 559 gram iken, en az aşınma dolayısıyla ağırlık kaybı ise 4 no'lu uç demirinde 232 gram olmuştur.

Yapılan bu araştırmada, hassas tartıyla belirlenen ortalama aşınma miktarı 33,65 g/da olarak bulunmuştur. Ülkemizde işlenen tarım toprağı yaklaşık olarak 18 milyon ha'dır. Yılda iki kez sürüm yapıldığı düşünüldüğünde, toplam aşınma miktarı 12 bin ton olarak düşünülebilir. Yapılan benzer bir çalışmada, yılda toprağa karışan metal miktarının yaklaşık 9,7 bin ton olduğu belirlenmiştir (Karamış, 1987).

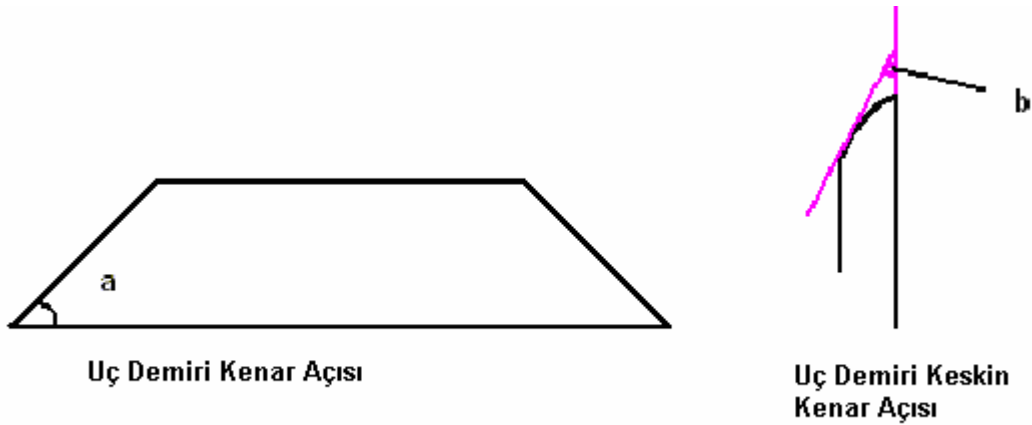
Hassas tartı ile belirlenen ölçümlerde, pulluktaki aşınmalar orijinal durumda 398,81; 201,12 ve 123,95 g/m³ olarak bulunurken, sertleştirilmiş durumdaki uç demirlerinde aşınma değerleri; 36,34; 48,38 ve 50,10 g/m³ olarak belirlenmiştir (Komaç ve ark., 1988).

Kültivatör uç demirlerinde yapılan denemelerde aşınma; 11,90 ± 1,55 ile 26,30 ± 1,63 g/10 km arasında bulunmuştur (Polat ve Özcan, 1994).

5 farklı çizel uç demirindeki aşınmalar ön ayaklarda 9,36 g/km ile 14,24 g/km arasında belirlenirken; arka ayaklarda 5,94 g/km ile 10,41 g/km arasında bulunmuştur (Bayhan ve Ülger, 1997).

4.5. Uç Demiri Açılarının Değerlendirilmesi

Şekil 4.18.'de uç demirlerinin kenar [a] ve keskin kenar [b] açıları resmedilmiştir. Uç demiri kenar [a] açısı değerleri Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

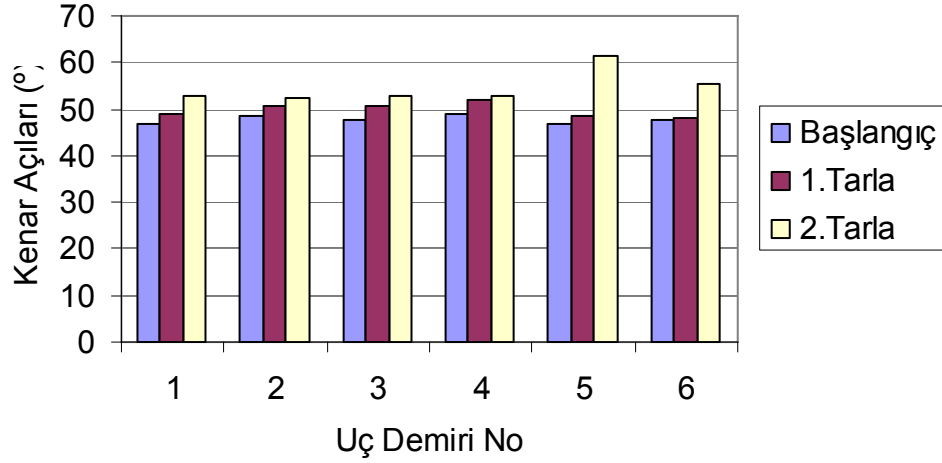


Şekil 4.18. Uç Demiri Açıları

Çizelge 4.11. Kenar Açısı [a] Ölçümleri (°)

U.D. No	Başlangıç	1. Tarla	2. Tarla
1	47,0	49,0	53,0
2	48,5	50,5	52,5
3	47,5	50,5	53,0
4	49,0	52,0	53,0
5	47,0	48,5	61,5
6	47,5	48,0	55,5

Çizelge 4.11.'de ki verilerden yola çıkılarak çizilen, uç demirlerinin kenar açılarının [a] grafiği Şekil 4.19.'da verilmiştir.



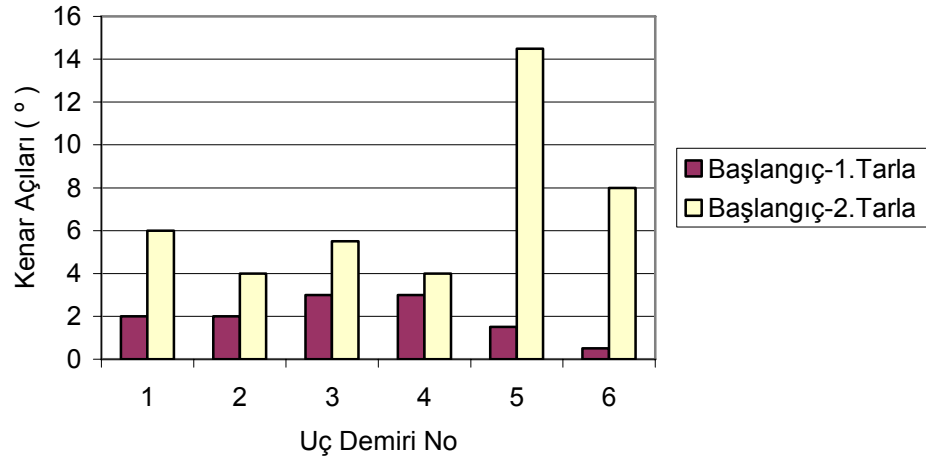
Şekil 4.19. Uç Demiri Kenar Açıları [a]

Çizelge 4.11. ve Şekil 4.19. incelendiğinde; başlangıç değerlerine ek olarak, 1. ve 2. tarlanın sürülmesiyle oluşan açı değerleri gözlemlenebilmektedir. Başlangıçta 47-49 ° olan açı değerleri, 1. tarlanın sürülmesiyle 48-52 ° açı değerine yükselmiştir. Açı değerleri 2. tarlanın sürülmesiyle birlikte 52,5-61,5 ° değerine ulaşmıştır. Uç demirlerinin kenar açı değerleri arasındaki farklar Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Kenar Açı [a] Farkları (°)

U.D. No	Başlangıç-1. Tarla Arasındaki Farklar	Başlangıç-2. Tarla Arasındaki Farklar
1	2,0	6,0
2	2,0	4,0
3	3,0	5,5
4	3,0	4,0
5	1,5	14,5
6	0,5	8,0

Çizelge 4.12.'de ki verilerden yola çıkılarak çizilen, uç demirlerinin kenar açı [a] farklarının grafiği Şekil 4.20.'de verilmiştir.



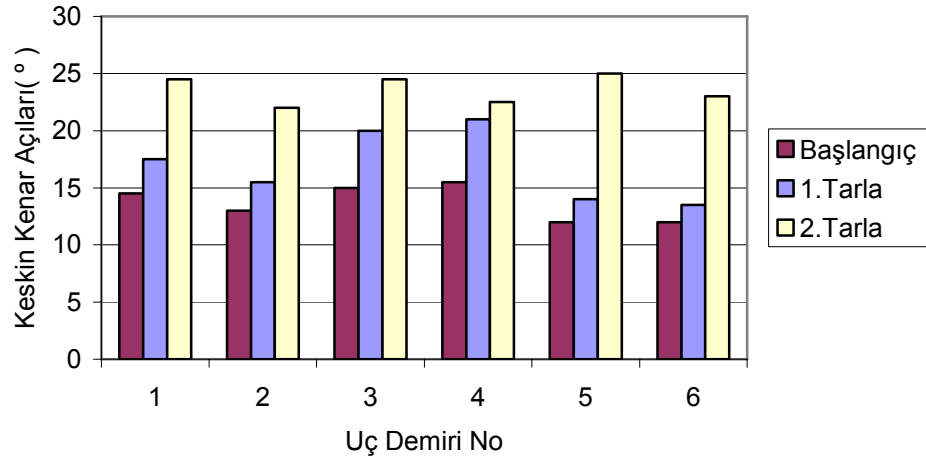
Şekil 4.20. Kenar Açığı [a] Farkları

Çizelge 4.12. ve Şekil 4.20. incelendiğinde, 1.tarla sürüldükten sonra en çok aşınan uç demiri 3 ve 4 no'lu uç demiri olurken, en az aşınan uç demiri 6 no'lu uç demiri olmuştur. İkinci tarlanın sürülmesiyle en çok aşınan uç demiri 5 no'lu uç demiri olurken, en az aşınan uç demiri 4 ve 2 no'lu uç demiri olmuştur. Uç demirlerinin keskin kenar açıları [b] Çizelge 4.13.'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Keskin Kenar Açığı [b] Ölçümleri (°)

U.D. No	Başlangıç	1.Tarla	2.Tarla
1	14,5	17,5	24,5
2	13,0	15,5	22,0
3	15,0	20,0	24,5
4	15,5	21,0	22,5
5	12,0	14,0	25,0
6	12,0	13,5	23,0

Çizelge 4.13.'te ki verilerden yola çıkılarak çizilen, uç demirlerinin keskin kenar [b] açılarının grafiği Şekil 4.21.'de verilmiştir.



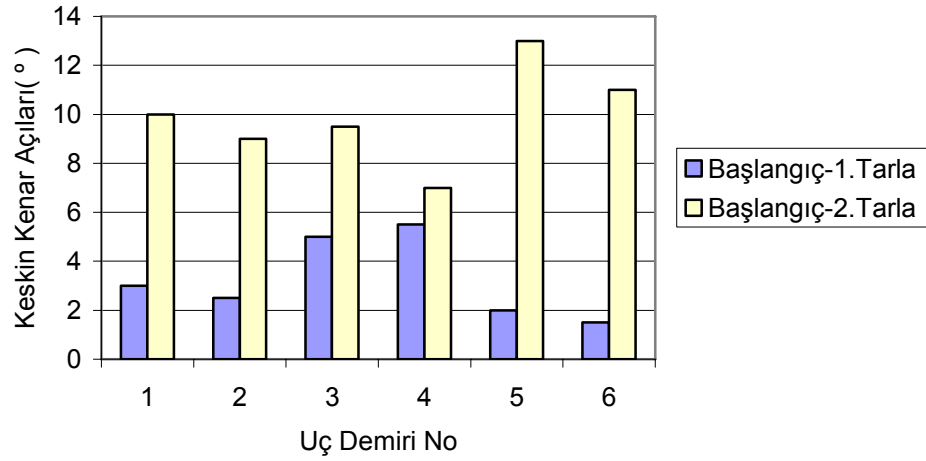
Şekil 4.21. Keskin Kenar Açıkları [b]

Çizelge 4.13. ve Şekil 4.21. incelendiğinde; başlangıç değerlerine ek olarak, 1. ve 2.tarlanın sürülmesiyle oluşan açı değerleri gözlemlenebilmektedir. Başlangıçta 12-15,5 ° olan açı değerleri, 1.tarlanın sürülmesiyle 13,5-21 ° açı değerine yükselmiştir. Açı değerleri 2.tarlanın sürülmesiyle birlikte 22-25 ° değerine ulaşmıştır. Uç demirlerinin keskin kenar açı [b] değerleri arasındaki farklar Çizelge 4.14.'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Keskin Kenar Açı [b] Farkları (°)

U.D. No	Başlangıç-1.Tarla Arasındaki Farklar	Başlangıç-2.Tarla Arasındaki Farklar
1	3,0	10,0
2	2,5	9,0
3	5,0	9,5
4	5,5	7,0
5	2,0	13,0
6	1,5	11,0

Çizelge 4.14.'de ki verilerden yola çıkılarak çizilen, uç demirlerinin keskin kenar açı [b] farklarının grafiği Şekil 4.22.'de verilmiştir.



Şekil 4.22. Keskin Kenar Açılırları [b] Farkları

Çizelge 4.14. ve Şekil 4.22. incelendiğinde, 1.tarla sürüldükten sonra en çok aşınan uç demiri 4 no'lu uç demiri olurken, en az aşınan uç demiri 6 no'lu uç demiri olmuştur. İkinci tarlanın sürülmesiyle en çok aşınan uç demiri 5 no'lu uç demiri olurken, en az aşınan uç demiri 4 no'lu uç demiri olmuştur.

4.6. Uç Demiri Kesme Genişlikleri ve Kenar Kalınlıklarının Değerlendirilmesi

Sürümden önce 15 cm olarak belirlenen kesme genişlikleri aşınmaya bağlı olarak, uç demirinin kanat noktasından burun noktasına gidildikçe azalmakta, hatta sıfırlanmaktadır. Sürümden önce keskin kenar kalınlıkları ise 5 cm olarak ölçülmüştür. Fakat aşınmaya bağlı olarak bu değerlerde bir artış söz konusudur. Malzeme aşınma sırasında orta ve arka kısımda yığılmıştır. Bu değerler Çizelge 4.15.'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Kesme Genişlikleri ve Kenar Kalınlıkları (mm)

U. D. No	KESME GENİŞLİKLERİ							KESKİN KENAR KALINLIĞI			
	U.D. Kanat Noktası			U.D. Burun Noktası							
1	15	11	9	5	3	2	0	5	6	7	9
2	15	13	10	8	4	3	0	5	8	8	9
3	15	12	8	6	5	3	0	5	7	8	9
4	15	13	11	9	5	3	0	5	6	7	8
5	15	11	8	5	2	0	0	5	8	9	10
6	15	12	9	7	4	0	0	5	7	8	9

4.7. İstatistiksel Olarak Verilerin Değerlendirilmesi

Alınan veriler doğrultusunda uç demirlerindeki aşınmanın ölçülmesinde kullanılan yöntemler, sürüm sayıları ve uç demiri konumlarının uç demirindeki aşınma üzerine etkisini belirlemek için; Minitab Release 7.1 istatistik programı kullanılarak varyans analizi yapılmıştır. Daha sonra istatistik farklı grupları belirlemek üzere % 5 olasılık düzeyinde LSD testi uygulanmıştır. Uç demirlerindeki % aşınmanın varyans analiz tablosu Çizelge 4.16.'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Uç Demirlerindeki % Aşınmanın Varyans Analiz Tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Varyans Analiz Testi	Olasılık
Uç Demiri Konumu	1	18,048*	4,37	0,047
Yöntem	2	24,902**	6,03	0,008
Sürüm	1	743,017**	180,02	0,000
U.D.*Yöntem	2	0,203	0,05	0,952
U.D.*Sürüm	1	11,144	2,70	0,113
Yöntem*Sürüm	2	0,808	0,20	0,824
U.D.*Yöntem*Sürüm	2	0,001	0,00	1,000
Hata	24	4,127	-	-
Toplam	35	-	-	-

* % 5 düzeyinde önemlidir.

** % 1 düzeyinde önemlidir.

Bu verilere göre; uç demiri, yöntem ve sürüm istatistik açıdan önemliyken, interaksiyonları önemli değildir. Uç demiri konumuna göre % aşınma miktarları Çizelge 4.17.'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Uç Demiri Konumuna Göre % Aşınma Miktarları

Konum	% Aşınma Miktarları
Ön Gövde	7,72 ^a
Arka Gövde	6,3 ^b
LSD	1.712

Uç demirlerinin önde ve arkada olmak üzere pullukta yer alış konumları, aşınmada istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Ön gövdedeki uç demirlerinin çalışma sırasında daha fazla toprak direncine maruz kalması sonucunda; ön gövdedeki aşınma miktarı, arka gövdedeki aşınma miktarından daha fazladır. Yönteme göre % aşınma miktarları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Yönteme Göre % Aşınma Miktarları

	% Aşınma Miktarları
Ağırlık Yöntemi	5,35 ^b
Alan (Planimetre) Yöntemi	7,74 ^a
Alan (G.L.I. 2 Streamline) Yöntemi	7,94 ^a

G.L.I. 2 Streamline ile planimetre yöntemi arasında istatistiki açıdan önemli bir fark yoktur. Sürüm sayısına göre % aşınma miktarları Çizelge 4.19.’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Sürüm Sayısına Göre % Aşınma Miktarları

	% Aşınma Miktarları
1. Sürüm	2,47 ^b
2. Sürüm	11,55 ^a

Sürümler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. İkinci sürümdeki aşınma miktarı, birinci sürümden daha fazladır. Bunun sebebi; daha fazla alanın işlenmiş

olmasıyla birlikte, fazla dirençle karşılaşan uç demirleri zaman içerisinde mukavemetini yitirir ve daha çok aşınma gösterir. Uç demirlerindeki açı değişimlerinin varyans analiz tablosu Çizelge 4.20.'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Uç Demirlerindeki Açı Değişimleri Varyans Analizi Tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Varyans Analiz Testi	Olasılık
Uç Demiri Konumu	1	12,042	2,04	0,173
Uç Demiri Açıları	1	26,042*	4,40	0,052
Sürüm	1	204,167**	34,51	0,000
U.D.*Açılar	1	1,042	0,18	0,680
U.D.*Sürüm	1	8,167	1,38	0,257
Açılar*Sürüm	1	4,167	0,70	0,414
U.D.Konumu*Açılar*Sürüm	1	0,667	0,11	0,741
Hata	16	5,917	-	-
Toplam	23	-	-	-

* % 5 düzeyinde önemlidir.

** % 1 düzeyinde önemlidir.

Bu verilere göre; açılar ve sürüm istatistiksel açıdan önemliyken, uç demiri konumu ve etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Uç demiri konumunun aşınmaya bağlı açı değişim miktarları Çizelge 4.21.'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Uç Demiri Konumunun Aşınmaya Bağlı Açı Değişim Miktarları

Konum	Açı Değişimleri
Ön Gövde	6,25
Arka Gövde	4,83

Çizelge 4.21.'den de görüldüğü gibi ön gövdedeki açı değişim miktarı arka gövdeye göre daha yüksek olmasına rağmen, bu fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Uç demiri açı değişim miktarları Çizelge 4.22.'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Uç Demiri Açı Değişim Miktarları

	Açı Değişimleri
U.D. Kenar Açısı [a]	b 4,5
U.D. Keskin Kenar Açısı [b]	a 6,58

Keskin kenar açı yöntemine göre belirlenen aşınma istatistikî açıdan, kenar açı yöntemine göre daha önemli bulunmuştur. Bunun temel nedeni; kenar açı yöntemine göre belirlenen aşınmanın izdüşüm alanı üzerinden ortaya çıkarılmış olmasıdır. Oysa keskin kenar açı yönteminde, uç demirlerinin kalınlığı dikkate alınarak ölçüm yapılmıştır. Aşınma uç demirlerinin üç boyutunda meydana geldiğinden, keskin kenar açı yöntemiyle belirlenen aşınma daha hassastır. Sürüm sayısına göre açı değişim miktarları Çizelge 4.23.'de verilmiştir.

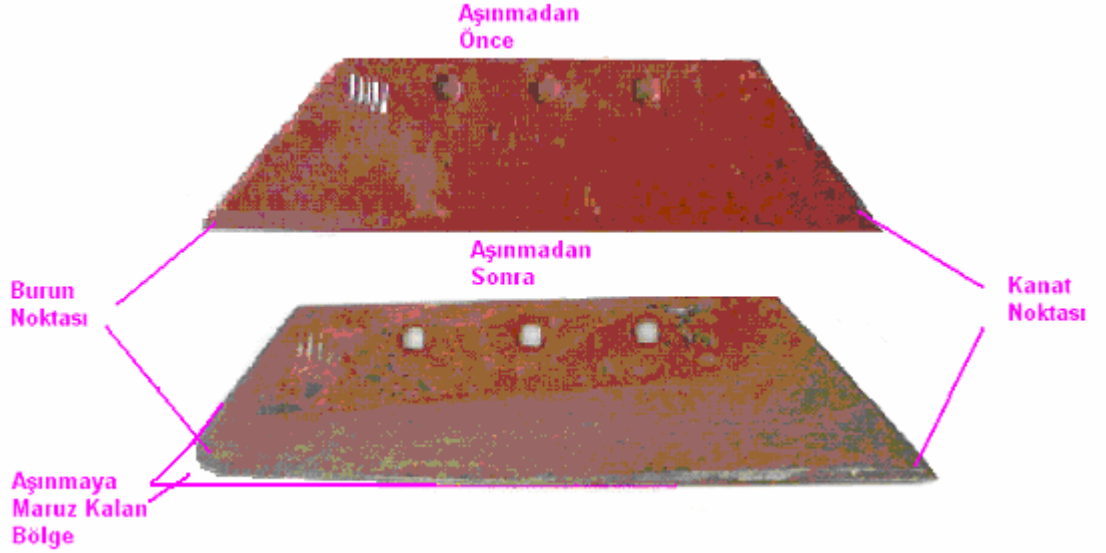
Çizelge 4.23. Sürüm Sayısına Göre Açı Değişim Miktarları

	Açı Değişimleri
1. Sürüm	b 2,63
2. Sürüm	a 8,5

Sürümler istatistikî açıdan önemli bulunmuştur. İkinci sürümdeki açı değişim miktarları birinci sürümden daha fazladır. Bunun sebebi; daha fazla alanın işlenmiş olmasıyla birlikte, fazla dirençle karşılaşan uç demirlerinin zaman içerisinde mukavemetini yitirmesi ve daha çok aşınma göstermesidir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

G.L.I. 2 Streamline ölçümleri sonucu ortaya konulan Şekil 5.1.'de görüldüğü gibi aşınma faktörü, görüntü işleme tekniği kullanılarak hassas ve güvenilir bir şekilde belirlenmiştir.



Şekil 5.1. Pulluk Uç Demirinin Aşınmadan Önceki ve Sonraki Görüntüsü

Toprak sıkışıklığı ölçümlerinde 1.tarla denemelerinde elde edilen değerler; 1.parselde 10 ile 2024 kPa iken, 2.parselde 174 ile 3266 kPa ve 3.parselde 10 ile 1956 kPa arasındadır. 2.tarla denemelerinde 1.parselden elde edilen sonuçlar; 14-2668 kPa iken, 2.parselde 99-1976 kPa ve 3.parselde 10 ile 2837 kPa değerinde ölçülmüştür.

Hassas tartı ölçümlerinde 2.tarlanın sürülmesiyle birlikte ortalama aşınma miktarı 33,65 g/da bulunmuştur.

Görüntü işleme tekniği ile belirlenen ortalama aşınma miktarı 61,62 cm² dir.

Planimetre ile belirlenen ortalama aşınma miktarı 61,8 cm² dir.

Kenar açısı ölçümleri arasındaki farklar 2.tarlanın sürülmesiyle birlikte 4 ile 14,5° arasında artış göstermiştir.

Keskin kenar açısı ölçümleri arasındaki farklar 2.tarlanın sürülmesiyle birlikte 7 ile 13° arasında artış göstermiştir.

Kesme genişlikleri aşınmadan dolayı 15 cm olan ilk ölçüsünü giderek yitirmiş ve 0 değerine inmiştir.

Keskin kenar kalınlıkları sürümünden önce 5 cm iken, 2.tarlanın sürülmesiyle birlikte malzemede yığılma olduğundan 8 ile 10 cm değerine ulaşmıştır.

Yapılan ölçümlerden yola çıkarak, bundan sonraki çalışmalara ışık tutmak ve pulluk uç demiri üreticilerine tavsiyelerde bulunmak amacıyla, aşağıdaki öneriler dikkate alınabilir.

1) Kamalı uç demirlerinde aşınma daha kolay bir şekilde kontrol edilebilmektedir. Kama, uç demirine ayrı bir parça olarak monte edildiği için aşındıkça değiştirilir.

2) Aşınma üzerinde yüzey sertliği önemli olduğu kadar, sertleştirme derinliği de önemlidir. Uç demiri bütünüyle sertleştirilebildiği gibi sadece keskin kenarı da bir şerit şeklinde sertleştirilebilir.

3) Malzeme imal edilirken, aşınma direnci fazla olan malzemeler kullanılmalıdır.

4) Uç demirlerinin ters yüzeylerinde genellikle imalat sırasında bir şişkinlik şeklinde görülen yedek malzeme payı bırakılır. Aşınan uç demirindeki bu malzeme payı, önce ateşte ısıtılarak çekiçlenir, kalın yerleri uç kısma doğru yaydırılır, uçlanır ve sonra tekrar sertleştirilir. Böylece uç demiri bir süre daha kullanılabilir.

5) Uç demirlerinin keskin arka yüzeyine yapıştırıcı sürüp demir talaşı yapıştırılarak, uç demirlerinin sürüm yaptıkça kendi kendini bileyip keskinliğini koruması sağlanabilir.

Bir uç demirinin toprağı verimli bir şekilde işleyebilmesi için bazı özelliklere sahip olması gerekir. Bu özellikler: Uç demiri veya işleyici organ kolay şekillendirilebilen, ısı işlem sonucu eğilme, aşınma ve darbe dayanımı iyileşen, dolayısıyla keskinliğini uzun süre koruyabilen, onarım olanağı bulunan, imalat maliyeti düşük malzemelerden yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Anonim 2001a, 2002. Türkiye'deki Ekilen Tarım Arazisi, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, ISBN: 0082-691X, Ankara, Sayfa 284

Anonim 2001b, 2002. Türkiye'deki Pulluk Sayısı, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, ISBN: 0082-691X, Ankara, Sayfa 299

Anonim 2004, 2004. Pulluk Uç Demirlerinin Kimyasal Analizi, KOSGEB, Bursa

AYATA, M., 1997. Toprak Alet İlişkilerinin Görüntü İşleme Tekniği ile Saptanması Üzerinde Bir Araştırma, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, Sayfa 28,51-52

AYERS, P.D., PERUMPERAL , J.V., 1982. Moisture And Density Effect on Cone Index, Transaction of the ASAE, 25 (5): 1169-1172

AKDEMİR, B., GÖKTÜRK, B., 1995. Kültivatör Uç Demirlerine Uygulanan Farklı Isıl İşlemlerin Mekanik Özelliklere Etkilerinin Karşılaştırılması Üzerinde Bir Araştırma, Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi, 5-7 Eylül 1995 Bursa, Sayfa 433-440

BARUT, Z.B., OKURSOY, R., ÖZMERZİ, A., 1996. Physical Effects of Cotton Seed Bed Preperation on Silty Sand. 6. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, 2-6 Ekim 1996 Ankara, Sayfa 455-461

BAYHAN, Y., ÜLGER, P., 1997. Trakya Bölgesinde İmal Edilen Çizel Uç Demirlerinin Tarla Koşullarında Aşınmasının Belirlenmesi, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, 17-19 Eylül 1997 Tokat, Sayfa 357-364

BAYHAN, Y., ULUSOY, E., ÖZCAN, M.T., 1995. Toprak İşleme Aletlerinin Uç Demirlerinde Aşınma Direncinin Belirlenmesi İçin Prototip Aşındırma Makinasının Geliştirilmesi, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, 17-19 Eylül 1997 Tokat, Sayfa 911-918

CEBECİ, Z., BEK, Y., 1994. Yapağı Örneklerinin Kalite Kontrolünde Görüntü İşleme Sistemi Kullanımı Üzerine Bir Araştırma, Tarımda Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, 5-7 Ekim 1994 İzmir, Sayfa 1-6

ÇETİNKAYA, C., 1994. Pulluk Uç Demirlerinin Aşınma Dayanımlarının Belirlenmesi ve İyileştirme İmkanları Üzerine Araştırmalar, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Yayınlanmış, Ankara, Sayfa 1-94

ÇOĞAY, A., 1992. Toprak İşleme Makinalarında Yüzey Sertleştirme Sorunları ve Uygulanabilir Metot Araştırması, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Sayfa 1-39

FOLEY, A.G., CHISHOLM, C.J., MCLEES, V.A., 1988. Wear of Ceramic-Protect Agricultural Subsoilers, *Tribology International*, 21 (2) : 97-103

FULTON, J.P., WELLS, L.G., SHEARER, S.A., BARNHISEL, R.I., 2000. Spatial Variation of Soil Physical Properties, A Precursor to Precision Tillage, <http://www.bae.uky.edu/~shearer/PrecisionTillage.htm>

GÖKMEN, H., 1990. Sayısal Görüntü İşleme ile Genetik Hastalıkların Teşhisine Yardımcı Bir Bilgisayar Sisteminin Tasarım ve Gerçekleştirimi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Sayfa 15-18

IŞIK, E., GÜLER, T., 2003. Elma Yüzey Alanlarının Görüntü İşleme Tekniği Yöntemiyle Saptanması, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* , 17 (1): 59-64

KARAMIŞ, M.B., 1987. Türk Tarım Sektöründe Toprak İşleme Elemanlarının Aşınmasıyla Kaybolan Enerji, 3. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu, 26-29 Ekim 1987 İzmir, Sayfa 211-219

KEÇECİOĞLU, G., ULUSOY, E., 1975. Ege Bölgesinde Yapılan Bazı Uç Demirleri Üzerinde Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:278, İzmir, Sayfa 1-56

KOMAÇ, O.Ş., PAR, B., ÖZSOY, A., TAŞÇI, K., 1988. Kulaklı Pulluk Malzemelerinin Mekanik Özelliklerini Etkileyen Parametrelerinin İncelenmesi, *Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi*, 10-12 Ekim 1988 Erzurum, Sayfa 135-145

KUFEL, K., WIERZCHOLSKI, K., 1993. The Wear of The Shares of Plough Bodies With Rigid and Elastic Connections to The Frame, *Wear*, 162-164 Part - 2 : 1002, 1003

MOORE, M.A., MCLEES, V.A., 1980. Effect of Speed On Wear of Steels and A Copper by Bonded Abrasive and Soils, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 25 (1) : 37-45

MUTAF, E., ULUSOY, E., 1977. Toprak İşleme Aletlerinin İş Organlarında Kullanılan Bazı Çeliklerin Farklı Isıl İşlemlere Göre Laboratuvar ve Tarla Şartlarında Aşınma Dirençleri, *TÜBİTAK Yayınları No: 337*, Ankara, Sayfa 1-54

NATSİS, A., PAPADAKİS, G., PİTSİLİS, J., 1999. The Influence of Soil Type Soil Water and Share Sharpness of a Mouldboard Plough on Energy Consumption Rate of Work and Tillage Quality, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72 (2): 171-176

OWSIAK, Z., 1997. Wear of Symmetrical Wedge-Shape Tillage Tools, *Soil and Tillage Research*, 43 (3-4): 295-308

OKURSOY, R., BARUT, Z.B., 1994. Killi Toprakların Penetrasyon Dirençleri, *Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi*, 20-22 Eylül 1994 Antalya, Sayfa 609-613

ÖZGÖZ, E., 1999. Lastik Tekerlekli Traktörlerde Lastik Basıncının Toprak Sıkışıklığına Olan Etkilerinin Belirlenmesi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Bursa, Sayfa 1-86

PİKUL, J.L., AASE, J.K., 1999. Wheat Response and Residual Soil Properties Following Subsoiling of Sandy Loam in Eastern Montana, Soil and Tillage Research, 51: 61-70

POLAT, Ş., ÖZCAN, M.T., 1994. Farklı Alaşımardaki Çeliklerden Üretilen Kültivatör Uçlarının Aşınma Özelliklerinin Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi, 20-22 Eylül 1994 Antalya, Sayfa 24-33

SALOKHE, V.M., HOKİ, M., SATO, K., 1993. Why Does Soil Not Stick to Enamel Coating, Journal of Terramechanics, 30 (2-4) : 275-283

SEÇKİN, M. E., 2000. Aşınma Deney Cihazının Tasarımı ve Aşınma Deneyleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Afyon, Sayfa 2-57

SINGH, N., DELWICHE, M.J., JOHNSON, R.S., 1993. Image Analysis Methods for Real-Time Color Grading of Stonefruit, Computers and Electronics in Agriculture, 9 (1): 71-84

ŞİŞMAN, L., 1999. Bir Aşınma Deney Cihazının Tasarımı ve İmalatı, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, Sayfa 15

TAŞERİ, L., EKER, B., 2000. Ürün İşlemede İmage Analiz Tekniğinin Kullanılması, Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi, 1-2 Haziran 2000 Erzurum, Sayfa 314-318

TEKİN, Y., 2001. Toprak Sıkışıklığının Belirlenmesinde Traktör Hidrolik Sisteminden Tahrikli Penetrometreden Yararlanma Olanakları, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, T.B.M.Y.O., Doktora Tezi, Bursa, Sayfa 1-76

UYSAL, Ö., 2000. New Methods for Noise Removal in Digital Image Processing, Fatih Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Sayfa 3-4

YALÇIN, M., 1997. Toprak Çok Dar Ayaklı Alet İlişkilerinin Görüntü İşleme Sistemi Kullanılarak Saptanması Üzerinde Bir Araştırma, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Yayınlanmış, Adana, Sayfa 2-57

YALDIZ, S., 1990. Bazı Toprak İşleme Aletlerinin İşleyici Organlarında Uygulanan Isıl İşlemler ve Uygun Isıl İşlemlerin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, Sayfa 1-56

YILMAZ, Ş., 2002. Sera Ortamında Bitki Gelişiminde Görüntü İşleme Yönteminin Kullanımı Üzerine Bir Araştırma, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, Sayfa 5-55

YU, H.J., BHOLE, S.D., 1990. Development of Prototype Abrasive Wear Tester for Tillage Tool Materials, Tribology International, 23 (5): 309-316

YÜCEL, A., 1999. Çeliklerde Aşınmaya Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sivas, Sayfa 2-24

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam sırasında bana yol gösteren, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Rasim OKURSOY'a teşekkür ederim.

Çalışmam süresince bölüm olanaklarını kullanmama fırsat tanıyan başta Sayın Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ olmak üzere tüm Bölüm Elemanlarına teşekkür ederim.

Tezimde elde ettiğim verilerin istatistik analizlerinin oluşturulmasında yardımcı olan, Sayın Prof. Dr. A. Tanju GÖKSOY'a ve Yrd. Doç. Dr. Uğur BİLGİLİ'ye teşekkür ederim.

Toprak sıkışıklığı çalışmalarım sırasında desteğini gördüğüm Öğr. Gör. Dr. Yücel TEKİN'e teşekkür ederim.

Tarla çalışmalarım sırasında gösterdiği özverili yardımlarından dolayı Sayın Tek. Refai KURT'a sevgilerimi sunarım.

Turan Tarım Makinaları Firmasına ilgileri için teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca desteğini esirgemeyen aileme ve dostlarıma sevgilerimi sunarım.

Şubat-2006/BURSA

ÖZGEÇMİŞ

6 Ağustos 1980 tarihinde Niğde'nin Ulukışla İlçesinde doğdu.

İlk, orta ve lise öğrenimini Bursa'da tamamladı.

1998 yılında Bursa Kız Lisesi Yabancı Dil Ağırlıklı lise programını bitirdi.

1998 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde lisans eğitimine başladı.

24.07.2002 tarihinde Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nü bitirdi.

Eylül 2002 tarihinde Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Bölümü Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

11 Kasım 2002 - 31 Aralık 2005 tarihleri arasında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı.