**ANKARA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# TOPRAK YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİNDE UZAKTAN ALGILAMANIN KULLANIMI

**Hacer İlke DEMİRÖZ**

**TORPAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**ANKARA**
**2020**

**Her hakkı saklıdır**

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TOPRAK YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİNDE UZAKTAN ALGILAMANIN KULLANIMI

Hacer İlke DEMİRÖZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İlhami BAYRAMİN

Toprak yüzey pürüzlülüğü iklimin erozyon yaratma gücüyle doğrudan ilişkili olmakla beraber, toprağın erozyona hassasiyet eğiliminin belirlenmesinde de önemli rol oynamaktadır. Zincir yöntemi, yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde en sık kullanılan yöntemlerdendir. Bununla beraber son yıllarda yüksek çözünürlüklü sayısal yükselti modelleri kullanılarak, yine yüzey pürüzlülüğü hesaplanabilmektedir. Bu çalışma ile mekanik yöntemlerden zincir yöntemi ve yüksek teknolojiye dayanan uzaktan algılama teknikleriyle toprak yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç kapsamında, arazide farklı toprak işleme aletleri ile yüzey pürüzlülüğü oluşturulmuştur. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde, altı pervaneli hegzakopter drone kullanılarak elde edilen sayısal yükselti modeli kullanılmıştır. Görüntülerin elde edilmesinde, çok bantlı RGB kamera kullanılmıştır. Bindirmeli şekilde çekilen görüntülerden elde edilen yüksek çözünürlüklü sayısal yükselti modeli analiz edilmiş, yüzey pürüzlülüğü, doğrusal ve hacimsel olarak ölçülmüştür. Ölçümler coğrafi bilgi sistemi ortamında zincir yöntemi ile karşılaştırılmıştır.

**Ocak 2020, 52 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Zincir Yöntemi, Çok Bantlı Görüntü, Toprak İşleme Aletleri, Toprak Yüzey Pürüzlülüğü, Drone

## ABSTRACT

Master of Science Thesis

USE OF REMOTE SENSING TO MEASURE OF SOIL SURFACE ROUGHNESS

Hacer İlke DEMİRÖZ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. İlhami BAYRAMİN

Soil surface roughness is directly related to the erosion power of the climate, but also plays an important role in determining the tendency of soil to erosion. Chain method is one of the most commonly used methods for measuring surface roughness. However, surface roughness can be calculated in recent years by using high resolution digital elevation models. With this study, it is aimed to determine soil surface roughness with chain method and high technology remote sensing techniques. For this purpose, surface roughness has been created in the land with different tillage tools. The six-propeller hexacopter drone was used to measure the surface roughness and a digital elevation model was obtained through the drone. Multi-band RGB camera was used to obtain the images. High resolution digital elevation model obtained from superimposed images was analyzed and surface roughness was measured linearly and volumetric. Measurements were compared with the chain method in the geographic information system environment.



**January 2020, 52 pages**

**Key Words:** Chain Method, Multispectral Images, Tillage Toolls, Soil Surface Roughness, Drone

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresi boyunca bilgi ve önerilerini esirgemeyen danışman hocam, sayın Prof. Dr. İlhami BAYRAMİN'e, arazi çalışmalarımın yürütülmesindeki yardımlarından dolayı Süleyman DEMİRÖZ ve Enes COŞKUNLU' ya, laboratuvar çalışmalarıma verdiği katkıları için Mert Ulaş DİŞBUDAK'a, uzaktan algılama görüntülerinin temininde ve işlenmesinde verdikleri destekten dolayı Erkan İLHAN'a ve Elif DEMİRCİ' ye, istatistiksel verilerin değerlendirilmesindeki yardımından dolayı Duygu KILIÇ'a, çalışmalarım süresince beni her konuda ve her daim destekleyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Hacer İlke DEMİRÖZ
Ankara, Ocak 2020

# İÇİNDEKİLER

**TEZ ONAY SAYFASI**
**ETİK…. i**
**ÖZET…. ii**
**ABSTRACT ..... iii**
**TEŞEKKÜR..... iv**
**SİMGELER DİZİNİ ..... vii**
**ŞEKİLLER DİZİNİ ..... ix**
**ÇİZELGELER DİZİNİ ..... xi**
**1. GİRİŞ ..... 1**
**2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ ..... 4**
**3. MATERYAL VE YÖNTEM ..... 13**
**3.1 Materyal ..... 13**
**3.1.1 Çalışma alanının konumu ve tanımı..... 13**
**3.1.2 Çalışma alanının topoğrafik özellikleri……..……....14**
**3.1.3 Çalışma alanının iklimi……15**
**3.1.4 Çalışmada kullanılan toprak işleme aletleri…….…… 15**
**3.1.4.1 Pulluk……..16**
**3.1.4.2 Diskli tırmıklar (diskaro)…….…….……...18**
**3.1.4.3 Kaz ayağı……..……..…….……..19**
**3.1.5 Çalışmada kullanılan diğer materyaller ve ölçüm araçları…….…….21**
**3.1.5.1 Zincir yöntemi ile ölçüm için kullanılan materyallar…….……..……..21**
**3.1.5.2 Uzaktan algılama yöntemiyle ölçüm için kullanılan materyaller ..... ..24**
**3.2 Yöntem ..... 26**
**3.2.1 Deneme parsellerinin oluşturulması..... 26**
**3.2.2 Sürümlerin yapılması..... 26**
**3.2.3 Toprak yüzey pürüzlülüğünün ölçümü ..... 27**
**3.2.3.1 Toprak yüzey pürüzlülüğünün zincir yöntemi ile ölçümü..... 27**
**3.2.3.2 Toprak yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılmasına ilişkin ilk aşama olan sayısal yükselti modelinin oluşturulması.…….29**
**3.2.4 Toprak örneklerinin alınması…….35**
**3.2.5 Laboratuvar çalışmaları……..…….…….35**
**4. ARAŞTIRMA BULGULARI……..……36**

**4.1 Toprak yüzey pürüzlülüğünün zincir yöntemi ile ölçülmesine ilişkin ölçüm sonuçları……36**

**4.2 Toprak yüzey pürüzlülüğünün coğrafi bilgi sistemi ile ölçülmesine ilişkin ölçüm sonuçları……40**

**4.2.1 Toprak yüzey pürüzlülüğünün coğrafi bilgi sistemi ile ölçülmesine ilişkin pürüzlülük grafikleri……41**

**4.2.2 Toprak yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesine yönelik çalışma alanı içinde belirlenen ve CBS ortamında oluşturulan sürüm parsellerinin 3 boyutlu görüntüleri…..……44**

**4.3 Çalışma alanında yapılan bünye analizi sonuçları……46**

**4.4 Toprak yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde kullanılan zincir yöntemi ile uzaktan algılama yönteminin arasındaki istatistiksel karşılaştırmalar……47**

**5. SONUÇ……..……48**

**KAYNAKLAR……..……49**

**ÖZGEÇMİŞ…….……52**

## SİMGELER DİZİNİ

| | |
|---|---|
| Da | Dekar |
| 2B | İki boyutlu |
| km | Kilometre |
| km² | Kilometrekare |
| Log | Logaritma |
| mPa | Megapascal |
| m | Metre |
| m² | Metrekare |
| mm | Milimetre |
| s | Saniye |
| °C | Santigrat |
| cm | Santimetre |
| STDI | Standart sapma indeksi |
| 3B | Üç boyutlu |
| % | Yüzde |
| R | Yüzey pürüzlülük indeksi |

**Kısaltmalar**

| | |
|---|---|
| CBS | Coğrafi bilgi sistemi |
| ÇP | Çizel pulluk |
| DEM | Digital elevation model |
| DP | Diskli pulluk |
| EGM | Earth gravitational model |
| GPS | Global positioning system |
| GCP | Ground control point |
| IMU | Intertial measurement unit |
| IP | Izgara kulaklı pulluk |
| İHA | İnsansız hava aracı |

| | |
|---|---|
| KP | Kulaklı pulluk |
| RRF | Rastgele pürüzlülük faktörü |
| RGB | Red green blue |
| SRF | Saleh pürüzlülük faktörü |
| LISEM | The limburg soil erosion model |
| UAV | Unnamed air vehicle |
| UTM | Urchin tracking module |
| YKN | Yer kontrol noktası |

# ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Ankara, Haymana İlçesi'nin konumu ve sınırları……..…13

Şekil 3.2 Çalışma alanının çiftlik içinde belirtilen haritası……..…….14

Şekil 3.3 Çalışmada kullanılan kulaklı pulluk aleti…….…….16

Şekil 3.4 Kulaklı pullukla sürümden sonra arazide oluşan toprak deseni…….17

Şekil 3.5 Çalışmada kullanılan diskaro aleti……..……...18

Şekil 3.6 Diskaro ile sürümden sonra arazide oluşan toprak deseni……..19

Şekil 3.7 Çalışmada kullanılan kaz ayağı aleti……..……...….. 20

Şekil 3.8 Kaz ayağı ile sürümden sonra arazide oluşan toprak deseni……..……... 21

Şekil 3.9 Zincir yöntemiyle toprak yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılmak üzere tasarlanan ölçüm aracı……..……...……..… 22

Şekil 3.10 Zincir yöntemiyle toprak yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılan beyaz zincir……...…… 22

Şekil 3.11 Ölçüm hazırlığında arazide kullanılan ip, balyoz, kürek ve kazık materyalleri…..……...…….. 23

Şekil 3.12 Çalışmada kullanılan altı pervaneli hegzakopter drone ve işaretlenen yer kontrol noktası……...……...…….. 24

Şekil 3.13 Farklı toprak işleme aletleriyle sürülmüş ve hegzakopter drone ile taranan çalışma alanının kuşbakışı görüntüsü……..…... 25

Şekil 3.14 Çalışma alanının tesadüfi olarak belirlenen toprak işleme aletleriyle sürümünden sonra, parsellerin dağılımı…....…….……. 27

Şekil 3.15 Toprak yüzey pürüzlülüğü ölçümünün şematik gösterimi…….…… 28

Şekil 3.16 Arazide zincir yöntemiyle toprak yüzey pürüzlülüğü ölçümünün yapılması……. 29

Şekil 3.17 Çalışma alanının sayısal yükselti modeli (ortomozaik önizlemesi)…….. 30

Şekil 3.18 Çalışma alanının ilk görüntü konumları……..…….. 31

Şekil 3.19 Çalışma alanının hesaplanan görüntüsü, yer kontrol noktaları ve manuel bağlantı nokta konumları……...……. 32

Şekil 3.20 Çalışma alanının ortomozaikte her bir piksel için hesaplanan ve örtüşen görüntü sayısı…….……...33

Şekil 3.21 Eşleşen görüntüler arasındaki bağlantıları içeren ve hesaplanan görüntü konumları…….……...……. 34

Şekil 4.1 Pulluk ile sürülen alanda oluşan pürüzlülük grafiği…….41

Şekil 4.2 Kaz ayağı ile sürülen alanda oluşan pürüzlülük grafiği……..……42

Şekil 4.3 Diskaro ile sürülen alanda oluşan pürüzlülük grafiği……..…….42

Şekil 4.4 Sürüm yapılmayan alanda oluşan pürüzlülük grafiği……...43

Şekil 4.5 Soldan sağa sırasıyla birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü blok için pulluk ile sürümle oluşan 3 boyutlu toprak yüzey pürüzlülük görüntüleri……..……44

Şekil 4.6 Soldan sağa sırasıyla birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü blok için kaz ayağı ile sürümle oluşan 3 boyutlu toprak yüzey pürüzlülük görüntüleri…...……45

Şekil 4.7 Soldan sağa sırasıyla birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü blok için diskaro ile sürümle oluşan 3 boyutlu toprak yüzey pürüzlülük görüntüleri……..……45

Şekil 4.8 Soldan sağa sırasıyla birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü blok için sürüm yapılmayan alanda oluşan 3 boyutlu toprak yüzey pürüzlülük görüntüleri……..46

# ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Pulluk ile sürülen alanda oluşan toprak yüzey pürüzlülüğünün, zincir yöntemiyle belirlenen ortalama yüzde değerleri……..……..…36

Çizelge 4.2 Kaz ayağı ile sürülen alanda oluşan toprak yüzey pürüzlülüğünün, zincir yöntemiyle belirlenen ortalama yüzde değerleri……37

Çizelge 4.3 Diskaro ile sürülen alanda oluşan toprak yüzey pürüzlülüğünün, zincir yöntemiyle belirlenen ortalama yüzde değerleri...……...……...……38

Çizelge 4.4 Tanık oluşturmak amacıyla sürüm yapılmayan alanda oluşan toprak yüzey pürüzlülüğünün, zincir yöntemiyle belirlenen ortalama yüzde değerleri…...……..…….39

Çizelge 4.5 Üç farklı toprak işleme aleti ile sürülen ve sürüm yapılmayan parsellerde oluşan toprak yüzey pürüzlülüğünün, coğrafi bilgi sistemleri ortamında belirlenen ortalama yüzde değerleri……....40

Çizelge 4.6 Çalışma alanında yapılan bünye analizi sonuçları……..…….46

Çizelge 4.7 Toprak yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde kullanılan zincir yöntemi ile uzaktan algılama yöntem sonuçlarının verilerine dayanarak elde edilen istatiksel sonuçlar……...……...….47

# 1. GİRİŞ

Romkens ve Wang (1987), tarımsal üretimin, toprakların verimliliklerinin ve üretkenliklerinin zayıf olması, aynı zamanda kayıp toprakların günden güne artması nedeniyle istenilen düzeyde olmadığını belirterek, tarım topraklarının çok iyi korunması gerektiğini, toprak dengesini bozan etmenlerin kontrol altına alınması gerektiğini vurgulamıştır. Toprak bozunumunun en önemli nedenlerinden birini yüksek erozyon değerleriyle ilişkilendirerek, erozyonun toprağın oluşumuna ve olgun hale gelmesine öldürücü etki yaptığını ve toprağın, dolayısı ile tüm doğanın dengesini bozduğunu belirtmişlerdir. Toprak örtüsünün, toprak yönetiminin, toprak yüzey pürüzlülüğünün ve insan etkilerinin, iklimin erozyon yaratma gücünü ve toprağın erozyona uğrama eğiliminin belirlenmesinde önemli faktörler olduğunu vurgulamışlardır. İşlenen toprağın yüzey pürüzlülüğünü; tercih edilen toprak işleme aletlerinin performansını değerlendirmede, toprak ile su erozyonunun kontrolünü sağlamada ve tohum yatağı hazırlamada önemli bir etmen olarak belirtmiş ve toprak yüzey pürüzlülüğünü erozyonla ilişkilendirmişlerdir.

Toprak yüzey pürüzlülüğü, toprak parçacıklarının rastgele düzenlenmesi ile oluşan, yüzey konfigürasyonudur (Guillobez ve Arnaud 1998). Toprak yüzey pürüzlülüğü, toprak porozitesinin artması ve sızan suyun akışıyla belli bir ekosistemdeki büyüyen mikroorganizma sayısı ve çeşitliliğini artırır (Moreno ve vd. 2010).

Toprak yüzeyinde ortaya çıkan pürüzlülük değişik koşullardan kaynaklanmaktadır. Bu koşullar; toprak parçacıklarının büyüklüğünden dolayı oluşan mikro kabarma değişimleri, keseklerden dolayı meydana gelen değişim, kullanılan toprak işleme aletlerine bağlı olarak meydana gelen sistematik yüzey değişimleri ve toprak yapısında var olan değişimlerdir. Mikroagregat ya da toprak parçacıklarının büyüklüğünden dolayı meydana gelen mikro kabarma değişimlerinde; pürüzlülük bütün yönlerde üniform olup, yüzeyde meydana gelen değişim 0.2 mm arasında olmaktadır.

Keseklerden meydana gelen değişimde; kullanılan toprak işleme aletlerinin yapısal özellikleri, ilerleme hızı, iş derinliği ve toprak özelliklerine bağlı olarak toprakta meydana gelen parçalanma sonucunda oluşan pürüzlülük söz konusudur. Toprak işleme aletlerine bağlı olarak meydana gelen pürüzlülük çoğunlukla dalgalı olup, tamamen işleyici organların yapısal özelliğine bağlı olarak değişim göstermektedir. Tarlanın yapısında var olan pürüzlülüklerde ise çoğunlukla topoğrafik özellikler ön plana çıkmaktadır (Romkens ve Wang 1986).

Toprak işleme aletleri rastgele ve belirli bir periyoda sahip dalgalı yüzeyler oluşturmaktadır (Guzha, 2004). Eğer pürüzlülük ölçümü sürüm yönüne dik olacak şekilde yapılırsa hem rastgele hem de dalgalı yüzey pürüzlülük ölçümü yapılmakta, sürüm yönüne paralel ölçümde ise sadece rastgele yüzey pürüzlülüğü belirlenmiş olmaktadır. Buna ilaveten sürüm yönüne dik ve paralel ölçümler arasındaki fark, dalgalı yüzey pürüzlülüğü olarak tanımlanmaktadır (Merrill ve vd. 1999).

Toprak yüzey pürüzlülüğünü belirlemede birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden birincisi, ince ve uzun çelik çubukların belirli aralıklarla dikey hareket edecek şekilde delikli bir ahşap destek üzerine yerleştirildiği profil metrelerdir. Bu çelik çubuklar yardımıyla yüzey profili çıkarılarak pürüzlülük ölçülmektedir. Bu yöntemle Kuipers (1957), yüzey pürüzlülük indeksini $R=100\log10^{s}$ (S=standart sapma) olarak belirtmiştir. Mekanik yöntemlerden bir diğeri ise Saleh (1993) tarafından geliştirilen zincir yöntemidir. Bu yöntem oldukça fazla avantaja sahiptir. Teknolojisinin düşük olması, tarlada pratik kullanılması ve hızlı ölçüm yapılmasını sağlaması bunlar arasında sayılabilir. Bu yöntemlerin yanı sıra pinmetre, fotogrametri ve profilograf ile de pürüzlülük ölçülebilmektedir. Bu yöntemlerden zincir yöntemi, pinmetre ve profilmetre toprak yüzeyine temas ederken, fotogrametri ve profilograf ise temassızdır. İlk iki yöntem boyutsal ölçüm iken, diğer ikisi algılayıcıdır. Yine ilk iki yöntem iki boyutlu iken, diğer ikisi üç boyutludur. İki boyutlu ölçümler basit araçlarla hızla veri elde etme olanağı sağlar. Bu nedenle arazi çalışmalarında yaygın olarak kullanılır. Hâlbuki yüzey karakteristiği hakkında detaylı bilgi içermez.

Üç boyutlu ölçümler daha gerçekçi bir sunum sergiler ve fiziksel alan parametrelerinin ölçülmesine de olanak sağlar (Jester ve Klik, 2005). Bu yöntemlerden başka yüksek teknolojiye dayanan; optik, lazer ve radar sistemlerinin kullanıldığı yöntemlerde son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır.

Bu çalışmanın amacı yaygın olarak kullanılan zincir yöntemi ve yüksek teknolojiye dayanan uzaktan algılama tekniğiyle, yüzey pürüzlülüğünü belirlemektir. Yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesine yönelik araştırmada, elde edilen sonuçlar doğrultusunda, iki yöntem karşılaştırılarak, yöntem sonuçlarının kaliteleri ile benzerlik ve farklılıkları hakkında bir fikir elde edilebilecektir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

Gilley ve Kottwitz (1995), pinmetre ve zincir yöntemiyle rastgele ölçülen yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek istemiştir. 60 deneysel alanda yaptıkları çalışmalarında, alanların her birinde rastgele pürüzlülük faktörleri (RRF) ve Saleh pürüzlülük faktörlerini (SRF) belirlemişlerdir. Çalışmalarında, ölçtükleri RRF değerlerinin, literatürde bildirilen SRF değerlerine benzer olduğunu bulmuşlardır. Toprak işleme ve yağmura bağlı yüzey pürüzlülüğündeki değişikliklerin SRF tarafından yeterince yansıtıldığı belirterek, zincir yöntemiyle, yüzey pürüzlülüğünün kolay bir şekilde tahmin edilebileceğini vurgulamışlardır. Deneysel verileri, RRF ve SRF'yi tahmin etmek için ve regresyon denklemlerini geliştirmek için kullanmışlardır. Geliştirdikleri regresyon denklemlerinin, SRF ile kolayca yapılan saha ölçümlerinden, RRF'yi tahmin etmek için kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Ek olarak, denklemler sayesinde RRF'yi, SRF ile ilgili literatürde mevcut olan geniş veri tabanından tahmin etmek için de kullanabileceklerini belirtmişlerdir.

Merrill ve vd. (2001), yaptıkları çalışmalarında, toprak yüzey pürüzlülüğünün ölçeğe duyarlı ve erozyonla ilgili ölçümünde zincir setinin kullanımını incelemişlerdir. Pürüzlülüğü mekanik olarak entegre etmek için, zincir benzeri cihazların kullanımının, sahada evrensel olarak erişilebilir ve pratik pürüzlülük ölçümü sağladığını belirlemişlerdir. Çalışmalarında oluşturdukları simülasyon, her bir zincirin bağlantı uzunluğunun geometrik bir ilerleme içerisinde olduğu bir zincir setinin kullanılmasının, tek bir zincir kullanımından kaynaklanan, ölçek belirsizliğinin üstesinden geleceğini göstermiştir. Ayrıca, zincir setinin, ölçeğe duyarlı pürüzlülük ölçümü sağlamak için, iç içe geçmiş bir ölçek filtre kümesi olarak işlev gördüğünü belirtmişlerdir. Bağlantı uzunlukları 0.48 cm ile 15.2 cm arasında değişen geometrik bir ilerlemeyle ayarlanmış, 6 üyeli bir zincir kullanarak saha ölçümleri yapmış, bu ölçümleri, zincir pürüzlülüğünü belirlemek için, yüzde şeklinde kaydetmiş ve bir lazer tarayıcıdan elde edilen mikro topoğrafik verilerle karşılaştırmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada, su uygulamasıyla pürüzlülüğü azaltmış, azaltmadan önce ve sonra 4 toprak altında ve 2 toprak üstünde ölçümler almışlardır.

Nihayetinde, zincir pürüzlülüğünün bağlantı uzunluğunun, erozyon meydana geldikten sonra mutlak eğimlerde büyük düşüşler gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bu durumun, zincir setinin, erozyonun neden olduğu pürüzlülükteki niteliksel değişiklikleri gösterme kabiliyetinden kaynaklandığını vurgulamışlardır. Zincir pürüzlülüğü farklılıklarını ortaya koydukları çalışmalarında, zincir setinin iki lazer tarayıcıdan türetilmiş pürüzlülük indeksine, standart bir sapma indeksine (STDI) ve bir rüzgâr erozyonu proses endeksine (SAP 30, aşındırıcıdan <30 dereceye kadar korunan alan) karşı gerilediğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca zincir seti konseptinin, mahsul kalıntısı pürüzlülük etkilerinin de ölçümünü sağlayabildiğini belirlemişlerdir.

Jester ve Klik (2005), Avusturya'da 50x55 cm lik bir deneme alanında yaptıkları çalışmalarında toprak yüzey pürüzlülüğü ölçümü, metotları ve uygulanabilirliği üzerine çalışmışlardır. Laboratuvar ortamında bir yağmur simülatörü ile çalışarak toprak yüzey pürüzlülüğünü, iki türlü ölçmek istemişlerdir ve hem toprağa temas eden zincir ve pinmetre yöntemiyle, hem de temassız ölçüm yapan lazer tarayıcı ve fotogrametri yöntemleriyle ölçmüşlerdir. İki pürüzlülük koşulunu simülatör ile yaptıkları 90 mm yağıştan önce ve sonra incelemişlerdir. Toprağın pürüzlülük ölçüm tekniklerini, veri toplanması ve hesaplama çalışmaları, çözünürlük, hassasiyet ve toprak yüzey özelliklerini gösterme kabiliyeti açısından karşılaştırmışlardır. Toprağa temas eden ya da etmeyen tüm yöntemleri denediklerinde çözünürlüğün (cm aralığı) ve hassasiyetin (mm aralığı) sınırlı olduğunu tespit etmişler ve yüzey parametrelerinin hesaplanmasını sınırladığını belirtmişlerdir. Örneğin; en düşük aralıklarda çözünürlük ve hassasiyeti lazer tarayıcılar ile elde etmiş, fakat fotogrametrik yöntem için ölçüm belirsizliğini yaklaşık 1-2 mm bulmuşlardır. Verilerin, kullanıma hazır olmalarına rağmen pinmetre tekniğinde ölçüm süresinin en fazla, toplam 90 dakika olduğunu tespit etmiş, lazer tarayıcı ölçümlerinin 34 dakika sürdüğünü ve veri işleme işlemlerinden sonra tamamlanması gereken birkaç adım için 30 dk daha gerekli olduğunu saptamışlardır. Bunların yanı sıra; fotogrametri yöntemi için veri toplama hızının en hızlı yani 5 dakika olduğunu bulmuşlardır. Ancak, fotogrametri yöntemi için uzun süren fotoğraf analizleri gerektiğinden, 120 dakika sürecek özel donanım ve yazılımın gerektiğini, ayrıca tüm bunların yanında, uzmanlık bilgisine de ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

Zincir yöntemiyle pinmetre yöntemini karşılaştırarak, zincir yöntemiyle elde edilen profil indeksi ile pinmetre verilerinden elde edilen rastgele pürüzlülük arasında bir polinom regresyonu bulmuşlardır. Lazer tarayıcıyı ve fotogrametrik tekniği karşılaştırmak için yükseklik dağılımlarının ve eğimlerin parametrelerini kullanmışlardır. Özetle bu çalışmalarında, farklı uygulama alanlarını ve karşılaştırılan cihazların sınırlamalarını ortaya koymuşlardır.

Boydaş (2007), Erzurum ilinde bulunan, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında yürüttüğü çalışmasında farklı toprak işleme aletlerinin ve hızının toprak yüzey düzgünlüğü üzerine etkisini araştırmak istemiştir. Bu çalışmayı farklı toprak işleme aletlerinin ve ilerleme hızının hem sürüm yönüne dik, hem de sürüm yönüne paralel toprak yüzey düzgünlüğüne etkisini belirlemek amacıyla yapmıştır. Araştırmasında denemelerde birincil toprak işleme aleti olarak, ızgara kulaklı pulluk (IP), diskli pulluk (DP), çizel pulluk (ÇP), kültürform kulaklı pulluk (KP), ve bu aletlerin arkasına döner tırmık bağlamak suretiyle (ÇPT, IPT, KPT ve DPT) kullanmıştır. Denemesinde bu aletler, 1.25, 1.50 ve 1.75 m/s ilerleme hızlarında ve 20 cm iş derinliğinde çalıştırılmış, toprak yüzey düzgünlüğü, zincir yöntemine göre hem sürüm yönüne dik hem de sürüm yönüne paralel olarak belirlenmiştir. Sürüm yönüne dik belirlenen yüzey düzgünlük değerlerinin nümerik sıralamasını; KP>IP=DP≥ÇP>ÇPT≥DPT=KPT≥IPT şeklinde, sürüm yönüne paralel yüzey düzgünlük değerlerinin nümerik sıralamasını ise KP>IP>DP=ÇP>KPT=IPT=DPT=ÇPT şeklinde belirlemiştir. Toprak işleme yönüne dik ve paralel alınan ölçümlerde 1.75 ve 1.5 m/s ilerleme hızları arasında önemli bir farkın oluşmadığını, 1.25 m/s ilerleme hızında elde edilen değerlerin, diğer hızlardan elde edilen değerlerden önemli derecede yüksek çıktığını tespit etmiştir. Sonuç olarak araştırmasında, toprak işleme aletlerinin ve ilerleme hızının her iki yönde de toprak yüzey düzgünlüğüne etkisinin önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Moreno ve vd. (2010), yaptıkları çalışmalarında, toprak yüzey pürüzlülüğünü, zincir seti yöntemine göre gölge analizi ve mikro kabartmalarla doğrudan ölçülmesini amaçlamışlardır.

Çalışmalarını, toprak yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için, geleneksel yöntemlere göre daha güvenilir, düşük maliyetli ve uygun olan bir yönteme ihtiyaç duyulduğu gerekçesine dayanarak yürütmüşlerdir. Yürüttükleri bu çalışmayı gölge analiz yöntemini doğrulamak ve bu yöntemi, zincir seti ve pinmetre yöntemleriyle karşılaştırmak için yapmışlardır. Mikrotopoğrafik gölgeleri yorumlayan gölge analizini, toprak yüzeyinin pürüzlülüğü ile güneş ışığı altında kalan toprak yapılarının gölgeleri arasında doğrudan bir ilişki olduğu ilkesine dayandığını belirtmişlerdir. Toprak yüzey pürüzlülüğünü, gölge analizi yöntemi ile laboratuvarda, farklı yüksekliklerde ve 1 $m^2$ büyüklüğünde bir yüzey dağılımına sahip, farklı çaptaki yarım küreler kullanarak hesaplamışlardır. Gölge analizinden elde ettikleri verileri, zincir metodu ve mikro kabartma simülasyonuyla elde edilen verilerle karşılaştırmışlardır. Sonuçta, farklı yöntemler kullanılarak hesaplanan toprak yüzey pürüzlülükleri arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Gölge analizinin, zincir yöntemi gibi iyi bilinen tekniklere nazaran, ölçülen yüzeyi rahatsız etmeyen, güvenilir, kullanımı ve analiz edilmesi kolay olan, aynı zamanda da süreyi kısaltan bir yöntem olduğunu vurgulamışlardır. Bunların yanı sıra, saha ve laboratuvar çalışmalarından elde ettikleri verilerle, gölge analizinin, pinmetre ve zincir seti metodolojilerinden elde edilen sonuçlarla önemli ölçüde korelasyon gösterdiğini kanıtlamışlardır. Ayrıca gölge analizi sayesinde, alan verileri toplamak için harcanılan zamanın, 4 ila 20 kat daha kısa olması avantajını tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarda, gölge analizinde, görüntü yorumlamanın da daha az zaman aldığını, ihtiyaç duyulan cihazların kullanımının daha kolay olduğunu ve en önemlisi de zorlu koşullarda çalışırken büyük bir avantaj sağlayan taşınabilirliğini önemle vurgulamışlardır. Tüm bunları belirtirken düzensiz dağılmış nem ve organik madde içeren veya loş gün ışığı alan yerlere yerleştirilmiş topraklarda, yüzey pürüzlülüğü ölçülmeden önce bu yöntemin onaylanmasını gerektiğini belirtmişlerdir. Nedenini, "Koyu veya canlı ya da düzensiz dağılmış renkler, pürüzlülüğün yarattığı gölgeleri engeller ve gölge analizi yöntemi doğru sonuç vermez" ilkesine dayandırarak açıklamışlardır. Son olarak, gölge analiz metodolojisinin tek başına kullanılabileceğini ve zincir seti ile pinmetre metodolojileriyle aynı güvenirliği sağladığını belirterek, kendi çalışma koşullarıyla aynı koşulları sağlayan diğer çalışmalar için önermişlerdir.

Topakçı ve vd. (2010), Antalya ili sınırları içinde yer alan, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama arazisinde yürüttükleri çalışmalarında, görüntü işleme yöntemi kullanarak toprak yüzey düzgünlüğünü belirlemek istemişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü için 0.5 m² alana sahip, hafif bir malzemeden beyaz renkli bir zincir düzlem tasarlamışlardır. Tasarlanan zincir düzlemi, işlenmiş yüzeyin üzerine sererek toprak yüzeyinin şeklini almasını sağlamışlar ve traktör üstüne belli bir açı ve yükseklikte yerleştirdikleri webcam kamera sayesinde zincir düzlemin görüntüsünü bilgisayar ortamına aktarmışlardır. Aktarılan görüntü içerisindeki zincir düzleme ait beyaz renk yoğunluğunu tespit etmek amacıyla VB.NET programlama dilini kullanarak bir yazılım geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yazılım ile toprak üzerindeki farklı yükseltilerin zincir düzlemin şeklini ve beyaz renk yoğunluğunu değiştirdiğini belirlemişlerdir. Aşırı pürüzlü olan yüzeylerde beyaz renk yoğunluğunun azaldığını, düz yüzeylerde ise arttığını bulmuşlardır. Çalışmalarında, beyaz renk piksel sayısındaki değişkenlikler ile yüzey pürüzlülüğü arasında tespit edilen ilişkiyi matematiksel olarak belirlemişlerdir. Geliştirdikleri sistemle, farklı toprak işleme makinelerinin toprak yüzeyine yaptığı olumlu ya da olumsuz etkilerin tespiti için, araştırıcılara katkı ve kolaylık sağladıklarını öne sürmüş ve bu sistem ile hassas uygulamalı tarıma yönelik belirli bir alanın, toprak yüzey pürüzlülüğü değişkenlik haritalarının oluşturulabileceğini vurgulamışlardır.

Tekgüler ve Selvi (2011), Samsun ili sınırlarında bulunan, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne ait uygulama arazilerinde yaptıkları çalışmada, farklı toprak işleme aletlerinin toprak yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmak istemiş ve ağır bünyeli toprakta, birincil işleme aletleri olarak kullanılan çizel pulluğun, kulaklı pulluğun ve beraberinde kullanılan bazı ikincil toprak işleme aletlerinin iki farklı ilerleme hızında (1,20 m/s – 0,6 m/s) toprak yüzey pürüzlülüğüne yaptığı etkileri araştırmışlardır. Denemelerinde çizel pulluğu ve kulaklı pulluk ile kulaklı pulluk + (2 × diskaro (KPD)); kulaklı pulluk + (2 × diskaro + 2 × toprak frezesi (KPDTF)); çizel pulluğu + (2 × diskaro (ÇPD)); ve çizel pulluğu + (2 × diskaro + 2 × toprak frezesi (ÇPDTF)) kombinasyonlarını kullanmışlardır. Saleh (1993) tarafından ortaya konulan zincir yöntemi esasına dayanarak, toprak yüzey pürüzlülüğünü sürüm yönüne paralel ve sürüm yönüne dik olarak belirlemişler, sürüm yönüne paralel ve dik olarak belirlenen en büyük yüzey pürüzlülük değerlerini KP uygulamasında elde etmişlerdir.

En küçük yüzey pürüzlülük değerlerini ise sürüm yönüne paralel yönde KPDTF, dik yönde ise ÇPDTF uygulamasında elde etmişlerdir. Sürüm yönüne dik ve paralel yönlerde elde ettikleri toprak yüzey pürüzlülük değerleri üzerine farklı ilerleme hızlarının (0.6 m/s ve 1.2 m/s) etkisini istatistiksel olarak önemli bulmamışlardır. Sonuç olarak, çalışmalarında farklı toprak işleme aletlerinin sürüm yönüne dik ve paralel yönlerde, toprak yüzey pürüzlülük değerlerine etkileri arasındaki farkların mühim olduğunu, hızdaki değişimin ise yüzey pürüzlülüğüne etki etmediğini belirlemişlerdir.

Rock ve vd. (2011), insansız hava araçları tarafından yakalanan hava görüntülerinin fotogrametrik işlemesinde yatan potansiyeli değerlendirmek istemişlerdir. Elektronik bileşenlerin kaliteye doğrudan etkili olduğunu belirterek, özellikle GPS/IMU (Global positioning system/ Inertial measurement unit) navigasyon ünitesinin ve kameranın doğruluğunun, havadan görüntülerin fotogrametrik değerlendirilmesinde büyük öneme sahip olduğunu belirtmişlerdir. Sayısal yükselti modellerinin doğruluğunu belirlemek için, dikey duvarlar, enkaz yığınları vb. gibi farklı jeomorfolojik birimlerin varlığı nedeniyle bir taş ocağını seçmişlerdir. Deneysel test alanında, 1042 GCP (Ground control point) belirlemişlerdir. Yer kontrol sayısının sensör oryantasyonunun doğruluğu üzerindeki etkisi ve mutlak sapmanın, modellenen sayısal yükselti modellerinin farklı parametrelerine bağımlılığı, araştırmalarına konu olmuştur. Bununla birlikte, izole edilebilecek sayısal yükselti modellerinin doğruluğu ile ilgili tek önemli faktör, insansız hava aracının havadaki yüksekliğidir. Ayrıca, eğer yüksek çözünürlüklü dijital yükseklik modelleri üretilmek istenirse, zaman tasarrufu açısından, arazinin önceden yer kontrol noktalarının belirlenerek, uygun şekilde hazırlanması gerektiğini yaptıkları bu çalışmada belirtmişlerdir.

Altıkat ve Çelik (2013), Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne ait deneme alanında, iki yıl süreyle yürüttükleri çalışmalarında, yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan profilograf ve zincir yöntemlerini karşılaştırmak istemiştir. Bu amaçla iki yöntemi de, geleneksel toprak işleme yöntemi ve iki farklı azaltılmış toprak işleme yöntemiyle işlenmiş alanda denemişlerdir.

Azaltılmış toprak işleme yöntemlerinde, dikey rotorlu toprak frezesi ve yatay rotorlu toprak frezesini kullanmışlar, geleneksel toprak işleme yönteminde ise kulaklı pulluk + diskli tırmık + sürgü kombinasyonundan yararlanmışlardır ve yüzey pürüzlülüğünü zincir ve profilograf yöntemleriyle belirleyerek karşılaştırmalar yapmışlardır. Tüm bu çalışmalarının sonucunda, en pürüzlü toprak yüzeylerini, geleneksel toprak işleme yönteminde elde etmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü açısından azaltılmış toprak işleme yöntemleri arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark gözlemezken, profilograf yöntemiyle belirledikleri pürüzlülük değerlerinin, zincir yöntemiyle belirledikleri değerlerden daha yüksek bulduklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca araştırmalarında, profilograf yöntemi ile belirlenen yüzey pürüzlülüğü değerlerinin zincir yöntemine göre daha gerçekçi olduğunu savunmuşlardır.

Thomsen ve vd. (2015), Norveçte bulunan Skuterud Havzası'nda, 4.5 km² lik bir alanda yaptıkları çalışmalarında, toprak yüzey pürüzlülüğü ölçümünde, eski ve yeni ölçüm yöntemlerini karşılaştırmayı ve toprak erozyon modelinde uygulamayı amaçlamışlardır. Pürüzlülüğü, çalışma alanlarında, hem temas yöntemlerini (Makaralı zincir ve pinboard) hem de sensör yöntemlerini (Stereo fotogrametri ve karasal lazer tarama) kullanarak ölçmüşlerdir. Çeşitli yöntemler kullanılarak elde edilen pürüzlülük verilerinin benzer olduğunu vurgulamış ve tarım arazisinde yaptıkları çalışmalarında, toprak pürüzlülüğünü ölçmek için kullanılan farklı yöntemleri karşılaştırmışlardır. Ayrıca değerleri, toplama skalasındaki benzetilmiş hidrograf üzerindeki etkisini test etmek için LISEM (The limburg soil erosion model) toprak erozyonu modeline veri olarak kullanmışlardır. Ayrıca, bu erozyon modelinin kendi çalışmalarında olduğu gibi başka çalışmalarda da girdi olarak kullanılması noktasında, pürüzlülük ölçüm cihazı seçiminin oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Kuş ve Yıldırım (2017), Erzurum ilinde bulunan, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Yayım Merkezi Müdürlüğü Üretim Alanı'nda geleneksel ve azaltılmış toprak işleme şartlarına bağlı olarak bazı toprak özelliklerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir.

Çalışmalarında geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemleri ile toprak işleme öncesi şartlara bağlı olarak toprağın nem içeriğini, toprak direncini, toprağın hacim ağırlığını ve toprak porozite değerlerini saptamışlardır. Ayrıca, yine geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerine bağlı olarak, toprak parçacık büyüklük dağılımını, toprak parçacıklarının ortalama ağırlıklı çapını ve tarla yüzey pürüzlülük oranının değişimini belirlemişlerdir. Tesadüf parselleri oluşturarak oluşturdukları deneme desenine göre, araştırmalarında, en düşük hacim ağırlığını ve en yüksek porozite değerlerini, azaltılmış toprak işleme yönteminde elde etmişlerdir. Toprak işleme yönteminin, pürüzlülük oranını, çok önemli düzeyde etkilediğini saptamışlardır. Ortalama ağırlıklı çap bakımından geleneksel toprak işleme yönteminde, daha büyük çaplı parçacıklar elde etmişlerdir. Toprak işleme yönteminden kaynaklanan toprağın sıkışma oranının, genel olarak azaltılmış toprak işleme yönteminde daha fazla artış gösterdiğini belirlemişlerdir. En büyük penetrasyon direnç değerini 2.56 MPa ile işlenmemiş alanda, en düşük penetrasyon direnç değerini ise 0.08 MPa ile azaltılmış toprak işlemede elde etmişlerdir. Sonuçta yaptıkları çalışmada, geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerinde kullanılan toprak işleme aletlerinin, toprağın fiziksel özelliklerine önemli düzeyde etki ettiğini tespit etmişlerdir. Azaltılmış toprak işlemede kullanılan frezenin daha yumuşak bir tarla yüzeyi bıraktığını ve bu nedenle de işleme derinliğine kadar penetrasyon direncinin daha düşük değerlerde gerçekleştiğini ortaya koymuş, öte yandan geleneksel toprak işleme denince ilk akla gelen pullukla yapılan toprak işlemede ise azaltılmış toprak işlemeye oranla, daha büyük agregatlaşma, yüksek pürüzlülük oranları, daha küçük porozite ve yüksek penetrasyon direnci değerlerini bulmuşlardır.

Moravec ve vd. (2017), Çek Cumhuriyeti'nde yer alan ve Vendoli kasabasına yakın 23,5 hektarlık bir alanda yürüttükleri çalışmalarında, arazi verim tahmin edicisi olarak dijital yükseklik modellerini incelemek istemiş ve İHA (İnsansız hava aracı) ile diğer yükseklik veri kaynaklarını karşılaştırmak istemişlerdir. Çalışmalarında, tarımsal amaçlar için farklı kaynaklardan gelen yüzey modellerinin kullanımı hakkında bilgi sahibi olmayı amaçlamışlardır. Farklı kaynaklardan elde edilen farklı dijital arazi modellerini (İnsansız hava aracı görüntüleri, lidar verileri ve biçerdöverden elde edilen yükseklik verileri) kullanmışlardır. Veriler, farklı çözünürlük ve doğruluklarda olmasına rağmen, modellerin nihai verimi tahmin edebilme yeteneklerinin neredeyse aynı olduğunu saptamışlardır.

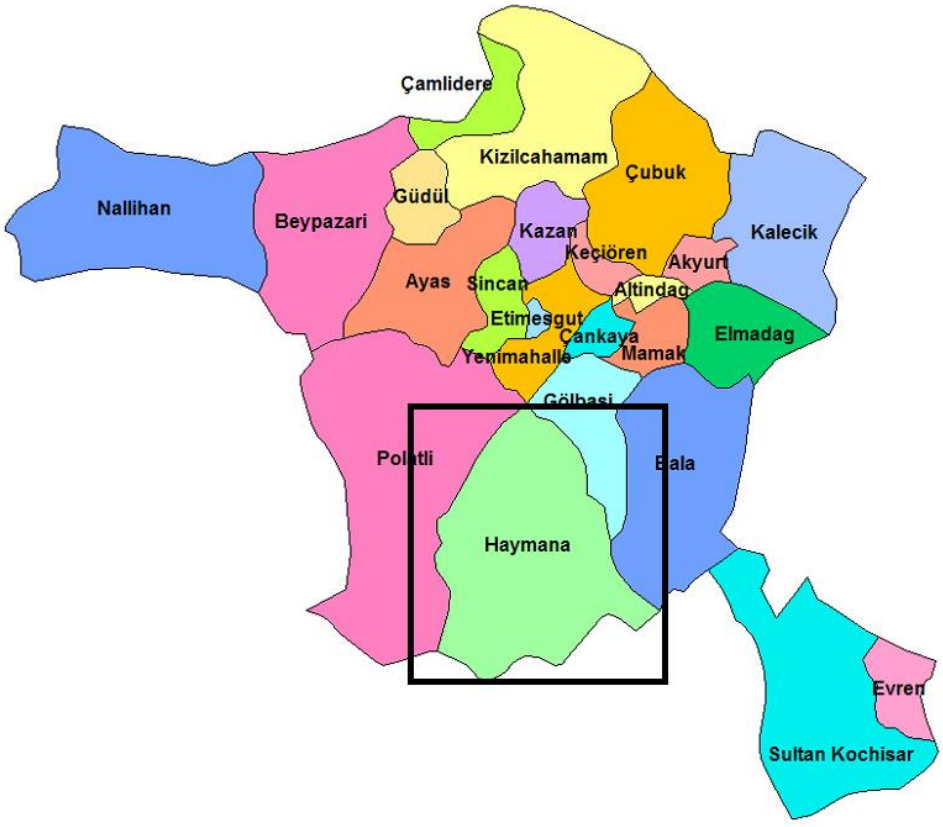
Çalışmalarında, mevcut ve ücretsiz kaba ölçek verilerinin, verimi yeterince tahmin edebileceğini ve yeterince etkin olabileceğini belirtmiş ve zaman tüketimi, pahalı veri toplama ile işleme süreci nedeniyle çok ayrıntılı ölçek ve veri kaynakları kullanmanın gerekli olmadığını saptamışlardır. Ayrıca İHA tabanlı verilerin, DEM üretimi için düşük maliyetli ve gerçek zamanlı bir kaynak olarak kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

# 3. MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1 Materyal

### 3.1.1 Çalışma alanının konumu ve tanımı

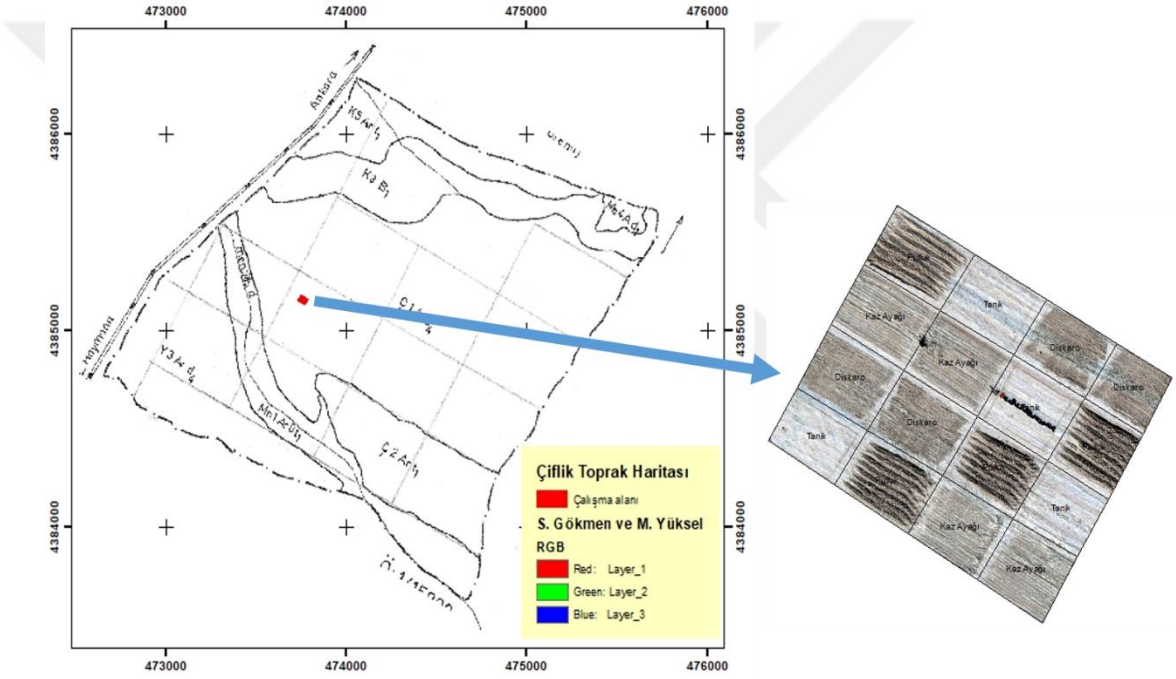
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği, 1983 yılında Ankara'nın güneyinde, Haymana İlçesi'nde, 4200 da alan üzerine kurulmuştur. Haymana İlçesi'nin doğusunda Bala ve Gölbaşı, güneyinde Kulu ve Cihanbeyli, batısında Polatlı ve kuzeyinde Yenimahalle ilçeleri yer almaktadır (Şekil 3.1). Yüzölçümü 2983 km² olan ilçenin, denizden yüksekliği ortalama 1259 metredir (Anonim 2011a, 2015a).




Şekil 3.1 Ankara, Haymana İlçesi'nin konumu ve sınırları

Üniversite çiftliğinin tarım yapılabilen toplam arazisi, yaklaşık 3100 dekardır. Bu alanın 2500 dekarı sulanabilir durumda olup, kalan yaklaşık 600 dekarı ise kuru tarım için ayrılmıştır. Fakülte, çiftlikleri içinde gerek arazi ve iş gücü gerekse bitkisel ve hayvansal üretimi ile döner sermayeye sağladığı katkı bakımından 1. sırada yer almaktadır.

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği 472686-475754 doğu boylamları ve 4386233- 4383600 kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Uygulama çiftliğinde yürütülen çalışma, yaklaşık 2,5 dönüm (50 x 46 m) bir alanda tamamlanmıştır. Çalışma alanının çiftlik içindeki konumu Şekil 3.2'de gösterilmektedir.




Şekil 3.2 Çalışma alanının çiftlik içinde belirtilen haritası (Gökmen S. ve Yüksel M. 1993)

### 3.1.2 Çalışma alanının topoğrafik özellikleri

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği, İç Anadolu Bölgesi'ndeki plato üzerinde yer almaktadır. İlçe topraklarının 2/3'ünü Haymana Platosu oluşturmaktadır.

Uygulama çitliği, kuzey güney yönünde gittikçe azalan ve %2 –12 eğimler arasında değişen ondüleli bir yüzey topoğrafyasına sahiptir. Kuzeyin en yüksek rakımı 1087 metre, güneyin en düşük rakımı ise 1028 metredir. Çalışma alanı inceptisol ve entisol topraklardan oluşmaktadır.

### 3.1.3 Çalışma alanının iklimi

İlçede karasal iklimin hüküm sürdüğü görülmektedir. Çalışma alanı, kışları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen, yarı kurak özelliklere sahip iklim kuşağı içinde yer almaktadır. En soğuk ay olan ocak ayında ortalama hava sıcaklığı -2 °C, en sıcak ay olan temmuz ayında ortalama hava sıcaklığı 19 °C ve yıllık yağış ortalaması 414 mm'dir (Anonim 2011a, Anonim 2011b). En fazla yağış 52,53 mm ile aralık ayında, en az yağış ise 13,34 mm ile temmuz ayında kaydedilmiştir. Uzun yılların verilerine göre, yıllık sıcaklık ortalaması 9,9 °C olmakla beraber, en sıcak ay 21,36 °C ile ağustos ayı, en soğuk ay -1,67°C ile ocak ayıdır. Ayrıca çalışma alanı mesic sıcaklık ve xeric nem rejimine sahiptir.

Çalışma alanında arazi çalışmaları, 12:30 ile 17:00 saatleri arasında yürütülmüştür ve bu süre zarfında ölçülen sıcaklık 12°C ile 15°C arasında değişmiştir.

### 3.1.4 Çalışmada kullanılan toprak işleme aletleri

Tarla tarımında başarılı olabilmenin ilk kuralı, ekime uygun, tavında, iyi bir tohum yatağı hazırlamak gerektiğidir. İyi tohum yatağı hazırlığı da toprak bünyesine göre tarım alet ve makineleri kullanarak, tekniğine uygun, zamanında bilinçli bir toprak işleme ile mümkün olabilmektedir. Toprak işleme, tohumların ekilebilmesi ve bitkilerin yetişebilmesi için, toprağın uygun duruma getirilmesi ve bu durumun korunması amacıyla herhangi bir araçla gevşetilerek ufalanması ve karıştırılması olarak ifade edilmektedir. Toprak işleme yöntemleri, toprak işleme zamanına, toprak tipine, ekim nöbetine, iklim şartlarına, ekilen bitkinin cinsine ve eldeki mekanizasyon seviyesine göre değişmektedir. Bu çalışmada üç farklı toprak işleme aleti kullanılmıştır.

### 3.1.4.1 Pulluk

Toprak işlemede en yaygın kullanılan alet olan pulluklar, tarımda ekimden önce toprağı sürmek, özellikle toprağı alt üst edip havalandırmak için traktör gibi çekici bir araç arkasına bağlanarak kullanılan toprak işleme araçlarıdır. Bir başka deyişle pulluklar, çeşitli doğa şartları ve uygulanan tarım tekniği nedeniyle oturmuş, sıkışmış olan toprağı parçalar, çevirerek devirir, gevşetir, anız ve yabancı otları toprağa gömer. Toprak; yabancı otları yok etmek, toprağı kabartmak ve iç yüzeyinin genişlemesini sağlamak amacıyla pulluklarla işlenmektedir. Toprak sürme işlemlerinin tarım tekniğinin gerektirdiği şekilde yapılabilmesi için çeşitli tip ve özelliklere sahip pulluklar üretilmiştir. Günümüzde traktöre üç noktadan bağlanıp hidrolik olarak kaldırılan, çekilen ve askıda tutulan pulluklar kullanılmaktadır. Günümüz koşullarında etkin olarak toprak işlemede kullanılan pulluklar, işleyici gövdelerinin şekillerine ve çalışma biçimlerine göre sınıflandırılmaktadır. Gövdenin çalışma ve şekline göre pulluklar üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar: Kulaklı pulluklar, döner kulaklı pulluklar ve diskli pulluklardır. Bu çalışmada kulaklı pulluk kullanılmıştır (Şekil 3.3).

Şekil 3.3 Çalışmada kullanılan kulaklı pulluk aleti

Toprağın kulaklı pullukla işlenmesinde, toprak önce keski demiri ve uç demiri yardımı ile yandan ve alttan bir şerit halinde kesilmektedir. Bu şerit, pulluk kulağı tarafından alt üst edilerek yan tarafa itilmektedir ve açık olan bir önceki çizinin içine yatırılmaktadır. Kulaklı pulluk tarafından toprağın parçalanması, pulluğun ilerlemesi ile başlamaktadır. Kulaklı pulluklar, anızı, yabancı otları ve tarlaya serpilmiş olan gübre gibi materyalleri, bitkinin faydalanabileceği seviyeye gömerek ve toprağı bir miktar pülverize ederek, yani küçük parçalara ayırarak işlemektedir.

Bu çalışmada arazi, kulaklı pulluk yardımıyla yaklaşık 18- 24 cm aralığındaki derinlikte ve 2 iş genişliğinde (10 m) sürülmüş ve ölçüm için kulaklı pullukla sürülen alanda bir toprak deseni oluşturulmuştur (Şekil 3.4).

Şekil 3.4 Kulaklı pullukla sürümden sonra arazide oluşan toprak deseni

### 3.1.4.2 Diskli tırmıklar (Diskaro)

Diskli tırmıklar, işleyici gövdeleri döner disk halinde olan aletlerdir. Gübrenin toprağa karışımını sağlamak, pulluğun işini tamamlayarak kesekleri parçalamak, tohum yatağı hazırlamak için toprağı karıştırmak, tarladaki bitki atıklarını kesip parçalamak gibi işlemler için kullanılmaktadırlar. Diskleri ile toprağı yırtıp, ufalayarak, karıştırmaktadırlar. Pullukla sürümden sonra, özellikle ağır ve otlu tarlada kesekleri en iyi ufalayan aletlerdir. Ancak, toprak ve iklim şartlarına bağlı olarak erozyona yol açacak hallerde kullanılmamaları önerilmektedir. Ülkemizde hafif yapılı diskli tırmıklara diskaro, ağır yapılı diskli tırmıklara ise goble disk denmektedir. İkinci sınıf toprak işleme aletleri içinde, oldukça geniş toprak nemi sınırları içinde kullanılabilmektedirler. Diskaroların disk çapları, yaklaşık 40-50 cm arasında değişmektedir. İşleyici organının şekline göre birçok çeşidi bulunmaktadır. Bu çalışmada toprak işleme aletlerinden, hafif yapılı diskli tırmık, yani diskaro kullanılmıştır (Şekil 3.5).

Şekil 3.5 Çalışmada kullanılan diskaro aleti

Çalışmada arazi, diskaro yardımıyla yaklaşık 12 cm derinlikte ve 2 iş genişliğinde (10 m) sürülmüştür. Ancak, normalde daha derinden sürüm yapabilen işleme aleti diskaro, çalışma alanında aşırı sürüm yapıldığı ve anız birikmesi olduğu için sıkışan sert toprak yüzünden, tam performans gösterememiştir. Ölçüm için diskaro ile sürülen alanda bir toprak deseni oluşturulmuştur (Şekil 3.6).

Şekil 3.6 Diskaro ile sürümden sonra arazide oluşan toprak deseni

### 3.1.4.3 Kaz ayağı

Toprağı devirmeden çizerek işleyen aletlerdir. Toprağı kabartmak, havalandırmak, kesekleri parçalamak, yabancı otların köklerini kesmek ve yolmak, serpilen gübre ve tohumların üzerlerini toprakla kapatmak, hatta arazi tesviyesi yapmak gibi işlemler için kullanılmaktadırlar. Çok otlu tarlalarda bile rahatlıkla çalışabilmektedirler. Anız bozma ve nadas işlemesinde de kullanılmaktadırlar. Ülkemizde de olduğu gibi kuru tarım bölgelerinde uygulanan toprak işleme aletlerinin başında gelmektedirler. Kültivatörler tek olarak kullanıldıkları gibi alet kombinasyonlarında çoğunlukla döner tırmıkla birlikte de kullanılmaktadırlar. İşleyici kısımları, kültivatör ayağı ve uç demiridir.

Kullanım durumuna göre ayak çeşitleri ve uç demirleri değişmektedir. Bu çalışmada toprak işleme aletlerinden kazayağı kullanılmıştır (Şekil 3.7).

Şekil 3.7 Çalışmada kullanılan kaz ayağı aleti

Çalışmada arazi, kazayağı ile yaklaşık 6-8 cm derinlikte ve 2 iş genişliğinde (10 m) sürülmüştür. Ölçüm için kaz ayağı ile sürülen alanda bir toprak deseni oluşturulmuştur (Şekil 3.8).

Şekil 3.8 Kaz ayağı ile sürümden sonra arazide oluşan toprak deseni

### 3.1.5 Çalışmada kullanılan diğer materyaller ve ölçüm araçları

#### 3.1.5.1 Zincir yöntemi ile ölçüm için kullanılan materyaller

Çalışmada zincir yöntemiyle toprak yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılmak üzere, mekanik bir ölçüm aracı tasarlanmıştır. 200 cm uzunluktaki metal bir levhaya, yine 200 cm uzunluğunda bir mezura yapıştırılmıştır. Metal levhanın sıfır noktasına denk gelen bir tarafı, ucu sivri bir plastik çubukla araziye saplanması için sabitlenmiş, diğer ucu ise tahta bir parçayla ölçümü okuyabilmek için, ileri geri oynar şekilde tutturulmuştur (Şekil 3.9). 200 cm uzunluğunda bir zincir toprakta görünmesi için beyaz sprey boyayla boyanmıştır (Şekil 3.10).

Şekil 3.9 Zincir yöntemiyle toprak yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılmak üzere tasarlanan ölçüm aracı

Şekil 3.10 Zincir yöntemiyle toprak yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılan beyaz zincir

Ayrıca çalışmada, toprak örneklerinin alınması amacıyla bir profil küreği kullanılmıştır. Toprak işleme aletleriyle sürülen arazinin sınırlarının belirlenmesini ve ölçümün aynı doğrultuda bir düzlemde yapılmasını sağlamak amacıyla, 16 adet kazık kullanılmıştır. Doğru arazi sınırları ve aynı noktadan ölçüm için kazıklar 2,5 metre aralıklarla çakılmış ve kazıklara sarı ve beyaz renkte ipler gerilmiştir (Şekil 3.11).

Şekil 3.11 Ölçüm hazırlığında arazide kullanılan ip, balyoz, kürek ve kazık materyalleri

### 3.1.5.2 Uzaktan algılama yöntemiyle ölçüm için kullanılan materyaller

Uzaktan algılama görüntülerinin elde edilmesinde İsveç menşeeli, altı pervaneli hegzakopter drone kullanılmıştır. Çalışma alanında dört köşe ve bir orta olmak üzere 5 adet yer kontrol noktası belirlenmiştir ve bu noktalar çalışma alanının başlangıç ve bitiş noktalarının, kuşbakışı daha iyi görünmesini sağlamak amacıyla, kırmızı sprey boya ile işaretlenmiştir (Şekil 3.12). 500 m yüksekliğe kadar çıkabilen, 1,5 km kadar gidebilen ve tamamen haritalama üzerine kullanılmak için üretilmiş drone, önce 100 metre daha sonra 40 metre yükseklikten uçurularak çalışma alanını taramış ve toprak işleme aletleriyle işlenen arazinin, desenini çıkarmıştır (Şekil 3.13).

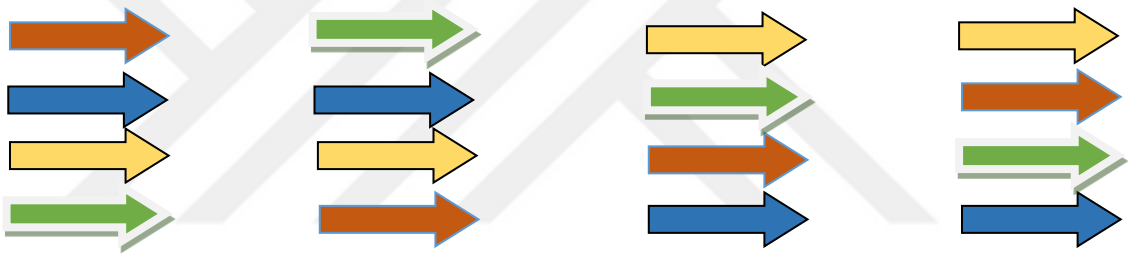
Şekil 3.12 Çalışmada kullanılan altı pervaneli hegzakopter drone ve işaretlenen yer kontrol noktası

Şekil 3.13 Farklı toprak işleme aletleriyle sürülmüş ve hegzakopter drone ile taranan çalışma alanının kuşbakışı görüntüsü

## 3.2 Yöntem

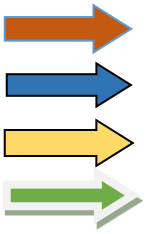
### 3.2.1 Deneme parsellerinin oluşturulması

Ankara Üniversitesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde, çalışmanın yürütüldüğü alan, 3 farklı toprak işleme aleti ile sürülmüştür. Parsellerin sürüm genişliği 2 iş genişliği kadardır ve parseller, 10 m'lik sürümler halinde oluşturulmuştur. Farklı toprak işleme aletleriyle sürülen her parsel arasında yaklaşık 1-2 metre kadar boşluk bırakılmıştır. Parsellerin dağıtımı tesadüfi olarak yapılmıştır ve her toprak işleme aleti ile 3 paralel oluşturulmuştur.



### 3.2.2 Sürümlerin Yapılması

- Pulluk
- Kaz Ayağı
- Diskaro
- Sürülmemiş Alan (Tanık)



Çalışma alanında, farklı toprak işleme aletleriyle, tesadüfi olarak sürülen parseller ölçüme hazır hale getirilmiştir. Doğruluk kontrolü açısından her dağıtımda, bir parsel sürülmemiş, boş olarak bırakılmış ve tanık için kullanılmıştır.

Şekil 3.14, çalışma alanının tesadüfi olarak belirlenen toprak işleme aletleriyle (Kaz ayağı, pulluk, diskaro, sürülmemiş alan) sürümünden sonra, parsellerin dağılımını göstermektedir.

Şekil 3.14 Çalışma alanının tesadüfi olarak belirlenen toprak işleme aletleriyle (Kaz ayağı, pulluk, diskaro, sürülmemiş alan) sürümünden sonra, parsellerin dağılımı

### 3.2.3 Toprak yüzey pürüzlülüğünün ölçümü

#### 3.2.3.1 Toprak yüzey pürüzlülüğünün zincir yöntemi ile ölçümü

Bu çalışmada zincir yöntemi ile toprak yüzey pürüzlülüğü hesaplaması için her parselde, sürüme dik olacak şekilde ve yaklaşık 2,5 m aralıklı mesafelerle 4 okuma alınmıştır (Şekil 3.16). Elde edilen değerler, Saleh (1993) tarafından ortaya konulan eşitlikte kullanılarak toprak yüzey pürüzlülüğü hesaplanmıştır (Şekil 3.15).

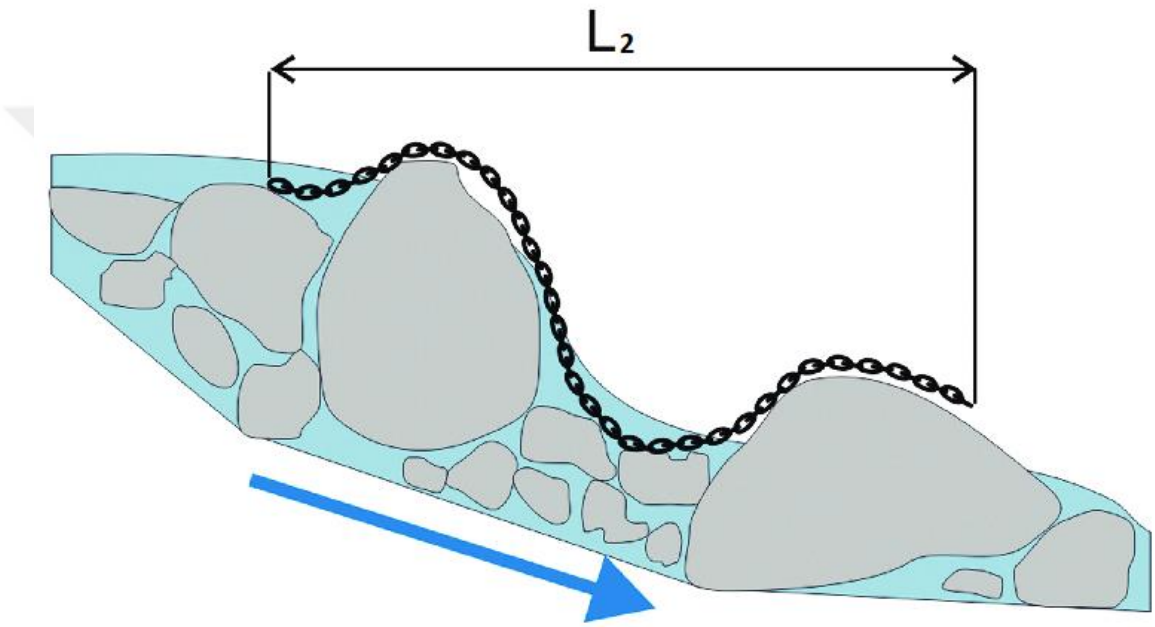
R= (1-(L2/L1))*100  (Saleh 1993)

Burada;

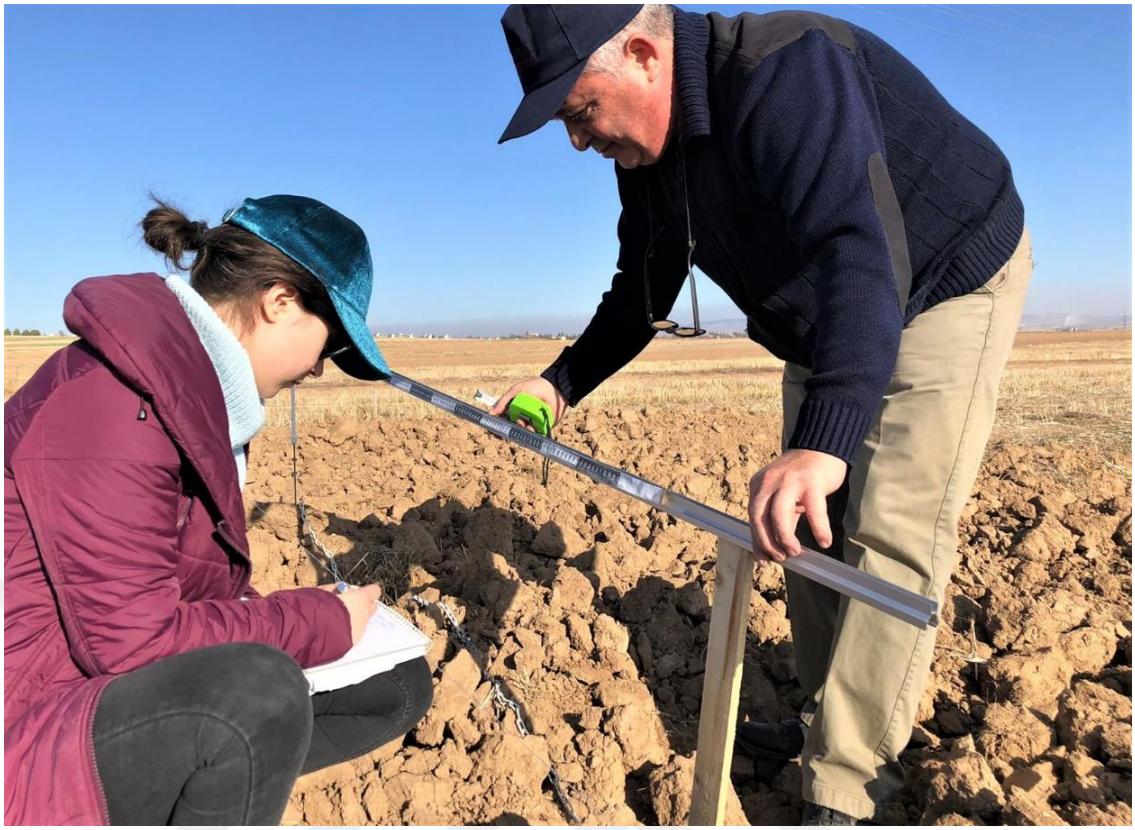
R: Yüzey pürüzlülüğü (%)

L1: Düz yüzeydeki zincir uzunluğu (cm) ve

L2: Pürüzlü yüzeydeki zincir uzunluğu (cm) dir.




Şekil 3.15 Toprak yüzey pürüzlülüğü ölçümünün şematik gösterimi

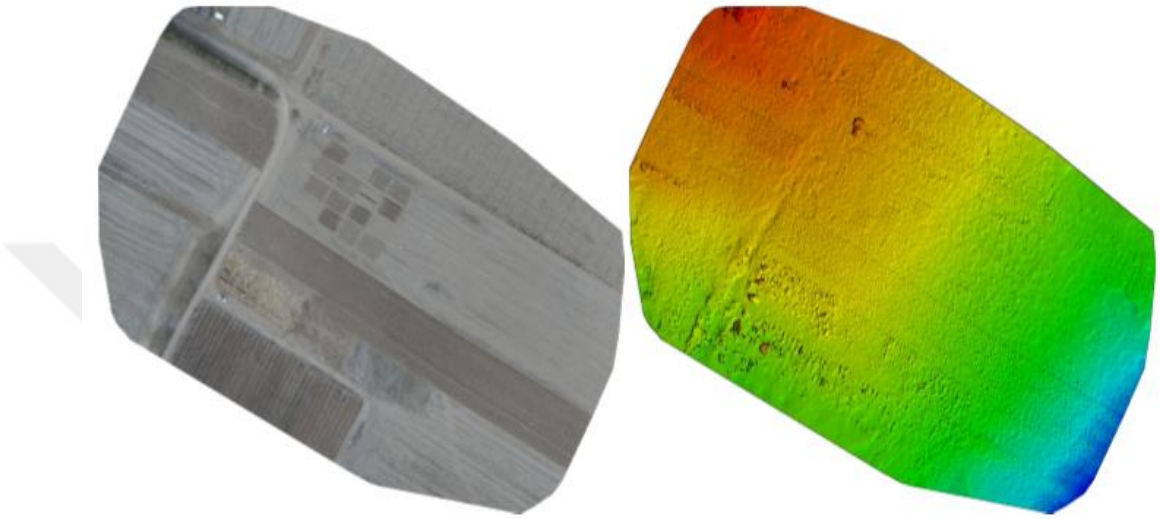


Şekil 3.16 Arazide zincir yöntemiyle toprak yüzey pürüzlülüğü ölçümünün yapılması

### 3.2.3.2 Toprak yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılmasına ilişkin ilk aşama olan sayısal yükselti modelinin oluşturulması

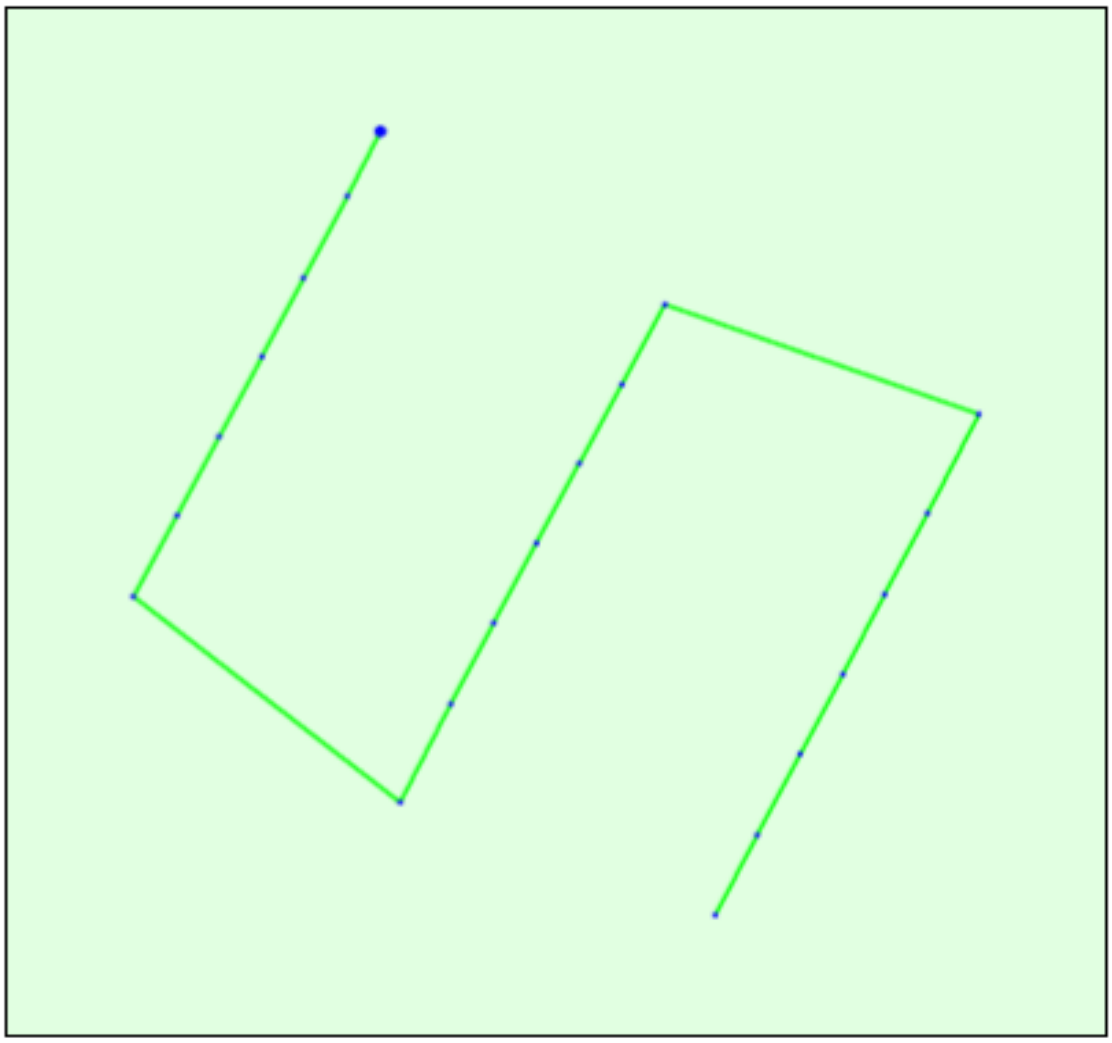
Stereo görüntülerin elde edilmesi için sırasıyla şu işlemler gerçekleştirilmiştir: Öncelikle planlama yapılarak yöntem seçimi, uçuş yüksekliği, bindirme oranı belirlenmiştir. Daha sonra kamera ayarları yapılarak, görüntüler koordinatlandırılmış ve yer kontrol noktaları belirlenmiştir. Görüntüler alındıktan sonra görüntü özellikleri düzenlenmiş (Kamera modeli, koordinat sistemi vb.) işlenecek alan seçilmiştir. Sonrasında işlem şablonu seçilerek düzenlenmiş ve yer kontrol noktaları eklenmiştir. Başlangıç işlemi belirlenerek kalite raporu hazırlanmış, nokta bulutu ve mesh (ağ) oluşturulmuş ve sayısal yükselti modeli pix4D programıyla elde edilmiştir (Şekil 3.17).

Çalışma alanı E90_8.3_5472x3648 (RGB) kamera modeliyle, 0.051 km² bir alanda 2 dakika 57 saniye boyunca 2 kere taranmıştır. Tüm veriler WGS 84 (EGM 96 Geoid) görüntü koordinat sistemi ve WGS 84/ UTM zone 36N (EGM 96 Geoid) çıkış koordinat sisteminde temin edilmiştir.



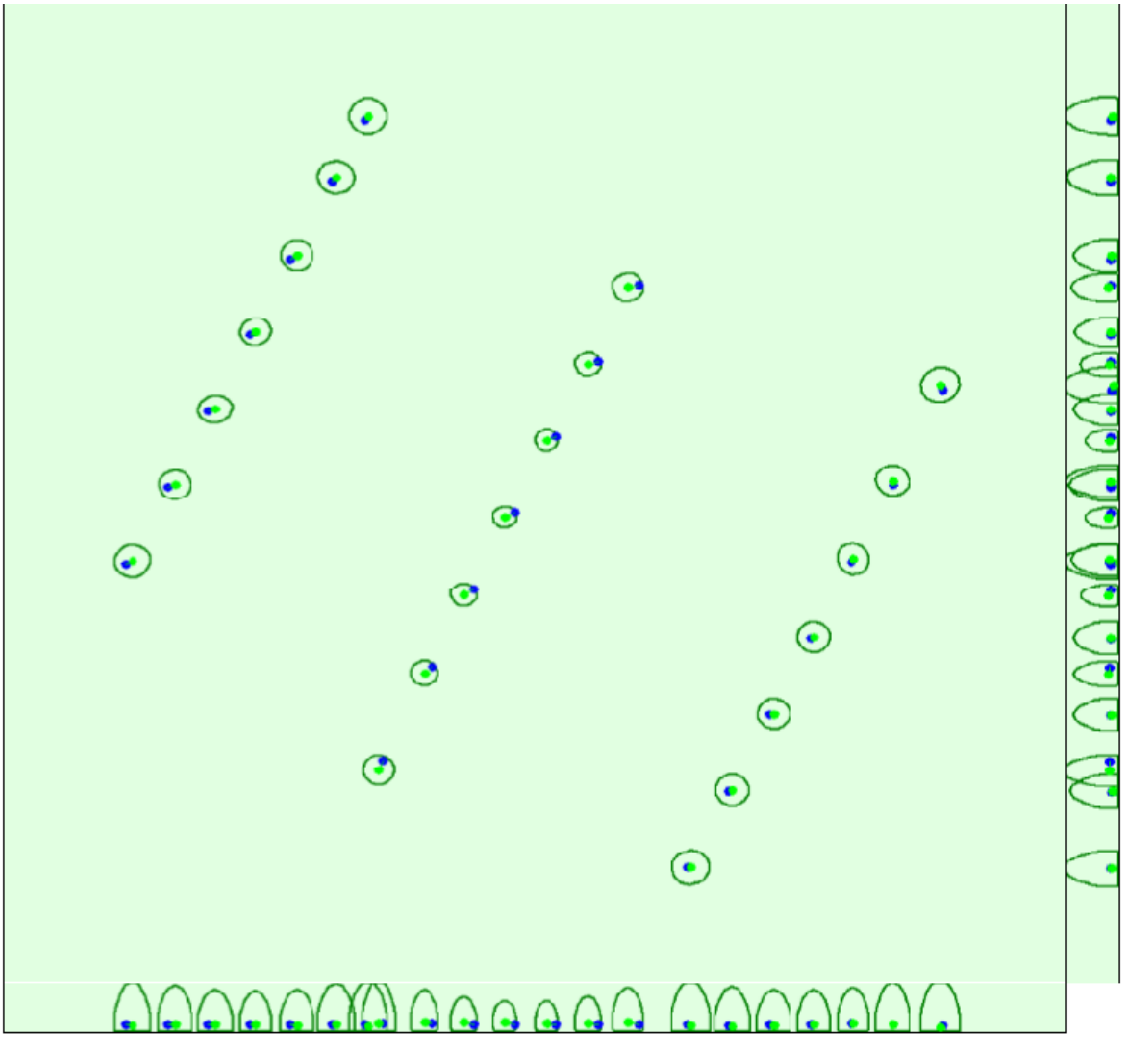
Şekil 3.17 Çalışma alanının sayısal yükselti modeli (Ortomozaik önizlemesi)

Bu çalışmada olduğu gibi, görüntüler bir koordinat sistemine sahip ise şekil, uçuş planındaki gibi olmaktadır (Şekil 3.18).



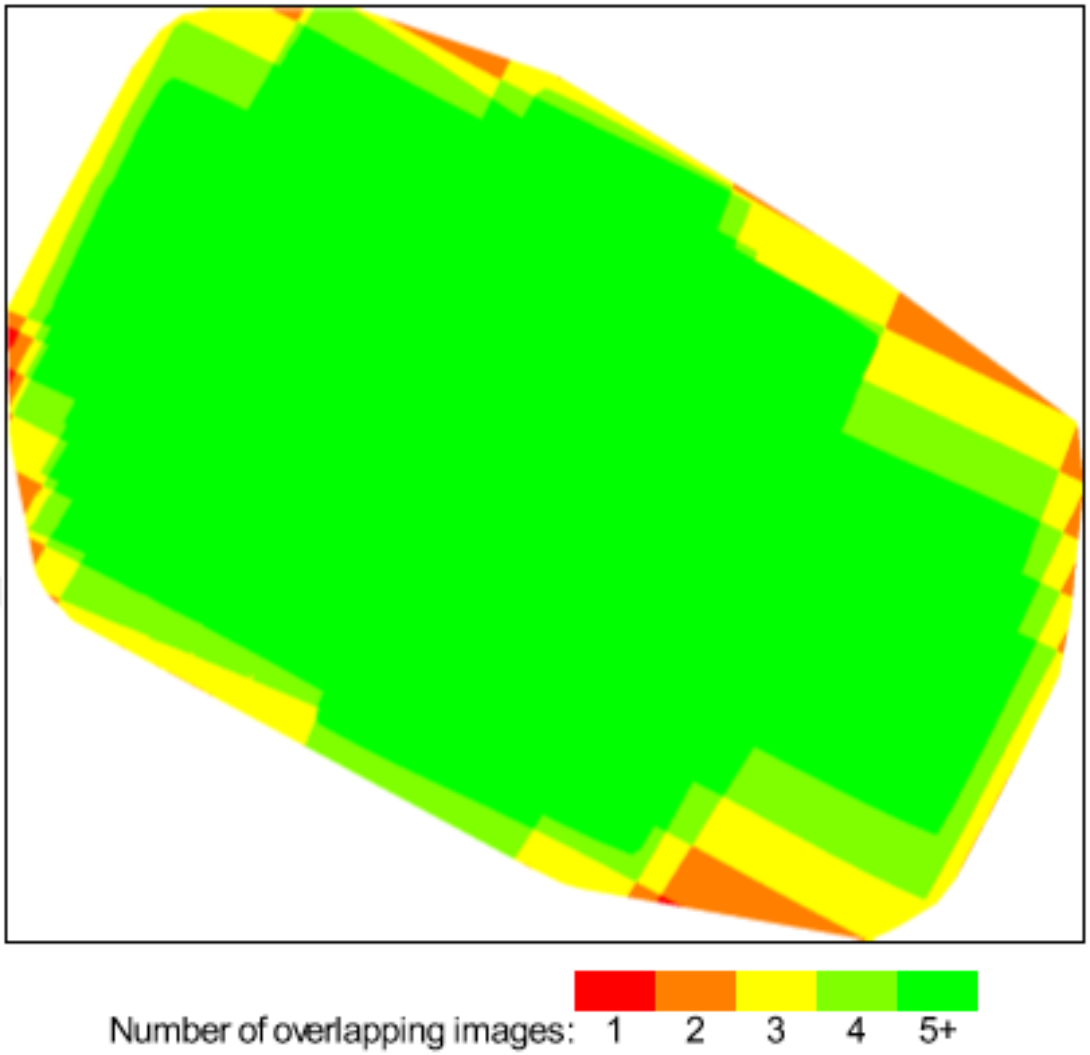
Şekil 3.18 Çalışma alanının ilk görüntü konumları

Eğer doğru bir ölçüm yapılıyorsa, hesaplanan görüntü, yer kontrol noktası ve manuel bağlayıcı nokta pozisyonları, Şekil 3.19'da görüldüğü gibi belirsiz elipsler halinde benzer ve küçük boyutlarda olmaktadır. Şekil 3.19 'da başlangıç (mavi noktalar) ve hesaplanan (yeşil noktalar) görüntü konumları arasındaki ofsetin yanı sıra, yer kontrol noktalarının başlangıç konumları (mavi çarpılar) ile hesaplanan konumları (yeşil çarpılar) üst görünümdeki (XY düzlemi), önden görünüm arasındaki uzaklık (XZ düzlemi) ve yandan görünüm (YZ düzlemi) gösterilmektedir. Ayrıca koyu yeşil elipsler, demet blok ayarlama sonucunun mutlak pozisyon belirsizliğini göstermektedir. Belirsizlik elips görüntüleri 10 kat büyütülmüştür.

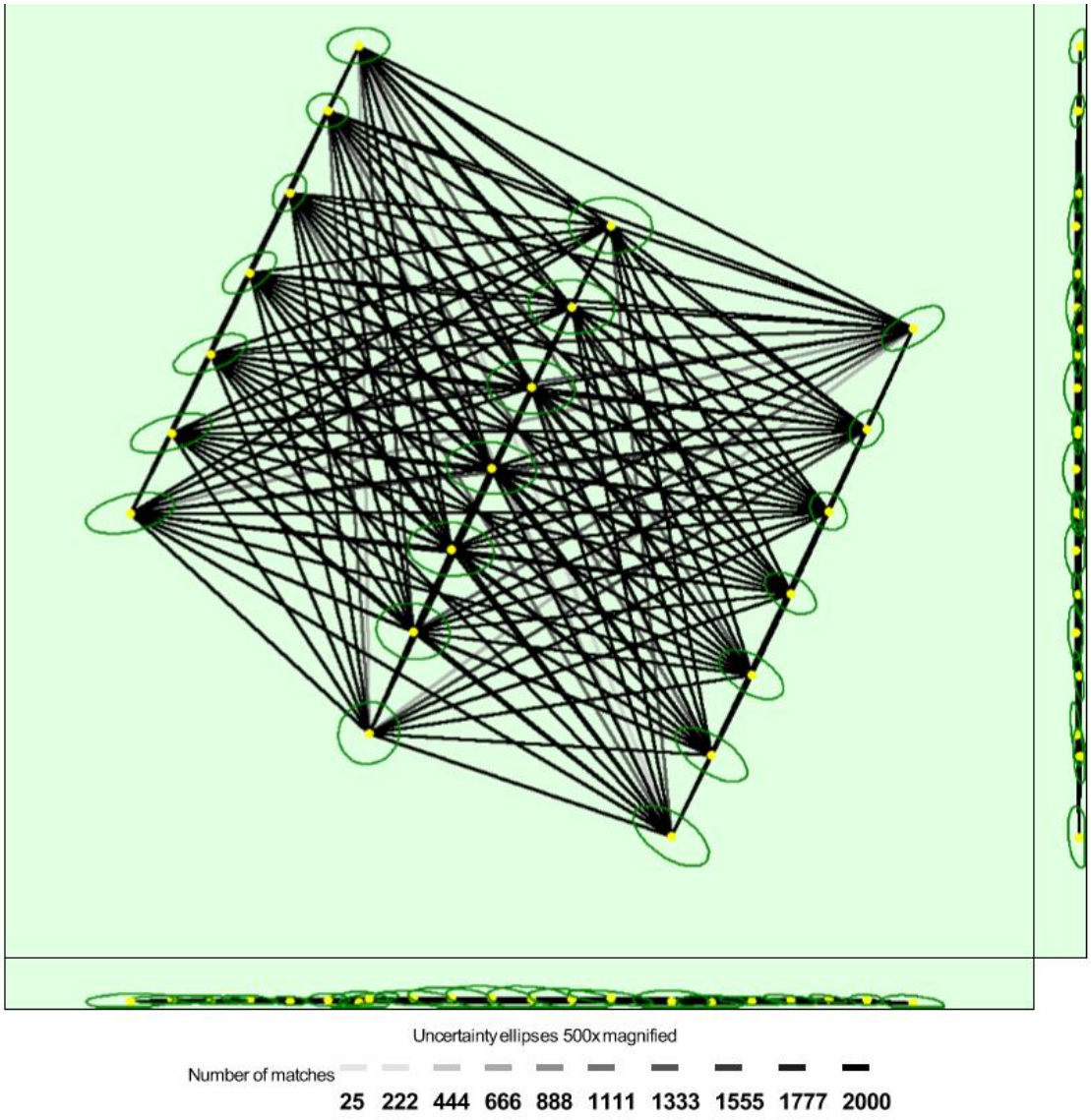


Şekil 3.19 Çalışma alanının hesaplanan görüntüsü, yer kontrol noktaları ve manuel bağlantı nokta konumları

Ortomozaikte her bir piksel için hesaplanan, örtüşen görüntü sayısı Şekil 3.20'de gösterilmektedir. Burada kırmızı ve sarı alanlar, zayıf sonuçların ortaya çıkabileceği düşük örtüşmeyi göstermektedir. Yeşil alanlar, her piksel için 5'ten fazla görüntünün çakışmasını göstermektedir. Önemli noktaların eşleşmelerinin sayısı da bu alanlar için yeterli olduğu sürece iyi kalitede sonuçlar elde edileceğini göstermektedir. Önemli noktaların eşleşmeleri, Şekil 3.21 'de gösterilmektedir.




Şekil 3.20 Çalışma alanının ortomozaikte her bir piksel için hesaplanan ve örtüşen görüntü sayısı




Şekil 3.21 Eşleşen görüntüler arasındaki bağlantıları içeren ve hesaplanan görüntü konumları

Şekil 3.21'de görülen bağlantıların koyuluğu, görüntüler arasındaki eşleşen iki boyutlu anahtar noktalarının sayısını göstermektedir. Parlak bağlantılar zayıf bağlantıları göstermekte ve manuel bağlantı noktaları veya daha fazla görüntü gerektirdiğini belirtmektedir. Koyu yeşil elipsler, demet blok ayarlama sonucunun göreceli kamera konumu belirsizliğini göstermektedir. Ayrıca şekildeki belirsizlik elips görüntüleri 500 kat büyütülmüştür.

### 3.2.4 Toprak örneklerinin alınması

Çalışma alanında belirlenen 4 farklı noktadan, laboratuvar çalışmaları için 0-30 cm'den toprak örnekleri alınmıştır. Arazi durumlarına (Taşlılık, sulu, kuru, bitki çeşidi, erozyon) bakılmıştır. Alınan toprak örnekleri örnek torbasına konulup, etiketine gerekli bilgiler (Alındığı yer, tarih, saat, alanın koordinatı vb.) doldurularak etiketlenmiştir.

### 3.2.5 Laboratuvar çalışmaları

Alınan toprak örnekleri uygun koşullarda serilerek kurumaya bırakılmıştır. Araziden alınan örnekler, kurutulduktan sonra, dövülüp 2 mm elekten geçirilerek, analize hazır hale getirilmiştir. Hazır hale gelen örneklerde, nem ve tekstür tayini analizleri yapılmıştır. Tekstür analizi, Bouyocous (1951)'e göre hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir.

# 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

## 4.1 Toprak yüzey pürüzlülüğünün zincir yöntemiyle ölçülmesine ilişkin ölçüm sonuçları

Her bir parselde zincir yöntemiyle ve farklı toprak işleme aletleri için ayrı ayrı hesaplanan sonuçlar belirtilmiştir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4).

Çizelge 4.1 Pulluk ile sürülen alanda oluşan toprak yüzey pürüzlülüğünün, zincir yöntemiyle belirlenen ortalama yüzde değerleri

| **Toprak İşleme Aleti Pulluk / Blok Numaraları** | **L1 Zincir Uzunluğu (cm)** | **L2 Okuma Değerleri (cm)** | **Pürüzlülük Değerleri R faktör (%)** | **Pürüzlülük Değerleri R faktör Ort. (%)** |
|---|---|---|---|---|
| 1. Blok | 200 | 175 | 12,5 | |
| 1. Blok | 200 | 179 | 10,5 | |
| 1. Blok | 200 | 170 | 15 | **11,75** |
| 1. Blok | 200 | 182 | 9 | |
| 2. Blok | 200 | 152 | 24 | |
| 2. Blok | 200 | 180 | 10 | |
| 2. Blok | 200 | 179 | 10,5 | **14,12** |
| 2. Blok | 200 | 176 | 12 | |
| 3. Blok | 200 | 177 | 11,5 | |
| 3. Blok | 200 | 179 | 10,5 | |
| 3. Blok | 200 | 180 | 10 | **9,75** |
| 3. Blok | 200 | 186 | 7 | |
| 4. Blok | 200 | 183 | 8,5 | |
| 4. Blok | 200 | 180 | 10 | |
| 4. Blok | 200 | 173 | 13,5 | **8,87** |
| 4. Blok | 200 | 193 | 3,5 | |

Çizelge 4.2 Kaz ayağı ile sürülen alanda oluşan toprak yüzey pürüzlülüğünün, zincir yöntemiyle belirlenen ortalama yüzde değerleri

| **Toprak İşleme Aleti Kaz Ayağı/ Blok Numaraları** | **L1 Zincir Uzunluğu (cm)** | **L2 Okuma Değerleri (cm)** | **Pürüzlülük Değerleri R faktör (%)** | **Pürüzlülük Değerleri R faktör Ort. (%)** |
|---|---|---|---|---|
| 1. Blok | 200 | 190 | 5 | **5,62** |
| 1. Blok | 200 | 189 | 5,5 | |
| 1. Blok | 200 | 186 | 7 | |
| 1. Blok | 200 | 190 | 5 | |
| 2. Blok | 200 | 186 | 7 | **5,25** |
| 2. Blok | 200 | 190 | 5 | |
| 2. Blok | 200 | 191 | 4,5 | |
| 2. Blok | 200 | 191 | 4,5 | |
| 3. Blok | 200 | 192 | 4 | **4,62** |
| 3. Blok | 200 | 190 | 5 | |
| 3. Blok | 200 | 189 | 5,5 | |
| 3. Blok | 200 | 192 | 4 | |
| 4. Blok | 200 | 179 | 10,5 | **6,5** |
| 4. Blok | 200 | 188 | 6 | |
| 4. Blok | 200 | 188 | 6 | |
| 4. Blok | 200 | 193 | 3,5 | |

Çizelge 4.3 Diskaro ile sürülen alanda oluşan toprak yüzey pürüzlülüğünün, zincir yöntemiyle belirlenen ortalama yüzde değerleri

| **Toprak İşleme Aleti Diskaro/ Blok Numaraları** | **L1 Zincir Uzunluğu (cm)** | **L2 Okuma Değerleri (cm)** | **Pürüzlülük Değerleri R faktör (%)** | **Pürüzlülük Değerleri R faktör Ort. (%)** |
|---|---|---|---|---|
| 1. Blok | 200 | 185 | 7,5 | **6,62** |
| 1. Blok | 200 | 190 | 5 | |
| 1. Blok | 200 | 184 | 8 | |
| 1. Blok | 200 | 188 | 6 | |
| 2. Blok | 200 | 188 | 6 | **5,75** |
| 2. Blok | 200 | 186 | 7 | |
| 2. Blok | 200 | 187 | 6,5 | |
| 2. Blok | 200 | 193 | 3,5 | |
| 3. Blok | 200 | 190 | 5 | **6,12** |
| 3. Blok | 200 | 192 | 4 | |
| 3. Blok | 200 | 184 | 8 | |
| 3. Blok | 200 | 185 | 7,5 | |
| 4. Blok | 200 | 192 | 4 | **5,25** |
| 4. Blok | 200 | 188 | 6 | |
| 4. Blok | 200 | 183 | 8,5 | |
| 4. Blok | 200 | 195 | 2,5 | |

Çizelge 4.4 Tanık oluşturmak amacıyla sürüm yapılmayan alanda oluşan toprak yüzey pürüzlülüğünün, zincir yöntemiyle belirlenen ortalama yüzde değerleri

| **Toprak İşleme Aleti Sürüm Yok/ Blok Numaraları** | **L1 Zincir Uzunluğu (cm)** | **L2 Okuma Değerleri (cm)** | **Pürüzlülük Değerleri R faktör (%)** | **Pürüzlülük Değerleri R faktör Ort. (%)** |
|---|---|---|---|---|
| 1. Blok | 200 | 195 | 2,5 | **2,75** |
| 1. Blok | 200 | 195 | 2,5 | |
| 1. Blok | 200 | 193 | 3,5 | |
| 1. Blok | 200 | 195 | 2,5 | |
| 2. Blok | 200 | 194 | 3 | **3,5** |
| 2. Blok | 200 | 194 | 3 | |
| 2. Blok | 200 | 193 | 3,5 | |
| 2. Blok | 200 | 191 | 4,5 | |
| 3. Blok | 200 | 197 | 1,5 | **2,25** |
| 3. Blok | 200 | 193 | 3,5 | |
| 3. Blok | 200 | 195 | 2,5 | |
| 3. Blok | 200 | 197 | 1,5 | |
| 4. Blok | 200 | 196 | 2 | **2,75** |
| 4. Blok | 200 | 191 | 4,5 | |
| 4. Blok | 200 | 195 | 2,5 | |
| 4. Blok | 200 | 196 | 2 | |

Sonuçlardan anlaşılacağı üzere en derin sürüm pulluk ile sürülen alanda yapıldığından, toprak yüzey pürüzlülüğünün yüzde oranı burada en yüksek ölçülmüştür. Pulluktan sonra en yüksek pürüzlülük oranı diskaro ile sürümde, sonrasında ise kaz ayağı ile sürümde ölçülmüştür. Sürüm yapılmayan parsellerde ise toprak pürüzlülük oranı en az bulunmuştur

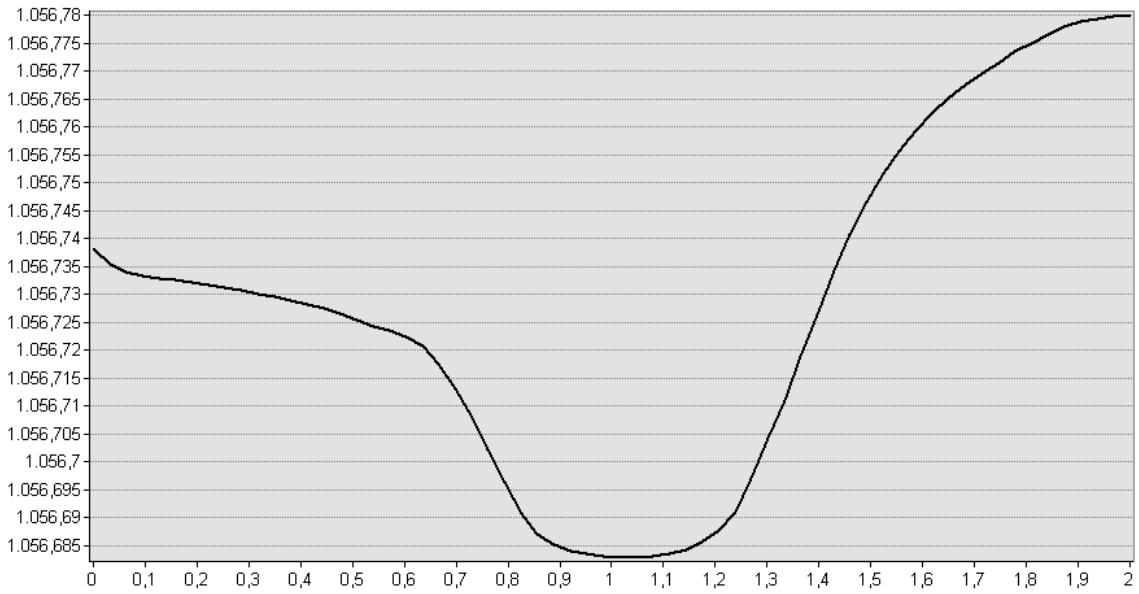
## 4.2 Toprak yüzey pürüzlülüğünün coğrafi bilgi sistemi ile ölçülmesine ilişkin ölçüm sonuçları

Çizelge 4.5 Üç farklı toprak işleme aleti ile sürülen ve sürüm yapılmayan parsellerde oluşan toprak yüzey pürüzlülüğünün, coğrafi bilgi sistemleri ortamında belirlenen ortalama yüzde değerleri

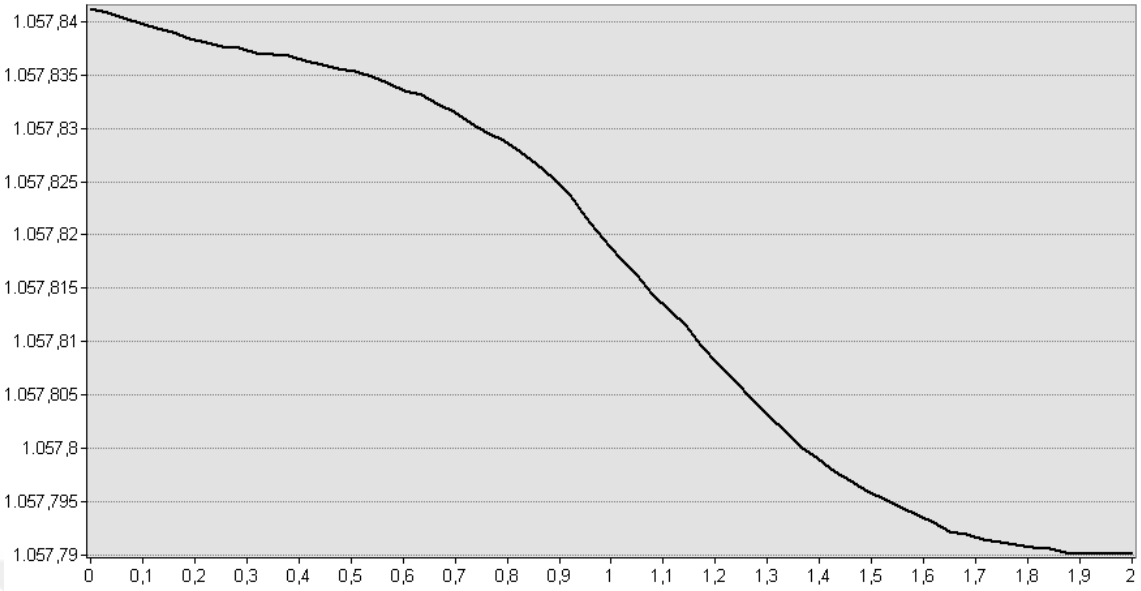
| **Toprak İşleme Aleti** | **Blok Numaraları** | **Toprak Yüzey Pürüzlülüğü R faktör (%)** |
|---|---|---|
| Pulluk | 1 | 54,2 |
| Pulluk | 2 | 34,0 |
| Pulluk | 3 | 22,6 |
| Pulluk | 4 | 53,1 |
| Kaz Ayağı | 1 | 2,0 |
| Kaz Ayağı | 2 | 3,9 |
| Kaz Ayağı | 3 | 3,6 |
| Kaz Ayağı | 4 | 9,2 |
| Diskaro | 1 | 12,2 |
| Diskaro | 2 | 8,4 |
| Diskaro | 3 | 23,2 |
| Diskaro | 4 | 9,7 |
| Sürüm Yok | 1 | 5,1 |
| Sürüm Yok | 2 | 1,5 |
| Sürüm Yok | 3 | 4,4 |
| Sürüm Yok | 4 | 5,4 |

Yine coğrafi bilgi sistemleri ortamında elde edilen sonuçlarda da, zincir yönteminde olduğu gibi en yüksek pürüzlülük oranı pulluk ile sürümde, sonrasında diskaro ile sürümde devamında ise kaz ayağı ile sürümde ölçülmüştür. Sürüm yapılmayan parsellerde ise toprak pürüzlülük oranı en az bulunmuştur. Ayrıca ölçüm değerlerinde yüksek oranda sapmalar görülmektedir. Bu sapmalar bize çalışma alanının oldukça heterojen bir alan olduğunu ve farklı toprak işleme aletlerinin toprak yüzey pürüzlülük oranlarını, doğrudan ve yüksek ölçüde etkilediğini göstermektedir.

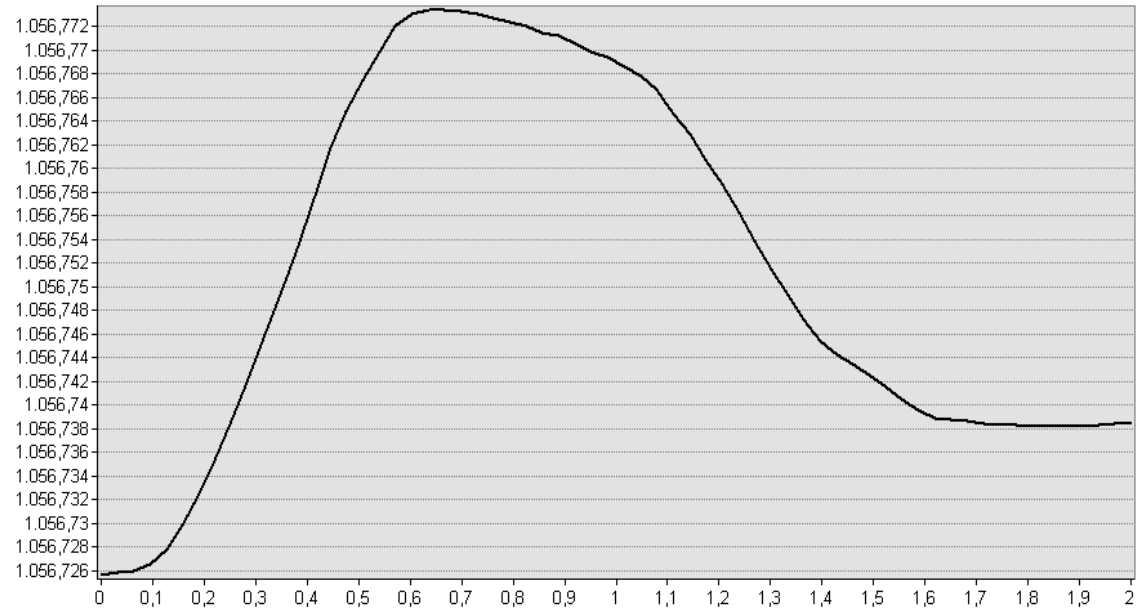
### 4.2.1 Toprak Yüzey Pürüzlülüğünün Coğrafi Bilgi Sistemi ile Ölçülmesine İlişkin Pürüzlülük Grafikleri



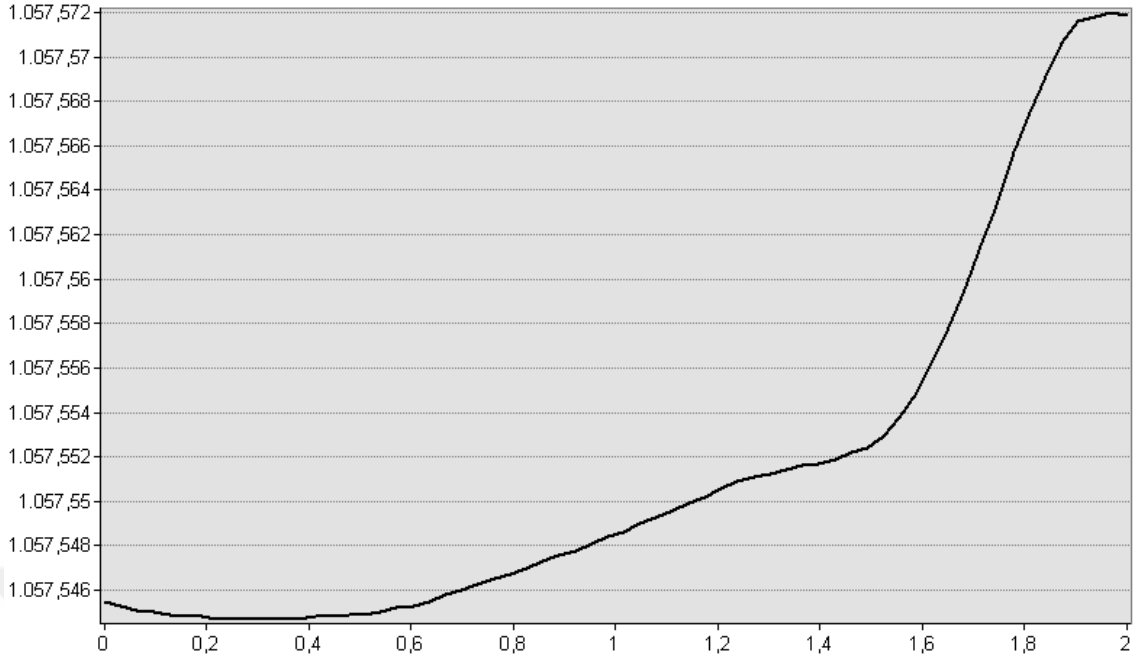

Şekil 4.1 Pulluk ile sürülen alanda oluşan pürüzlülük grafiği




Şekil 4.2 Kaz ayağı ile sürülen alanda oluşan pürüzlülük grafiği



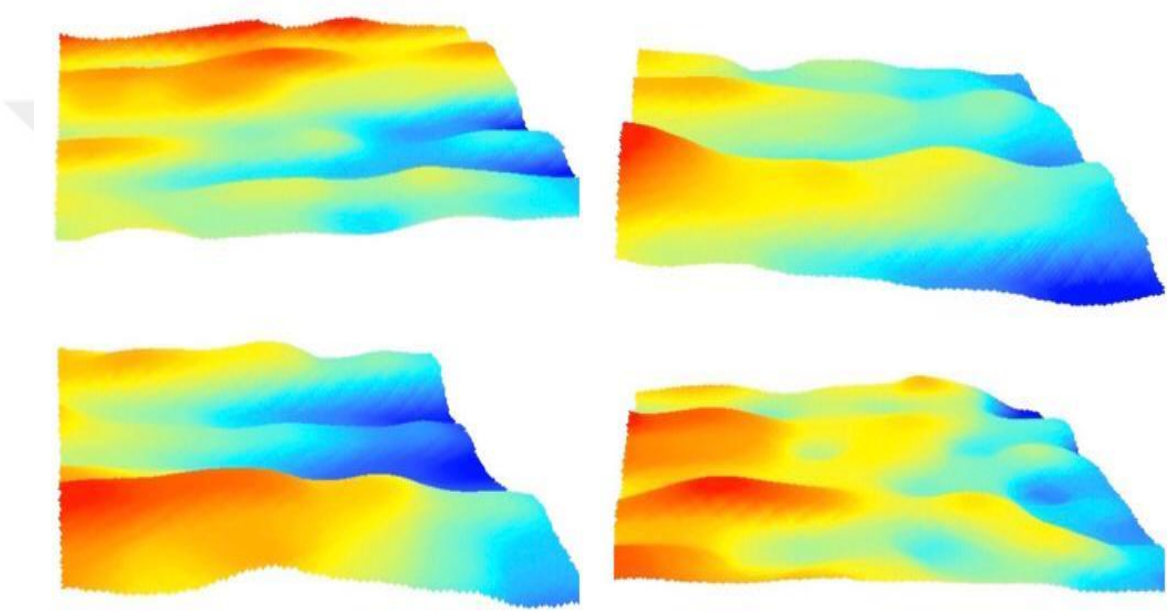

Şekil 4.3 Diskaro ile sürülen alanda oluşan pürüzlülük grafiği



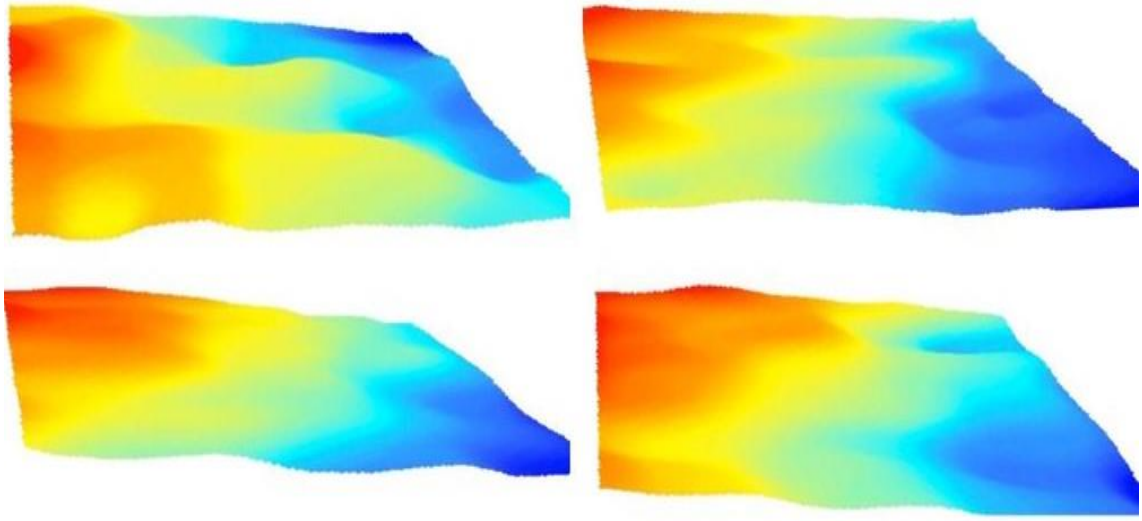

Şekil 4.4 Sürüm yapılmayan alanda oluşan pürüzlülük grafiği

### 4.2.2 Toprak yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesine yönelik çalışma alanı içinde belirlenen ve CBS ortamında oluşturulan sürüm parsellerinin 3 boyutlu görüntüleri

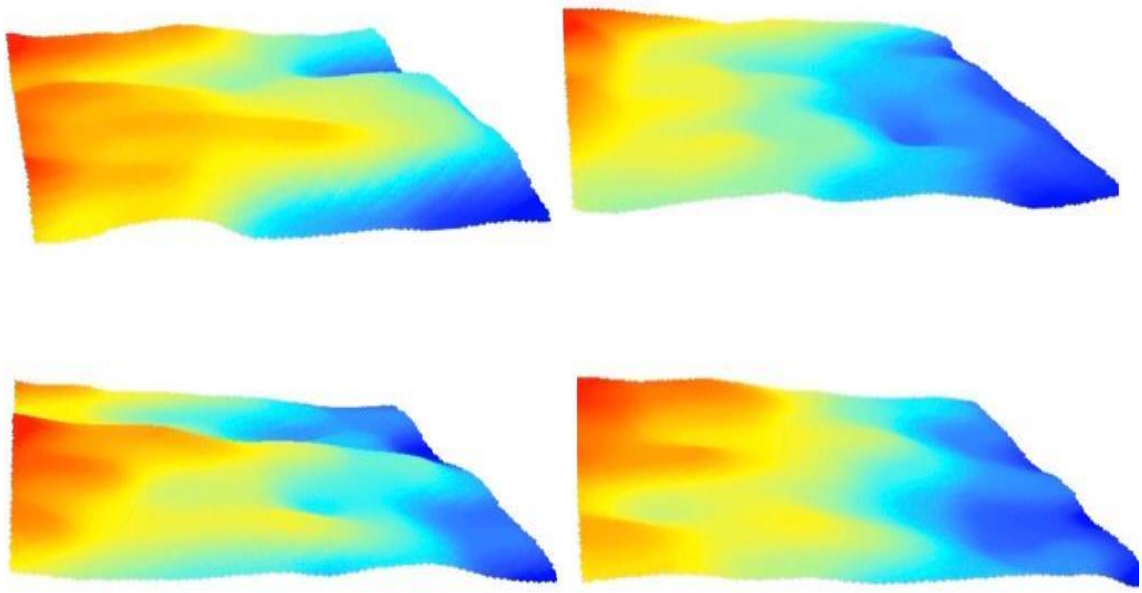
16 adet sürüm parselinde oluşan 3 boyutlu pürüzlülük görüntüleri Şekil 4.5 ile Şekil 4.8 arasında gösterilmektedir. Buradaki renkler yüksekliği belirtmekte olup, mavi renkler en alçak alanları kırmızı renkler ise en yüksek alanları göstermektedir.



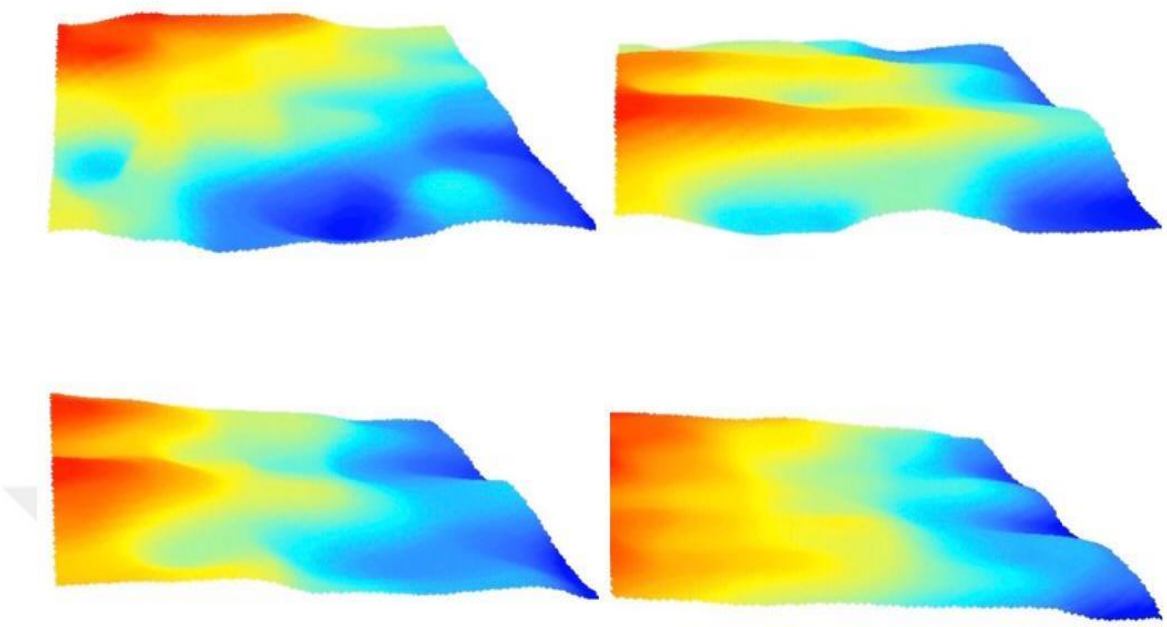
Şekil 4.5 Soldan sağa sırasıyla birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü blok için pulluk ile sürümle oluşan 3 boyutlu toprak yüzey pürüzlülük görüntüleri



Şekil 4.6 Soldan sağa sırasıyla birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü blok için kaz ayağı ile sürümle oluşan 3 boyutlu toprak yüzey pürüzlülük görüntüleri



Şekil 4.7 Soldan sağa sırasıyla birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü blok için diskaro ile sürümle oluşan 3 boyutlu toprak yüzey pürüzlülük görüntüleri



Şekil 4.8 Soldan sağa sırasıyla birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü blok için sürüm yapılmayan alanda oluşan 3 boyutlu toprak yüzey pürüzlülük görüntüleri

### 4.3 Çalışma Alanında Yapılan Bünye Analizi Sonuçları

Çalışma alanında 3 farklı işleme aletiyle sürülmüş ve 1 adet sürüm yapılmayan parselden alınan toprak örnekleriyle yapılmış bünye analizi sonuçları çizelge 4.6' da belirtilmiştir.

Çizelge 4.6 Çalışma alanında yapılan bünye analizi sonuçları

| Sürüm Aletleri | %Kil | %Silt | %Kum |
|---|---|---|---|
| Pulluk | 64,54 | 23,57 | 11,89 |
| Kaz Ayağı | 63,15 | 19,70 | 17,15 |
| Diskaro | 52,17 | 20,22 | 27,61 |
| Tanık | 58,87 | 19,92 | 21,21 |

Arazide yapılan bünye analizi sonuçları, çalışma alanının tekstür sınıfını killi olarak belirlemektedir. Çalışma, homojen dağılıma sahip killi toprak tekstürünün hakim olduğu alanda yürütülmüştür. Çalışma alanı arazisi farklı sürüm aletleriyle sürülmüştür ve her bir sürümden sonra oluşan keseklerin boyutları, hacimleri tüm ölçümleri doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla çalışma arazisinin ve beraberinde toprak keseklerinin hepsinin aynı tekstüre sahip olması çalışmanın doğruluğu açısından önem arz etmektedir.

## 4.4 Toprak yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde kullanılan zincir yöntemi ile uzaktan algılama yönteminin arasındaki istatistiksel karşılaştırmalar

İki yöntem arasındaki doğruluk ve sapmaları yorumlayabilmek adına iki yöntemle elde edilen tüm sonuçlara t- testi yapılmıştır ve hipotezler oluşturulmuştur. Yöntemlerin kendi içindeki ölçüm değerlerinden ne kadar saptığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.7 Toprak yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde kullanılan zincir yöntemi ile uzaktan algılama yöntem sonuçlarının verilerine dayanarak elde edilen istatistiksel sonuçlar

| **İstatistiksel Veriler** | **(Arazideki ölçüm sonuçları)** | **(CBS ortamındaki ölçüm sonuçları)** |
|---|---|---|
| Ortalama | 6,34 | 0,15 |
| Varyans | 10,9 | 0,02 |
| Gözlem | 16 | 16 |
| Öngörülen Ortalama Farkı | 0 | |
| df | 15 | |
| t Stat | 7,45 | |
| P(T<=t) tek-uçlu | 0 | |
| t Kritik tek-uçlu | 1,75 | |
| P(T<=t) iki-uçlu | 0 | |
| t Kritik iki-uçlu | 2,13 | |
| Standart Sapma | 3,31 | 0,17 |

# 5. SONUÇ

Toprak yüzey pürüzlülüğünü ölçmek amacıyla kullanılan zincir yöntemi ölçüm sonuçları ve sayısal yükselti modeliyle CBS ortamında elde edilen ölçüm sonuçları istatistiksel açıdan karşılaştırılmıştır. Hipotezler; "H0 (yokluk hipotezi): zincir yöntemi ölçüm değerleri, sayısal yükselti modeliyle CBS ortamında elde edilen ölçüm değerleriyle aynıdır. H1 (alternatif hipotez): zincir yöntemi ölçüm değerleriyle, sayısal yükselti modeliyle CBS ortamında elde edilen ölçüm değerleri arasında fark vardır." şeklinde kurulmuş ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda hipotez reddedilmiştir. Öte yandan yöntemlerin standart sapmalarına bakıldığında da zincir yöntemiyle elde edilen ölçüm sonuçlarında 3,31 birim sapma, CBS ortamında elde edilen ölçüm sonuçlarında ise 0,17 birim sapma belirlenmiş, sayısal yükselti modeliyle CBS ortamında elde edilen ölçüm sonuçlarının sapma değeri daha küçük bulunmuştur.

İki yöntem arasındaki fark, zaman kalite ve işgücü alanında ortaya çıkmaktadır. Zincir yönteminin maliyetinin düşük olması oldukça büyük bir avantaj gibi görünebilir fakat bu çalışmada da olduğu gibi bazı koşullarda arazinin toprak yapısı ve diğer çevresel faktörler, tarım işleme aletlerinin tam performans göstermesini engellemekte ve ölçümlerin kalitesini doğrudan etkileyebilmektedir. Son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanan uzaktan algılamanın bu alanda kullanımı ile çok daha kısa sürede ve tek seferde ölçüm değerleri elde edilebilmektedir. Ayrıca uzaktan algılamanın kullanımı, zincir yöntemine göre iklim ve meteorolojik koşulların değişkenliği durumunda bile, ölçüm yapılması istenen alana girilmeden ölçme ve değerlendirme yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Tüm bunların yanı sıra zincir yöntemiyle sadece toprak yüzey pürüzlülük değerleri hesaplanabilirken, uzaktan algılamanın kullanımı sayesinde, coğrafi bilgi sistemi ortamında elde edilen verilerle, toprak yüzey pürüzlülük değerleri hacimsel, doğrusal ve alansal olarak ölçülebilmekte ve elde edilen veriler doğrultusunda ölçülen alanın haritalanması da sağlanabilmektedir.

## KAYNAKLAR


Altıkat, S., Çelik, A., 2013. Farklı Tip Gömücü Ayak ve Kapatma Düzenine Sahip Doğrudan Ekim Makinalarının Farklı İlerleme Hızlarında Kullanılmasının Toprak Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Esnt. Der., 1(1): 91-96, 2011.

Altıkat, S., Çelik, A., 2013. Toprak yüzey pürüzlülüğü ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 10 (2013) 104-109.

Anonim. 2019. Web Sitesi: www.agri.ankara.edu.tr/haymana-arastirma-ve-uygulam-ciftligi/ , Erişim Tarihi: 18.10.2019

Anonim. 2015. Toprak İşleme Alet ve Makineleri. Web Sitesi: megep.meb.gov.tr, Erişim Tarihi: 18.11.2019

Boydaş, M. G., 2007. Farklı Toprak İşleme Aletlerinin ve İlerleme Hızının Toprak Yüzey Düzgünlüğü Üzerine Etkisi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2007, 20(1),111-117.

Garcia Moreno, R., Diaz Alvarez, M.C., Tarquis, A.M., Paz Gonzalez, A. & Saa Requejo, A.,2010. Shadow analysis of soil surface roughness compared to the chain set method and direct measurement of micro-relief. Biogeosciences Discuss 7, 1021–1055.

Garcia Moreno, R., Diaz Alvarez, M.C., Tarquis, A.M., Paz Gonzalez, A. & Saa Requejo, A.,2010. Shadow analysis of soil surface roughness compared to the chain set method and direct measurement of micro-relief, Biogeosciences, 7, 2477–2487, 2010.

Gilley, J.E., 1995. Tillage effects on infiltration, surface storage, and overland flow. In: Soil,Water Conservation Society, Farming for a Better Environment. Ankeny, USA, pp. 46–47.

Gilley, J., Kottwitz, E.R., 1995. Random Roughness Assessment by the Pin and Chain Method. Applied Engineering in Agriculture 12(l), 39-43.

Gökmen S. 1993. Kenan Evren Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının detaylı etüd ve haritalaması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yıllığı. Cilt (Vol) 43, Fasikül No. 1-2, Ankara.

Guillobez, S. and M Arnaud, 1998. Regionalized soil roughness indices. Soil and Tillage Research, 45:419 432.

Guzha, A. C., 2004. Effects of tillage on soil microrelief, surface depression storage and soil water storage. Soil and Tillage Research., 46: 105-114.

Hauer, G., Klik, A., Jester, W., Truman, C.C., 2001. Field Investigations of Rainfall Impact on Soil Erosion and Soil Surface Roughness. Pp. 467-470 in Soil Erosion Research for the 21st Century, Proc. Int. Symp. (3-5 January 2001, Honolulu, HI, USA). Eds. J.C. Ascough II and D.C. Flanagan. St. Joseph, MI: ASAE.701P0007.

Jester,W., Klik, A., 2005. Soil Surface Roughness Measurement - methods, applicability, and Surface Representation. Catena 64, 174-192.

Kasap Ali, Tarımsal Mekanizasyon, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Tokat, 1993.

Kuipers, H., 1957. A reliefmeter for soil cultivation studies. Neth. J. Agric. Sci. 5, 255–262.

Kuş, E., Yıldırım, Y., 2017. Geleneksel ve Azaltılmış Toprak İşleme Şartlarına Bağlı Olarak Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Dergisi, 2017, 7(4), 51-61.

Merrill, S.D., Huang, C.H., Zobeck, T.M., Tanaka, D.L., 2001. Use of the chain set for scalesensitive and erosion relevant measurement of soil surface roughness. In: Stott, D.E., Mohtar, R.H., Steinhardt, G.C. (Eds.), Sustaining the Global Farm, pp. 594–600.

Moreno, R.G., Alvarez, M.C.D., Tarquis, A.M., Gonzalez, A.P., Requejo, A.S., 2010. Shadow Analysis Of Soil Surface Roughness Compared To The Chain Set Method And Direct Measurement Of Micro-Relief, Biogeosciences, 7, 2477–2487.

Moreno, G. R., Saa Requejo, A., Tarquis Alonso, A.M., Barrington, S., Diaz Alvarez, M.C, 2008. Shadow analysis: a method for measuring soil surface roughness. Journal of Geoderma. 146 (1) 201-208.

Rock, G., Ries, J.B., Udelhoven, T. 2011. Sensitivity analysis of uav-photogrammetry for creating digital elevation models (DEM). International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXVIII-1/C22, 2011.

Römkens, M. J. M. ve Wang, J. Y., 1986. Effect of Tillage on Surface Roughness. Transactions of ASAE. 29(2): 429-433.

Römkens, M.J.M., Wang, J.Y., 1987. Soil roughness changes from rainfall. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 30 (1), 101– 107 Catena, 17(4–5): 315–325.

Saleh A, 1993. Soil surface roughness measurement: chain method. J. Soil Water Conserv., 48: 527–529.

Saleh A., 1994. Measuring and predicting ridgeorientation effect on soil surface roughness. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1228-1230.

Taconet, O., Ciarletti, V., 2007. Estimating Soil Roughness Indices on A Ridge-And-Furrow Surface Using Stereo Photogrammetry. Soil & Tillage Research 93 (2007) 64–76.

Tekgüler, A., Selvi, K.Ç., 2011. Farklı Toprak İşleme Aletlerinin Toprak Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Anadolu Tarım Bilim. Derg., 2011, 26(3), 188-193.

Thomsen, L.M., Baartman, J.E.M., Barneveld, R.J., Starkloff, T. & Stolte, J., 2015. Soil surface roughness: comparing old and new measuring methods and application in a soil erosion model. www. Soil-journal.net/1/399/2015, Soil,1, 399-410.

Topakcı, M., Unal, İ., Karayel, D., ve Akıncı, I., 2010. Görüntü İşleme Yöntemi Kullanılarak Toprak Yüzey Düzgünlüğünün Belirlenmesi, 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Hatay, 2010, 220-226.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı:** Hacer İlke DEMİRÖZ

**Doğum Yeri:** Ankara

**Doğum Tarihi:** 23.09.1993

**Medeni Hal:** Bekar

**Yabancı Dil:** İngilizce

**Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)**

**Lise:** Batıkent Anadolu Lisesi (2011)

**Lisans:** Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı (2016)

**Yüksek Lisans:** Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı (2016 - 2020)

**Çalıştığı Kurumlar ve Yıl**

Proland Mühendislik Grup, Ankara (2015 - 2016)

Gilan Holding/ Aqroinnova MMC, Bakü - Azerbaycan (2016 - 2017)