

**BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN YERSEL  
DEĞİŞİMLERİNİN JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER  
KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

**Esin HATİPOĞLU**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DEĞİŞİMLERİNİN  
JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

**Esin HATİPOĞLU**

0000-0003-4342-9563

Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY

(Danışman)

0000-0002-4421-7936

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

## TEZ ONAYI

Esin HATİPOĞLU tarafından hazırlanan “BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DEĞİŞİMLERİNİN JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER KULLANILARAK BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY  
0000-0002-4421-7936

**Başkan** : Prof. Dr. Hüseyin EKİNCİ  
0000-0002-5872-0655  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

**Üye** : Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY  
0000-0003-4443-3652  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

**Üye** : Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY  
0000-0002-4421-7936  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN  
Enstitü Müdürü  
04/10/2019

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**02 / 09 / 2019**

**Esin HATİPOĞLU**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DEĞİŞİMLERİNİN JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER KULLANILARAK BELİRLENMESİ

**Esin HATİPOĞLU**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY

Toprak özellikleri toprak derinliği ile değişmekle beraber çok kısa yatay mesafelerde de anlamlı değişimler gösterebilmektedir. Toprak verimliliği açısından bu değişimlerin bilinmesi ve jeoistatistiksel olarak değerlendirilmesi tarımsal üretimde daha ekonomik gübreleme ve toprağın sürdürülebilir kullanımı açısından önemlidir. Günümüzde, parsel bazlı jeoistatistiksel veriler birçok gelişmiş ülkede üretilmekte, gereksiz tarım kimyasallarının kullanımını önlemekte, toprak ve çevre korumaya katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla toprak sürdürülebilir kullanılarak daha verimli ve ekonomik tarımsal üretim gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma ile yoğun tarımsal üretim yapılan bir arazinin jeoistatistiksel yorumu kısa mesafe ve farklı iki derinlikten alınan toprak örneklerinin değerlendirilmesi ile coğrafi bilgi sistemi içinde gerçekleştirilmiştir. Toprak karakterlerinin jeoistatistiksel verileri incelenmiş ve her bir karaktere ait güncel renkli dağılım haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca, incelenen toprak özellikleri toprak verimliliği açısından bazı sınır değerler kullanılarak değerlendirilmiş ve her karakter topraktaki sınır değerine göre sınıflandırılmış ve haritalanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre incelenen toprakların azot bakımından yeterli, fosfor ve potasyum açısından yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca incelenen her bir toprak karakterinin topraktaki yeterli/yetersiz olduğu bölgelerin parsel içi coğrafi konumu haritalanmış ve alanları hesaplanmıştır. Ek olarak, toplam 103,8 da olan çalışma alanınının 71,40 da'lık bölümünün mutlak tarım (yoğun ekili tarıma elverişlidir ve yalnızca tarım amaçlı kullanılmalıdır) arazisi niteliğinde olduğu ve 32,40 da'lık kısmının ise marjinal arazi (yoğun ekili tarıma elverişli değildir ve tarım dışı amaçlar için kullanılabilir) niteliği taşıdığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeoistatistik, kriging, toprak bilgi sistemi, sürdürülebilir tarım, CBS.

**2019, vi + 73 sayfa.**

## ABSTRACT

MSc Thesis

### DETERMINATION OF SPATIAL VARIABILITY OF SOME SOIL PROPERTIES BY GEOSTATISTICAL METHODS

**Esin HATİPOĞLU**

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

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Gökhan ÖZSOY

Soil properties vary with soil depth, but can show significant changes in very short horizontal distances. Knowing these changes in terms of soil fertility and evaluating them in geostatic is important for more economical fertilizer use in agricultural production and sustainable use of the soil. Today, parcel-based geostatical data is produced in many developed countries, preventing unnecessary fertilizer and pesticide use and contributing to soil and environmental protection. Therefore, more efficient and economic agricultural production is realized by using soil sustainably. In this study, geostatistical interpretation of a land with intensive agricultural production was carried out within the geographical information system by evaluating soil samples taken from two different depths at short distance grids. The geostatistics data of the soil characters were examined and the actual color distribution maps of each soil character were created. In addition, the soil properties examined were evaluated using some limit values in terms of soil fertility and each character was classified according to its limit value in the soil and mapped. According to the results, studied soils were found to be adequate in terms of nitrogen, but inadequate in terms of phosphorus and potassium. In addition, the geographical location of the adequate/inadequate status of examined each soil character was mapped and their areas were calculated. Moreover, it was determined that 71,40 da of the study area, which is totally 103,8 da, is absolute agricultural land (suitable for intensive cultivated agriculture and must be used for the agricultural purpose only) and 32,40 da is marginal land (not suitable for intensive cultivated agriculture and can be used for non-agricultural purposes).

**Key words:** Geostatistics, kriging, soil information system, sustainable agriculture, GIS.

**2019, vi + 73 pages.**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın planlanması, yürütülmesi ve yazımı aşamasında büyük yardım ve desteğini gördüğüm değerli danışman hocam Doç.Dr. Gökhan ÖZSOY'a teşekkürlerimi sunarım

Toprak örneklerinin alınması ve laboratuvar çalışmalarında bana destek olan değerli hocam Doç.Dr. Barış Bülent AŞIK'a ve yüksek lisans ders aşamasında fikir ve bilgisi ile beni aydınlatan değerli hocam Doç.Dr. Ertuğrul AKSOY'a da teşekkürlerimi sunarım.

Eğitimim süresince bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve sabır gösteren aileme de teşekkürü borç bilirim.

Esin HATİPOĞLU  
02 / 09 / 2019

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Jeostatistik.....	5
2.2. Mekansal (Spatial) Enterpolasyon.....	8
2.3. Kriging.....	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Çalışma alanı konumu.....	15
3.1.2. Çalışma alanı iklimi.....	15
3.1.3. Çalışma alanı jeolojisi ve jeomorfolojisi.....	15
3.1.4. Çalışma alanı toprakları.....	17
3.1.5. Çalışmada kullanılan donanım ve yazılımlar.....	17
3.2. Yöntem.....	19
3.2.1. Toprakların örneklenmesi.....	19
3.2.2. Toprak analizleri.....	21
3.2.3. Tanımsal istatistik analizleri.....	23
3.2.4. Jeostatistik analizleri ve verilerin haritalandırılması.....	23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	27
4.1. Çalışma Alanı Topraklarının İstatistiksel (Tanımsal) Yorumu.....	27
4.2. Çalışma Alanı Topraklarının Korelasyon Analizi.....	29
4.3. Çalışma Alanı Topraklarının Jeostatistiksel Yorumu ve Haritaları.....	31
4.3.1. Yüzey toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	36
4.3.2. Yüzey altı toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	55
4.3.3. Toprak özelliklerinin toprak derinliğine bağlı değişimi.....	64
5. SONUÇ.....	66
KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	73



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3.1. Çalışma alanı coğrafik konumu, toprak örnekleme amacıyla oluşturulmuş 45 x 45 m gridler ve örnekleme noktaları.....	16
Şekil 4.1. Çalışma alanı eğim ve eğim sınıflarının dağılımı haritası.....	34
Şekil 4.2. Çalışma alanı toprak derinliği ve derinlik sınıflarının dağılımı haritası...	35
Şekil 4.3. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının toprak nemi dağılımı haritası.....	38
Şekil 4.4. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının bünye grubu ve bünye sınıfları dağılımı haritası.....	38
Şekil 4.5. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının pH değerleri ve pH sınıfları dağılımı haritası.....	40
Şekil 4.6. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının EC değerlerinin dağılımı haritası.....	41
Şekil 4.7. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının kireç miktarları ve kireç sınıfları dağılımı haritası.....	42
Şekil 4.8. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının organik madde miktarları ve organik madde sınıfları dağılımı haritası...	46
Şekil 4.9. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir kalsiyum miktarları dağılımı haritası.....	47
Şekil 4.10. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir magnezyum miktarları ve magnezyum sınıfları dağılımı haritası.....	48
Şekil 4.11. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir sodyum miktarları dağılımı haritası.....	49
Şekil 4.12. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının potasyum miktarları ve potasyum sınıfları dağılımı haritası.....	51
Şekil 4.13. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının azot miktarları ve azot sınıfları dağılımı haritası.....	52
Şekil 4.14. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının fosfor miktarları ve fosfor sınıfları dağılımı haritası.....	54
Şekil 4.15. Çalışma alanı topraklarının mutlak/marjinal tarım niteliklerinin yorumu haritası.....	63
Şekil 4.16. Çalışma alanında incelenen toprak özelliklerinin toprak derinliği ile beraber değişimi.....	65

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Araştırma kapsamında alınan toprak örneklerinin coğrafi konum ve toprak derinliği bilgileri.....	20
Çizelge 3.2. Toprak verimliliği açısından toprakta bulunan kimi elementlerin ve bazı toprak özelliklerinin topraktaki sınır değerleri.....	25
Çizelge 4.1. Yüzey (0-30 cm) topraklarının tanımlayıcı istatistik bilgileri.....	27
Çizelge 4.2. Yüzey altı (30-60 cm) topraklarının tanımlayıcı istatistik bilgileri.....	28
Çizelge 4.3. Yüzey (0-30 cm) topraklarının korelasyon analizi tablosu.....	30
Çizelge 4.4. Yüzey altı (30-60 cm) topraklarının korelasyon analizi tablosu.....	30
Çizelge 4.5. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) topraklarında incelenen toprak özelliklerinin Range (A), Nugget (Co), Sill (Co + Cs) ve $r^2$ değerleri....	32
Çizelge 4.6. Çalışma alanı yüzey altı (30-60 cm) topraklarında incelenen toprak özelliklerinin Range (A), Nugget (Co), Sill (Co + Cs) ve $r^2$ değerleri....	32
Çizelge 4.7. Çalışma alanı eğim grupları ve alansal bilgileri.....	34
Çizelge 4.8. Çalışma alanı topraklarının etkili toprak derinliği (kök gelişimini kısıtlayıcı derinlik) sınıfları ve alansal bilgileri.....	35
Çizelge 4.9. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) topraklarının tekstür, toprak nemi, pH, EC ve $CaCO_3$ değerleri.....	36
Çizelge 4.10. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının bünye sınıfları ve alansal bilgileri.....	39
Çizelge 4.11. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının pH sınıfları ve alansal bilgileri.....	39
Çizelge 4.12. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının EC sınıfları ve alansal bilgileri.....	41
Çizelge 4.13. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının kireç sınıfları ve alansal bilgileri.....	43
Çizelge 4.14. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) topraklarının değişebilir katyonlar, organik madde, azot ve yarıyıllı fosfor değerleri.....	44
Çizelge 4.15. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının organik madde sınıfları ve alansal bilgileri.....	45
Çizelge 4.16. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir kalsiyum sınıfları ve alansal bilgileri.....	47
Çizelge 4.17. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir magnezyum sınıfları ve alansal bilgileri.....	49
Çizelge 4.18. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir sodyum sınıfları ve alansal bilgileri.....	49
Çizelge 4.19. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir potasyum sınıfları ve alansal bilgileri.....	50
Çizelge 4.20. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının azot sınıfları ve alansal bilgileri.....	53
Çizelge 4.21. Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının fosfor sınıfları ve alansal bilgileri.....	53
Çizelge 4.22. Çalışma alanı yüzey altı (30-60 cm) topraklarının tekstür, toprak nemi, pH, EC ve $CaCO_3$ değerleri.....	55
Çizelge 4.23. Çalışma alanı yüzey altı (30-60 cm) topraklarında değişebilir katyonlar, organik madde, azot ve yarıyıllı fosfor değerleri.....	59

## 1. GİRİŞ

Toprak kavramına ilk bilimsel yaklaşım Dokuchaev tarafından 1879 yılında Rusya'da yapılmıştır (Buol ve ark. 1973). O günden bugüne kadar geçen zaman içinde toprak ve toprağın sürdürülebilir kullanımı için sayısız araştırmalar yapılmış ve toprağın verimlilik düzeyini artırmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Toprak oluşumu çok uzun zaman alan ve yenilenemeyen doğal bir kaynaktır. İnsan varlığının sürdürülebilmesi temelde beslenmeye dayalı olduğundan toprak ve tarım insanlık için vazgeçilmez bir araştırma konusudur. Sürdürülebilir tarım perspektifinde birim alandan alınacak verimi arttırmaya yönelik çalışmalar günümüzde parsel bazlı veri üretimine gelmiştir. Toprağın sürdürülebilir kullanımı toprak karakterlerinin incelenmesi ve özelliklerinin anlaşılması ile mümkündür.

Her geçen gün toprak kaynakları nicel ya da nitel olarak azalırken, toprağa olan ihtiyaç gittikçe artmaktadır. Büyük şehirler çevresinde ve yakınında bulunan tarım toprakları kontrolsüz sanayileşme ve kentsel gelişimin baskısıyla büyük tehlike altında bulunmakta ve çoğu kez politika, rant ve sermayeye yenik düşerek yok olmaktadır.

Günümüzde bilgisayar destekli veri analizi ve görselleştirme araçları, başta toprak olmak üzere doğal kaynakların korunması, geliştirilmesi ve yönetimi çalışmalarında önemli rol oynamaktadır. Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bu amaçla son yıllarda dünya çapında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Toprak kaynakları ile ilgili çalışmalarda CBS kullanımı giderek önem kazanmakta ve yaygınlaşmaktadır. Toprak özelliklerinin mekansal farklılığı jeostatistik teorisiyle açıklanabilmektedir. Tüm bu teknolojiler Jeostatistik teriminin doğmasına da sebep olmuştur. Jeostatistik istatistiğin uygulamalı bir dalıdır. Çoğunlukla yerbilimlerinde karşılaşılan kestirim problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Bu çalışmanın da konusunu oluşturan jeostatistiksel modelleme son yıllarda sayısal toprak haritalaması, toprak verimliliği, toprak kirliliği ve durum gözlemi çalışmalarında sıklıkla kullanılan tekniklerdir.

Toprak ve su kaynakları açısından Bursa ili de kritik bir coğrafyada bulunmakta ve politik, ekonomik ve rant amaçlı baskılar sonucu tarım alanları gün geçtikçe daralmaktadır. Bu nedenle; tarım alanlarının ve tarımın vazgeçilmezi olan toprak kaynaklarının özelliklerinin bilinmesi, niteliklerine göre kullanılmaları ve sürdürülebilir yönetimleri oldukça önemlidir. Toprağın sürdürülebilir kullanımı ve tarımsal üretimin sağlıklı ve uzun vadede verimli olarak yapılabilmesi için toprak iyi tanınmalı ve yönetilmelidir. Sağlıklı toprak yönetiminde toprak içindeki elementlerin varlığı/yokluğu durumu ve toprak özelliklerinin birbiri ile olan ilişkilerinin iyi bilinmesi, gübreleme ve toprak işleme gibi yapılacak tarla içi uygulamalarda tarımsal üretimin artırılmasına, toprağın korunmasına ve ekonomik girdileri azaltarak daha karlı bir üretim sağlanmasına olanak sunmaktadır. Bugün, gelişmiş ülkelerdeki birçok çiftlikte, önemli bir girdi olan gübrenin daha az ve daha etkin kullanımını sağlayan jeostatistiksel yöntemlerle girdi maliyetleri azaltılarak tarımsal karlılık artırılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; tarımsal amaçlı kullanılan uygun bir alanın grid sistemine göre ve iki farklı derinlikte detaylı bir şekilde örneklemek, bazı toprak özelliklerinin (fiziksel ve kimyasal) laboratuvar ve arazi çalışması ile belirlemek, toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikler ve jeostatistiksel analizlerle mekansal değişimlerini ortaya çıkarmak ve CBS içinde haritalarını oluşturmaktır. Ek olarak, toprak verimliliği açısından incelenen toprak özellikleri, toprakta bulunabilir sınır değerleri göz önüne alınarak incelenen her bir özellik için sınıflandırılmış haritalar üretilmiştir. Çalışılan alan, Toprak Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat'a göre de değerlendirilerek mutlak tarım/marjinal arazi nitelikleri de sorgulanmış ve haritalandırılmıştır. Jeostatistiksel analiz ve CBS yardımı ile örneklenmemiş alan veya noktaların rakamsal değerleri de tahmin edilmiş olmaktadır. Böylelikle araştırma parselinde bazı bitki besin elementlerinin yeterli/yetersiz durumu ve bu durumun parsel içindeki mekansal dağılım haritaları üretilmiştir.

Bu çalışma için Uludağ Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne (TUAM) bağlı Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazilerinde uygun bir tarım parseli belirlenmiştir. Parselde yonca ekilidir. Parselin geçmiş yıllardaki üretkenliği sorgulandığında TUAM-ZF çiftlik müdürlüğünün bildirdiklerine göre söz konusu

parselde gemiŖe kıyasla genel bir verim dūŖüklüğü gözlemlenmekte ve bunun nedenleri belirlenmek istenmektedir. Bu alıŖma kapsamında detaylı incelemesi yapılacak olan toprağın veri ve sonuçlarının çiftlik birimine katkısı olması amaçlanmaktadır. Ayrıca bu alıŖma, karar vericilere olacak katkısının yanında ülkemizde ve yurtdıŖında ileride gerekleŖtirilecek olan benzer alıŖmalar için veri ve yöntem kaynağı da oluŖturacaktır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Toprak kavramına ilk bilimsel yaklaşım Dokuchaev tarafından 1879 yılında Rusya'da yapılmıştır (Buol ve ark. 1973). Toprak oluşumu çok uzun zaman alan ve yenilenemeyen doğal bir kaynaktır. İnsan varlığının sürdürülebilmesi temelde beslenmeye dayalı olduğundan toprak ve tarım insanlık için vazgeçilmez bir araştırma konusudur. Sürdürülebilir tarım perspektifinde birim alandan alınacak verimi arttırmaya yönelik çalışmalar günümüzde parsel bazlı veri üretimine gelmiştir. Toprağın sürdürülebilir kullanımı toprak karakterlerinin incelenmesi, özelliklerinin anlaşılması ve toprağın iyi anlaşılması ile mümkündür.

Toprak, insan yaşamı için temel bir doğal kaynak olduğu kadar gezegenin biyofiziksel ve biyojeokimyasal işleyişinde de kritik bir unsurdur. Toprak özelliklerinin mekansal dağılımını bilmek, üretkenliğini ve Dünya'da yaşamı mümkün kılan kimyasal ve fiziksel süreçlerin karmaşık dengesini anlamak için çok önemlidir.

Son birkaç on yıldaki teknolojik gelişmeler, toprak özelliklerinin ve haritalarının üretilme biçiminde gelişme için muazzam bir potansiyel yaratmıştır (McKensie ve ark. 2000). Uzaktan algılama (UA) ve fotogrametrik teknikler, coğrafi bilgi sistemlerinde (CBS) büyük miktarda verinin verimli karakterizasyonu ve analizine olanak sunan sayısal veri sunumlarını sağlamaktadır. Burrough ve McDonnel (1998)'e göre UA ve CBS teknolojileri doğal kaynakların izlenmesi ve modellenmesinde çok kullanışlı, zamandan ve işçilikten tasarruf sağlayıcı bir teknolojidir. Toprak biliminin geleceğinde de CBS'nin harita üretimi ve modellemede daha etkin kullanımı yer almaktadır. Sayısal toprak haritalama (DTH), çevresel değişkenler ve toprak özellikleri arasındaki ilişkinin sayısal veya istatistiksel bir modelinin geliştirilmesiyle başlar, bu daha sonra tahmine dayalı bir harita oluşturmak için coğrafi bir veri tabanına uygulanarak sonuçlanır (Franklin 1995). DTH'nin üç ana hedefi şunlardır: 1) toprak verilerini daha verimli bir şekilde toplamak için çevresel değişkenler ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiden faydalanmak, 2) toprak peyzaj sürekliliğini daha iyi temsil eden verileri üretmek ve sunmak, ve 3) model tasarımına uzman bilgisini açıkça dahil etmektir.

Bugüne kadar farklı ülkelerde CBS'nin toprak özelliklerinin mekansal dağılımının haritalanması ve jeoistatistiksel yaklaşımlara yönelik bir çok çalışma yürütülmüştür (Webster ve Oliver, 1990; Goovaerts, 1997; McBratney ve Pringle 1997; Webster ve Oliver, 2001; Kerry ve Oliver, 2004).

## 2.1. Jeostatistik

Toprak özelliklerini tahmin etmek için birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Jeostatistik, matematiksel modeller ve uzaktan algılama kullanılan bu tekniklerden bazılarıdır. Bununla birlikte, bu teknikler tipik olarak, toprak sınıflandırmasından ziyade belirli bir toprak karakteristiğini tahmin etmek için kullanılmaktadır.

Jeoistatistik, öncelikle mekansal verilerle ilgilenen ve mekansal enterpolasyonda kriging kullanarak mekansal otokorelasyonu hesaba katan geleneksel istatistiklerin bir alt kümesidir. Kavram, esas olarak Matheron (1963) ve Krige (1966) tarafından geliştirilen bölgesel değişkenler teorisine dayanmaktadır. Kriging, ortalamaları hesaplarken verilere uygulanan ağırlıkları belirlemek için bir uzaysal bağımlılık ölçüsü olan variogram kullanan ağırlıklı bir yerel ortalama biçimidir. Tahmini toprak haritalama araştırmalarında jeoistatistiksel yöntemler, araziden toplanan verilerden ölçülmemiş alanlardaki toprak özellik değerlerinin mekansal olarak enterpolasyonu için kullanılmaktadır.

Toprak bilimine sıradan kümelenmeyi ilk tanıtanlar Burgess ve Webster (1980a, 1980b) idi ve o zamandan bu yana çok fazla miktarda çalışma yayınlanmıştır. Örneğin, ordinary kriging, kirlilik, iz element eksiklikleri, tuzluluk ve verimlilik dahil olmak üzere birçok farklı toprak özelliğinin enterpolasyonu için kullanılmıştır (Heuvelink ve Webster 2001). Diğer taraftan, ordinary kriging çeşitli nedenlerden dolayı birçok kez eleştirilmiştir. Örneğin, Laslett ve ark. (1987) bazı araştırmacıların jeoistatistiği eleştirdiğini, çünkü kriging'in yerel teknikten ziyade küresel olduğunu ve toprak materyalleri ve prosesleri hakkındaki bilgiyi hesaba katmadığını belirtmiştir. Bazı araştırmacılar jeoistatistiğin aşırı derecede veriye bağımlı ve çok sayıda yakın aralıklı veri noktası gerektirdiği için eleştirmişlerdir (Zhu 1997, Zhu ve Band 2014). Webster ve Oliver (1992)'in önerdiği gibi,

bazı alanlarda toprağın yüksek mekansal değişkenliği nedeniyle saha ölçeğinde jeostatistiği kullanmak için yüzden fazla numuneye ihtiyaç duyulabilir. Jeostatistik ayrıca, bazen toprak oluşturma faktörlerinde ani değişikliklerin meydana geldiği karmaşık arazilerde kötü bir varsayım olabilen mekansal otokorelasyonu varsaymaktadır (McBratney ve ark. 2000). Ordinary Kriging tek başına, sayısal toprak haritalamanın yukarıda verilen üç hedefinden ikisini karşılamamaktadır. Uzman bilgisini yeterince içermediği gibi çevresel değişkenler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiden de faydalanmamaktadır.

Ordinary kriging, yardımcı verileri ve bilinen toprak-peyzaj ilişkilerini daha iyi birleştirmek için çeşitli şekillerde modifiyelere uğramıştır. Blok kriging, belirli noktalardan ziyade anlamlı alanlar üzerindeki tahminlerin belirlenmesini içermektedir (Burgess ve Webster 1980a, McBratney ve ark. 1991). Bu yöntemi kullanarak, bir çalışma alanı pedojenetik süreçleri yansıtan farklı bölgelere ayrılabilir. Bağımlı bir toprak değişkeninde bir eğilimi barındırmak için evrensel krigasyon kullanılmaktadır (Webster 1994). Dış kayma ile krigasyon evrensel krigasyona benzer, ancak eğilimi temsil etmek için yardımcı bir değişken kullanır (McBratney ve ark. 2000). Ortak çalışma, ilgilenilen değişken ile diğer daha kolay ölçülen değişkenler arasında bulunabilecek korelasyondan yararlanır (Odeh ve ark. 1995).

Regression kriging, bir regresyon modeli tarafından öngörülen değerlerin kümelenmesini içerir ve yardımcı verilerin kullanımından yararlanmak için de kullanılabilir (Goovaerts 1997, Castrignano ve ark. 2000). Faktorial kriging, toprak verisinin tahminlenmesi için standart kriging rutini içinde çok değişkenli verileri kullanan başka bir yöntemdir (Goovaerts 1992). Birçok araştırmacı bu çeşitli kriging yöntemlerini karşılaştıran çalışmalar yürütmüştür (Laslett ve ark. 1987, Voltz ve Webster 1990, Odeh ve ark. 1994, Knotters ve ark. 1995). Jeostatistik, yukarıda açıklanan birçok krigleme rutininin içinde yardımcı veriler olarak arazi özellikleri kullanılarak başarıyla uygulanmıştır. Toprak özelliklerinin birim değişkenliği içindeki bu kantitatif yaklaşım, hassas tarım alanında ve tarla ölçeğinde çok ayrıntılı toprak özellik bilgisine ihtiyaç duyulan diğer durumlarda (örneğin kirleticiler) çok faydalı olmaktadır (Heuvelink ve Webster 2001).



Jeoistatistik ilk önce, tercih edilen şekilde örneklenen cevher derecelerinin gözlemlerini kullanarak madencilik bloklarının cevher derecelerini tahmin etmede pratik bir çözüm olarak kullanılmıştır (Krige 1951). Daha sonra coğrafi referanslı veriler için kapsamlı bir istatistiksel teoriye genişletilmiştir (Matheron 1971). Günümüzde, coğrafi istatistik petrol mühendisliği, hidroloji, toprak bilimi, çevre kirliliği ve balıkçılık gibi birçok alanda uygulanmaktadır.

Cook ve ark. (1996), Prospektör denemelerden maden arama sistemini kullanarak, her bir toprak özelliği hakkında niceliksel açıklamalar elde etmek için bir sistem tasarlamışlardır. Bu sistem bir anketör bilgisi ve toprak özelliklerinin dağılımına ilişkin kantitatif tahminler üreten bir sistem içermektedir.

Crawford ve Hergert (1997), toprak özelliklerini haritalamak için çeşitli jeoistatistiksel yöntemleri araştırmışlar ve haritalamada kullanılan tüm tekniklerin benzer haritalar ürettiğini bulmuşlardır. Ancak her haritanın detay özelliklerinin kullanılan tekniğe göre farklı olduğunu tespit etmişlerdir. En iyi tekniğin, incelenen özelliğin varyasyonunu en doğru açıklama getiren olduğunu belirtmişlerdir. McBratney ve ark. (1992), toprak sınıfı haritalarını üretmek için kriging (jeoistatistiksel) ve sürekli sınıflandırma kullanımını araştırmıştır. Araştırmada kullandıkları bu yöntemin, hem taksonomik hem de coğrafi alanın değerlendirilmesine izin vermesinden dolayı, toprak sınıflandırma ve haritalamaya yeni bir yaklaşım getirdiğini belirtmişlerdir.

Brubaker ve ark. (1994), gözlemlenen değerlerden farklı peyzaj konumlarında toprak özellikleri için öngörücü denklemler geliştirmek için çoklu doğrusal regresyon modellerinin kullanımını değerlendirmişlerdir. Benzer yaklaşımların kullanılmasının olumsuz etkileri azaltacağı ve mevcut kaynaklarla harita üretimi üzerinde olumlu bir etkisi olacağı sonucuna varmışlardır.

Bu araştırmacılar, toprak özelliklerini veya sınıflarını haritalandırmak için farklı yöntemler geliştirmede etkili olmalarına rağmen bunların hiçbiri bir coğrafi bilgi sistemine uygulanmamıştır. Son zamanlarda, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bu tür uygulamalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır. Liengsakul ve ark. (1993), uzaktan

algılama ve CBS kullanımının toprakların haritalanmasında zamandan tasarruf sağladığını bildirmişlerdir.

## **2.2. Mekansal (Spatial) Enterpolasyon**

Mekansal enterpolasyon (Spatial Interpolation) rakamsal değeri bilinen noktaları kullanarak değerleri bilinmeyen diğer noktaların verilerinin tahmin edildiği bir süreçtir. Rakamsal değerleri bilinen noktalara bilinen noktalar, kontrol noktaları, örneklenmiş noktalar veya gözlemler denilmektedir. Kontrol noktaları mekansal enterpolasyonda bir enterpolatörün geliştirilmesi için veri sağlarlar ve genellikle matematiksel bir eşitliktir. Kontrol noktalarının sayısı ve dağılımı mekansal enterpolasyonun doğruluğuna büyük ölçüde etkilidir (Robinson ve ark. 1995).

Mekansal enterpolasyonda temel varsayım tahmin edilecek değer, o noktaya yakın olan değeri bilinen noktalardan uzak olanlara kıyasla daha fazla etkilendiğidir. Tahminde etkili olabilmek için kontrol noktaları çalışma alanı içinde iyi bir şekilde dağılmış olmalıdır.

Mekansal enterpolasyon metotları çeşitli yollarla kategorize edilir. İlk olarak, genel ve yerel metodlara gruplandırılabilir. Genel (Global) enterpolasyon metodu bilinmeyen bir noktanın değerini tahmin etmek için bilinen tüm uygun noktaları kullanır. Diğer taraftan yerel (Lokal) enterpolasyon metodu ise bilinmeyen bir noktanın tahmininde bilinen bir nokta demetinin değerlerini kullanır. Bu iki genel enterpolasyon metot grubu arasındaki fark tahminde kullanılan kontrol noktalarının sayılarıdır. Ölçek genel metottan yerel metoda bir süreklilik gibi görülebilir. Genel olarak yerel (local) metod iki nedenden dolayı seçilir: (1) Bir noktadaki değeri tahminlenen rakam üzerinde uzaktaki bilinen noktaların az etkisi vardır ve bundan dolayı enterpolasyon komşu noktalara dayanır; ve (2) Yerel metod genel metottan daha az hesaplamaya ihtiyaç duyar. İkinci olarak, mekansal enterpolasyon metotları kesin ve kesin olmayan enterpolasyon olarak gruplandırılabilir. Kesin enterpolasyon, noktasal konumdaki bilinen değer ile aynı olan bir değeri tahmin eder. Başka bir deyişle kesin enterpolasyon, kontrol noktalarından geçen bir yüzey oluşturur. Buna karşılık kesin olmayan enterpolasyon veya tahmini enterpolasyon noktasal konumdaki bilinen değerden farklı bir değeri tahmin eder. Üçüncü

olarak, mekansal enterpolasyon metodları deterministik (deterministic) veya stokastik (stochastic) olabilir. Deterministik enterpolasyon metodu tahmin edilen değerler ile hata değerlendirmesi yapmaz. Stokastik enterpolasyon metodu ise hesaplanan varyanslar ile tahmin hatalarının değerlendirilmesini sağlar. Bir stokastik metod için normalde rastgele bir işlemin varsayımı gereklidir (Chang 2004).

Yer bilimleri çalışmaları için lokal (yerel) metod önerilmektedir. Yerel enterpolasyon bilinen noktalar demeti kullandığı için bir örneğin nasıl seçildiğini bilmek önemlidir. Örnekleme ilk adımı tahminde kullanılacak noktaların sayısıdır. CBS yazılımları tipik olarak kullanıcılara noktaların sayısını belirlemelerini veya varsayılan değeri kullanmalarını sağlar. Burada biri daha çok nokta sayısının girilmesinin daha doğru tahminler verebileceği varsayımında bulunabilir. Ancak bu varsayımın geçerliliği tahmin edilecek hücreye göre bilinen noktaların dağılımına, uzamsal otokorelasyonun kapsamına ve verilerin kalitesine göre değişmektedir (Yang ve Hodler 2000). Fazla nokta sayısı genellikle daha genelleştirilmiş tahminlere yol açar (Chang 2004).

Noktaların sayısı belirlendikten sonraki adım, bilinen bu noktaların aranmasıdır. Basit seçenek, tahmin edilecek noktaya yakın olduğu bilinen noktaların kullanılmasıdır. Bir diğer seçenek, değeri bilinen noktaların dağılımına göre boyutu belirlenecek bir yarıçap içerisinde bulunan bilinen noktaların seçilmesidir. Diğer arama seçenekleri, kadrant veya oktan gereksinimi gibi bir yön bileşeni içerebilir (Davis 1986). Bir kuadrant (çeyrek daire) gereksinimi, tahmin edilecek bir hücrenin etrafındaki dört kadrandan her birinin bilinen noktalarını seçmek anlamına gelir. Bir oktant (dairenin sekizde biri) gereksinimi ise sekiz sektör kullanılmasıdır. Bazı durumlarda, bilinen noktalar hava veya su kirlenici maddelerin hareketini temsil eden bir elips şekilden seçilir (Chang 2004).

İstatistiksel yöntemler toprak sınıflarını ve/veya toprak özelliklerini tahmin etmek için nicel bir yaklaşım sağlamaktadır. Değişen özelliklerin mekansal coğrafi konumuna dayalı matematiksel bir model kullanılır. Mekansal enterpolasyon veya haritalama, ziyaret edilmeyen yerlerdeki değerleri tahmin etme ve bütün bir çalışma alanına yayma sürecini ifade etmektedir (Hengl ve ark. 2004). Toprak özellikleri mekansal olarak, toprak gözlem noktaları arasındaki mekansal enterpolasyon ile tahmin edilebilir. 1960'lı yılların

sonlarından bu yana, coğrafi veya tamamen mekansal yaklaşımlarda mekansal enterpolasyon kullanımı üzerinde durulmuştur. Bu yaklaşımlar tamamen jeostatistiği temel almaktadır (McBratney ve ark. 2003).

Toprak gibi mekansal verinin doğası, yeryüzünün yüzeyinde, üstünde veya altında gözlenen sürekli doğal değişimi göstermektedir. Bununla birlikte, bu verilerle ilişkilendirilen özellikler genellikle parçalıdır, çünkü yalnızca sınırlı sayıda olası konumların sonsuzluğunu gözleyebilmektedir. Bu aynı zamanda, örnekleme ihtiyacı duyulan uydu görüntülerinde de geçerlidir. Çünkü herhangi bir zamanda analiz için çok fazla veri vardır (Atkinson ve ark. 1990). Doğadaki süreklilik, uzayda birbirine yakın yerlerde bulunan değerlerin birbirinden uzak olanlara göre benzer olma ihtimalinin daha yüksek olması, yani istatistiksel olarak birbirlerine bağımlı olmaları anlamına gelir (Oliver ve Webster 1990). Dolayısıyla mekansal enterpolasyon, bu tür nitelikteki verilerin analizinde önemli bir yöntem haline gelmiştir.

Geleneksel enterpolasyon yöntemleri arasında trend yüzey analizi ve düşük dereceli polinomlar, spline fonksiyonları (Hayes 1970, Wahba 1979), polyhedra (Bengtsson ve Nordbeck 1964), Delauney üçgenlemesi (Sibson 1981) ve ağırlıklı hareketli ortalamalar (Burrough 1986) gibi yerel (local) enterpolasyon teknikleri gibi global yaklaşımlar bulunmaktadır. Genel olarak, tüm bu tekniklerle ilişkili dezavantajlar, verilere mekansal bağımlılığın kapalı varsayımı, mekansal çeşitliliğin şeklini hesaba katmamak, kaba ve dalgalanmaya eğilimli görünen sonuçlar ve meydana gelen hataları tahmin etmek için bir kural içermemesidir (Oliver ve Webster 1990).

Modern enterpolasyon yöntemlerinde, toprak çeşitliliğinin mekansal yapısı, stokastik bir yaklaşımla mekansal özelliklerin farklı mekansal yönlerini almamızı sağlayan bölgesel değişken teorisi ile açıklanmaktadır. Bölgesel değişken teorisi sabit bir yerel ortalama ve belirli bir mesafeyle ayrılmış yerler arasındaki farkların durağan bir varyansını öngörür (Matheron 1971). Genellikle  $\gamma$  ile gösterilen farklılıkların varyansı yarı varyanstır: iki değer arasındaki beklenen kare farkın yarısıdır. Eşitlik;

$$\text{var} [z(x) - z(x+h)] = E \{ [z(x) - z(x+h)]^2 \} = 2\gamma(h) \quad (2.1)$$

Burada;  $z(x)$   $x$  konumundaki bazı özelliklerin  $z$  değeri, ve  $z(x+h)$  ise  $(x+h)$ 'deki değerdir.

Bu bölgeselleşmiş değişken teorisi, kriging gibi modern enterpolasyon yöntemlerinin temelini oluşturmaktadır. Yarı variogram olarak da adlandırılan variogram, bölgesel değişken teorisinin merkezindedir ve kriging için gereklidir. Variogram, varyasyonun genel formu, büyüklüğü ve mekansal ölçeğini özetlemektedir. Tek tek ölçümlerin yapıldığı boyuta, şekline ve yönüne bağlıdır. Toprak özelliklerini tahmin ederken, variogram genellikle üssel veya küresel bir fonksiyon kullanılarak yerleştirilmektedir.

### **2.3. Kriging**

Kriging (ismini Güney Afrikalı maden müh. D.G. Krige'den alır) mekansal enterpolasyon için jeostatistiksel bir metottur. Kriging tekniği, örneğin maden cevheri gövdesindeki kalite farklılığı gibi bir özelliğin mekansal değişiminin ne tamamen rastgele (stokastik) ne de determinist olmadığını varsayar. Bunun yerine uzamsal varyasyon üç bileşenden oluşabilir: Bölgeleştirilmiş değişkenin varyasyonunu temsil eden mekansal korelasyonu yapılmış bir bileşen; bir eğilimi temsil eden bir yapı veya sapma; ve rastgele bir hata terimi. Bir sapma varlığı veya yokluğu ve bölgeselleşmiş değişkenin yorumu, mekansal enterpolasyon için farklı kriging yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Literatürde yer alan kriging çeşitleri; Ordinary Kriging, Universal Kriging, Block Kriging, CoKriging olarak isimlendirilmektedir (Chang 2004).

Kriging, sayısal toprak haritalamada jeostatistiksel bir yaklaşım sağlayan bir mekansal (uzaysal) enterpolasyon yöntemidir. Yeryüzünde toprak gibi doğal özelliklerinin sürekli değiştiği ve bu sürekli değişkenlik doğası nedeniyle, birbirine uzamsal olarak yakın olan konumların daha uzak olanlara kıyasla birbirine benzemesinin daha muhtemel olduğu kavramını kullanmaktadır (Oliver ve Webster 1990). Kriging, esasen, yerel ağırlıklı ortalamaya göre bir tahmin yöntemidir.

Kriging  $\mathbf{x0}$  konumunda yer alan örneklememiş değişken  $Z$ 'yi tahminler.  $\hat{z}(\mathbf{x0})$ , tahmini çevreleyen örnek lokasyonlardaki  $n$  gözlemlerin doğrusal ağırlıklı bir toplamıdır.

$$\hat{z}(\mathbf{x0}) = \sum \lambda_i z(\mathbf{x}i) \quad (2.2)$$

Burada;  $(\mathbf{x}i)$ ;  $z(\mathbf{x}i)$  örnek noktasındaki değişkeninin bilinen değeri, ve  $\lambda_i$  ağırlıktır. (Oliver and Webster 1990). Kriging ağırlıkları ( $\lambda_i$ ) bir variogram modelinden belirlenir.

Kriging, yerel kestirim için bir dizi yöntemi kapsamaktadır. Bunlar; Ordinary Kriging, CoKriging, Universal Kriging ve Disjunctive Kriging'dir. Ordinary (sıradan) Kriging, bilinmeyen yerlerde tahmin yapmak için yalnızca bilinen örnek konumlarla bu noktadaki özellik değerleri arasındaki mesafeyi kullanır. Sabit bir ortalama ve durağan varyansı varsayar. CoKriging, iki veya daha fazla değişkenin birbirine bağımlı olduğu ve değerleri hesaplanacak olanın, birbirleriyle ilişkili olduğu kadar yoğun bir şekilde örneklemediği Ordinary Kriging'in mantıksal bir uzantısıdır (Myres 1982, Oliver ve Webster 1990). Universal (evrensel) Kriging, varyasyonun bir kayma veya varyasyondan ve rastgele bir bileşenden oluştuğu yerde kullanılır (Olea 1975). Disjunctive (ayrıştırıcı) Kriging daha gelişmiş bir araçtır ve verinin doğrusal olmayan kombinasyonları yoluyla bir özelliğin minimum varyans tahminlerini sağlar ve gerçek değerlerin tanımlanmış bir eşik değerine eşit veya fazla olması olasılığını belirler (Yates ve ark. 1986, Oliver ve Webster 1990).

Toprak tahmini için jeostatistiksel yaklaşımlar, bilinmeyen konumlardaki değerlerin tahminine yardımcı olmak için toprak özelliklerinin mekansal korelasyonunu kullanır ve bilinmeyen konumlardaki öngörme ile ilgili hataları tahmin etmek için bir araç sağlar (Goovaerts 2001). Ordinary kriging, bölgesel değişken teorisine dayanan stokastik bir tekniktir ve sayısal toprak haritalamada en sık kullanılan jeostatistiksel yaklaşımlardan biridir (McBratney ve ark. 2000). Yaygın olarak kabul edilen bir teknik olduğu için, diğer yöntemlerle kıyaslama amacıyla sıklıkla kullanılır (Bishop ve McBratney 2001, Scull ve ark. 2005).

Mekansal istatistiksel yöntemler son yıllarda önemli ölçüde gelişmiş ve jeostatistikten (Kriging, CoKriging, vb.) başlayarak, bulanık mantık (fuzzy logic) ve karar (decision) ve regresyon ağacı (regression tree) analizleri gibi daha karmaşık yöntemlere geçilmiştir. Jeostatistik alanındaki bu gelişmelerin her biri, sayısal toprak haritalamaya başarıyla uygulanmıştır. Toprak biliminde jeostatistik analizler ilk olarak küçük alanlardan elde edilen toprak özelliklerinin mekansal enterpolasyonu amacıyla kullanılmıştır. Toprakların haritalandırılmasında uzun zamandır ordinary (sıradan) kriging tekniği kullanılmaktadır. (Odeh ve ark. 1992, Burrough ve ark. 1992).

Toprak bilimi ve yer bilimleri gibi diğer birçok bilim dalında yapılan araştırmalarda ağırlıklı olarak Ordinary Kriging yönteminin daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmektedir (Chang 2004). Bu nedenle bu çalışmada Ordinary Kriging tekniği tercih edilmiş ve aşağıda yöntemin kısa özeti sunulmuştur.

### **Ordinary (normal) kriging**

Bir sapmanın bulunmadığı varsayılırsa, ordinary kriging mekansal olarak ilişkili bileşen üzerine odaklanır. Örneklenen noktalar arasındaki mekansal bağımlılık derecesinin ölçüsü ortalama yarı varyanstır:

$$\gamma(h) = 1/2n \sum_{i=1}^n (z(x_i) - z(x_i + h))^2 \quad (2.3)$$

Burada; h örnek noktaları arasındaki mesafe veya (lag), n h ile ayrılan örneklenmiş nokta çiftlerinin sayısı, ve z nitelik değeridir.  $\gamma(h)$ 'in hesaplanması iki adımda gerçekleşir. İlk olarak örnek nokta çiftleri mesafeye göre gruplandırılır. Örneğin mesafe 2000 metre ise, o zaman 2000 metreden az ayrılmış iki çift, 0-2000 olarak gruplanır, 2000 ila 4000 metre arasında ayrılmış nokta çiftleri 2000-4000 olarak gruplanır, ve bu şekilde devam eder. İkinci olarak, ortalama mesafe h ve ortalama semivaryans  $\gamma(h)$  her grup için hesaplanır. Eğer noktalar arasında mekansal bağımlılık varsa noktalar arasındaki mesafesi daha az olan nokta çiftleri, birbirinden uzaktaki çiftlerden daha benzer değerlere sahip olacaktır. Bu nedenle, mekansal bağımlılığın varlığında h arttıkça  $\gamma(h)$ 'in artması beklenir.

Bir semivariogram Y eksenini boyunca  $y(h)$  ve X eksenini boyunca  $h$  olan bir grafikdir. Bir semivariogram üç olası ögeye ayrılabilir: nugget (kölçe), range (aralık) ve sill (eşik). Nugget (kölçe), mekansal olarak ilişkisiz gürültüyü temsil eden 0 mesafesindeki bir semivaryanstır. Range (aralık), semivaryansın mesafeye bağılı olarak arttığını gösteren semivariogramın mekansal olarak korele edilmiş kısmıdır. Range dışında, semivaryans nispeten sabit bir değere çıkar. Sill (eşik) ise eşitlenmenin gerçekleştiği semivaryanstır. Bir semivariogram, mekansal otokorelasyonla aynı şekilde uzamsal korelasyonun bir ölçüsü olarak kullanılabilir. Ancak, krigingde enterpolatör olarak kullanmak için semivariogram matematiksel bir fonksiyon veya model ile donatılmalıdır. Uygun semivariogram daha sonra semivaryansı herhangi bir mesafeden tahmin etmek için kullanılabilir. Bir modeli semivariograma uydurmak jeostatistikte zor ve çoğu zaman tartışmalı bir iştir (Webster ve Oliver 2001). Zorluğun bir nedeni seçilecek model sayısıdır. Örneğin ArcGIS yazılımında jeostatistik analiz uzatması, küresel (spherical), dairesel (circular), üstel (exponential) ve gaussian dahil 11 farklı model sunar. Diğer bir sebep ise modelleri karşılaştırmak için standart bir prosedürün bulunmamasıdır. Webster ve Oliver (2001) görsel incelemeyi ve çapraz onaylamayı birleştiren bir prosedür önermektedirler. Çapraz geçerliliği, enterpolasyon yöntemlerini karşılaştırmak için bir yöntemdir. Ordinary kriging, yerleştirilmiş semivariogramı doğrudan mekansal enterpolasyonda kullanır.  $y$  değerini bir noktada tahmin etmenin genel denklemi:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^s Z_{xwx} \quad (2.4)$$

$Z_0$ , tahmini değerdir;  $Z_x$ ,  $x$  noktasındaki bilinen değerdir,  $w_x$ , nokta  $x$  ile ilişkili ağırlıktır, ve  $s$ , tahminde kullanılan örnek nokta sayısıdır. Ağırlıklar, bir dizi eş zamanlı denklem çözümü ile elde edilebilir.

Kriging modelinde kullanılan ağırlıklar, yalnızca tahmin edilecek nokta ile bilinen noktalar arasındaki semivaryansları değil, aynı zamanda bilinen noktalar arasındakileri de içermektedir. Bu yalnızca tahmin edilecek noktaya ve bilinen noktalara uygulanabilir ağırlıkları kullanan ters ağırlıklı mesafe (IDW) yönteminden farklıdır. Kriging ve diğer yerel yöntemler arasındaki bir diğer önemli fark da krigingin tahmininin güvenilirliğini belirtmek için her tahmini nokta için bir varyans ölçümü üretmesidir (Chang 2004).



### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Çalışma alanı konumu**

Çalışma alanı olarak seçilen tarım parseli Bursa Uludağ Üniversitesi (BUÜ) Görükle Yerleşkesi içinde ve Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) bünyesinde yer alan çok yıllık yonca ekili bir tarladır. Söz konusu parsel 657 308-657 772 m doğu boylamları ile 4 457 437-4 457 780 m kuzey enlemleri arasında bulunmakta olup 103,8 dekar alan kaplamaktadır (Şekil 3.1). Parselde kuruda yonca tarımı yapılmaktadır.

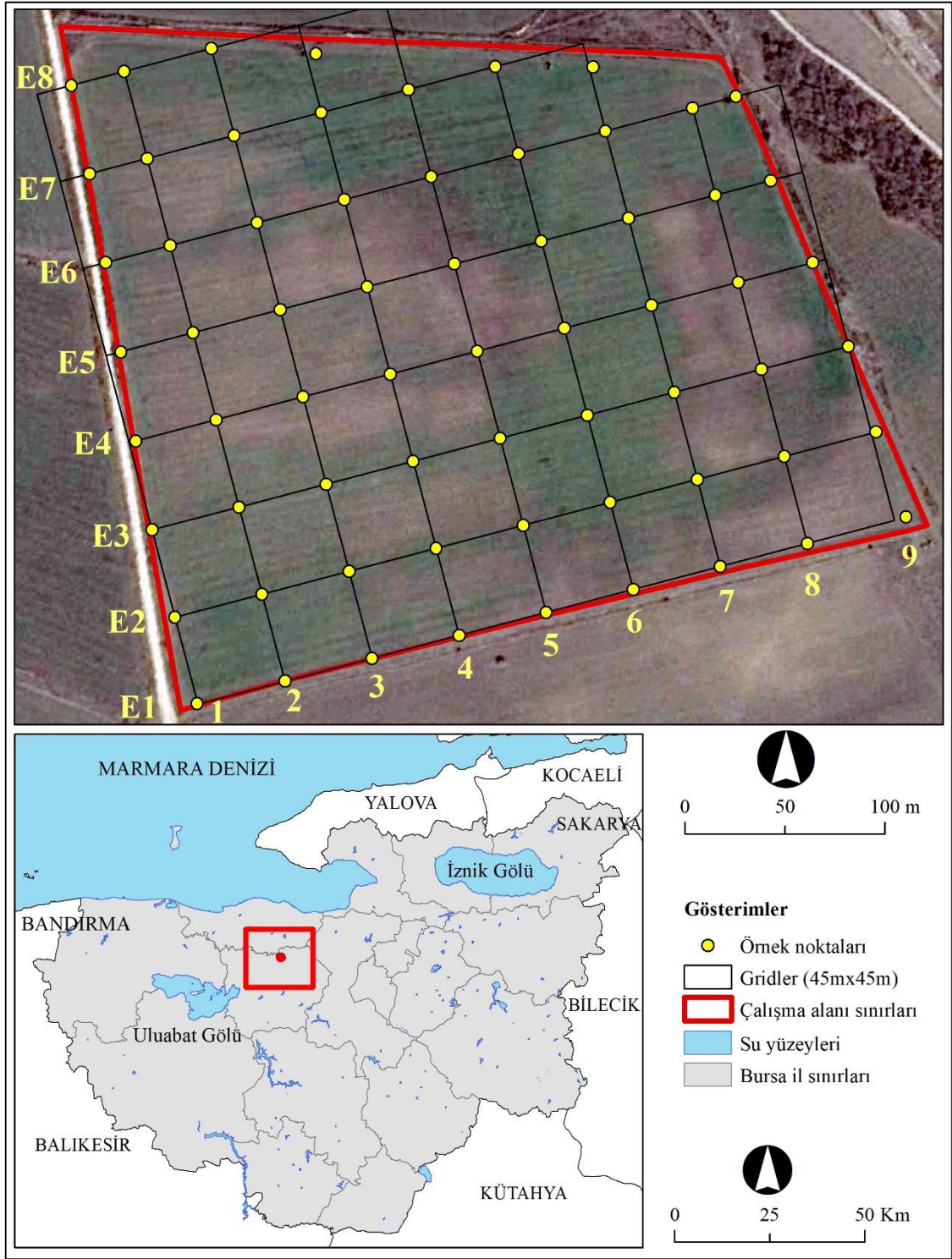
##### **3.1.2. Çalışma alanı iklimi**

Bölgenin iklimi tipik Akdeniz iklim tipine benzemekle beraber daha çok Marmara ikliminin etkisinde bulunmaktadır. Bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı 14,4 °C, nisbi nem ortalamasının ise % 68,6 olduğu bildirilmiştir. Bölgenin ortalama yıllık yağış miktarı 691,9 mm olup en yağışlı geçen aylar Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır. Yıl içinde en kurak zamanlar ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında olmaktadır (Özsoy 2001).

##### **3.1.3. Çalışma alanı jeolojisi ve jeomorfolojisi**

Çalışma alanı ve yakın çevresi arazileri karasal Neojen formasyonlar üzerinde gelişmiş topraklardan oluşmaktadır. Neojen kil ve marn katmanlarından ibarettir. Bu formasyonun üzerinde 30-120 cm kalınlıkta killi toprak örtüsü bulunmaktadır (Özsoy 2001).

Çalışma alanı dalgalı bir araziye sahiptir. Parsel içinde yapılan GPS ölçümlerine göre parselin deniz seviyesinden olan yüksekliği 70-98 m arasında değişmektedir. Parsel içinde batıdan doğu yönüne doğru gidildikçe yükseklikler ve eğim artmaktadır.



**Şekil 3.1.** Çalışma alanı coğrafik konumu, toprak örnekleme amacıyla oluşturulmuş 45 x 45 m gridler ve örnekleme noktaları.

Arazide yerinde yapılan ölçümlere göre parsel içi eğim % 0,8-10 arasında değişmektedir. Arazinin doğu kesimi hafif tepelik bir arazi niteliğinde olup güney-batı kısmı çukurda kalmaktadır. Arazide içinde yer yer küçük çöküntüler ve hafif tümsekçiklerin meydana getirdiği mikrorölyef gözlemlenmektedir. Bu çöküntü ve tümsekçikler, Vertisollerin bir özelliği olan gilgai mikrorölyef oluşumundan daha çok erozyon etkisi ile oluşmuş hafif tümsek ve çukurluklar görünümündedir. Arazinin özellikle güney-doğu, doğu ve kuzey-batı kısımlarında erozyon nedeniyle yuvarlaklaşmalar, toprakta renk açılması ve ana materyalin yüzeye yakın olduğunu gösteren tarzda yüzey taşlılığı göze çarpmaktadır.

#### **3.1.4. Çalışma alanı toprakları**

Aksoy ve ark. (2001), BUÜ yerleşkesi topraklarında yürüttükleri bir araştırma projesinde yerleşke arazilerinin toprak etüd ve haritalamasını yapmışlardır. Bu çalışmada ayrıca yerleşke arazilerinin arazi kullanım durumu, arazi kullanım planı, arazi yetenek sınıflaması, sulu tarıma uygunluk sınıflaması da yapılmıştır. Söz konusu araştırma projesi verilerine ve Özsoy'a (2001) göre çalışma parselinin bulunduğu yakın çevre arazileri Typic Xerorthents (toprak taksonomisi) olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca, bu çalışmalarda yerleşke topraklarının "xeric" toprak rutubet rejiminde ve "mesic" toprak sıcaklık rejiminde yer aldığını bildirilmiştir. Ek olarak BUÜ yerleşkesi topraklarında herhangi bir tuzluluk ve alkalilik sorunu saptanmamıştır. Toprakların kation değişim kapasiteleri yüksektir. Değişebilir kationların büyük bir çoğunluğunu  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  oluşturmaktadır. Reaksiyonları hafif asit ve hafif alkali arasında değişmektedir. Toprakların  $CaCO_3$  içeriği derinlikle beraber artmakta ve organik madde içerikleri genelde düşüktür. Topraklarda tarımsal potansiyeli sınırlayan faktör olarak bu toprakların fazlaca kil içermesi, eğimli topoğrafya, erozyon, genelde toprakların sıg olması ve toprakların yüzey altı horizonlarında yüksek  $CaCO_3$  içermeleri gösterilmektedir (Özsoy 2001).

#### **3.1.5. Çalışmada kullanılan donanım ve yazılımlar**

Bu çalışmada altlık harita olarak bölgenin 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritası kullanılmıştır. Çalışma alanının güncel görüntüsü ve konumu GoogleEarth-Pro yazılımı (uydu görüntüsü) ile sağlanmıştır. Ek olarak, çalışma alanının toprak özelliklerinin

incelenmesi aşamasında alana ait Aksoy ve ark. (2001) tarafından üretilen 1:5 000 ölçekli toprak haritası kullanılmıştır. Tüm altlık veriler ArcGIS 9,2 yazılımına aktarılmış ve tüm haritalar aynı projeksiyon ve koordinat sistemine atanmıştır. MS Excell yazılımı kullanılarak toprakların analiz sonuçları ve örnek noktalarının koordinat bilgileri birbirleri ile ilişkilendirilmiş ve bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanı ArcGIS yazılımına aktarılmış, nokta haritasına dönüştürülmüş ve daha önce çalışma alanı için altlık haritalar ile oluşturulmuş olan veri demeti ile birleştirilerek çalışma alanına ait veri tabanı güncellenmiştir.

Tanımsal (temel) istatistik verilerinin analizinde SPSS 16,0 istatistik yazılımı kullanılmıştır. Jeostatistiksel analizlerde semivariogram modellenmesinde GS+10 jeostatistik yazılımı kullanılmıştır. İncelenen her bir toprak karakterine ait Range (A), Nugget (Co), Sill (Co + Cs) ve  $r^2$  değerleri ile her bir veri setine en uygun model belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler ile Ordinary Kriging enterpolasyon modeli ArcGIS yazılımında çalıştırılmış ve incelenen her bir toprak özelliğine ait güncel dağılım haritaları üretilmiştir. Son olarak, üretilen dağılım haritaları incelenen toprak karakterlerinin toprakta bulunma sınır değerlerine göre sınıflandırılmış ve incelenen her bir toprak özelliğinin toprak verimliliği açısından yeterli/yetersiz veya uygun/uygun değil olduğu durum (mekansal) haritaları üretilmiştir. Bir başka ifadeyle, incelenen her bir toprak karakterinin çalışılan parselde toprak verimliliği açısından güncel yeterlilik durumu renkli haritalar halinde üretilmiştir. Böylelikle toprak özelliklerinin parsel içindeki yeterli/yetersizlik dağılımı görsel olarak belirlenmiştir. Sınıflandırılmış haritaların üretimi ve tüm görsel haritaların oluşturulmasında ArcGIS yazılımı kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan tüm yazılım ve donanımlar Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Merkezi altyapısı olanaklarından karşılanmıştır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Toprakların örnekleme

Bu çalışma için BUÜ-TUAM'a bağlı Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazilerinde uygun bir tarım parseli belirlenmiştir. Parselde çok yıllık yonca ekilidir.

Çalışılan parsel ve yakın çevresine ait, GoogleEarth-Pro yazılımı ile sağlanan, güncel uydu görüntüsü ArcGIS ortamına alınmıştır. Parsel ve yakın çevresi için bir coğrafi bilgi sistemi (CBS) veri tabanı oluşturulmuştur. Daha sonra çalışılan parsel ArcGIS yazılımında 45 m x 45 m gridlere bölünmüştür. CBS içinde oluşturulan grid çizgilerinin kesişme noktalarından toprak numunelerin alınması planlanmış ve her bir kesişme noktasının coğrafi koordinatları tesbit edilmiştir. Coğrafi konumu belirlenen toprak örnek noktaları el GPS'ine yüklenmiş ve arazi çalışması sırasında bu noktalar referans alınmıştır. Arazi çalışmasında daha önce belirlenmiş olan bu numune noktalarına gidilerek yüzey ve yüzey altını temsil etmek üzere 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerden ayrı ayrı toprak örnekleri usulüne uygun olarak alınmıştır.

Bu çalışmada, 103,8 da alan kaplayan parselde 45 m x 45 m gridlere bölünerek belirlenene 65 farklı noktadan ve iki ayrı derinlikten toplam 130 adet toprak örneği alınmıştır. Arazide toprak örneği alınmış olan örnek noktalarının birbirine olan gerçek uzaklığı el GPS'nin konumlama özelliğine, atmosferik şartlar ve uydu bağlantı durumuna göre (konuamadaki hatalar ve hassaslık) 40-47 m. arasında değişmektedir. Arazi çalışması sırasında toprak örneği alınan her noktanın x, y ve z koordinatları tekrar ölçülmüş ve örnekleme noktalarının arazide ölçülen yeni konumları ile CBS veri seti içindeki eski konum bilgileri güncellenmiştir. Toprak örnek noktalarının konumsal bilgileri Şekil 3.1 ve Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Ayrıca her bir örnek noktasında, Hollanda tipi örnek alma burgusu yardımıyla toprak ana materyaline ulaşılan kadar kazılmış ve her noktaya ait toprak derinliği ölçülmüş ve kayıt edilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Araştırma kapsamında alınan toprak örneklerinin coğrafi konum ve toprak derinliği bilgileri.

Sıra No	Örnek No	Konumsal koordinat bilgileri (m)			Toprak Derinliği (cm)
		X	Y	Z (rakım)	
1	E1-1	657412,90	4457449,04	76,00	80,00
2	E1-2	657456,91	4457460,43	77,00	82,00
3	E1-3	657500,31	4457471,70	79,00	100,00
4	E1-4	657543,83	4457483,17	81,00	80,00
5	E1-5	657587,34	4457494,64	84,00	52,00
6	E1-6	657630,85	4457506,11	86,00	51,00
7	E1-7	657674,37	4457517,58	90,00	62,00
8	E1-8	657717,88	4457529,05	94,00	35,00
9	E1-9	657767,27	4457542,42	98,00	30,00
10	E2-1	657401,81	4457492,28	76,00	83,00
11	E2-2	657445,33	4457503,75	77,00	73,00
12	E2-3	657488,84	4457515,22	79,00	76,00
13	E2-4	657532,36	4457526,69	81,00	50,00
14	E2-5	657575,87	4457538,16	83,00	86,00
15	E2-6	657619,38	4457549,62	85,00	72,00
16	E2-7	657662,90	4457561,09	89,00	58,00
17	E2-8	657706,41	4457572,56	93,00	45,00
18	E2-9	657752,06	4457584,84	97,00	35,00
19	E3-1	657390,35	4457535,79	75,00	80,00
20	E3-2	657433,86	4457547,26	77,00	62,00
21	E3-3	657477,37	4457558,73	78,00	62,00
22	E3-4	657520,89	4457570,20	80,00	44,00
23	E3-5	657564,40	4457581,67	83,00	46,00
24	E3-6	657607,92	4457593,14	85,00	48,00
25	E3-7	657651,43	4457604,61	88,00	42,00
26	E3-8	657694,94	4457616,08	91,00	32,00
27	E3-9	657738,46	4457627,55	95,00	45,00
28	E4-1	657382,39	4457580,23	73,00	85,00
29	E4-2	657422,39	4457590,78	76,00	48,00
30	E4-3	657465,90	4457602,25	77,00	68,00
31	E4-4	657509,42	4457613,71	80,00	44,00
32	E4-5	657552,93	4457625,18	82,00	30,00
33	E4-6	657596,45	4457636,65	84,00	33,00
34	E4-7	657639,96	4457648,12	86,00	43,00
35	E4-8	657683,47	4457659,59	90,00	45,00
36	E4-9	657720,52	4457669,36	93,00	48,00
37	E5-1	657374,84	4457624,78	73,00	66,00
38	E5-2	657410,92	4457634,29	75,00	72,00
39	E5-3	657454,44	4457645,76	77,00	44,00
40	E5-4	657497,95	4457657,23	79,00	48,00
41	E5-5	657541,46	4457668,70	81,00	60,00
42	E5-6	657584,98	4457680,17	83,00	70,00
43	E5-7	657628,49	4457691,64	85,00	68,00
44	E5-8	657672,00	4457703,10	88,00	50,00

**Çizelge 3.1.** Araştırma kapsamında alınan toprak örneklerinin coğrafi konum ve toprak derinliği bilgileri (devam).

Sıra No	Örnek No	Konumsal koordinat bilgileri (m)			Toprak Derinliği (cm)
		X	Y	Z (rakım)	
45	E5-9	657699,56	4457710,37	91,00	32,00
46	E6-1	657367,24	4457669,31	71,00	86,00
47	E6-2	657399,45	4457677,80	74,00	72,00
48	E6-3	657442,97	4457689,27	76,00	71,00
49	E6-4	657486,48	4457700,74	78,00	30,00
50	E6-5	657529,99	4457712,21	80,00	80,00
51	E6-6	657573,51	4457723,68	82,00	78,00
52	E6-7	657617,02	4457735,15	85,00	75,00
53	E6-8	657660,54	4457746,62	88,00	66,00
54	E6-9	657682,29	4457752,35	89,00	35,00
55	E7-1	657359,11	4457713,71	70,00	120,00
56	E7-2	657387,98	4457721,32	73,00	80,00
57	E7-3	657431,50	4457732,79	75,00	50,00
58	E7-4	657475,01	4457744,26	77,00	70,00
59	E7-5	657518,53	4457755,73	79,00	75,00
60	E7-6	657562,04	4457767,19	81,00	65,00
61	E7-7	657610,66	4457767,06	84,00	62,00
62	E8-1	657350,15	4457757,88	70,00	120,00
63	E8-2	657376,51	4457764,83	71,00	67,00
64	E8-3	657420,03	4457776,30	74,00	62,00
65	E8-4	657472,29	4457773,68	76,00	52,00
	En az	657350,15	4457449,04	70,00	30,00
	En çok	657767,27	4457776,30	98,00	120,00
	Ortalama	657540,27	4457628,57	81,58	61,25

### 3.2.2. Toprak analizleri

Bu çalışmada, 0-30 cm ve 30-60 cm olmak üzere iki farklı derinlikten toplam 130 toprak örneği alınmıştır. Usulüne uygun olarak alınan toprak örnekleri etiketlenerek laboratuvara sevk edilmiştir. Laboratuvar aşamasında toprak örnekleri ilk önce hava kurusu hale gelene kadar gölgede kurutulmuş, daha sonra 2 mm ve 0,5 mm'lik eleklerden geçirilerek toprak analizlerine hazır hale getirilmiştir. Daha sonra bu örneklerde gerekli fiziksel ve kimyasal analizler BUÜ, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü alt yapısı kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan kimi fiziksel ve kimyasal analizler için kullanılan yöntemler kısaca aşağıda özetlenmiştir.

**Toprak nemi (%):** Toprak örneklerinin nem içeriği birim toprağın içerdiği su miktarının ağırlık cinsinden ifadesidir ve (US Salinity Laboratory Staff 1954) tarafından bildirilen yönteme göre hesap edilmiştir.

**Mekanik analiz (Toprak Tekstürü):** Toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre saptanmıştır. Toprakların bünye sınıfları Soil Survey Manual'e (Soil Science Division Staff 2017) göre belirlenmiştir.

**Toprak reaksiyonu (pH):** Toprak örneklerinin pH değerleri saf su ile 1:2,5 oranında sulandırılmış toprak örneğinde WTW pH3110 model pH metre ile belirlenmiştir (McLean 1982).

**Elektriksel iletkenlik (EC):** Toprak örneklerinin elektriksel iletkenlik değeri doygunluk çamuru ekstraktında WTW LF 92 model EC metre ile belirlenmiştir (Rhoades 1982).

**Kireç (% CaCO<sub>3</sub>):** Toprakların kireç içerikleri Nelson'un (1982) bildirdiği şekilde Scheibler kalsimetresi kullanılarak tayin edilmiştir.

**Organik madde (%):** Toprak örneklerinin organik madde miktarı yaş yakma (yaş oksidasyon) yöntemiyle (Walkley-Black yöntemi) belirlenmiştir (Nelson ve Sommers 1982).

**Toplam azot (% N):** Toprak örneklerinin toplam azot içeriği Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. Buchi K-437 yakma blokunda yakılan örnekler Buchi K-350 model buharlı damıtma cihazında damıtılmıştır (Bremner 1965).

**Alınabilir fosfor (P):** Toprak örneklerinin bitkiye yararlı fosfor içeriği 0,5 M sodyum bikarbonat (pH 8,5) ile ekstrakte edilmesi sonucu elde edilen süzükte askorbik asit yöntemi ile PG T60 model spektrofotometre ile belirlenmiştir (Watanabe ve Olsen 1965).

**Değişebilir Katyonlar:** Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> ve Mg<sup>+2</sup> pH'sı 7,0'ye ayarlanmış amonyum asetat ile ekstrakte edilerek Na<sup>+</sup> ve K<sup>+</sup> flama fotometrede Ca<sup>+2</sup> ve Mg<sup>+2</sup> ise atomik absorpsiyon aleti ile belirlenmiş ve "cmol kg<sup>-1</sup> toprak" olarak hesaplanmıştır (US Salinity Laboratory Staff 1954).



### **3.2.3. Tanımsal istatistik analizleri**

Çalışmada örneklenen her bir örnek noktasına ait iki farklı derinlik için (0-30 cm ve 30-60 cm) tanımsal istatistik analizler SPSS 16,0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tanımsal veri analizinde farklı derinliklere ait veri setleri bütün olarak değerlendirmeye alınmış herhangi bir veri çıkarılmamıştır. Tanımsal istatistik analizler olarak incelenen her bir özellik için minimum ve maksimum değerler, aritmetik ortalama, standart sapma, varyans, çarpıklık, basıklık ve varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmış ve sonuçlar iki farklı derinlik için ayrı ayrı sunulmuştur.

### **3.2.4. Jeostatistik analizleri ve verilerin haritalandırılması**

Çalışma alanı için bir CBS veri tabanı oluşturularak çalışmada kullanılacak tüm altlık haritalar (GoogleEarth-Pro görüntüsü, 1:25 000 ölçekli topoğrafik harita) bu veri tabanına yüklenmiştir. Tüm altlık haritalar aynı coğrafi koordinatlara ve projeksiyona atanmıştır. Daha sonra çalışılan parselin sınırları gözle yorum tekniği ile ArcGIS yazılımı kullanılarak GoogleEarth-Pro görüntüsü üzerinden ayrı bir katman olarak sayısallaştırılmış ve poligonize edilmiştir. Çalışılan parsel CBS içinde 45 m x 45 m gridlere bölünmüş ve grid çizgilerin birbirini kestiği noktalar örnek noktaları olarak işaretlenmiş ve CBS ortamında ayrı bir nokta haritası (tabaka) oluşturulmuştur. Örnek noktalarının konumsal bilgileri el GPS'ne yüklenmiş, gezi rotası oluşturulmuş ve arazi çalışması sırasında CBS içinde belirlenen bu noktalara gidilmiştir. Rota takibi sırasında GPS-uydu bağlantısında yaşanabilecek aksaklık ve konumlama hataları düşünülerek, örnekleme aşamasında örnek alınan her bir noktanın tekrar x, y ve z koordinatları alınmıştır. Örnek noktalarının arazide ölçülen yeni konumları ile CBS veri seti içindeki eski konum bilgileri güncellenmiştir (Şekil 3.1 ve Çizelge 3.1).

Toprak örneklerinde yapılan tüm laboratuvar analiz sonuçları tek tek ve her bir derinlik için MS Excell yazılımında tablosal veriler şeklinde düzenlenmiştir. Laboratuvar analiz sonuçları ile numune konum bilgileri birbirleri ile ilişkilendirilerek bir veri seti oluşturulmuştur. Konum bilgilerine sahip bu veri seti ArcGIS yazılımı içine alınarak

noktasal haritalara dönüştürülmüş ve altlık haritalar ile aynı koordinat sistemine atanarak çalışma için daha önce oluşturulmuş olan veri tabanına aktarılmıştır. Bu çalışma kapsamında incelenen toprak özelliklerine ait rakamsal değerlerin tamamı veri setinde yer almış, hiçbir değer veri setinden çıkarılmamıştır.

Jeostatistiksel analizlerde her bir toprak karakterinin birbiri ile olan konumsal ilişkisi semivariogram analizleri ile belirlenmiştir. Veri seti GS+10 yazılımına alınmış, herbir toprak karakterine ait Range (A), Nugget (Co), Sill (Co + Cs) ve  $r^2$  değerleri ile herbir veri setine en uygun model belirlenmiştir. İncelenen modeller içerisinde en yüksek  $r^2$  değerini veren model incelenen toprak özelliği için en uygun model olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler ve Ordinary Kriging modeli için saptanan en uygun model, ArcGIS yazılımı Mekansal Analist (Spatial Analyst) modülü enterpolasyon seçeneğinde bulunan Kriging enterpolasyon modeli çalıştırılarak, ilgili alanlara yazılmış ve her bir toprak özelliğine ait veri seti Ordinary Kriging (Chang 2004) işlemine tabi tutulmuştur.

Bu çalışma için Ordinary Kriging tekniğinin kullanılmasındaki sebeplerin başında çalışmanın amacı ve örnekleme şablonu gelmektedir. Diğer önemli bir sebep ise bu tekniğin yer bilimleri çalışmalarında başarılı bir şekilde kullanılması ve farklı derinlikler için alınan örneklerin kullanıldığı madencilik, toprak ve yer bilimleri çalışmalarında doğruluğu yüksek iyi sonuçlar vermesidir (Chang 2004).

CBS içinde oluşturulan yersel dağılım haritaları çalışma alanlarının sınırları üzerine açılarak bölge sınırları içinde kalan kısımları kesilmiş ve veri sistemine kaydedilmiştir. Sonuçta çalışılan parsel topraklarında incelenen fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin (elementlerin) Ordinary Kriging enterpolasyon modeli ile mekansal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar iki farklı derinlikte alınmış olan toprak örnekleri için üst toprak ve alt toprak katmanları şeklinde ayrı ayrı üretilmiştir. Dolayısıyla çalışılan parselde hem yüzey toprağın hem de alt toprağın kimi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin güncel durumu ve parsel içindeki dağılımları görsel olarak haritalandırılmıştır.

Bu çalışmada incelenen toprak karakterlerine ait yapılan laboratuvar analizleri ve arazi ölçüm değerleri (eğim ve derinlik) sonuçlarının daha iyi yorumlanabilmesi ve çalışma

boyunca elde edilen değerlerin topraktaki yeterli-yetersiz durumlarının ortaya çıkarılabilmesi için bazı standart sınır değerleri kullanılmıştır. Söz konusu sınır değerler Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı (Anonim 2008) ve FAO (1990) tarafından bildirilen değerlerden derlenmiştir.

Toprak verimliliği açısından toprakta bulunan besin maddelerinin (element) sınır değerleri önemlidir. Zira bir elementin ortamdaki fazlalığı veya eksikliği bitkilerde verim düşüklüğüne, toksik etki oluşmasına ve çeşitli interaksiyonlara neden olabileceği gibi ekonomik anlamda toprağa atılacak besin miktarının belirlenmesinde de önemli bir veri oluşturmaktadır. Bu çalışmada incelenen toprak karakterlerine ait laboratuvar analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerleri Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.2.** Toprak verimliliği açısından toprakta bulunan kimi elementlerin ve bazı toprak özelliklerinin topraktaki sınır değerleri.

Toprak özelliği	Toprak özelliğine ait sınır (sınıf) değerleri						Kaynak	
<b>Derinlik (cm)</b>	Çok sığ < 30	Sığ 30 - 60	Orta derin 60 - 90	Derin 90 - 120	Çok derin > 120		Anonim 2008	
<b>Eğim (%)</b>	Düz < 2	Hafif 2 - 6	Orta 6 - 12	Dik 12 - 20	Çok dik 20 - 30	Sarp 30 - 45	Çok sarp > 45	Anonim 2008
<b>Bünye*</b>	Ağır C, SiC, SC	Orta ağır SiCL, SCL, CL	Orta Si, SiL, L, vfSL	Orta hafif fSL, SL	Hafif LS, fS	Çok hafif S, CoS		Anonim 2008
<b>pH (1:2,5 su)</b>	Kuvvetli asit < 4,5	Orta asit 4,6 - 5,5	Hafif asit 5,6 - 6,5	Nötr 6,6 - 7,5	Hafif alkali 7,6 - 8,5	Kuvvetli alkali > 8,5		Anonim 2008
<b>EC (mS cm<sup>-1</sup>)</b>	Tuzsuz < 4	Hafif tuzlu 4 - 8	Orta tuzlu 8 - 16	Çok tuzlu > 16				Anonim 2008
<b>Ca (cmol kg<sup>-1</sup>)</b>	Çok az < 1,19	Az 1,19 - 5,75	Yeterli 5,75 - 17,5	Fazla 17,5 - 50,0	Çok fazla > 50,0			FAO 1990
<b>Mg (cmol kg<sup>-1</sup>)</b>	< 0,42	0,42 - 1,33	1,33 - 4,0	4,0 - 12,5	> 12,5			
<b>K (cmol kg<sup>-1</sup>)</b>	< 0,13	0,13 - 0,28	0,28 - 0,74	0,74 - 2,56	> 2,56			
<b>Na (cmol kg<sup>-1</sup>)</b>	< 0,20	0,20	> 0,20					Jackson 1962
<b>ESP (%)</b>	Çok hassas 2 - 10	Hassas 10 - 20	Orta 20 - 40	Toleranslı 40 - 60	Çok toleranslı > 60			Anonim 2008
<b>N (%)</b>	Çok az < 0,045	Az 0,045 - 0,09	Yeterli 0,09 - 0,17	Fazla 0,17 - 0,32	Çok fazla > 0,32			FAO 1990
<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	< 2,5	2,5 - 8,0	8,0 - 25	25 - 80	> 80			
<b>Org.M. (%)</b>	Çok az < 1	Az 1 - 2	Orta 2 - 3	İyi 3 - 4	Yüksek > 4			Anonim 2008
<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	Az kireçli < 1	Kireçli 1 - 5	Orta 5 - 15	Fazla 15 - 25	Çok fazla > 25			Anonim 2008

\* C:kil, S:kum, Si:silt, L:tnn, f:ince, vf:çok ince, Co:kaba

Bu çalışmanın diğer bir aşamasında, incelenen toprak özelliklerinin parseldeki dağılımını ortaya koyan Ordinary Kriging modeli ile oluşturulan haritalar her bir toprak özelliğine ait topraktaki sınır değerine (toprak verimliliği açısından) göre sınıflandırılmış ve haritaları üretilmiştir. Bir başka deyişle, söz konusu sınır değerleri kullanılarak incelenen

toprak karakterlerinin güncel durum haritaları sınıflandırılarak her bir özelliğın yeterli-yetersiz (az-çok) durumu haritalandırılmış ve parsel bazında kapladığı alanlar hesaplanmıştır. Böylece üretilen haritalar ile incelenen her bir toprak karakterinin parsel içindeki yeterli-yetersiz rakamsal değeri yanında parsel içindeki güncel mekansal konumu ve dağılımı da belirlenmiştir.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Çalışma Alanı Topraklarının İstatistiksel (Tanımsal) Yorumu

Çalışma alanında iki farklı derinlikten alınan toprak örneklerinde yapılan laboratuvar analizi sonuçlarının daha iyi anlaşılabilmesi, yorumlanabilmesi ve jeostatistiksel değerlendirme öncesi verilerin daha iyi değerlendirilebilmesi için tanımlayıcı istatistikleri yapılmıştır. Yüzey topraklarının (0-30 cm) ve yüzey altı topraklarının (30-60 cm) tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de sırasıyla verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Yüzey (0-30 cm) topraklarının tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Toprak özelliği	N	Range	Min.	Max.	Ort.	Std. Sapma	Varyans	Vary. kats. (%)	Çarpıklık	Basıklık
T. derinliği (cm)	65	90	30	120	61,25	20,213	408,563	33,00	0,590	0,537
Nem (%)	65	3,84	5,69	9,53	7,8934	0,67534	0,456	8,56	-0,484	1,589
CaCO <sub>3</sub> (%)	65	8,47	0,21	8,68	3,0737	3,06159	9,373	99,61	0,671	-1,386
Org.M. (%)	65	1,92	1,05	2,97	2,0409	0,43030	0,185	21,08	-0,195	-0,352
Kil (%)	65	23,37	33,69	57,06	42,8898	4,96206	24,622	11,57	0,821	0,543
Kum (%)	65	27,85	18,77	46,62	37,9382	5,96662	35,601	15,73	-1,109	1,157
Silt (%)	65	14,62	13,81	28,43	19,1720	2,70007	7,290	14,08	1,091	1,953
pH	65	1,20	6,83	8,03	7,5857	0,31202	0,097	4,11	-0,805	-0,292
EC (µS cm <sup>-1</sup> )	65	267,2	115,2	382,4	243,380	64,5416	4,166E3	26,52	-0,099	-0,703
Na (cmol kg <sup>-1</sup> )	65	0,18	0,27	0,45	0,3631	0,04351	0,002	11,98	-0,132	-0,774
K (cmol kg <sup>-1</sup> )	65	0,50	0,13	0,63	0,2663	0,10001	0,010	37,56	1,435	2,438
Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )	65	19,91	21,91	41,82	32,8362	4,64849	21,608	14,16	-0,413	-0,592
Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	65	31,96	3,50	35,46	12,6777	5,13360	26,354	40,49	1,670	5,683
N (%)	65	0,09	0,08	0,17	0,1171	0,02163	0,000	18,47	0,477	-0,242
P (mg kg <sup>-1</sup> )	65	7,44	1,28	8,72	3,1831	1,67672	2,811	52,68	1,712	2,649

Tanımlayıcı istatistiklerde hesaplanan varyasyon katsayısı özellikler arasındaki farklılığın bir değerlendirmesidir. Mulla ve McBratney’ye (2000) göre toprak karakterlerinin gösterdiği değişkenlik varyasyon katsayısı yüzdesine göre üç gruba ayrılmaktadır. Buna göre; katsayısı 15’den düşük hesaplananlar düşük değişken, katsayısı 16-35 arası hesaplananlar orta değişken ve katsayısı 36’dan büyük hesaplananlar yüksek değişkendir.

**Çizelge 4.2.** Yüzey altı (30-60 cm) topraklarının tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Toprak özelliği	N	Range	Min.	Max.	Ort.	Std. Sapma	Varyans	Vary. kats. (%)	Çarpıklık	Basıklık
T. derinliği (cm)	65	90	30	120	61,25	20,213	408,563	33,00	0,590	0,537
Nem (%)	65	3,90	6,04	9,94	8,5235	0,67228	0,452	7,89	-0,428	1,963
CaCO <sub>3</sub> (%)	65	31,62	0,21	31,83	10,0120	9,8317	100,924	98,20	0,770	-1,000
Org.M. (%)	65	1,95	0,47	2,42	1,6123	0,40525	0,164	25,13	-0,498	0,218
Kil (%)	65	23,21	33,66	56,87	44,7957	4,88140	23,828	10,90	0,196	0,243
Kum (%)	65	36,73	17,29	54,02	35,8838	5,69821	32,470	15,88	-0,323	2,195
Silt (%)	65	15,15	12,20	27,35	19,3205	2,77412	7,696	14,36	0,719	1,392
pH	65	1,45	6,83	8,28	7,8674	0,24627	0,061	3,13	-1,648	4,516
EC (µS cm <sup>-1</sup> )	65	222	114	336	237,14	46,772	2,188E3	19,72	-0,355	0,685
Na (cmol kg <sup>-1</sup> )	65	0,23	0,31	0,54	0,4003	0,05525	0,003	13,80	0,412	-0,187
K (cmol kg <sup>-1</sup> )	65	0,28	0,09	0,37	0,2172	0,05433	0,003	25,01	0,558	0,569
Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )	65	21,6	22,2	43,8	34,857	4,9931	24,931	14,32	-0,723	0,124
Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	65	31,13	2,73	33,86	13,7608	6,08646	37,045	44,23	1,168	2,031
N (%)	65	0,10	0,02	0,12	0,0742	0,01903	0,000	25,65	-0,048	0,339
P (mg kg <sup>-1</sup> )	65	11,02	0,77	11,79	1,9918	1,70949	2,922	85,83	4,020	18,962

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre yüzey topraklarında incelenen tüm toprak özellikleri arasında en fazla değişkenliği % 99,61 ile CaCO<sub>3</sub> içeriği göstermiştir. Bunun yanında, sırasıyla, % 52,68 ile P, % 40,49 ile Mg, % 37,56 ile K verileri yüksek değişkenlik göstermektedir. Orta derecede değişkenlik gösteren toprak özellikleri ise toprak derinliği (% 33,00), EC (% 26,52), organik madde (% 21,08) ve azot (% 18,47)'dir. Yüzey topraklarında kum (% 15,73), Ca (% 14,16), silt (% 14,08), Na (% 11,98), kil (% 11,57) düşük değişkenlik göstermiş olup en düşük değişkenlik değeri % 4,11 ile pH ve % 8,56 ile toprak nemi verilerinde elde edilmiştir.

Çizelge 4.1'de görülen pozitif çarpıklık değeri eğrinin sola eğik olduğunu, negatif değer ise eğrinin sağa eğik olduğunu gösterir. Eğrinin merkeze olan uzaklığı çarpıklığın şiddetini belirtir. Basıklık değeri ise normal dağılıma göre değişkenin basıklık durumunu göstermekte olup pozitif değerler normal dağılıma göre daha sivri, negatif değerler ise normal dağılıma göre daha basıktır. Analiz sonuçlarına göre yüzey topraklarında nem, organik madde, kum, pH, EC, Na ve Ca negatif çarpıklık değerlerine sahip olup, toprak derinliği, CaCO<sub>3</sub>, kil, silt, potasyum, Mg, azot ve fosfor pozitif çarpıklık değerlerine sahiptir. Yüzey topraklarında toprak derinliği, nem, kil, kum, silt, K, Mg ve P pozitif

basıklık değerine CaCO<sub>3</sub>, organik madde, pH, EC, Na, Ca ve N negatif basıklığa sahiptir. Sırasıyla en yüksek basıklık değerini Mg, P ve K göstermektedir.

Çizelge 4.2’de verilen yüzey altı toprakların istatistiksel analiz sonuçları Mulla ve McBratney’ye (2000) göre yorumlandığında CaCO<sub>3</sub> (% 98,20), P (% 85,83) ve Mg (% 40,23) yüksek değişkenlik göstermektedir. Organik madde (% 25,13), K (% 25,01), N (% 25,65) ve EC (% 19,72) orta derecede değişken, kum (% 15,88), silt ( 14,36), Ca (% 14,32), Na (% 13,80), kil (% 10,90), nem (% 7,89) ve pH (% 3,13) düşük değişkenlik göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre yüzey altı topraklarında nem, organik madde, kum, pH, EC, Ca ve N negatif çarpıklık değerlerine sahip olup, CaCO<sub>3</sub>, kil, silt, Na, K, Mg ve P pozitif çarpıklık değerlerine sahiptir. Yüzey altı topraklarında nem, organik madde, kil, kum, silt, pH, EC, K, Ca, Mg, N ve P pozitif basıklık değerine, CaCO<sub>3</sub> ve Na negatif basıklığa sahiptir. Yüzey altı topraklarında P, incelenen diğer toprak özelliklerine göre en yüksek basıklık değerine sahip bulunmuştur.

#### **4.2. Çalışma Alanı Topraklarının Korelasyon Analizi**

Çalışma alanı topraklarının tanımlayıcı istatistikleri yapıldıktan sonra korelasyon analizi de gerçekleştirilmiştir. Yüzey topraklarının (0-30 cm) ve yüzey altı topraklarının (30-60 cm) korelasyon analizi sonuç tabloları Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’de sırasıyla verilmiştir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre yüzey topraklarında incelenen değişkenler (toprak özellikleri) arasında 15 toprak özelliğinin korelasyon katsayısı 0,01 önem düzeyinde önemli bulunmuştur. Yüzey topraklarında toprak derinliği ve P, pH ve CaCO<sub>3</sub>, pH ve Na, pH ve Ca, EC ve Na, K ve Na, Ca ve Na, K ve P arasında 0,01 önem düzeyinde pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. Yüzey topraklarında toprak derinliği ve CaCO<sub>3</sub>, P ve CaCO<sub>3</sub>, organik madde ve Ca, kil ve kum, kum ve silt, pH ve P, Ca ve Mg arasında 0,01 önem düzeyinde negatif ilişki bulunduğu saptanmıştır. Aynı sonuçlarına göre yüzey topraklarında incelenen değişkenler (toprak özellikleri) arasında 14 toprak özelliğinin korelasyon katsayısı 0,05 önem düzeyinde önemli bulunmuştur. Yüzey topraklarında toprak derinliği ve nem, toprak derinliği ve silt, kum ve CaCO<sub>3</sub>, Ca ve CaCO<sub>3</sub>, EC ve Ca, EC ve N, K ve N, Ca ve P arasında 0,05 önem düzeyinde pozitif ilişki bulunmakla beraber

toprak derinliği ve pH, nem ve CaCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub> ve silt, organik madde ve pH, organik madde ve EC, kil ve N, Ca ve P arasında ise 0,05 önem düzeyinde negatif ilişki olduğu bulunmuştur.

**Çizelge 4.3.** Yüzey (0-30 cm) topraklarının korelasyon analizi tablosu.

	T.Drn.	Nem	CaCO <sub>3</sub>	Org.M.	Kil	Kum	Silt	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	N	P
<b>T.Drn.</b>	1,000														
<b>Nem</b>	0,289*	1,000													
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	-0,958**	-0,280*	1,000												
<b>Org.M.</b>	0,013	-0,136	-0,019	1,000											
<b>Kil</b>	0,181	0,105	-0,229	-0,035	1,000										
<b>Kum</b>	-0,231	-0,088	0,262*	0,039	-0,859**	1,000									
<b>Silt</b>	0,275*	0,057	-0,256*	-0,017	0,143	-0,586**	1,000								
<b>pH</b>	-0,303*	-0,146	0,361**	-0,246*	-0,182	0,129	-0,044	1,000							
<b>EC</b>	0,149	-0,106	-0,090	-0,250*	-0,213	0,144	0,027	0,207	1,000						
<b>Na</b>	-0,005	-0,038	0,064	-0,231	0,003	0,018	-0,066	0,556**	0,425**	1,000					
<b>K</b>	0,154	0,038	-0,173	-0,102	0,082	-0,012	-0,118	-0,051	0,218	0,362**	1,000				
<b>Ca</b>	-0,222	-0,045	0,248*	-0,366**	-0,015	0,101	-0,193	0,559**	0,271*	0,696**	0,216	1,000			
<b>Mg</b>	0,094	0,006	-0,089	0,089	-0,068	0,033	0,033	0,035	0,057	-0,059	-0,056	-0,386**	1,000		
<b>N</b>	-0,032	-0,138	0,029	0,141	-0,278*	0,219	-0,087	0,201	0,301*	0,243	0,284*	0,183	0,137	1,000	
<b>P</b>	0,384**	-0,028	-0,377**	0,140	0,102	-0,082	0,015	-0,445**	0,013	-0,145	0,388**	-0,274*	-0,080	0,104	1,000

\*Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir (2 kuyruklu).

\*\*Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir (2 kuyruklu).

**Çizelge 4.4.** Yüzey altı (30-60 cm) topraklarının korelasyon analizi tablosu.

	T.Drn.	Nem	CaCO <sub>3</sub>	Org.M.	Kil	Kum	Silt	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	N	P
<b>T.Drn.</b>	1,000														
<b>Nem</b>	0,183	1,000													
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	-0,945**	-0,234	1,000												
<b>Org.M.</b>	0,068	-0,210	-0,027	1,000											
<b>Kil</b>	0,368**	0,113	-0,366**	0,002	1,000										
<b>Kum</b>	-0,323**	-0,123	0,316*	0,000	-0,852**	1,000									
<b>Silt</b>	0,026	0,036	0,016	0,058	-0,003	-0,466**	1,000								
<b>pH</b>	-0,306*	-0,234	0,340**	0,034	-0,059	0,190	-0,325**	1,000							
<b>EC</b>	-0,115	-0,264*	0,112	0,034	0,094	-0,044	-0,021	-0,056	1,000						
<b>Na</b>	-0,039	0,100	-0,020	0,150	0,224	-0,068	-0,197	0,404**	0,252*	1,000					
<b>K</b>	0,326**	0,128	-0,334**	-0,022	0,163	-0,113	-0,023	-0,299*	0,019	0,078	1,000				
<b>Ca</b>	-0,282*	-0,058	0,253*	0,026	0,127	-0,051	-0,142	0,224	0,214	0,485**	0,262*	1,000			
<b>Mg</b>	0,164	0,131	-0,145	0,000	0,042	0,031	-0,157	0,084	-0,148	0,002	-0,284*	-0,589**	1,000		
<b>N</b>	-0,041	-0,002	0,025	-0,087	0,095	-0,169	0,186	-0,237	-0,026	-0,113	0,173	0,129	-0,098	1,000	
<b>P</b>	0,185	-0,149	-0,138	0,079	0,065	-0,065	0,039	-0,327**	0,137	-0,330**	0,229	0,030	-0,281*	0,308*	1,000

\*Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir (2 kuyruklu).

\*\*Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir (2 kuyruklu).

Korelasyon analizi sonuçlarına göre yüzey altı topraklarında incelenen değişkenler (toprak özellikleri) arasında 15 toprak özelliğinin korelasyon katsayısı 0,01 önem düzeyinde önemli bulunmuştur. Yüzey altı topraklarında toprak derinliği ve kil, toprak



derinliği ve K, pH ve CaCO<sub>3</sub>, pH ve Na, Ca ve Na, arasında 0,01 önem düzeyinde pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. Yüzey altı topraklarında toprak derinliği ve CaCO<sub>3</sub>, toprak derinliği ve kum, kil ve CaCO<sub>3</sub>, K ve CaCO<sub>3</sub>, kil ve kum, kum ve silt, pH ve silt, pH ve P, Na ve P, Ca ve Mg arasında 0,01 önem düzeyinde negatif ilişki bulunduğu saptanmıştır. Analiz sonuçlarına göre yüzey altı topraklarında incelenen değişkenler (toprak özellikleri) arasında 10 toprak özelliğinin korelasyon katsayısı 0,05 önem düzeyinde önemli bulunmuştur. Yüzey altı topraklarında Ca ve CaCO<sub>3</sub>, Ca ve K, EC ve Na, N ve P arasında 0,05 önem düzeyinde pozitif ilişki, toprak derinliği ve pH, toprak derinliği ve Ca, nem ve EC, pH ve K, Mg ve K, Mg ve P arasında ise 0,05 önem düzeyinde negatif ilişki olduğu belirlenmiştir.

#### **4.3. Çalışma Alanı Topraklarının Jeostatistiksel Yorumu ve Haritaları**

Jeostatistiksel analizlerde her bir toprak karakterinin birbiri ile olan konumsal ilişkisi semivariogram analizleri ile belirlemiştir. İncelenen herbir toprak karakterine ait Range (A), Nugget (Co), Sill (Co + Cs) ve r<sup>2</sup> değerleri ile herbir veri seti için belirlenen en uygun model üst (yüzey) topraklar için Çizelge 4.5’de ve alt (yüzey altı) topraklar için Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında toprakta belirlenen her bir element ve özelliğe ait güncel konumsal dağılım haritaları oluşturulmuştur. CBS içinde Ordinary Kriging enterpolasyon modeli uygulanarak yapılan dağılım haritaları ile parselde örneklememiş noktalarında toprak özellikleri tahmin edilmiştir. Bu haritalar iki farklı derinlikte alınmış olan toprak örnekleri için ayrı ayrı üretilmiştir. Dolayısıyla çalışılan parselde hem yüzey toprağın hem de alt toprağın kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri görsel olarak haritalandırılmıştır.

Toprak verimliliği açısından toprakta bulunan besin maddelerinin (element) sınır değerleri önemlidir. Zira bir elementin ortamdaki fazlalığı veya eksikliği bitkilerde verim düşüklüğüne, toksik etki oluşmasına ve çeşitli interaksiyonlara neden olabileceği gibi ekonomik anlamda toprağa atılacak besin miktarının belirlenmesinde de önemli bir veri oluşturmaktadır.

**Çizelge 4.5.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) topraklarında incelenen toprak özelliklerinin Range (A), Nugget (Co), Sill (Co + Cs) ve r<sup>2</sup> değerleri.

Toprak özelliği	Nugget (C <sub>o</sub> )	Sill (C <sub>o</sub> +C)	Range (A)	Oran (C/C <sub>o</sub> +C)	r <sup>2</sup>	Model*
Nem (%)	1,0x10 <sup>-5</sup>	7,31x10 <sup>-3</sup>	59,70	0,999	0,995	Küresel
Derinlik (cm)	0,06	0,12320	234,1733	0,504	0,878	Gaussian
pH (1:2,5 su)	1,81x10 <sup>-4</sup>	1,95x10 <sup>-3</sup>	87,70	0,907	0,964	Küresel
EC (mS cm <sup>-1</sup> )	0,0057	0,0894	60,80	0,936	0,989	Küresel
Kil (%)	0,00002	0,012040	56,80	0,998	0,960	Küresel
Kum (%)	0,0001	0,0334	63,50	0,997	0,854	Küresel
Silt (%)	0,00001	0,019320	60,1022	0,999	0,871	Gaussian
Organik Madde (%)	0,0001	0,04560	27,0	0,998	0,999	Üstel
CaCO <sub>3</sub> (%)	0,0230	1,4450	158,20	0,984	0,998	Küresel
Na (cmol kg <sup>-1</sup> )	0,001570	0,016640	72,40	0,906	0,947	Küresel
K (cmol kg <sup>-1</sup> )	0,0033	0,0894	76,30	0,963	0,999	Küresel
Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )	0,0056	0,0211	108,80	0,735	0,986	Küresel
Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	0,10760	0,21920	184,8098	0,509	0,995	Gaussian
N (%)	0,0001	0,0327	60,60	0,997	0,953	Küresel
P (mg kg <sup>-1</sup> )	0,0046	0,1662	72,50	0,972	0,955	Küresel

\*Üstel: exponential, Küresel: spherical, Gaussian: gaussian, Doğrusal: linear

**Çizelge 4.6.** Çalışma alanı yüzey altı (30-60 cm) topraklarında incelenen toprak özelliklerinin Range (A), Nugget (Co), Sill (Co + Cs) ve r<sup>2</sup> değerleri.

Toprak özelliği	Nugget (C <sub>o</sub> )	Sill (C <sub>o</sub> +C)	Range (A)	Oran (C/C <sub>o</sub> +C)	r <sup>2</sup>	Model*
Nem (%)	0,001	0,435	56,8113	0,998	0,852	Gaussian
Derinlik (cm)	0,06	0,12320	234,1733	0,504	0,878	Gaussian
pH (1:2,5 su)	0,0001	0,0655	57,8505	0,998	0,876	Gaussian
EC (mS cm <sup>-1</sup> )	1,0	2353,0	58,7165	1,0	0,953	Gaussian
Kil (%)	0,30	21,49	67,20	0,986	0,919	Küresel
Kum (%)	1,06	29,54	76,50	0,964	0,948	Küresel
Silt (%)	7,851147	7,851147	158,5111	0,0	0,563	Doğrusal
Organik Madde (%)	0,0038	0,1506	77,70	0,975	0,920	Küresel
CaCO <sub>3</sub> (%)	40,40	103,66	182,2117	0,610	0,947	Gaussian
Na (cmol kg <sup>-1</sup> )	2,0x10 <sup>-6</sup>	0,002894	55,40	0,959	0,945	Küresel
K (cmol kg <sup>-1</sup> )	1,0x10 <sup>-6</sup>	0,002622	87,30	1,0	0,970	Üstel
Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )	3,41	27,42	140,10	0,876	0,993	Üstel
Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	19,88	39,77	144,6262	0,5	0,980	Gaussian
N (%)	1,0x10 <sup>-6</sup>	0,000339	58,1969	0,997	0,733	Gaussian
P (mg kg <sup>-1</sup> )	0,10	36,90	71,7069	0,997	0,930	Gaussian

\*Üstel: exponential, Küresel: spherical, Gaussian: gaussian, Doğrusal: linear

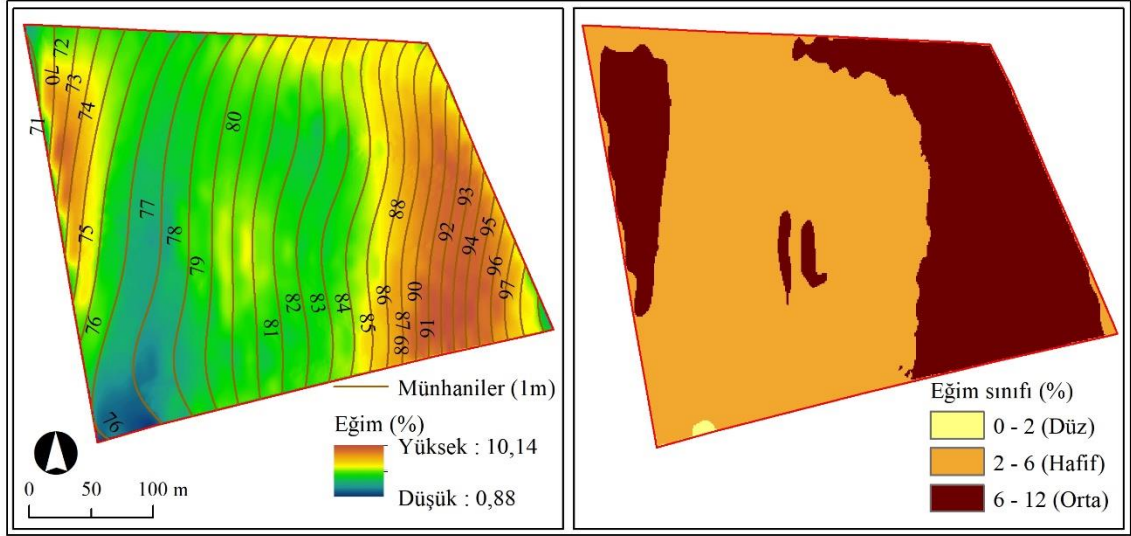
Bu çalışmada incelenen toprak karakterlerine ait yapılan laboratuvar analizleri ve arazi ölçüm değerleri (eğim ve derinlik) sonuçlarının daha iyi yorumlanabilmesi ve çalışma boyunca elde edilen değerlerin topraktaki yeterli-yetersiz durumlarının ortaya

çıkarılabilmesi için Anonim (2008) ve FAO (1990)'da derlenen toprak verimliliği açısından bazı sınır değerleri kullanılmıştır (Çizelge 3.2). Söz konusu sınır değerleri kullanılarak incelenen toprak karakterlerinin güncel durum haritaları sınıflandırılarak her bir özelliğin yeterli-yetersiz (az-çok) durumları haritalandırılmış, parsel bazında yüzde ve m<sup>2</sup> olarak kapladığı alanlar hesaplanmıştır. Böylece üretilen haritalar ile incelenen her bir toprak karakterinin yeterli-yetersiz alansal değeri yanında parsel içindeki mekânsal konumu da haritalandırılmıştır.

Çalışma alanı 45 m x 45 m gridlere bölünmüş ve her grid çizgisinin kesişme noktalarından 0-30 cm ve 30-60cm olmak üzere toprak örnekleri alınmıştır. Her örnekleme noktasının toprak derinliği de Hollanda tipi burgu ile toprak ana materyele kadar kazılmış ve derinlik bilgileri kayıt edilmiştir. Bu çalışmada 65 örnekleme noktasından ve iki farklı derinlikten (yüzey ve yüzey altı toprak) toplam 130 toprak örneği alınmıştır. Araştırma kapsamında alınan toprak örneklerinin konum ve toprak derinliği bilgileri Şekil 3.1 ve Çizelge 3.1'de verilmiştir.

El GPS'i ölçümlerine göre, araştırma alanının deniz seviyesinden olan ortalama yüksekliği 81,58 m olup, parsel içinde en düşük rakım 70m en yüksek rakım ise 98m olarak belirlenmiştir.

Arazide yerinde yapılan ölçümlere göre parsel içi eğim % 0,8-10 arasında değişmektedir. Eğim batıdan doğu istikametine doğru artmaktadır. Çalışma alanı eğim haritası Şekil 4.1'de sunulmuştur. Arazinin doğu kesimi hafif tepelik bir arazi niteliğinde olup güney-batı kısmı çukurda kalmaktadır. Arazide içinde yer yer küçük çöküntüler ve hafif tümsekçiklerin meydana getirdiği mikrorölyef gözlemlenmektedir. Arazinin özellikle güney-doğu, doğu, kuzey-doğu ve kuzey-batı kısımlarında erozyon nedeniyle yuvarlaklaşmalar, toprakta renk açılması ve ana materyalin yüzeye yakın olduğunu gösteren tarzda yüzey taşlılığı göze çarpmaktadır.



**Şekil 4.1.** Çalışma alanı eğim ve eğim sınıflarının dağılımı haritası.

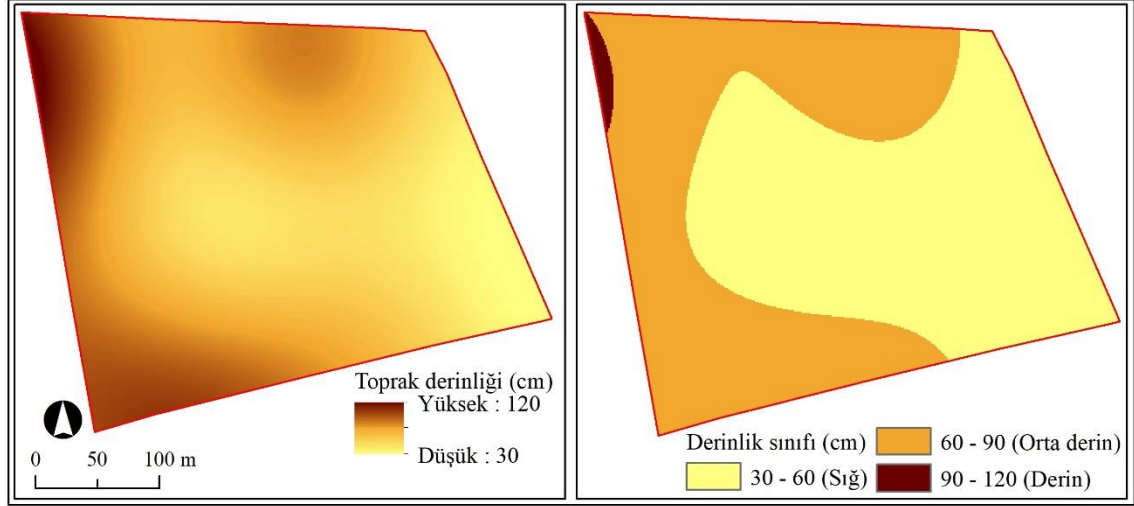
Arazide belirlenen eğim grupları ve bu eğim gruplarının kapladığı alansal bilgileri Çizelge 4.7’de sunulmuştur. Arazinin % 61,12’lik (63,44 da) büyük çoğunluğu hafif eğimli, arazinin % 38,63’ü (40,10 da) orta eğimli’dir. Düz, düze yakın eğim grubu ise parselin ancak % 0,25’lik (0,26 da) kısmı için tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Çalışma alanı eğim grupları ve alansal bilgileri.

Sınıf	Eğim, %	Alan (da)	Alan (%)
Düz, düze yakın	0 - 2	0,26	0,25
Hafif eğimli	2 - 6	63,44	61,12
Orta eğimli	6 - 12	40,10	38,63
Dik eğimli	12 - 20	-	-
Çok dik eğimli	20 - 30	-	-
Sarp eğimli	30 - 45	-	-
Çok sarp eğimli	> 45	-	-
Toplam		103,8	100

Arazi çalışması sırasında örnek alınan her nokta Hollanda tipi burgu ile ana materyale kadar kazılmış ve her bir örnekleme noktasında toprak derinliği yerinde ölçülmüştür. Arazinin toprak derinliği ve derinlik sınıflarının parsel içindeki dağılımını gösteren haritası Şekil 4.2’de verilmiştir. Parsel içinde batıdan doğuya gidildikçe toprak sıklaşmaktadır. Toprağın sıg (30-60 cm) olduğu kesimler arazinin orta kısmını hemen

hemen kaplayan bir dil şeklinde batıdan doğuya uzanmaktadır. Arazi sınırları içinde derin (90-120 cm) topraklar çok az bir alan kaplar ve kuzey-batı kesiminde bulunur.



**Şekil 4.2.** Çalışma alanı toprak derinliği ve derinlik sınıflarının dağılımı haritası.

Parsel içinde ölçülen toprak derinliklerine göre toprak derinliği sınıflarının alansal bilgileri Çizelge 4.8’de görülebilir. Buna göre, parselin tamamına yakın kısmı sığ ve orta derin toprak derinlik sınıflarında yer almaktadır. Tüm arazinin % 53,29’luk kısmı yani 55,31 da alan sığ topraklara sahiptir. Sırasıyla, arazinin 47,49 da (% 45,75) orta derin, 1,0 da (% 0,96) derin sınıfında olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.8.** Çalışma alanı topraklarının etkili toprak derinliği (kök gelişimini kısıtlayıcı derinlik) sınıfları ve alansal bilgileri.

Sınıf	Derinlik, cm	Alan (da)	Alan (%)
Çok sığ	0 - 30	-	-
Sığ	30 - 60	55,31	53,29
Orta derin	60 - 90	47,49	45,75
Derin	90 - 120	1,00	0,96
Çok derin	> 120	-	-
Toplam		103,8	100

### 4.3.1. Yüzey toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Çalışma alanı yüzey (üst) topraklarının tekstür, toprak nemi, pH, EC ve CaCO<sub>3</sub> içerikleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) topraklarının tekstür, toprak nemi, pH, EC ve CaCO<sub>3</sub> değerleri.

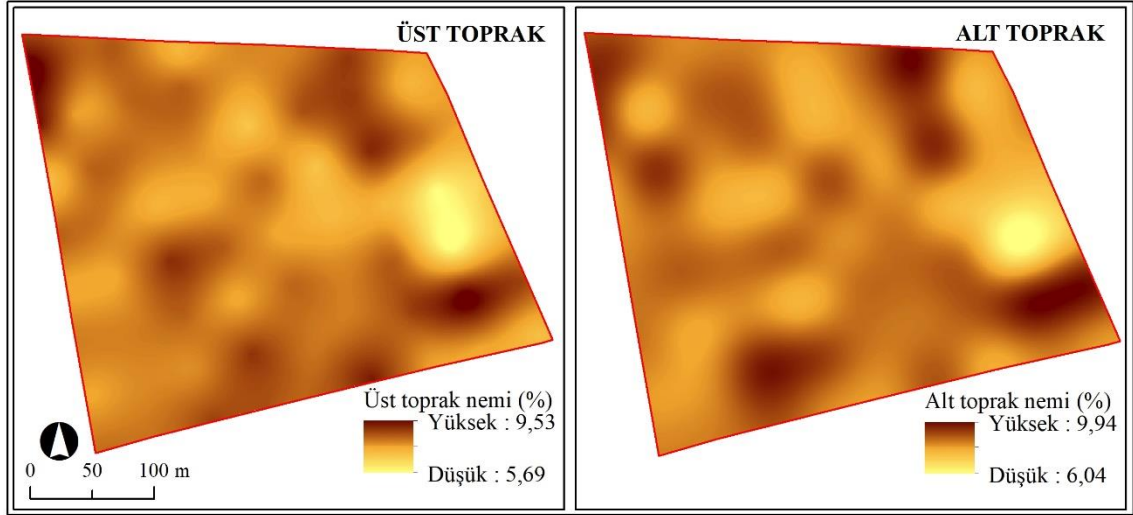
Sıra No	Örnek No	Tekstür (%)			Bünye	Nem (%)	pH (1:2,5 su)	EC (µS cm <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
		Kil	Kum	Silt					
1	E1-1A	41,84	42,22	15,94	C	8,07	7,49	350,1	0,41
2	E1-2A	36,17	42,55	21,28	CL	8,04	7,96	227,7	0,41
3	E1-3A	44,26	35,83	19,91	C	8,50	7,63	325,2	0,41
4	E1-4A	38,08	45,00	16,92	CL	8,36	7,64	307,2	0,62
5	E1-5A	40,34	42,68	16,98	C	8,21	7,81	264,5	2,89
6	E1-6A	41,26	41,37	17,37	C	8,90	7,84	285,3	3,31
7	E1-7A	40,08	39,28	20,64	C	7,68	7,71	382,4	1,45
8	E1-8A	40,93	41,84	17,23	C	7,50	7,84	227,1	5,16
9	E1-9A	40,84	40,40	18,76	C	7,11	7,91	253,5	8,06
10	E2-1A	56,15	21,12	22,73	C	7,54	7,48	321,8	0,41
11	E2-2A	50,67	30,91	18,42	C	7,82	7,20	268,1	0,21
12	E2-3A	45,80	30,03	24,17	C	7,81	7,75	220,1	0,21
13	E2-4A	51,51	31,32	17,17	C	8,63	7,74	178,3	1,03
14	E2-5A	52,80	18,77	28,43	C	8,03	7,66	326,2	0,62
15	E2-6A	39,06	43,91	17,03	CL	8,03	7,05	261,7	0,83
16	E2-7A	46,83	33,92	19,25	C	8,53	7,89	188,2	2,07
17	E2-8A	44,42	36,69	18,89	C	9,38	7,94	221,5	7,23
18	E2-9A	37,49	43,76	18,75	CL	8,50	7,93	334,4	7,85
19	E3-1A	40,72	39,99	19,29	C	7,93	7,70	295,2	0,21
20	E3-2A	42,90	40,76	16,34	C	7,91	6,88	115,2	1,41
21	E3-3A	49,19	32,07	18,74	C	8,20	7,01	285,8	1,24
22	E3-4A	40,27	44,62	15,11	C	7,51	7,84	238,7	7,23
23	E3-5A	52,17	28,86	18,97	C	8,14	7,50	122,1	6,61
24	E3-6A	38,83	43,91	17,26	CL	7,87	7,28	192,1	6,41
25	E3-7A	39,04	43,03	17,93	CL	8,15	7,81	210,1	6,82
26	E3-8A	37,56	46,62	15,82	SC	5,69	7,79	354,0	8,06
27	E3-9A	33,69	38,93	27,38	CL	7,24	7,78	269,2	6,82
28	E4-1A	49,44	30,56	20,00	C	7,49	7,54	292,3	0,21
29	E4-2A	43,43	42,76	13,81	C	7,56	7,31	159,3	1,45
30	E4-3A	42,50	40,50	17,00	C	8,69	7,15	138,2	0,83
31	E4-4A	40,84	41,50	17,66	C	8,25	7,02	144,1	7,23
32	E4-5A	45,15	39,05	15,80	C	7,53	7,81	292,5	7,85
33	E4-6A	44,11	38,24	17,65	C	7,20	7,70	196,6	7,65
34	E4-7A	34,52	42,46	23,02	CL	7,21	6,83	234,1	6,61
35	E4-8A	40,09	38,51	21,40	C	6,02	7,78	221,1	7,02
36	E4-9A	44,86	39,02	16,12	C	6,82	7,86	187,3	6,61
37	E5-1A	47,04	35,32	17,64	C	8,18	7,61	198,4	0,83
38	E5-2A	39,67	43,17	17,16	CL	7,98	7,33	289,2	0,83
39	E5-3A	45,31	34,41	20,28	C	7,32	7,88	192,0	7,65
40	E5-4A	37,09	46,42	16,49	SC	7,44	7,98	197,0	7,02

**Çizelge 4.9.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) topraklarının tekstür, toprak nemi, pH, EC ve CaCO<sub>3</sub> değerleri (devam).

Sıra No	Örnek No	Tekstür (%)			Bünye	Nem (%)	pH (1:2,5 su)	EC (µS cm <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
		Kil	Kum	Silt					
41	E5-5A	50,23	27,17	22,60	C	8,11	7,80	338,0	1,24
42	E5-6A	41,73	38,64	19,63	C	7,04	7,52	279,1	1,03
43	E5-7A	43,50	35,84	20,66	C	8,76	6,96	133,1	1,03
44	E5-8A	38,09	43,40	18,51	CL	8,03	7,73	336,2	5,79
45	E5-9A	57,06	24,85	18,09	C	7,57	7,97	257,4	8,68
46	E6-1A	46,38	35,95	17,67	C	7,13	7,62	276,1	0,24
47	E6-2A	44,55	33,78	21,67	C	8,16	6,93	185,4	0,41
48	E6-3A	42,30	38,66	19,04	C	7,97	7,20	130,7	1,03
49	E6-4A	39,87	41,81	18,32	CL	7,84	7,53	309,0	7,85
50	E6-5A	35,87	46,19	17,94	SC	6,99	8,03	280,2	0,41
51	E6-6A	40,93	42,69	16,38	C	8,34	7,55	218,5	0,83
52	E6-7A	41,44	39,91	18,65	C	8,56	7,37	291,1	0,83
53	E6-8A	41,30	40,34	18,36	C	7,30	7,16	308,3	1,24
54	E6-9A	43,19	36,35	20,46	C	7,52	7,62	216,2	8,06
55	E7-1A	49,43	30,80	19,77	C	8,99	7,40	191,5	0,21
56	E7-2A	48,17	29,59	22,24	C	7,63	7,34	177,1	0,21
57	E7-3A	45,00	31,31	23,69	C	8,14	7,43	128,7	1,86
58	E7-4A	37,81	42,78	19,41	CL	8,20	7,48	191,9	0,83
59	E7-5A	38,88	39,52	21,60	CL	7,75	7,74	245,2	0,83
60	E7-6A	42,25	36,62	21,13	C	7,89	7,90	218,4	1,41
61	E7-7A	38,76	41,86	19,38	CL	8,60	7,89	235,4	1,45
62	E8-1A	42,25	36,63	21,12	C	9,53	7,73	257,3	0,21
63	E8-2A	39,07	38,14	22,79	CL	8,53	7,56	291,0	1,03
64	E8-3A	41,11	40,13	18,76	C	8,28	7,87	306,0	1,03
65	E8-4A	41,72	40,71	17,57	C	7,24	7,88	250,1	2,27
	En az	33,69	18,77	13,81		5,69	6,83	115,2	0,21
	En çok	57,06	46,62	28,43		9,53	8,03	382,4	8,68
	Ortalama	42,89	37,94	19,17	C	7,89	7,59	243,4	3,07

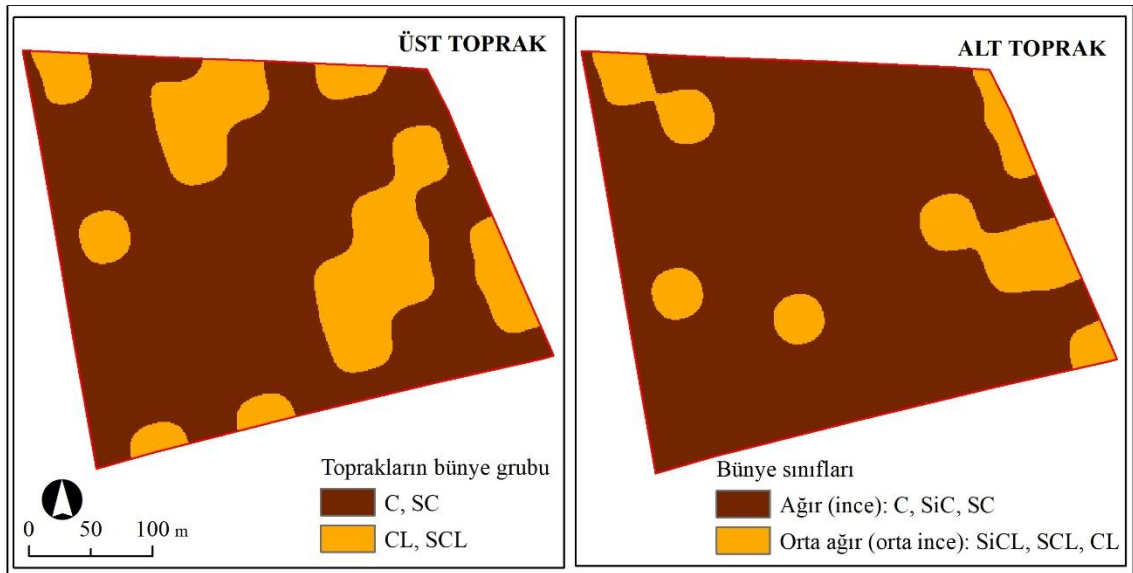
Araştırılan yüzey toprakları ortalama % 42,89 kil, % 37,94 kum ve % 19,17 silt içermekte olup ortalama nem içerikleri % 7,89'dur. En fazla kil içeriği % 57,06 ile E5-9A örnek noktasında, en az kil içeriği ise % 33,69 ile E3-9A örnek noktasında tespit edilmiştir. Çalışma alanı topraklarının nem içeriklerinin parsel içindeki dağılımı Şekil 4.2'de görülebilir.

Buna göre parsel içindeki üst-alt toprak nemi kil içeriği ve toprak derinliğine de bağlı olarak değişmekle beraber en düşük toprak nemi değerleri arazinin doğu kesiminde tespit edilmiştir. Yüzey topraklarında tespit edilen bünye sınıfları ve bu sınıfların parsel içindeki dağılımını gösteren harita Şekil 4.4'de sunulmuştur.



**Şekil 4.3.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının toprak nemi dağılımı haritası.

Şekil 4.4’de verilen haritadan da görüleceği gibi, çalışma alanı üst topraklarında iki bünye sınıfı tespit edilmekle beraber üst toprağın geneli ince (kil) bünyeli topraklardan oluşmaktadır. Arazinin doğu ve kuzey kısımlarında eğimden kaynaklı erozyon daha hızlı olduğundan toprak sığlaşmış, toprak işleme ile bu alanlarda üst-alt toprak iyice karışmış durumdadır. Bu alanlarda yüzey toprağının bünyesi orta ince bünye grubunda tespit edilmiştir.



**Şekil 4.4.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının bünye grubu ve bünye sınıfları dağılımı haritası.



Çalışma alanı üst topraklarının bünye sınıfı gruplarına göre alansal dağılım bilgileri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Söz konusu çizelgede verilen bilgilere göre çalışma alanı üst topraklarının % 73,73'ü (76,53 da) ağır (ince) bünyelidir ve analiz sonuçlarına göre bunların çoğunluğunu kil tekstür oluşturmaktadır. Çalışma alanı üst topraklarının % 26,27'si (27,27 da) ise orta ağır (orta ince) bünye sınıfında yer almaktadır.

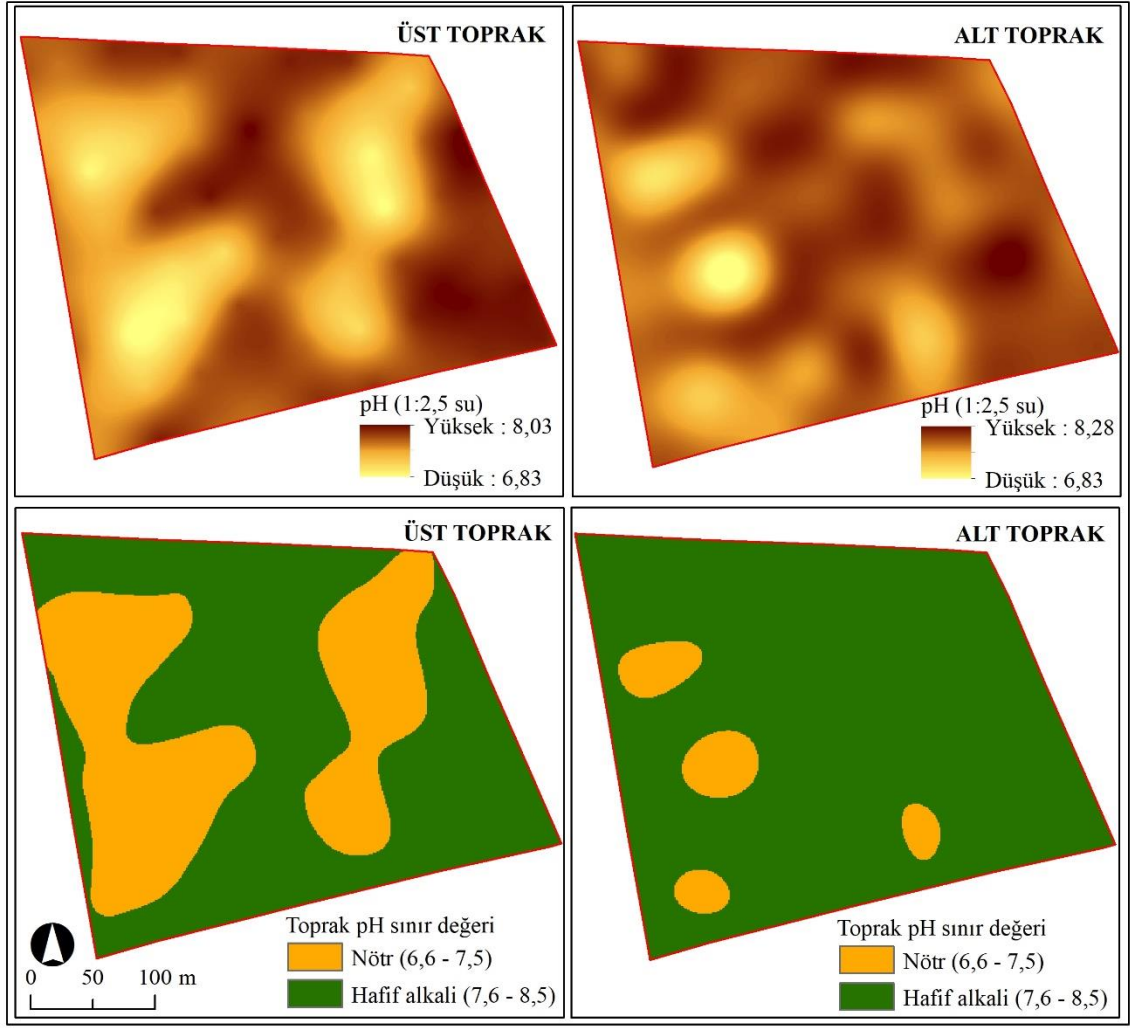
**Çizelge 4.10.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının bünye sınıfları ve alansal bilgileri.

Sınıf	Bünye	Üst toprak		Alt toprak	
		Alan (da)	Alan (%)	Alan (da)	Alan (%)
Ağır (ince)	C, SiC, SC	76,53	73,73	89,42	86,15
Orta ağır (orta ince)	SiCL, SCL, CL	27,27	26,27	14,38	13,85
Orta	Si, SiL, L, vfSL	-	-	-	-
Orta hafif (orta kaba)	fSL, SL	-	-	-	-
Hafif (kaba)	LS, fS	-	-	-	-
Çok hafif (çok kaba)	S, CoS	-	-	-	-
Toplam		103,8	100	103,8	100

Yüzey topraklarının pH ortalamaları 7,59 olup 6,83-8,03 arasında değişmektedir. Yüzey topraklarının reaksiyonları nötr-hafif alkali sınıfında yer almaktadır. Yüzey topraklarının pH dağılımı haritası Şekil 4.5'de, pH sınıfları ve parsel içindeki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.11'de verilmiştir.

**Çizelge 4.11.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının pH sınıfları ve alansal bilgileri.

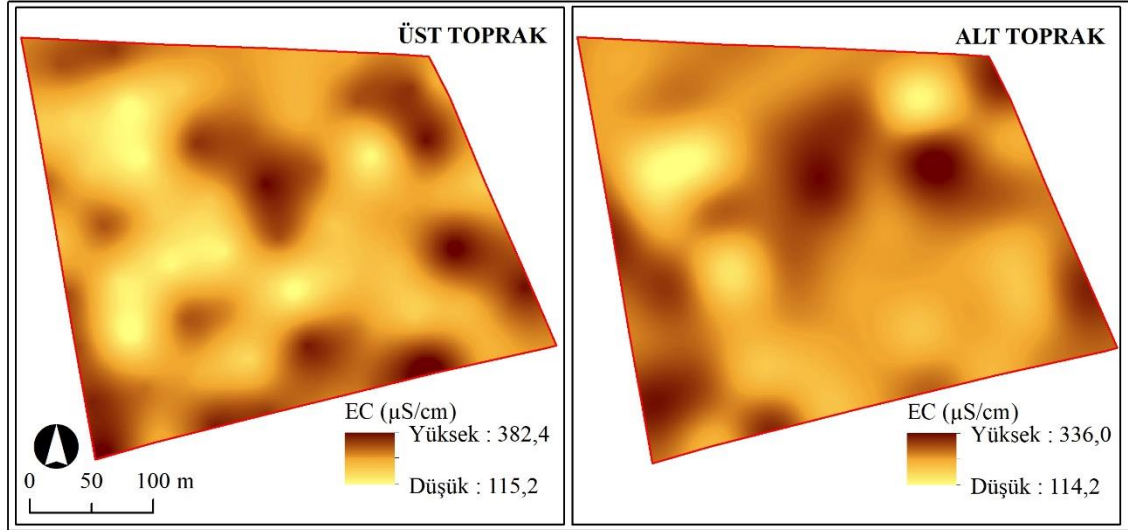
Tanım	pH değeri	Üst toprak		Alt toprak	
		Alan (da)	Alan (%)	Alan (da)	Alan (%)
Kuvvetli asit	< 4,5	-	-	-	-
Orta derecede asit	4,6 - 5,5	-	-	-	-
Hafif asit	5,6 - 6,5	-	-	-	-
Nötr	6,6 - 7,5	38,49	37,08	7,15	6,89
Hafif alkali	7,6 - 8,5	65,31	62,92	96,65	93,11
Kuvvetli alkali	> 8,5	-	-	-	-
Toplam		103,8	100	103,8	100



**Şekil 4.5.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının pH değerleri ve pH sınıfları dağılımı haritası.

Haritalardan, çalışma alanı üst topraklarının pH değerlerinin arazinin batı ve kuzey-doğu kısımlarında diğer bölgelere kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. En yüksek pH ölçümleri arazinin güney-doğu kesimlerinden alınan örneklerde bulunmuştur. Çalışma alanı üst topraklarının % 62,92'si (65,31 da) hafif alkali, kalan % 37,08'lik (38,49 da) kısım ise nötr sınıfında yer almaktadır.

Çalışma alanı üst (yüzey) topraklarında EC değerleri en düşük 115,2  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ile E3-2A örnek noktasında, en yüksek 382,4  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ile E1-7A örnek noktasında ölçülmüştür. Ortalama EC değeri ise 243,4  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Yüzey topraklarının EC dağılımı haritası Şekil 4.6'da, tuzluluk sınıfları ve parsel içindeki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.12'de verilmiştir.



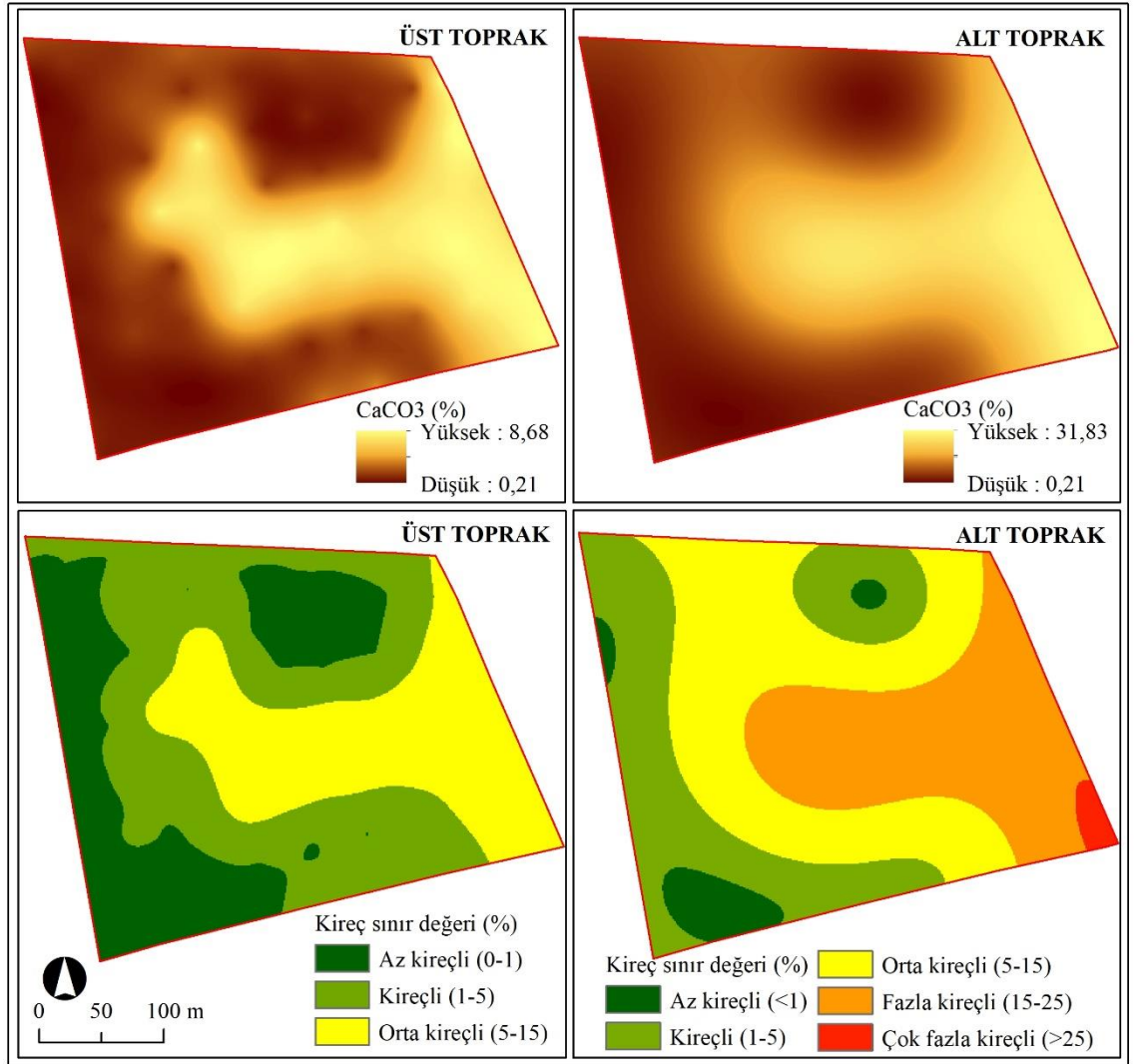
**Şekil 4.6.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının EC değerlerinin dağılımı haritası.

**Çizelge 4.12.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının EC sınıfları ve alansal bilgileri.

Sınıf	EC ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	Tuz (%)	Bitkilerin zarar görme derecesi	Üst - Alt Toprak	
				Alan (da)	Alan (%)
Tuzsuz	0 - 4	0,00 - 0,15	Yalnız tuza hassas bitkiler zarar görür	103,8	100
Hafif tuzlu	4 - 8	0,15 - 0,35	Bütün bitkiler zarar görür	-	-
Orta tuzlu	8 - 16	0,35 - 0,65	Yalnız tuza dayanıklı bitkiler %50'nin üzerinde ürün verir	-	-
Çok tuzlu	> 16	> 0,65	Tuza çok dayanıklı bitkiler %50 kadar ürün verebilir	-	-
Toplam				103,8	100

Yüzey topraklarında herhangi bir tuzluluk problemi tespit edilmemiştir. Alanın tamamında EC ölçümleri 4  $\text{mS cm}^{-1}$  altında bulunmuştur. Bu sebeple yüzey topraklarında tuzluluk sadece bir sınıf içerdiğinden (tuzsuz sınıfı) tuzluluk ile ilgili sınıflama haritaları üretilmemiştir.

Yüzey toprakların kireç içerikleri genelde az olmakla beraber derinliğin azaldığı kısımlarda yüksektir. Yüzey topraklarında ortalama kireç (% CaCO<sub>3</sub>) içerikleri % 3,07'dir ve yüzeyde en fazla belirlenen kireç içeriği değeri % 8,68'dir. Yüzey topraklarının kireç dağılımı haritası Şekil 4.7'de, kireç sınır değerleri ve parsel içindeki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.13'de verilmiştir.



**Şekil 4.7.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının kireç miktarları ve kireç sınıfları dağılımı haritası.

Kireç dağılımı haritasından (Şekil 4.7) da görüleceği gibi, çalışma alanında batıdan doğuya doğru gidildikçe kireç miktarı artmakta, en az kireç içeren kısımlar arazinin batı

kesiminde yer almaktadır. Kireç içeriği eğimin arttığı ve toprak derinliğinin azaldığı arazinin doğu ve güney-doğu kesiminde en fazla değerlere ulaşmaktadır. Çalışma alanı üst topraklarının % 41,20'si (42,77 da) kireçli, % 30,68'i (31,84 da) orta kireçli ve % 28,12'si (29,19 da) az kireçli sınıfta yer almaktadır.

**Çizelge 4.13.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının kireç sınıfları ve alansal bilgileri.

Sınıf	CaCO <sub>3</sub> (%)	Üst toprak		Alt toprak	
		Alan (da)	Alan (%)	Alan (da)	Alan (%)
Az kireçli	< 1	29,19	28,12	4,92	4,74
Kireçli	1 - 5	42,77	41,20	29,35	28,28
Orta kireçli	5 - 15	31,84	30,68	37,57	36,19
Fazla kireçli	15 - 25	-	-	30,80	29,67
Çok fazla kireçli	> 25	-	-	1,16	1,12
Toplam		103,8	100	103,8	100

Çalışma alanı yüzey (üst) topraklarının değişebilir katyonlar, organik madde, azot ve fosfor içerikleri Çizelge 4.14' de verilmiştir. Araştırma parseli üst toprağının organik madde içeriği % 1,05-2,97 arasında değişmekte olup ortalama % 2,04 organik madde içermektedir. En yüksek değer E7-3A no'lu örnek noktasında, en düşük değer ise E8-4A no'lu örnek noktasında tespit edilmiştir.

Yüzey topraklarının organik madde dağılımı haritası Şekil 4.8'de verilmiştir. Parselin organik madde içeriği toprak derinliğinin diğer noktalara göre yüksek olduğu kısımlarda daha yüksektir. Söz konusu harita incelendiğinde, çalışma alanında organik madde sınıfı az ve orta sınıf olmak üzere ikiye ayrıldığı görülmektedir. Yüzey toprağının organik madde içeriği çalışma alanı batısında orta düzeylerde iken güney ve orta-doğu kısımlarda daha az miktarlarda dağılım göstermektedir. Toprak verimliliği açısından topraktaki organik madde sınır değerleri ve çalışma alanı içindeki dağılımının alansal bilgileri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Buna göre çalışma alanı yüzey topraklarında orta seviyede organik madde içeren topraklar 56,93 da ile alanın % 54,85'ini kaplamaktadır. Çalışma alanı yüzey topraklarının % 45,15'lik 46,87 da alanda ise organik madde az sınıfında belirlenmiştir.

**Çizelge 4.14.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) topraklarının değişebilir katyonlar, organik madde, azot ve yarıyışlı fosfor değerleri.

Sıra No	Örnek No	Değişebilir katyonlar (cmol kg <sup>-1</sup> )				Org.M. (%)	N (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )
		Na	K	Ca	Mg			
1	E1-1A	0,42	0,63	34,07	15,44	1,62	0,14	8,72
2	E1-2A	0,39	0,26	37,97	9,55	1,82	0,10	8,46
3	E1-3A	0,37	0,32	33,90	11,64	1,77	0,14	4,87
4	E1-4A	0,40	0,33	35,11	16,37	2,34	0,14	3,08
5	E1-5A	0,40	0,50	39,24	8,29	1,91	0,12	2,56
6	E1-6A	0,40	0,55	37,09	10,43	1,77	0,15	4,10
7	E1-7A	0,42	0,30	37,04	8,51	2,03	0,12	2,82
8	E1-8A	0,37	0,37	36,21	11,31	2,27	0,15	2,31
9	E1-9A	0,38	0,31	36,05	9,50	2,03	0,14	2,82
10	E2-1A	0,39	0,46	34,89	10,65	1,45	0,12	7,43
11	E2-2A	0,34	0,27	30,88	10,71	1,44	0,08	3,08
12	E2-3A	0,39	0,27	36,93	10,60	1,15	0,10	2,31
13	E2-4A	0,31	0,18	33,52	12,03	1,47	0,11	1,79
14	E2-5A	0,37	0,22	35,77	13,73	1,62	0,11	2,31
15	E2-6A	0,31	0,18	36,10	3,50	1,62	0,11	2,05
16	E2-7A	0,42	0,14	37,04	4,55	1,72	0,09	1,79
17	E2-8A	0,39	0,18	38,47	9,05	1,77	0,10	1,54
18	E2-9A	0,36	0,38	35,39	14,12	1,64	0,09	2,05
19	E3-1A	0,40	0,43	37,37	14,12	2,29	0,17	4,10
20	E3-2A	0,34	0,34	30,88	14,67	2,19	0,11	7,18
21	E3-3A	0,41	0,31	34,23	13,29	2,48	0,09	3,85
22	E3-4A	0,38	0,20	33,13	12,41	2,39	0,12	4,36
23	E3-5A	0,30	0,21	28,29	15,27	2,21	0,08	2,05
24	E3-6A	0,32	0,21	29,50	8,12	1,91	0,09	3,08
25	E3-7A	0,40	0,17	39,84	11,64	2,21	0,16	2,05
26	E3-8A	0,42	0,19	39,07	10,43	2,16	0,11	1,79
27	E3-9A	0,33	0,16	33,57	9,99	2,48	0,16	3,08
28	E4-1A	0,36	0,37	35,88	5,70	2,57	0,16	5,64
29	E4-2A	0,32	0,25	31,92	11,64	2,53	0,13	2,31
30	E4-3A	0,34	0,27	33,85	5,76	2,47	0,11	2,56
31	E4-4A	0,31	0,25	31,70	9,88	1,67	0,11	3,85
32	E4-5A	0,38	0,34	38,74	10,76	1,82	0,11	2,05
33	E4-6A	0,35	0,31	31,87	35,46	1,91	0,13	2,05
34	E4-7A	0,28	0,23	28,68	10,93	1,64	0,11	6,66
35	E4-8A	0,40	0,31	34,12	11,42	1,64	0,12	1,79
36	E4-9A	0,40	0,18	37,70	13,79	1,82	0,11	4,36
37	E5-1A	0,31	0,23	30,82	10,76	2,34	0,13	3,33
38	E5-2A	0,30	0,18	30,55	11,04	2,14	0,08	2,31
39	E5-3A	0,44	0,23	41,82	3,72	2,27	0,12	1,54
40	E5-4A	0,39	0,23	39,29	14,17	2,19	0,11	1,54

**Çizelge 4.14.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) topraklarının değişebilir katyonlar, organik madde, azot ve yarıyışlı fosfor değerleri (devam).

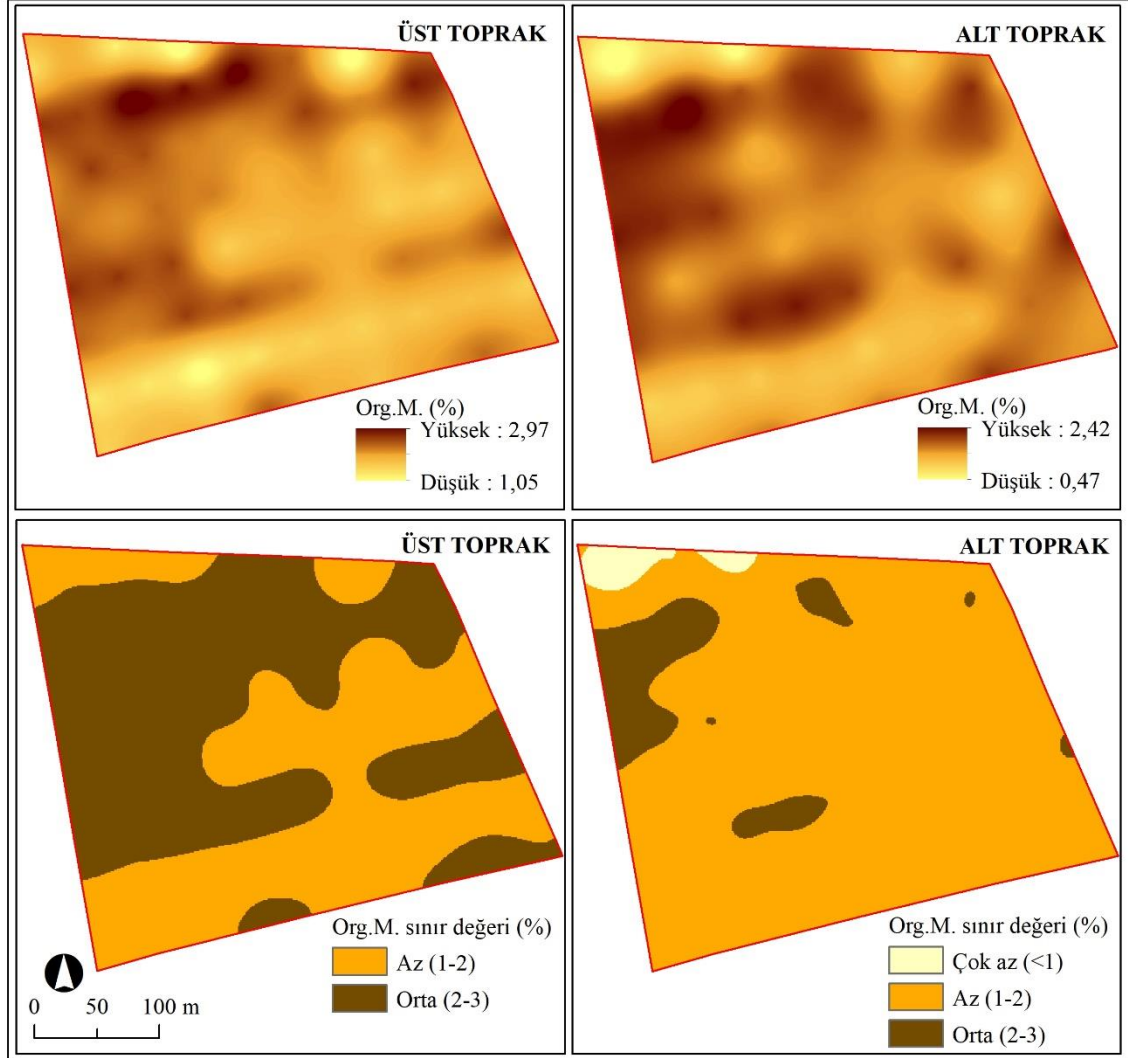
Sıra No	Örnek No	Değişebilir katyonlar (cmol kg <sup>-1</sup> )				Org.M. (%)	N (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )
		Na	K	Ca	Mg			
41	E5-5A	0,45	0,19	37,09	14,39	1,91	0,09	1,54
42	E5-6A	0,27	0,17	21,91	15,71	2,09	0,09	3,08
43	E5-7A	0,32	0,21	30,33	13,24	1,70	0,10	3,33
44	E5-8A	0,38	0,17	36,60	8,94	2,14	0,13	1,28
45	E5-9A	0,41	0,29	35,28	12,25	1,96	0,12	3,08
46	E6-1A	0,41	0,45	33,90	7,68	2,14	0,11	6,15
47	E6-2A	0,30	0,29	27,08	10,54	2,50	0,11	4,87
48	E6-3A	0,29	0,20	26,48	9,17	2,42	0,09	4,87
49	E6-4A	0,38	0,32	27,74	17,80	2,19	0,13	2,56
50	E6-5A	0,39	0,23	27,03	26,44	2,16	0,12	2,56
51	E6-6A	0,32	0,22	24,72	10,93	2,48	0,11	3,08
52	E6-7A	0,35	0,18	28,35	17,20	2,14	0,12	2,31
53	E6-8A	0,33	0,18	27,52	16,04	2,66	0,13	3,33
54	E6-9A	0,33	0,22	29,28	8,34	2,53	0,10	2,31
55	E7-1A	0,37	0,33	29,50	12,08	2,53	0,10	3,85
56	E7-2A	0,35	0,21	24,83	12,80	2,48	0,09	2,31
57	E7-3A	0,30	0,16	22,57	19,01	2,97	0,11	3,08
58	E7-4A	0,36	0,29	23,73	21,82	2,73	0,12	2,31
59	E7-5A	0,36	0,19	27,25	18,30	2,92	0,15	2,05
60	E7-6A	0,31	0,13	29,83	23,63	2,34	0,11	2,05
61	E7-7A	0,39	0,27	35,44	14,06	1,08	0,11	1,79
62	E8-1A	0,45	0,32	35,61	15,88	1,49	0,13	2,31
63	E8-2A	0,34	0,26	29,23	12,36	1,89	0,16	2,82
64	E8-3A	0,37	0,17	28,84	12,74	1,39	0,11	2,31
65	E8-4A	0,36	0,21	35,72	17,75	1,05	0,14	2,05
	En az	0,27	0,13	21,91	3,50	1,05	0,08	1,28
	En çok	0,45	0,63	41,82	35,46	2,97	0,17	8,72
	Ortalama	0,36	0,27	32,83	12,68	2,04	0,12	3,18

**Çizelge 4.15.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının organik madde sınıfları ve alansal bilgileri.

Sınıf	Org.M. (%)	Üst toprak		Alt toprak	
		Alan (da)	Alan (%)	Alan (da)	Alan (%)
Çok az	0 - 1	-	-	2,4	2,31
Az	1 - 2	46,87	45,15	91,53	88,18
Orta	2 - 3	56,93	54,85	9,87	9,51
İyi	3 - 4	-	-	-	-
Yüksek	> 4	-	-	-	-
	Toplam	103,8	100	103,8	100

Çalışma alanı yüzey topraklarının değişebilir Ca miktarları 21,91 cmol kg<sup>-1</sup> (E5-6A no'lu örnek) ile 41,82 cmol kg<sup>-1</sup> (E5-3A no'lu örnek) arasında değişmekte olup üst topraklarda

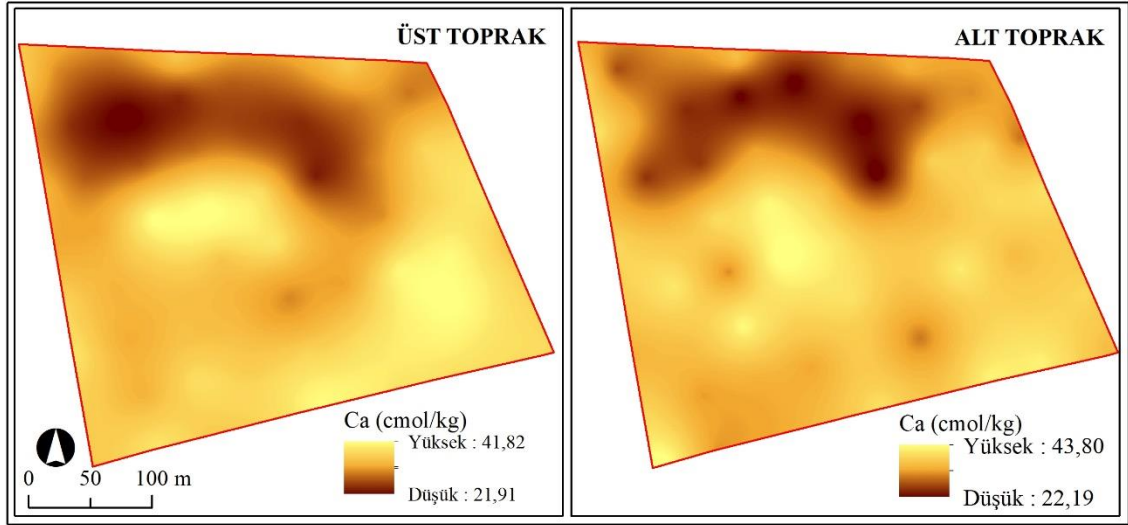
ortalama değişebilir Ca içeriği  $32,83 \text{ cmol kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Yüzey topraklarının değişebilir Ca miktarlarının dağılımı haritası Şekil 4.9’da verilmiştir.



**Şekil 4.8.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının organik madde miktarları ve organik madde sınıfları dağılımı haritası.

Çalışma alanı yüzey topraklarının değişebilir Ca içerikleri tek sınıfta sınıflandırılabilceğinden, Ca sınıf haritası oluşturulmamıştır. Yüzey topraklarının değişebilir Ca içeriği fazla ( $17,5-50,0 \text{ cmol kg}^{-1}$ ) sınıfında yer almaktadır. Çizelge 4.16’da çalışma alanı yüzey topraklarının değişebilir Ca içeriği sınıfları ve alansal bilgileri verilmiştir.





**Şekil 4.9.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir kalsiyum miktarları dağılımı haritası.

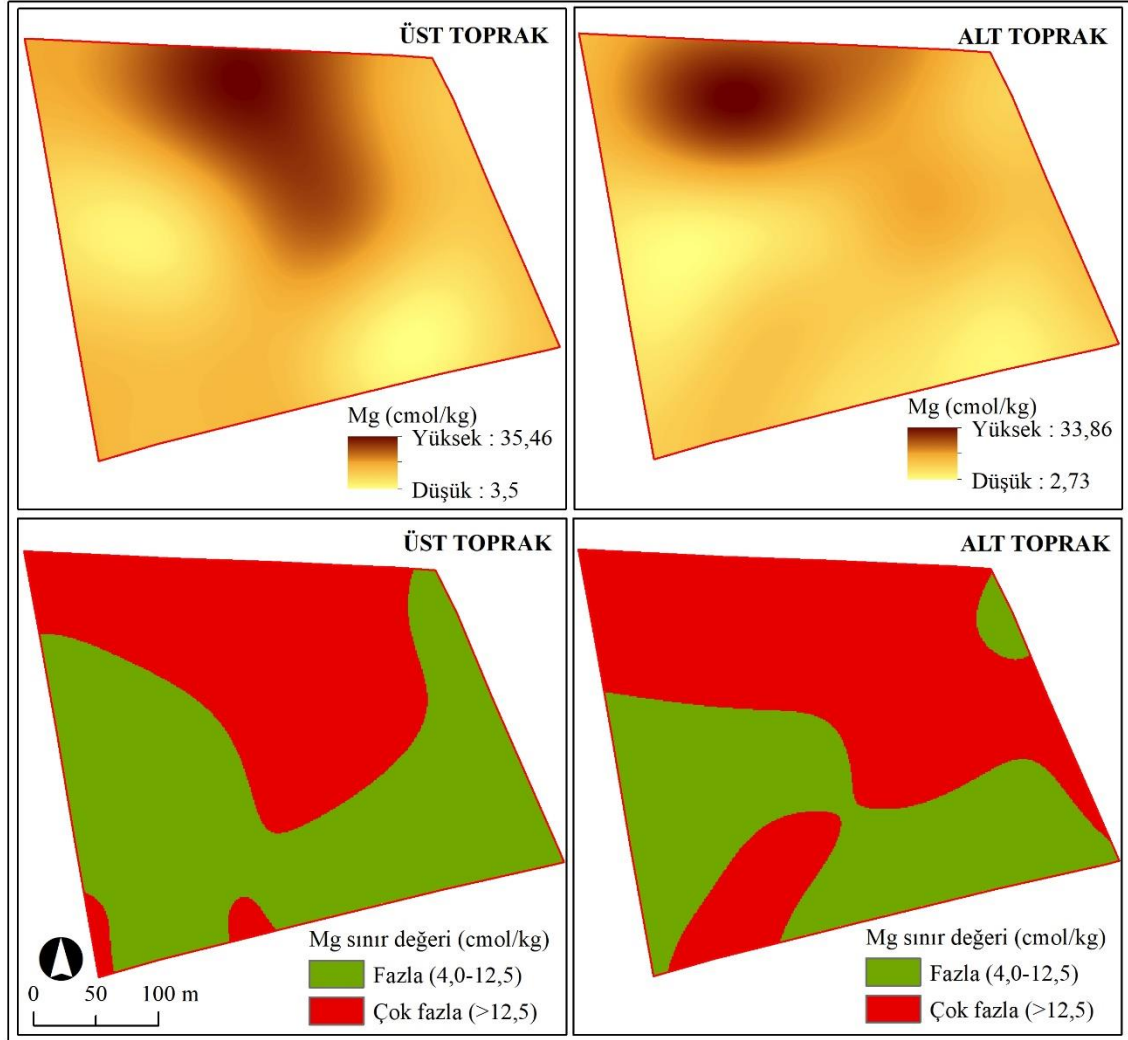
**Çizelge 4.16.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir kalsiyum sınıfları ve alansal bilgileri.

Sınıf	Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )	Üst - Alt toprak	
		Alan (da)	Alan (%)
Çok az	< 1,19	-	-
Az	1,19 - 5,75	-	-
Yeterli	5,75 - 17,5	-	-
Fazla	17,5 - 50,0	103,8	100
Çok Fazla	> 50,0	-	-
Toplam		103,8	100

Çalışma alanı yüzey topraklarının değişebilir Mg miktarları 3,5 cmol kg<sup>-1</sup> (E2-6A no'lu örnek) ile 35,46 cmol kg<sup>-1</sup> (E4-6A no'lu örnek) arasında değişmekte olup yüzey topraklarda ortalama değişebilir Mg içeriği 12,68 cmol kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Yüzey topraklarının değişebilir Mg miktarlarının dağılımı haritası Şekil 4.10'da verilmiştir.

Harita incelendiğinde yüzey topraklarında değişebilir Mg, alanın güney, batı ve doğu kısımlarında diğer bölgelere kıyasla daha düşük seviyelerdedir. Değişebilir Mg açısından yüksek değerler alanın orta ve kuzey kısımlarına denk gelmektedir. Toprak verimliliği açısından yüzey topraklarının değişebilir Mg sınır değerleri ve parsel içindeki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.17'de verilmiştir. Çalışma alanı üst topraklarının %

57,75'lik (59,94 da) kısmında değişebilir Mg içeriği fazla sınıfında, alanın % 42,25'lik (43,86 da) kısmında ise çok fazla sınıfında sınıflandırılmıştır.

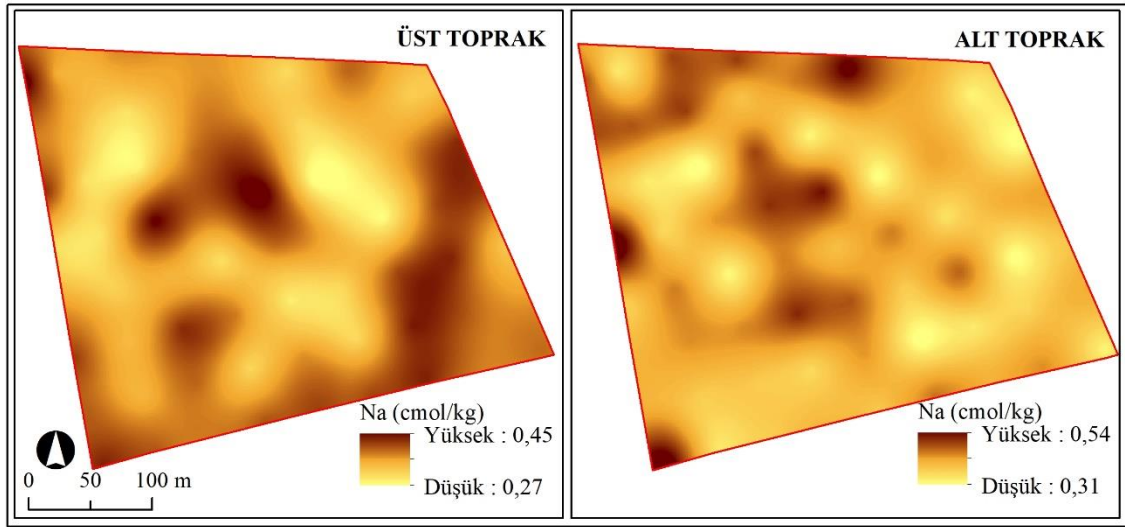


**Şekil 4.10.** alışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir magnezyum miktarları ve magnezyum sınıfları dağılımı haritası.

Çalışma alanı yüzey topraklarının değişebilir Na miktarları  $0,27 \text{ cmol kg}^{-1}$  (E5-6A no'lu örnek) ile  $0,45 \text{ cmol kg}^{-1}$  (E8-1A no'lu örnek) arasında değişmektedir. Yüzey topraklarında değişebilir Na miktarları düşük seviyelerde bulunmuş olup ortalama  $0,36 \text{ cmol kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Yüzey topraklarının değişebilir Na miktarlarının dağılımı haritası Şekil 4.11'de, değişebilir Na içeriği sınıfları ve alansal bilgileri ise izelge 4.18'de verilmiştir.

**Çizelge 4.17.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir magnezyum sınıfları ve alansal bilgileri.

Sınıf	Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	Üst toprak		Alt toprak	
		Alan (da)	Alan (%)	Alan (da)	Alan (%)
Çok az	< 0,42	-	-	-	-
Az	0,42 - 1,33	-	-	-	-
Yeterli	1,33 - 4,0	-	-	-	-
Fazla	4,0 - 12,5	59,94	57,75	44,38	42,76
Çok Fazla	> 12,5	43,86	42,25	59,42	57,24
Toplam		103,8	100	103,8	100



**Şekil 4.11.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir sodyum miktarları dağılımı haritası.

**Çizelge 4.18.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir sodyum sınıfları ve alansal bilgileri.

Sınıf	Na (cmol kg <sup>-1</sup> )	ESP (%)	Bitki toleransı	Üst - Alt toprak	
				Alan (da)	Alan (%)
Çok az		2 - 10	Çok hassas	-	-
Az	< 0,20	10 - 20	Hassas	-	-
Yeterli	0,20	20 - 40	Orta tolerans	-	-
Fazla	> 0,20	40 - 60	Toleranslı	103,8	100
Çok Fazla		> 60	Çok toleranslı	-	-
Toplam				103,8	100

Çalışma alanı yüzey topraklarının değişebilir Na içerikleri tek sınıfta sınıflandırılabilirdiğinden, Na sınıf haritası oluşturulmamıştır. Toprakların tamamının

değişebilir Na içeriği fazla ( $> 0,20 \text{ cmol kg}^{-1}$ ) sınıfında yer almaktadır. Üst toprakta tespit edilen en yüksek değer  $0,45 \text{ cmol kg}^{-1}$ 'dir ve incelenen topraklarda bitki gelişimini sınırlandıracak herhangi bir tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Bu yüzden toprakların % ESP değerlerinin hesaplanmasına ihtiyaç duyulmamıştır.

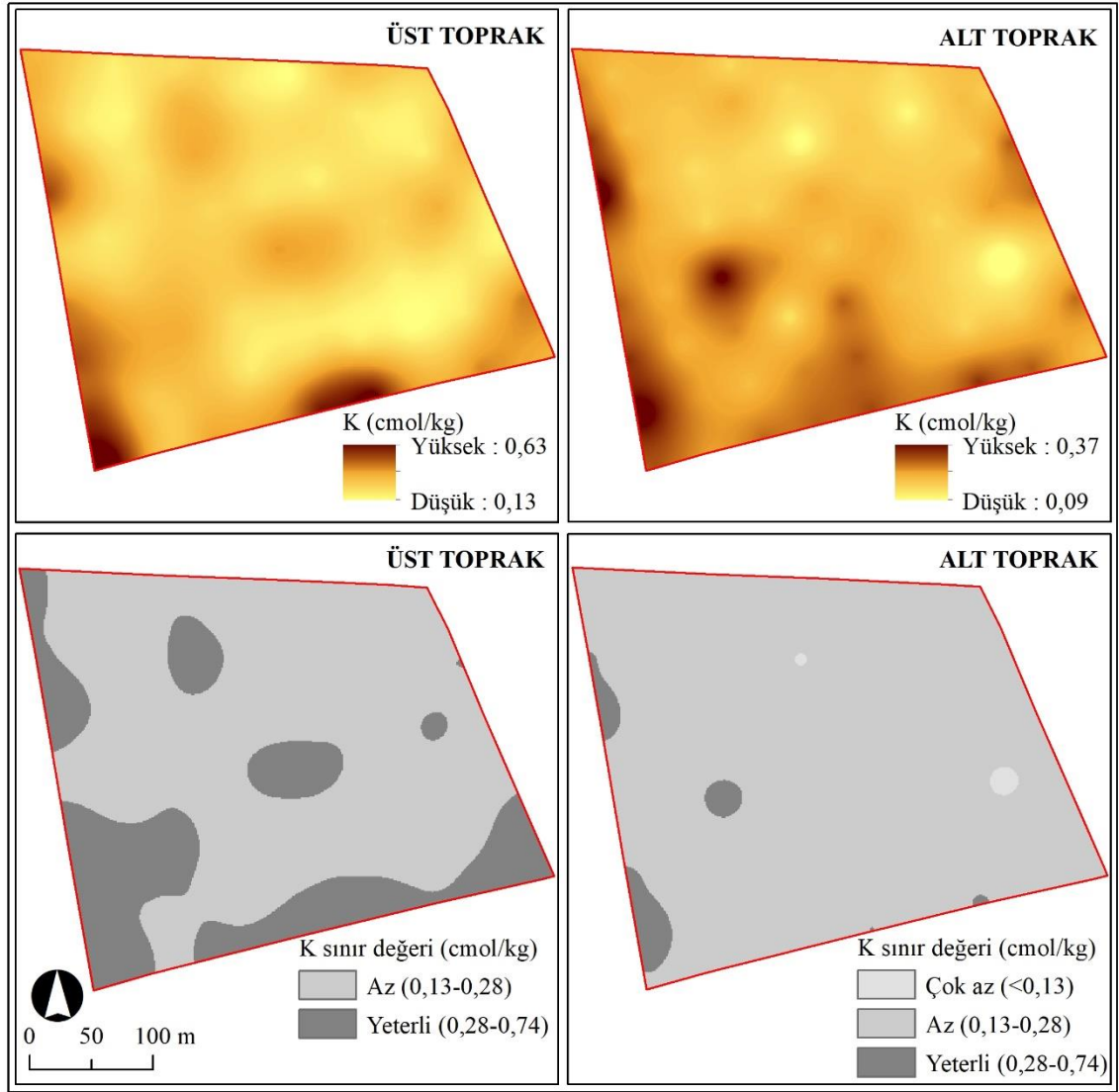
Araştırma parseli üst toprağının değişebilir K içeriği  $0,13-0,63 \text{ cmol kg}^{-1}$  arasında değişmekte olup ortalama  $0,27 \text{ cmol kg}^{-1}$  potasyum içermektedir. En yüksek değer E1-1A no'lu örnek noktasında, en düşük değer ise E7-6A no'lu örnek noktasında tespit edilmiştir. Yüzey topraklarının potasyum dağılımı haritası Şekil 4.12'de verilmiştir. Harita incelendiğinde çalışma alanının potasyum içeriği alanın genelinde düşük seviyede, doğu ve kuzey kısımlarda en düşük seviyelerde olduğu görülmektedir.

Çalışma alanı üst toprakları için potasyum içeriği sınıfı az ve yeterli sınıf olmak üzere ikiye ayrıldığı görülmektedir. Yeterli potasyum sınıfında giren alanın güney kısmında ince bir şerit, alanın ortasında küçük lokal alanlar ve alanın batı kısmında yer yer kimi alanlar dışında yüzey toprağının tamamına yakın kısmında potasyumun az seviyede olduğu tespit edilmiştir. Yüzey toprakların değişebilir potasyum sınır değerleri ve çalışma alanı içindeki dağılımının alansal bilgileri Çizelge 4.19'de verilmiştir.

**Çizelge 4.19.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının değişebilir potasyum sınıfları ve alansal bilgileri.

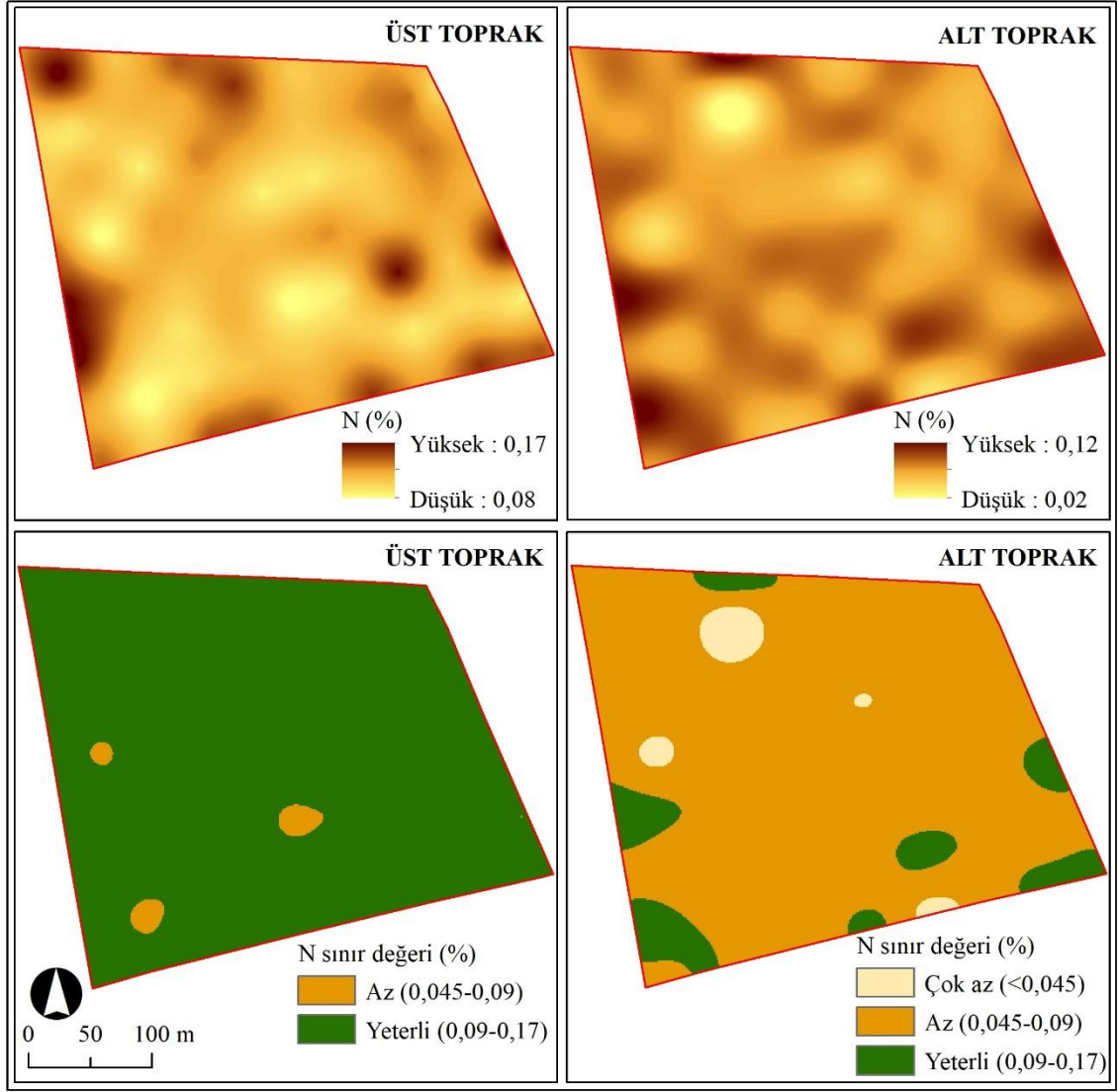
Sınıf	K (cmol kg <sup>-1</sup> )	Üst toprak		Alt toprak	
		Alan (da)	Alan (%)	Alan (da)	Alan (%)
Çok az	< 0,13	-	-	0,50	0,48
Az	0,13 - 0,28	75,39	72,63	99,87	96,22
Yeterli	0,28 - 0,74	28,41	27,37	3,43	3,30
Fazla	0,74 - 2,56	-	-	-	-
Çok Fazla	> 2,56	-	-	-	-
Toplam		103,8	100	103,8	100

Çizelge 4.19'a göre çalışma alanı yüzey topraklarının 75,39 da ve yüzey alanının % 72,63'lük büyük bir kısmında potasyum az sınıfında bulunmuştur. Yüzey topraklarının % 27,37'lik (28,41 da) kısmında ise potasyum yeterli sınıfında sınıflandırılmıştır.



**Şekil 4.12.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının potasyum miktarları ve potasyum sınıfları dağılımı haritası.

Çalışma alanı üst (yüzey) topraklarında azot değerleri en düşük % 0,08 ile E2-2A, E3-5A ve E5-2A örnek noktalarında, en yüksek % 0,17 ile E3-1A örnek noktasında belirlenmiştir. Ortalama % N değeri ise % 0,12 olarak tespit edilmiştir. Yüzey topraklarının % N dağılımı haritası Şekil 4.13'de, azot için sınır değerler ve parsel içindeki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.20'de verilmiştir.



**Şekil 4.13.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının azot miktarları ve azot sınıfları dağılımı haritası.

Yüzey topraklarının azot içerikleri bazı lokal kısımlar hariç genelde toprak verimliliği açısından yeterli bulunmuştur. Çalışma alanı yüzey topraklarının % 98,49'luk (102,23 da) kısmında azot yeterli seviyededir. Kalan % 1,51'lik (1,57 da) kısımda ise azot az sınıfta belirlenmiştir. Ancak yüzey topraklarında azot miktarı genelde yeterli sınıfın alt sınırı olan % 0,09 değerine yakın bulunduğu ve yüzeyde ortalama azot miktarının da % 0,12 olduğu düşünüldüğünde alandaki azot miktarı toprak verimliliği açısından takviyeye ihtiyaç duymaktadır. Bunun yanında, çalışma alanında ekili bulunan yonca bitkisinin yüzey toprağında azotu arttırıcı etkisi göz ardı edilemez. Ek olarak, yonca tarımı için

çalışma alanı yüzey topraklarının azotlu gübrelerce iyi (yeterli) seviyede gübrelenmiş olduğu söylenebilir.

**Çizelge 4.20.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının azot sınıfları ve alansal bilgileri.

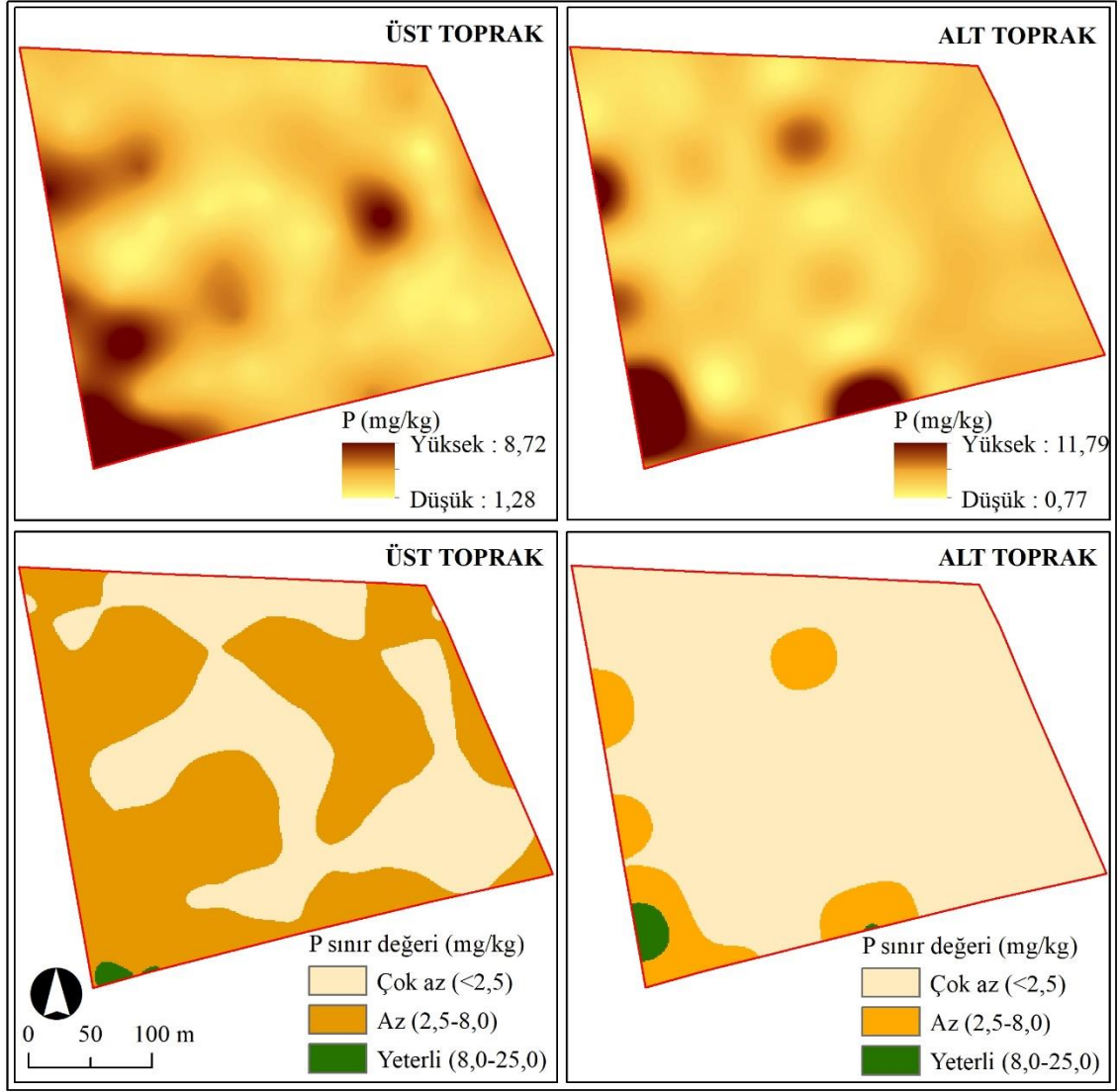
Sınıf	N (%)	Üst toprak		Alt toprak	
		Alan (da)	Alan (%)	Alan (da)	Alan (%)
Çok az	< 0,045	-	-	2,93	2,82
Az	0,045 - 0,09	1,57	1,51	91,60	88,25
Yeterli	0,09 - 0,17	102,23	98,49	9,27	8,93
Fazla	0,17 - 0,32	-	-	-	-
Çok Fazla	> 0,32	-	-	-	-
Toplam		103,8	100	103,8	100

Çalışma alanı üst (yüzey) topraklarında fosfor değerleri en düşük 1,28 mg kg<sup>-1</sup> ile E5-8A örnek noktasında, en yüksek 8,72 mg kg<sup>-1</sup> ile E1-1A örnek noktasında belirlenmiştir. Ortalama P değeri ise 3,18 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Yüzey topraklarının fosfor dağılımı haritası Şekil 4.14'de, fosfor için sınır değerler ve parsel içindeki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.21'de verilmiştir.

**Çizelge 4.21.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının fosfor sınıfları ve alansal bilgileri.

Sınıf	P (mg kg <sup>-1</sup> )	Üst toprak		Alt toprak	
		Alan (da)	Alan (%)	Alan (da)	Alan (%)
Çok az	< 2,5	41,69	40,16	91,42	88,07
Az	2,5 - 8,0	61,67	59,42	11,28	10,87
Yeterli	8,0 - 25	0,44	0,42	1,1	1,06
Fazla	25 - 80	-	-	-	-
Çok Fazla	> 80	-	-	-	-
Toplam		103,8	100	103,8	100





**Şekil 4.14.** Çalışma alanı yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) topraklarının fosfor miktarları ve fosfor sınıfları dağılımı haritası.

Yüzey topraklarında fosfor alanın orta, kuzey ve güney-doğu kesimlerinde çok az (% 40,16 ve 41,69 da), diğer kısımlarda ise az seviyelerde (% 59,42 ve 61,67 da) olduğu belirlenmiştir. Yüzey toprakları açısından alanda sadece güney-batı kesiminde küçük bir kısımda fosfor yeterli seviyede (% 0,42 ve 0,44 da) bulunmuştur.



### 4.3.2. Yüzeý altı toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Çalışma alanı yüzeýaltı (alt) topraklarının tekstür, toprak nemi, pH, EC ve CaCO<sub>3</sub> içerikleri Çizelge 4.22’de verilmiştir.

**Çizelge 4.22.** Çalışma alanı yüzeý altı (30-60 cm) topraklarının tekstür, toprak nemi, pH, EC ve CaCO<sub>3</sub> değerleri.

Sıra No	Örnek No	Tekstür (%)			Bünye	Nem (%)	pH (1:2,5 su)	EC (µS cm <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
		Kil	Kum	Silt					
1	E1-1B	46,13	35,64	18,23	C	8,47	7,95	254,0	0,62
2	E1-2B	53,82	24,17	22,01	C	8,58	7,75	200,0	0,83
3	E1-3B	42,78	37,97	19,25	C	9,03	7,62	307,2	0,83
4	E1-4B	47,63	35,05	17,32	C	8,38	7,92	187,1	0,83
5	E1-5B	41,36	40,03	18,61	C	8,24	7,90	224,0	7,23
6	E1-6B	41,77	42,95	15,28	C	8,96	7,65	262,5	7,44
7	E1-7B	46,04	36,42	17,54	C	7,96	8,04	198,3	6,20
8	E1-8B	43,92	38,95	17,13	C	8,57	8,01	238,4	23,97
9	E1-9B	33,66	47,64	18,70	SCL	8,28	8,02	264,7	31,83
10	E2-1B	56,87	17,29	25,84	C	8,18	7,73	321,1	0,83
11	E2-2B	54,80	26,14	19,06	C	8,31	7,35	283,2	0,83
12	E2-3B	43,84	38,62	17,54	C	9,73	7,73	186,2	0,62
13	E2-4B	43,04	41,21	15,75	C	9,32	7,65	196,2	1,86
14	E2-5B	42,85	38,79	18,36	C	8,63	8,12	221,0	0,62
15	E2-6B	46,10	33,66	20,24	C	8,61	7,36	183,1	3,92
16	E2-7B	48,80	32,61	18,59	C	9,01	7,92	222,4	7,02
17	E2-8B	41,55	38,77	19,68	C	9,86	8,01	186,5	22,73
18	E2-9B	44,38	39,38	16,24	C	9,85	7,90	309,0	22,73
19	E3-1B	41,82	40,25	17,93	C	8,58	7,87	248,2	0,83
20	E3-2B	44,90	36,37	18,73	C	8,04	7,94	261,1	5,99
21	E3-3B	46,26	36,92	16,82	C	8,37	8,03	204,8	5,79
22	E3-4B	38,51	40,09	21,40	CL	7,79	8,12	242,6	22,73
23	E3-5B	47,21	34,80	17,99	C	8,66	7,88	221,3	21,49
24	E3-6B	46,89	33,93	19,18	C	8,78	7,74	222,1	20,67
25	E3-7B	45,42	35,12	19,46	C	8,67	8,07	216,0	22,32
26	E3-8B	39,65	36,12	24,23	CL	6,04	8,28	190,2	28,11
27	E3-9B	39,17	40,72	20,11	CL	7,39	7,81	252,6	23,97
28	E4-1B	46,31	32,75	20,94	C	8,60	7,72	261,9	0,62
29	E4-2B	36,61	36,04	27,35	CL	8,87	7,65	286,8	4,13
30	E4-3B	45,28	32,08	22,64	C	8,73	6,83	141,8	3,72
31	E4-4B	45,06	33,60	21,34	C	8,87	7,99	262,5	22,73
32	E4-5B	45,36	39,18	15,46	C	8,35	8,08	250,0	28,11
33	E4-6B	41,88	36,14	21,98	C	8,56	8,12	224,7	28,11
34	E4-7B	33,78	54,02	12,20	SCL	7,71	7,77	275,2	22,32
35	E4-8B	40,62	40,19	19,19	C	7,48	7,91	270,5	22,32

**Çizelge 4.22.** Çalışma alanı yüzey altı (30-60 cm) topraklarının tekstür, toprak nemi, pH, EC ve CaCO<sub>3</sub> değerleri (devam).

Sıra No	Örnek No	Tekstür (%)			Bünye	Nem (%)	pH (1:2,5 su)	EC (µS cm <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
		Kil	Kum	Silt					
36	E4-9B	45,67	38,40	15,93	C	7,58	7,95	244,4	20,67
37	E5-1B	46,62	34,31	19,07	C	8,33	7,81	309,0	1,24
38	E5-2B	46,59	32,45	20,96	C	8,66	7,87	206,1	4,34
39	E5-3B	52,10	28,65	19,25	C	7,89	7,93	262,1	16,53
40	E5-4B	49,24	29,00	21,76	C	7,81	7,95	266,9	15,71
41	E5-5B	52,46	27,72	19,82	C	9,04	7,91	326,5	4,34
42	E5-6B	41,27	42,41	16,32	C	8,14	8,06	256,7	4,96
43	E5-7B	46,59	32,45	20,96	C	9,50	7,78	336,0	5,37
44	E5-8B	41,04	41,08	17,88	C	8,03	8,04	237,1	14,46
45	E5-9B	36,62	36,52	26,86	CL	8,27	7,87	208,1	29,76
46	E6-1B	55,68	24,07	20,25	C	8,33	7,75	251,2	1,03
47	E6-2B	41,34	39,08	19,58	C	9,38	7,19	126,2	1,24
48	E6-3B	41,79	37,32	20,89	C	8,51	7,45	114,2	2,27
49	E6-4B	48,62	32,85	18,53	C	8,82	8,11	238,2	20,67
50	E6-5B	52,46	32,24	15,30	C	7,84	8,13	293,2	1,24
51	E6-6B	49,45	29,36	21,19	C	8,39	7,68	278,1	2,07
52	E6-7B	43,85	36,42	19,73	C	9,34	7,79	117,4	1,65
53	E6-8B	44,57	34,32	21,11	C	7,69	7,84	250,3	3,31
54	E6-9B	39,15	41,28	19,57	CL	8,18	7,69	316,1	28,11
55	E7-1B	50,70	30,86	18,44	C	9,26	7,80	218,7	0,41
56	E7-2B	42,11	41,04	16,85	C	7,85	8,09	222,4	0,21
57	E7-3B	39,26	42,15	18,59	CL	8,74	8,08	243,7	8,27
58	E7-4B	48,40	26,13	25,47	C	8,87	7,88	227,4	3,72
59	E7-5B	44,03	37,71	18,26	C	7,86	7,98	227,5	3,31
60	E7-6B	42,34	40,11	17,55	C	8,64	8,20	234,0	5,99
61	E7-7B	49,01	33,17	17,82	C	9,94	8,13	207,2	5,37
62	E8-1B	43,57	37,76	18,67	C	9,54	8,03	227,1	0,41
63	E8-2B	38,69	38,74	22,57	CL	9,22	7,82	211,1	4,96
64	E8-3B	47,55	35,16	17,29	C	8,41	8,18	233,1	5,17
65	E8-4B	46,88	36,08	17,04	C	8,51	7,95	247,0	9,09
	En az	33,66	17,29	12,20		6,04	6,83	114,2	0,21
	En çok	56,87	54,02	27,35		9,94	8,28	336	31,83
	Ortalama	44,80	35,88	19,32	C	8,52	7,87	237,1	10,01

Yüzeyaltı toprakları ortalama % 44,80 kil, % 35,88 kum ve % 19,32 silt içermekte olup ortalama nem içerikleri % 8,52'dir. En fazla kil içeriği % 56,87 ile E2-1B örnek noktasında, en az kil içeriği ise % 33,66 ile E1-9B örnek noktasında tespit edilmiştir. Çalışma alanı topraklarının nem içeriklerinin parsel içindeki dağılımı Şekil 4.3'de görülebilir. Söz konusu şekilde verilen haritaya göre, çalışma alanı alt topraklarında nem % 6,04-9,94 arasında değişmektedir. Alt toprakta en düşük toprak nemi değerleri alanın doğu kesiminde belirlenmiştir. Yüzeyaltı topraklarında tespit edilen bünye sınıfları ve bu sınıfların parsel içindeki dağılımını gösteren harita Şekil 4.4'de sunulmuştur. Çalışma alanı yüzey altı topraklarının bünye sınıfı gruplarına göre alansal dağılım bilgileri Çizelge

4.10'da verilmiştir. Şekil 4.4'de verilen haritaya göre, çalışma alanı üst topraklarında olduğu gibi yüzey altı topraklarında da iki bünye sınıfı tespit edilmiştir. Alt toprak geneli ince (kil) bünyeli topraklardan oluşmaktadır. Çalışma alanı yüzey altı topraklarının % 86,15'i (89,42 da) ağır (ince) bünyelidir ve analiz sonuçlarına göre bunların çoğunluğunu kil tekstür oluşturmaktadır. Çalışma alanı üst topraklarının % 13,85'i (14,38 da) ise orta ağır (orta ince) bünye sınıfında yer almaktadır.

Yüzey altı topraklarının pH ortalamaları 7,87 olup 6,83-8,28 arasında değişmektedir. Yüzey altı topraklarının reaksiyonları yüzey üstü topraklarında olduğu gibi nötr-hafif alkali sınıfta yer almaktadır. Yüzey altı topraklarının pH dağılımı haritası Şekil 4.5'de, pH sınıfları ve parsel içindeki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.11'de verilmiştir. İlgili haritalardan, çalışma alanı yüzey altı topraklarının pH değerlerinin arazinin batı kesimlerinde diğer bölgelere kıyasla düşük olduğu görülmektedir. Çalışma alanı üst topraklarının % 93,11 (96,65 da) gibi büyük kısmı hafif alkali, % 6,89'luk (7,15 da) küçük kısım ise nötr sınıfta yer almaktadır. pH bakımından nötr alanlar yüzey altı toprağın batı ve güney kısmında lokal küçük bölgeler şeklinde bulunmaktadır.

Çalışma alanı yüzey altı topraklarında EC değerleri en düşük 114,2  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ile E6-3B örnek noktasında, en yüksek 336,0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ile E5-7B örnek noktasında ölçülmüştür. Ortalama EC değeri alt topraklarda 237,1  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Yüzey altı topraklarının EC dağılımı haritası Şekil 4.6'da, tuzluluk sınıfları ve parsel içindeki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.12'de verilmiştir. Yüzey topraklarında olduğu gibi yüzey altı topraklarında da herhangi bir tuzluluk problemi tespit edilmemiştir. Alanın tamamında EC ölçümleri 4  $\text{mS cm}^{-1}$  altında bulunmuştur. Bu sebeple yüzey altı topraklarında tuzluluk sadece bir sınıf içerdiğinden (tuzsuz sınıfı) tuzluluk ile ilgili sınıflama haritaları üretilmemiştir.

Yüzey altı toprakların kireç içerikleri ortalama % 10,01'dir. Yüzey altı topraklarında en fazla kireç içeriği % 31,83 ile E1-9B örnek noktasında, en düşük ise % 0,21 ile E7-2B örneğinde belirlenmiştir. Yüzey altı topraklarının kireç dağılımı haritası Şekil 4.7'de, kireç sınır değerleri ve parsel içindeki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.13'de verilmiştir. İlgili haritadan da görüleceği gibi, çalışma alanı alt topraklarında batıdan

doğuya doğru kireç fazlaca artmakta ve alanın orta, doğu ve güney-doğu kesimlerinde diğer bölgelere kıyasla daha fazla kireç miktarı bulunmaktadır. Kireç içeriği toprak derinliğinin azaldığı arazinin doğu kesiminde ve özellikle güney-doğu'da en fazla değerlere ulaşmaktadır. Çalışma alanı yüzey altı topraklarının % 36,19'u (37,57 da) orta kireçli, % 29,67'si (30,80 da) fazla kireçli, %28,28'i (29,35 da) kireçli, % 4,74'ü (4,92 da) az kireçli ve % 1,12'si (1,16 da) çok fazla kireçli sınıfında yer almaktadır. Yüzey toprağında az kireçli, kireçli ve orta kireçli olmak üzere 3 sınıf bulunurken, yüzey altı toprağında 5 kireç sınıfının tamamı yer almaktadır. Parselin bulunduğu bölgenin ana materyalinin kireçli depozitlerden (Aksoy ve ark. 2001) oluşması toprak derinliğinin azaldığı noktalarda kireç içeriğinde artışı beraberinde getirmektedir.

Çalışma alanı yüzey altı topraklarının değişebilir katyonlar, organik madde, azot ve fosfor içerikleri Çizelge 4.23'de verilmiştir. Araştırma alanı yüzey altı topraklarının organik madde içeriği % 0,47-2,42 arasında değişmekte olup ortalama % 1,61 organik madde içermektedir. En yüksek değer E7-3B no'lu örnek noktasında, en düşük değer ise E8-2B no'lu örnek noktasında tespit edilmiştir.

Yüzey altı topraklarının organik madde dağılımı haritası Şekil 4.8'de, organik madde sınır değerleri ve yüzey altı topraklarındaki dağılımının alansal bilgileri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Harita ve çizelge incelendiğinde, alt toprakların organik madde içeriği parselin tamamına yakın kısmında az miktarda (% 88,18 ve 91,53 da), alanın batı kesiminde yer yer orta seviyelerde (% 9,51 ve 9,87 da), kuzey-batı uç kesimin de ise çok az miktarlarda (% 2,31 ve 2,4 da) bulunduğu görülmektedir. Yüzey toprağına kıyasla alt topraklarda "çok az" organik madde sınıfı da yer almaktadır.

**Çizelge 4.23.** Çalışma alanı yüzey altı (30-60 cm) topraklarında değişebilir katyonlar, organik madde, azot ve yarıyıslı fosfor değerleri.

Sıra No	Örnek No	Değişebilir katyonlar (cmol kg <sup>-1</sup> )				Org.M. (%)	N (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )
		Na	K	Ca	Mg			
1	E1-1B	0,54	0,27	43,80	11,64	1,44	0,07	3,33
2	E1-2B	0,34	0,23	31,92	13,62	1,49	0,09	3,85
3	E1-3B	0,37	0,26	33,46	12,08	1,64	0,05	2,31
4	E1-4B	0,39	0,27	35,44	10,10	1,33	0,06	2,05
5	E1-5B	0,38	0,28	39,24	8,29	1,62	0,10	8,20
6	E1-6B	0,43	0,25	35,77	9,77	1,49	0,04	1,79
7	E1-7B	0,40	0,29	40,89	4,66	2,00	0,06	1,79
8	E1-8B	0,42	0,27	40,56	8,94	1,64	0,10	2,31
9	E1-9B	0,33	0,19	35,22	10,32	1,52	0,10	2,05
10	E2-1B	0,40	0,36	37,59	9,94	1,03	0,12	11,79
11	E2-2B	0,37	0,23	32,42	17,09	1,10	0,08	2,05
12	E2-3B	0,37	0,20	34,01	13,51	1,13	0,08	1,03
13	E2-4B	0,36	0,24	33,08	12,47	1,27	0,08	1,54
14	E2-5B	0,42	0,27	36,87	10,65	1,07	0,05	1,03
15	E2-6B	0,31	0,21	30,00	13,57	1,25	0,10	1,79
16	E2-7B	0,34	0,17	36,87	8,67	1,23	0,09	2,05
17	E2-8B	0,37	0,18	37,15	10,38	1,74	0,06	1,54
18	E2-9B	0,40	0,26	37,97	15,49	1,57	0,08	1,54
19	E3-1B	0,40	0,30	34,23	9,33	1,91	0,07	3,08
20	E3-2B	0,42	0,21	35,62	3,78	1,77	0,06	1,79
21	E3-3B	0,43	0,24	42,04	13,40	2,14	0,09	1,54
22	E3-4B	0,48	0,15	37,42	14,06	2,19	0,06	1,28
23	E3-5B	0,45	0,27	39,18	12,30	2,00	0,08	1,79
24	E3-6B	0,37	0,19	35,88	11,64	1,41	0,06	1,03
25	E3-7B	0,44	0,17	40,50	10,98	1,91	0,07	2,05
26	E3-8B	0,32	0,09	34,67	8,89	1,44	0,08	1,79
27	E3-9B	0,38	0,17	36,54	14,94	2,16	0,11	2,05
28	E4-1B	0,37	0,27	36,82	10,71	1,95	0,11	4,10
29	E4-2B	0,43	0,21	40,23	5,32	1,44	0,10	1,54
30	E4-3B	0,33	0,34	30,55	13,02	1,64	0,08	1,54
31	E4-4B	0,43	0,24	43,25	10,21	1,47	0,09	1,28
32	E4-5B	0,39	0,19	39,35	12,14	1,57	0,08	1,28
33	E4-6B	0,43	0,22	35,55	11,97	1,52	0,08	1,03
34	E4-7B	0,35	0,17	35,28	28,09	1,51	0,05	1,79
35	E4-8B	0,40	0,23	38,14	11,37	1,05	0,08	1,28
36	E4-9B	0,41	0,26	39,51	13,95	1,51	0,07	1,03
37	E5-1B	0,54	0,24	38,19	5,37	2,19	0,08	1,28
38	E5-2B	0,37	0,21	35,66	11,86	2,09	0,04	1,03
39	E5-3B	0,42	0,17	38,85	2,73	2,03	0,07	0,77
40	E5-4B	0,47	0,17	41,60	5,92	1,62	0,06	1,28
41	E5-5B	0,49	0,22	36,32	15,16	1,70	0,06	1,03
42	E5-6B	0,32	0,18	22,19	19,40	1,57	0,04	1,28
43	E5-7B	0,41	0,18	38,47	11,04	1,62	0,07	1,79
44	E5-8B	0,36	0,18	38,14	9,39	1,82	0,06	1,54
45	E5-9B	0,31	0,27	29,72	15,82	1,44	0,08	1,28

**Çizelge 4.23.** Çalışma alanı yüzey altı (30-60 cm) topraklarında değişebilir katyonlar, organik madde, azot ve yararılı fosfor değerleri (devam).

Sıra No	Örnek No	Değişebilir katyonlar (cmol kg <sup>-1</sup> )				Org.M. (%)	N (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )
		Na	K	Ca	Mg			
46	E6-1B	0,39	0,37	34,23	13,29	2,09	0,09	5,90
47	E6-2B	0,34	0,21	26,64	12,96	2,03	0,09	2,05
48	E6-3B	0,31	0,16	27,25	18,30	1,82	0,07	2,05
49	E6-4B	0,46	0,17	33,68	31,66	1,38	0,06	1,28
50	E6-5B	0,33	0,12	29,34	18,19	1,82	0,07	3,85
51	E6-6B	0,39	0,19	23,78	15,82	2,00	0,09	1,54
52	E6-7B	0,40	0,13	27,85	17,69	1,52	0,07	1,28
53	E6-8B	0,33	0,20	31,87	11,70	2,09	0,06	1,79
54	E6-9B	0,36	0,18	33,57	9,99	1,39	0,06	1,79
55	E7-1B	0,46	0,29	40,17	15,27	2,16	0,08	1,28
56	E7-2B	0,45	0,20	35,06	18,41	2,11	0,07	1,28
57	E7-3B	0,47	0,18	26,70	26,77	2,42	0,07	1,03
58	E7-4B	0,38	0,22	23,56	33,86	1,88	0,02	1,54
59	E7-5B	0,43	0,17	23,40	24,13	2,00	0,08	0,77
60	E7-6B	0,51	0,18	31,65	21,82	1,82	0,05	1,54
61	E7-7B	0,42	0,16	35,11	22,31	1,08	0,08	1,03
62	E8-1B	0,46	0,25	38,36	13,13	0,98	0,06	1,03
63	E8-2B	0,34	0,19	27,74	17,80	0,47	0,08	1,03
64	E8-3B	0,46	0,21	32,53	20,94	0,98	0,07	1,03
65	E8-4B	0,47	0,17	37,04	16,43	0,53	0,11	1,79
	En az	0,31	0,09	22,19	2,73	0,47	0,02	0,77
	En çok	0,54	0,37	43,80	33,86	2,42	0,12	11,79
	Ortalama	0,40	0,22	34,85	13,76	1,61	0,07	1,99

Çalışma alanı yüzey altı topraklarının değişebilir Ca miktarları 22,19 cmol kg<sup>-1</sup> (E5-6B no'lu örnek) ile 43,80 cmol kg<sup>-1</sup> (E1-1B no'lu örnek) arasında değişmekte olup alt toprakların ortalama değişebilir Ca içeriği 34,85 cmol kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Yüzey altı topraklarının değişebilir Ca miktarlarının dağılımı haritası Şekil 4.9'da verilmiştir. Çalışma alanı yüzey altı topraklarının değişebilir Ca içerikleri yüzey topraklarında olduğu gibi tek sınıfta (fazla) sınıflandırılabileceğinden, Ca sınıflama haritası oluşturulmamıştır. Toprakların tamamının değişebilir Ca içeriği fazla (17,5-50,0 cmol kg<sup>-1</sup>) sınıfında yer almaktadır. Çizelge 4.16'da çalışma alanı topraklarının değişebilir Ca içeriği sınıfları ve alansal bilgileri verilmiştir.

Çalışma alanı yüzey altı topraklarının değişebilir Mg miktarları 2,73 cmol kg<sup>-1</sup> (E5-3B no'lu örnek) ile 33,86 cmol kg<sup>-1</sup> (E7-4B no'lu örnek) arasında değişmekte olup alt toprakların ortalama değişebilir Mg içeriği 13,76 cmol kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Yüzey altı topraklarının değişebilir Mg miktarlarının dağılımı haritası Şekil 4.10'da verilmiştir.

Söz konusu harita incelendiğinde yüzey altı topraklarında değişebilir Mg alanın güney ve batı kısımlarında diğer bölgelere kıyasla daha düşük seviyelerdedir. Değişebilir Mg açısından yüksek değerler alt toprak için alanın kuzey, kuzey-batı ve doğu kısımlarına denk gelmektedir. Toprak verimliliği açısından yüzey altı topraklarının değişebilir Mg sınır değerleri ve parsel içindeki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çalışma alanı alt topraklarının % 57,24’lük (59,42 da) kısmında değişebilir Mg içeriği çok fazla sınıfında, alanın % 42,76’lık (44,38 da) kısmında ise fazla sınıfında sınıflandırılmıştır. Değişebilir Mg açısından alt topraklar yüzey topraklarına kıyasla daha yüksek sınırlardadır.

Çalışma alanı yüzey altı topraklarının değişebilir Na miktarları 0,31 cmol kg<sup>-1</sup> (E2-6B, E5-9B ve E6-3B no’lu örnekler) ile 0,54 cmol kg<sup>-1</sup> (E1-1B ve E5-1B no’lu örnekler) arasında değişmektedir. Yüzey topraklarında değişebilir Na miktarları düşük seviyelerde bulunmuş olup ortalama 0,40 cmol kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Yüzey altı topraklarının değişebilir Na miktarlarının dağılımı haritası Şekil 4.11’de, değişebilir Na içeriği sınıfları ve alansal bilgileri ise Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çalışma alanı yüzey altı topraklarının değişebilir Na içerikleri yüzey topraklarında olduğu gibi tek sınıfta sınıflandırılabileceğinden, Na sınıflama haritası oluşturulmamıştır. Toprakların tamamının değişebilir Na içeriği fazla (> 0,20 cmol kg<sup>-1</sup>) sınıfında yer almaktadır. Alt topraklarda tespit edilen en yüksek değer 0,54, ortalama değer ise 0,40 cmol kg<sup>-1</sup>’dir ve incelenen topraklarda bitki gelişimini sınırlandıracak herhangi bir tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Bu yüzden toprakların % ESP değerlerinin hesaplanmasına ihtiyaç duyulmamıştır.

Araştırma parseli yüzey altı topraklarının değişebilir K içeriği 0,09-0,37 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup ortalama 0,22 cmol kg<sup>-1</sup> potasyum içermektedir. En yüksek değer E6-1B no’lu örnek noktasında, en düşük değer ise E3-8B no’lu örnek noktasında tespit edilmiştir. Yüzey altı topraklarının potasyum dağılımı haritası Şekil 4.12’de verilmiştir. Söz konusu harita incelendiğinde çalışma alanı alt topraklarının potasyum içeriğinin düşük ve alanın genelinde yetersiz olduğu görülmektedir. Yüzey altı toprakların değişebilir potasyum sınır değerleri ve çalışma alanı içindeki dağılımının alansal bilgileri Çizelge 4.19’da verilmiştir. Buna göre çalışma alanı yüzey altı

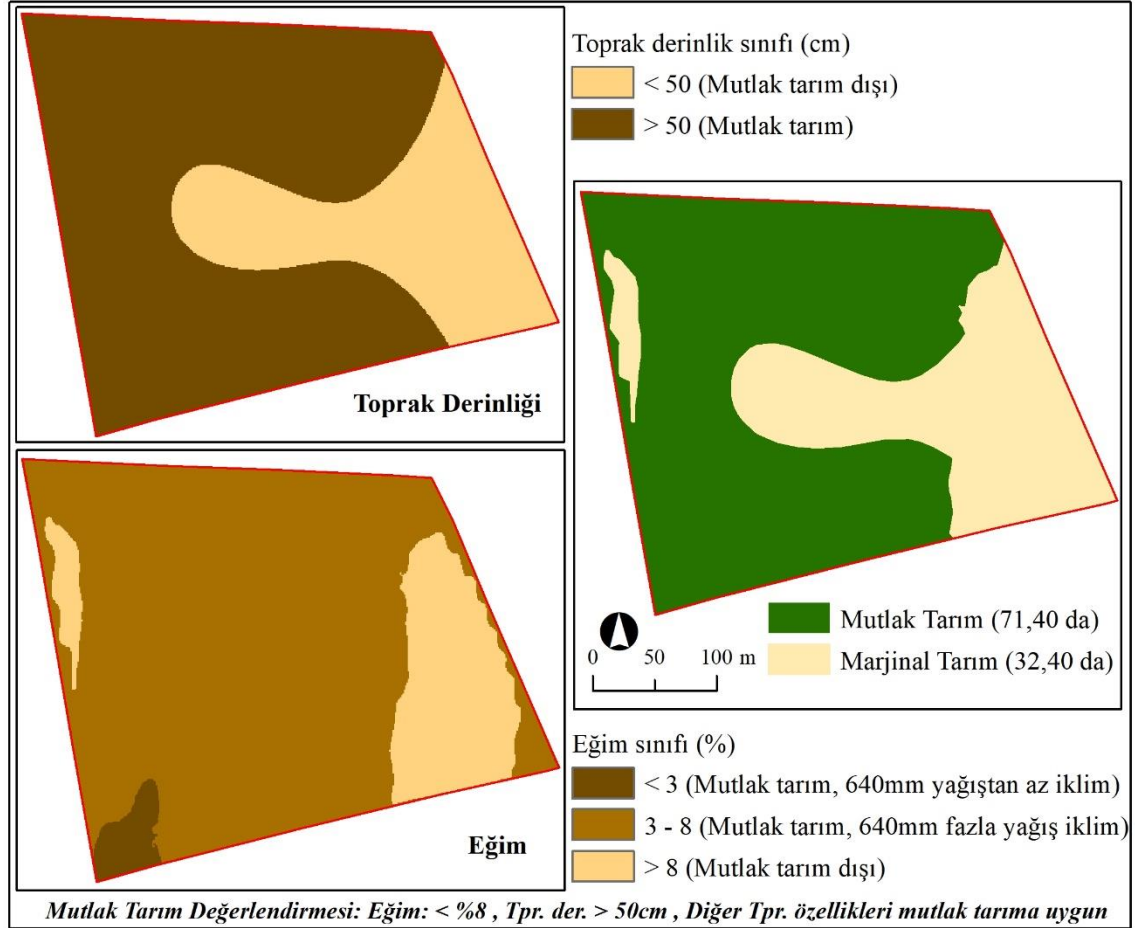
topraklarının 99,87 da (% 96,22) gibi hemem hemen tamamının potasyum içeriği az sınıfında bulunmuştur. Geriye kalan % 3,30'luk (3,43 da) kısmı potasyumca yeterli ve % 0,48'lik (0,50 da) kısmında ise potasyum çok az sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlardan çalışma alanında ekili olan yonca bitkisinin tarımı için çalışma alanı topraklarının potasyumlu gübrelerce iyi gübrenmediği sonucuna varılabilir.

Çalışma alanı yüzey altı topraklarında azot değerleri en düşük % 0,02 ile E7-4B örnek noktasında, en yüksek % 0,12 ile E2-1B örnek noktasında belirlenmiştir. Yüzey altı topraklarında ortalama % N değeri ise % 0,07 olarak tespit edilmiştir. Yüzey altı topraklarının % N dağılımı haritası Şekil 4.13'de, azot için sınır değerler ve parsel içindeki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.20'de verilmiştir. Toprak verimliliği açısından yüzey altı topraklarının azot içerikleri arazinin güney ve güney-batı kısmına denk gelen bazı lokal bölgeler dışında yetersiz miktarda olduğu bulunmuştur. Çalışma alanı yüzey altı topraklarının % 88,25 (91,60 da) gibi büyük kısmında azot az sınıfta yer almaktadır. Yüzey altı topraklarının % 8,93'lük (9,27 da) kısmında azot yeterli sınıfta belirlenmişken, % 2,82'lik (2,93 da) kısım çok az azot içermektedir. Yüzey topraklarına kıyasla derinlikle beraber azot miktarı azalmıştır. Alt toprağın (30-60 cm) bitki besleme açısından azot eksikliği gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı yüzey altı topraklarında fosfor değerleri en düşük  $0,77 \text{ mg kg}^{-1}$  ile E5-3B ve E7-5B örnek noktalarında, en yüksek  $11,79 \text{ mg kg}^{-1}$  ile E2-1B örnek noktasında belirlenmiştir. Ortalama P değeri ise  $1,99 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Yüzey altı topraklarının fosfor dağılımı haritası Şekil 4.14'de, fosfor için sınır değerler ve alt topraktaki dağılımının alansal bilgileri ise Çizelge 4.21'de verilmiştir. Yüzey altı topraklarında fosfor alanın batı ve güney-batı kesimlerinde yer yer az miktarda ( $2,5-8,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ), alt toprakların % 88,07'lik (91,42 da) tamamına yakın kısmında ise çok az düzeylerde ( $< 2,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) belirlenmiştir. Gerek yüzey topraklarında, gerekse de yüzey altı topraklarında fosforun yetersiz seviyelerde bulunması, toprakta hareket kabiliyeti zayıf olan fosforun, temel gübreleme ile alana yeteri kadar verilemediği anlaşılmaktadır. Bu sonuçlardan çalışma alanında ekili olan yonca bitkisinin tarımı için çalışma alanı topraklarının fosforlu gübrelerce iyi gübrenmediği sonucuna varılabilir.



Ek olarak, çalışma alanı Toprak Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat'a (Anonim 2008) göre değerlendirildiğinde toplam 103,8 da alan kaplayan tarım parselinin 71,40 da'lık bölümü Mutlak Tarım arazisi niteliğinde olup, geriye kalan 32,40 da'lık alan ise Marjinal Tarım arazisi niteliği taşımaktadır. Çalışma alanı Mutlak/Marjinal tarım değerlendirme sonuç haritası Şekil 4.15'de sunulmuştur.



**Şekil 4.15.** Çalışma alanı topraklarının mutlak/marjinal tarım niteliklerinin yorumu haritası.

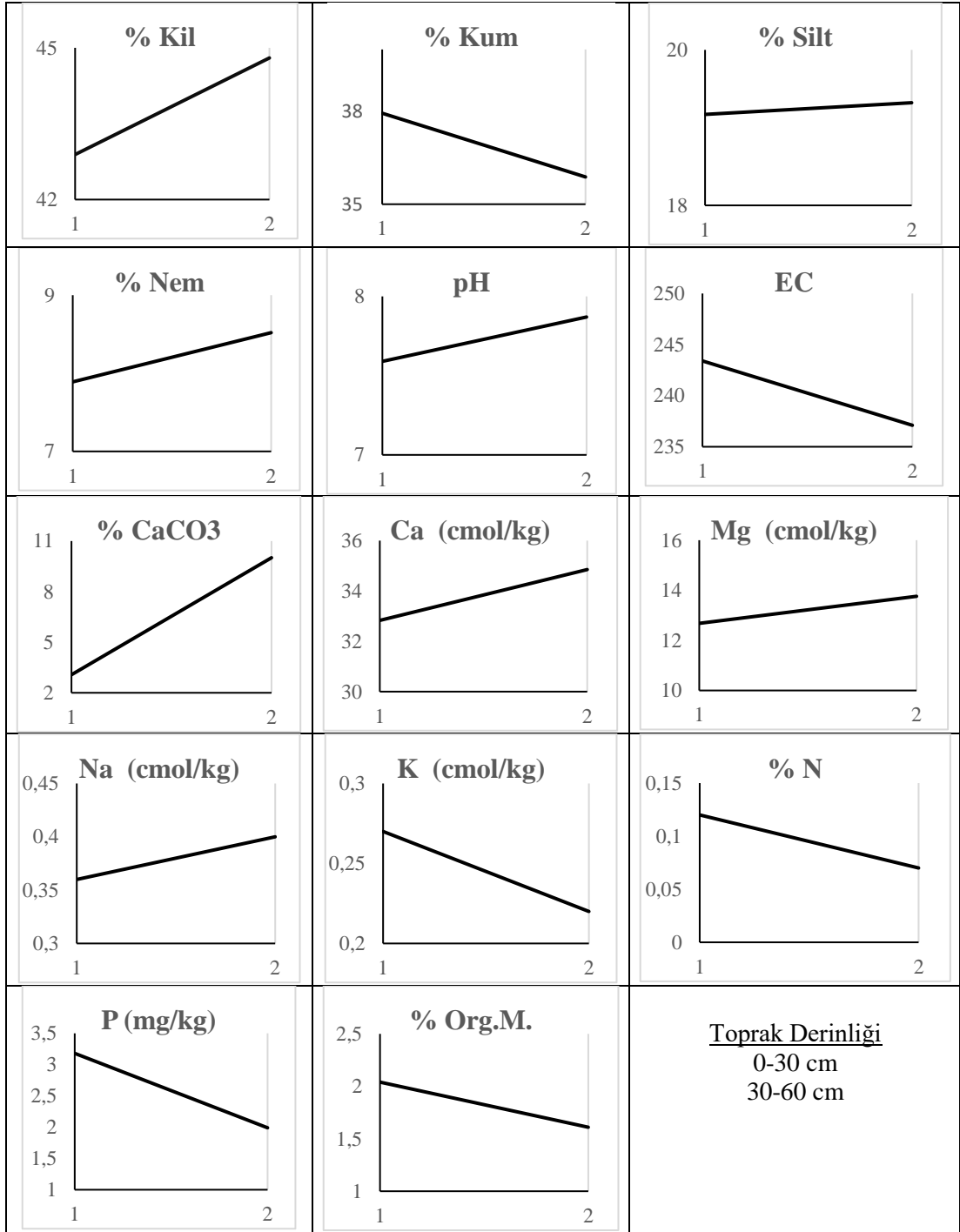
Söz konusu değerlendirme ArcGIS yazılımında sınıflandırılmış eğim ve derinlik haritalarının üst üste çakıştırılarak (overlay) üretilen yeni veri haritasının alansal bilgilerinin hesaplanması ile yapılmıştır. Söz konusu harita incelendiğinde marjinal tarım niteliğinin arazinin orta kesiminden bir dil şeklinde başlayarak doğuya doğru genişlediği ve güney-doğu kesiminde yoğunlaştığı görülmektedir. Arazinin kuzey-batı bölümünde de küçük lokal bir alan marjinal tarım olarak sınıflanmıştır. Arazinin kuzey, güney ve batı

kesimleri ise mutlak tarım arazisi niteliğinde sınıflandırılmıştır. Anonim'e (2008) göre, çalışma alanında eğim ve toprak derinliği dışındaki diğer toprak özellikleri Mutlak Tarım niteliğine uymaktadır.

#### **4.3.3. Toprak özelliklerinin toprak derinliğine bağlı değişimi**

Çalışma alanı yüzey ve yüzey altı topraklarında yapılan tüm analizler değerlendirilerek incelenen toprak özelliklerinin toprak derinliğine bağlı olarak gösterdikleri değişimler belirlenmiştir. Söz konusu değişimlerin daha kolay anlaşılabilmesi için incelenen her bir toprak özelliğine ait oluşturulan grafikler Şekil 4.16'da verilmiştir.

Çalışma alanı toprakları toprak derinliği bakımından değerlendirildiğinde toprakların kil içeriğinin derinlikle beraber arttığı, kum içeriğinin azaldığı ve silt içeriğinin küçük bir artışla beraber hemen hemen sabit kaldığı görülmektedir. Toprak derinliği arttıkça toprakların nem içeriği ve pH değerleri de artmıştır. Toprak reaksiyonundaki artış toprakların  $\text{CaCO}_3$  içerikleri ile de doğru orantılıdır. Çalışma alanının ana materyali kil ve kireççe zengin olduğundan derinlikle beraber toprakların  $\text{CaCO}_3$  içerikleri de artmaktadır. Değişebilir katyonlardan Ca, Mg ve Na toprak derinliği ile beraber artmıştır. Diğer taraftan, toprakların organik madde içerikleri derinlik ile beraber azalmaktadır. Toprakların EC değerleri alt toprakta üst toprağına göre azalmıştır. Bu durum topraktaki bitki besin maddelerinin üst-alt topraktaki miktarları ile de desteklenmektedir. Toprakların azot fosfor ve potasyum içeriklerinin toprak derinliği ile beraber ciddi oranda azaldığı yapılan laboratuvar analiz sonuçlarından ve ilgili grafik ve haritalardan anlaşılmaktadır (Şekil 4.16). Bu husus, çok yıllık yonca tarımı yapılan çalışma alanında temel gübrelemenin yetersiz veya hatalı yapıldığını düşündürmektedir.



**Şekil 4.16.** Çalışma alanında incelenen toprak özelliklerinin toprak derinliği ile beraber değişimi.

## 5. SONUÇ

Toprağın sürdürülebilir kullanımı ve tarımsal üretimin sağlıklı ve uzun vadede verimli olarak yapılabilmesi için toprak iyi tanınmalı ve yönetilmelidir. Sürdürülebilir toprak yönetiminde toprak içindeki elementlerin varlığı/yokluğu durumu ve toprak özelliklerinin birbiri ile olan ilişkilerinin iyi bilinmesi gübreleme ve toprak işleme gibi yapılacak tarla içi uygulamalarda tarımsal üretimin artırılmasına, toprağın korunmasına ve ekonomik girdileri azaltarak daha karlı bir üretim sağlanmasına olanak sunmaktadır. Bu nedenle, parsel bazında yapılacak toprak örnekleme o toprak hakkında doğru verilere ulaşmak açısından büyük önem arz etmektedir.

Son yıllarda, özellikle gelişmiş ülkelerde, çokça kullanılan parsel bazlı örnekleme diyebileceğimiz çok noktalı örnekleme ve bu örneklerin jeostatistiksel değerlendirmesi ile tarımsal verim ve hatta belki de en önemlisi tarımsal karlılık daha da arttırılmaktadır. Bugün gelişmiş ülkelerde birçok çiftlikte, önemli bir girdi olan gübrenin daha az ve daha etkin kullanımını sağlayan jeostatistiksel yöntemlerle girdi maliyetleri azaltılarak tarımsal karlılık arttırılmaktadır.

Bu çalışma incelenen toprakların kimi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin jeostatistik yöntemlerle incelenmesi sonucu söz konusu toprak karakterlerinin aynı parselde mesafeye bağlı olarak değişebileceğini göstermiştir. Bu değişim üzerine toprağın derinliği ve parselde geçmiş ve güncel uygulanan gübreleme hatalarının daha açık olarak anlaşılmasını sağlamıştır. Burada gübreleme hatasından kasıt geleneksel yöntemlerle uygulanan gübrelerin her noktaya eşit düşemeyeceği, gübrenin düştüğü noktada diğer noktalara oranla farklı zaman ve süreçte çözünebileceği veya bitkiler tarafından farklı oranlarda sömürülebileceği gibi etkiler ifade edilmek istenmektedir.

Bu çalışma toprak özelliklerinin mesafeye bağlı olarak değişiminin önemini göstermiş ve bu değişimin tarımsal uygulamalarda kolaylık, ekonomiklik ve toprağın tanınmasında detaylı veri kazandırdığı için toprağın sürdürülebilir yönetimi açısından iyi bir örnek teşkil etmiştir.

Bu çalışmanın amacına uygun olarak seçilen çok yıllık yonca tarımının yapıldığı tarım arazisinin yüzey ve yüzey altı topraklarının bütünü değerlendirildiğinde, toprak verimliliği açısından toprakların pH değerleri bitkisel üretime uygundur. Toprakların herhangi bir tuzluluk ve alkalilik problemi bulunmamaktadır. Arazide eğimin arttığı (arazinin doğusu) özellikle yüzey altı toprağın kireç miktarına dikkat edilmelidir. Kirece toleranslı bitki veya anaçların tercih edilmesi iyi bir tarımsal üretim açısından yerinde olacaktır. Toprakların organik madde seviyeleri düşük olduğundan mutlaka organik madde takviyesi yapılması gerekmektedir.

Genel bir ifade ile çalışılan topraklar Ca ve Mg katyonlarınca zengin, kil oranı ve baz doygunlukları yüksek topraklardır. Ancak, laboratuvar analizleri ve jeostatistiksel değerlendirme ile üretilen haritalardan da anlaşılacağı gibi topraklar potasyum ve fosfor bakımından yetersiz azot bakımından yeterli (alt toprak yetersiz) seviyededir. Bu durum haritalara göre alanın değişik noktalarında farklılıklar göstermektedir. Bu tip çalışmalarda jeostatistiksel değerlendirme ve haritaların üretimi ile besin maddelerinin diğer alanlara göre farklılık gösterdiği bölgelere daha az/çok gübre atılarak ekonomik ve yerinde gübreleme yapılabilir. Bu çalışma ile test konusu parsel için ilgili veriler CBS teknikleri kullanılarak kolay, ekonomik ve kısa zamanda üretilmiştir.

Ek olarak, çalışma alanı Toprak Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat'a (Anonim 2008) göre değerlendirilerek toplam 103,8 da alan kaplayan çalışma konusu tarım parselinin 71,40 da'lık bölümü mutlak tarım arazisi niteliğinde olduğu belirlenmiştir. Alanın 32,40 da'lık kısmı ise marjinal tarım arazisi niteliği taşımaktadır. Çalışma alanı mutlak/marjinal tarım değerlendirilmesi için üretilen harita ile parsel içinde nerelerin mutlak, nerelerin marjinal tarım arazisi niteliğinde olduğu kolayca anlaşılabilir. Marjinal tarım niteliğinin arazinin orta kesiminden bir dil şeklinde başlayarak doğuya doğru genişlediği ve güney-doğu kesiminde yoğunlaştığı görülmektedir. Arazinin kuzey-batı bölümünde de küçük lokal bir alan marjinal tarım olarak sınıflanmıştır. Arazinin kuzey, güney ve batı kesimleri ise mutlak tarım arazisi niteliğinde sınıflandırılmıştır.

İncelenen toprakların azot, fosfor ve potasyum içeriklerinin toprak derinliği ile beraber ciddi oranda azaldığı tespit edilmiştir. Azot içeriği yüzey topraklarında yeterli seviyede fakat 30-60 cm derinliğinde yetersiz seviyede bulunmuştur. Toprakların fosfor ve potasyum içeriklerinin hem yüzey hem de yüzey altı topraklarında yetersiz seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, çok yıllık yonca tarımı yapılan çalışma alanında temel gübreleme ve gübreleme programına dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- Aksoy, E., Dirim, M.S., Tümsavaş, Z., Özsoy, G. 2001.** Uludağ Üniversitesi Kampüs Alanı Topraklarının Oluşu, Önemli Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Sınıflandırılması. U.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 98/32, Bursa, 118pp.
- Anonim, 2008.** Toprak ve arazi sınıflaması standartları teknik talimatı ve ilgili mevzuat. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara, 192pp.
- Atkinson, P.M., Curran, P.J., Webster, R. 1990.** Sampling remotely sensed imagery for storage, retrieval and reconstruction. *The Professional Geographer*, 42:345-353.
- Bengtsson, B.E., Nordbeck, S. 1964.** Construction of isarithms and isarithmic maps by computer. *BIT, Nordish Tidskrift for informations Behandling*, 4:87-105.
- Bishop, T.F.A., McBratney, A.B. 2001.** A comparison of prediction methods for the creation of field-extent soil property maps. *Geoderma*, 103(1-2):149-160.
- Bouyoucos, G.J. 1951.** A recalibration of the hidrometer for marking mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43:434-438.
- Bremner, J.M. 1965.** Total Nitrogen, pp:1149-1178. In: Black, C.A. (ed) Methods of soil analysis, Part 2, chemical and microbiological properties, no 9 in the series Agronomy. American Society of Agronomy Inc. Pub., Madison, Wisconsin, USA.
- Brubaker, S.C., Jones, A.J., Frank, K., Lewis, D.T. 1994.** Regression models for estimating soil properties by landscape position. *Soil Science Society of America Journal*, 58:1763-1767.
- Buol, S.W., Hole, F.D., McCracken, R.J. 1973.** Soil genesis and classification. The Iowa State Uni. Press, Ames, Iowa, USA, 360pp.
- Burgess, T.M., Webster, R. 1980a.** Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: the semi-variogram and punctual kriging. *Journal of Soil Science*, 31:315-331.
- Burgess, T.M., Webster, R. 1980b.** Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: block kriging. *Journal of Soil Science*, 31:331-341.
- Burrough, P.A. 1986.** Principles of geographic information systems for land resources assessment. Oxford Sci. Pub., Clarendon Press, USA, 193pp.
- Burrough, P.A., MacMillian, R.A., van Deusen, W. 1992.** Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observations and topography. *Journal of Soil Science*, 43:193-210.
- Burrough, P.A., McDonnel, R.A. 1998.** Principles of Geographic Information Systems. Oxford University Press, Oxford, 333pp.
- Castrignano, A., Giugliarini, L., Risaliti, R., Martinelli, N. 2000.** Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. *Geoderma*, 97:39-60.
- Chang, K. 2004.** Introduction to geographic information systems, 2nd ed. McGraw Hill, New York, 400pp.
- Cook, S.E., Comer, R.J., Grealish, G., Gessler, P.E., Chartres, C.J. 1996.** A rule-based system to map soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 60:1893-1900.

- Crawford, C.A.G., Hergert, G.W. 1997.** Incorporating spatial trends and anisotropy to geostatistical mapping of soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 61:298-309.
- Davis, J.C. 1986.** Statistics and data analysis in geology, 2nd edition. Wiley Press, New York, 656pp.
- FAO, 1990.** *Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study*. FAO Soil Bulletin by Sillanpaa, M., Rome, 208pp.
- Franklin, J. 1995.** Predictive vegetation mapping: geographic modeling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Progress in Physical Geography*, 19:474-490.
- Goovaerts, P. 1992.** Fractional kriging analysis: a usefull tool for exploring the structure of multivariate spatial soil information. *Journal of Soil Science*, 43:597-619.
- Goovaerts, P. 1997.** Geostatistics for natural resources evaluation. Oxford Univ. Press, New York, USA, 483pp.
- Goovaerts, P. 2001.** Geostatistical modelling of uncertainty in soil science. *Geoderma*, 103(1-2):3-26.
- Hayes, J.G. 1970.** Numerical approximation to functions and data. Athlone Press, London, 177pp.
- Hengl, T., Heuvelink, G.B.M., Stein, A. 2004.** A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression kriging. *Geoderma*, 120:75-93.
- Heuvelink, G.B.M., Webster, R. 2001.** Modelling soil variation: past, present and future. *Geoderma*, 100:269-301.
- Jackson, M.L. 1962.** Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, New Jersey, USA, 485pp.
- Kerry, R., Oliver, M.A. 2004.** Average variograms to guide soil sampling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5:307-325.
- Knotters, M., Brus, D., Voshaar, J. 1995.** A comparison of kriging, co-kriging and kriging combined with regression for spatial interpolation of horizon depth with censored observations. *Geoderma*, 67:227-246.
- Krige, D.G. 1951.** A statistical approach to some basic mining valuation problems on the Witwatersrand. *J. Chem. Metall Min. Soc. S. Afr.*, 52(6):119-139.
- Krige, D.G. 1966.** Two-dimentional weighted moving average trend surfaces for ore evaluation. *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.*, 66:13-38.
- Laslett, G.M., McBratney, A.B., Pahl, P.J., Hutchinson, M.F. 1987.** Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. *Journal of Soil Science*, 38:325-341.
- Liengsakul, M., Medpaiboonwatana, S., Pramojane, P., Bronsveld, K., Huizing, H. 1993.** Use of GIS and remote sensing for soil mapping and for locating new sites for permanent cropland: a case study in the "highlands" of northern Thailand. *Geoderma*, 60:293-307.
- Matheron, G. 1963.** Principals of geostatistics. *Economic Geology*, 58:1246-1266.
- Matheron, G. 1971.** The theory of regionalized variables and its applications. Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathematique de Fontainebleau No:5. Ecole National Superieure des Mines de Paris, Paris, 211pp.
- McBratney, A.B., Hart, G.A., McGarry, D. 1991.** The use of region partitioning to imorove the representation of geostatistically mapped soil attributes. *Journal of Soil Science*, 42:513-532.



- McBratney, A.B., Gruijter, De J.J., Brus, D.J. 1992.** Spatial prediction and mapping of continuous soil classes. *Geoderma*, 54:39-64.
- McBratney, A.B., Pringle, M.J. 1997.** Spatial variability of soil: implications for precision agriculture. Proceedings of the Precision Agriculture'97, vol:1:3-3, Oxford, UK.
- McBratney, A.B., Odeh, I.O.A., Bishop, T.F.A., Dunbar, M.S., Shatar, T.M. 2000.** An overview of pedometric techniques for use in soil survey. *Geoderma*, 97(3-4):293-327.
- McBratney, A.B., Santos, M.L.M., Minasny, B. 2003.** On digital soil mapping. *Geoderma*, 117:3-52.
- McKensie, N.J., Gessler, P.E., Ryan, P.J., O'Connell, D. 2000.** The role of terrain analysis in soil mapping, pp.245-265. In: Wilson, J.P., Gallant, J.C. (eds.), *Terrain analysis: principals and applications*. Wiley, New York, USA.
- McLean, E.O. 1982.** Soil pH and lime requirement, pp.199-224. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9.* SSSA, Madison, WI, USA.
- Mulla, D.J., McBratney, A.B. 2000.** Soil Spatial Variability, pp.A321-A352. In: Sumner, M.E. (ed), *Handbook of Soil Sciences*, CRC Press, USA.
- Myres, D.E. 1982.** Matrix formulation of cokriging. *Mathematical Geology*, 14:249-257.
- Nelson, R.E. 1982.** Carbonate and Gypsum, pp:181-196. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9.* SSSA, Madison, WI, USA, 1143pp.
- Nelson, D.W., Sommers, L. 1982.** Total carbon, organic carbon and organic matter, pp:539-579. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9.* SSSA, Madison, WI, USA, 1143pp.
- Odeh, I.O.A., McBratney, A.B., Chittleborough, D.J. 1992.** Fuzzy c means and kriging for mapping soil as a continuous system. *Soil Science Society of America Journal*, 56:1848-1854.
- Odeh, I.O.A., McBratney, A.B., Chittleborough, D.J. 1994.** Spatial prediction of soil properties from landform attributes derived from a digital elevation model. *Geoderma*, 63:197-214.
- Odeh, I.O.A., McBratney, A.B., Chittleborough, D.J. 1995.** Further results on prediction of soil properties from terrain attributes: heterotopic cokriging and regression-kriging. *Geoderma*, 67:215-225.
- Olea, R.A. 1975.** Optimum mapping techniques using regionalized variable theory: series on spatial analysis. Kansas Geological Survey, Kansas, 137pp.
- Oliver, M.A., Webster, R. 1990.** Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 4(3):313-332.
- Özsoy, G. 2001.** Uludağ Üniversitesi Kampüs Alanı Topraklarının Genesisi ve Sınıflandırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Bursa, 120pp.
- Rhoades, J.D. 1982.** Soluble Salts, pp.167-178. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9.* SSSA, Madison, WI, USA, 1143pp.
- Robinson, A.H., Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., Kimerling, A.J., Guptill, S.C. 1995.** *Elements of cartography*, 6th ed. Wiley Press, New York, USA, 674pp.

- Scull, P., Okin, G., Chadwick, O.A., Franklin, J. 2005.** A comparison of methods to predict soil surface texture in an alluvial basin. *Professional Geographer*, 57(3):423-437.
- Sibson, R. 1981.** A brief description of natural neighbour interpolation, pp.21-36. In: Barnett, V. (eds.), *Interpreting multivariate data*. John Wiley and Sons, Chichester, New York, USA, 374pp.
- Soil Science Division Staff 2017.** Soil survey manual. Ditzler, C., Scheffe, K., Monger, H.C. (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C., USA, 639pp.
- US Salinity Laboratory Staff, 1954.** Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. US Department of Agriculture, Handbook no.60, Washington DC, USA, 160pp.
- Voltz, M., Webster, R. 1990.** A comparison of kriging, cubic splines and classification for predicting soil properties from sample information. *Journal of Soil Science*, 41:473-490.
- Wahba, G. 1979.** How to smooth curves and surfaces with splines and cross-validation. Proceedings of the 24th Conference of the design of experiments. US Army Research Office, Report 79-2:167-192.
- Watanabe, F.S., Olsen, R.S. 1965.** Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO<sub>3</sub> extracts from soil. *Soil Science Society of America Proceedings*, 29:677-678.
- Webster, R., Oliver, M.A. 1990.** Statistical methods in soil and land resource survey. Oxford University Press, Oxford, UK, 328 pp.
- Webster, R., Oliver, M.A. 1992.** Sample adequately to estimate variograms of soil properties. *European Journal of Soil Science*, 43(1):177-192.
- Webster, R. 1994.** The development of pedometrics. *Geoderma*, 62:1-15.
- Webster, R., Oliver, M. 2001.** Geostatistics for environmental scientists, John Wiley & Sons, England, 271pp.
- Yang, X., Hodler, T. 2000.** Visual and statistical comparisons of surface modeling techniques for point-based environmental data. *Cartography and Geographic Information Science*, 17(2):165-175.
- Yates, S.R., Warrick, A.W., Myers, D.E. 1986.** Disjunctive kriging: overview of estimation and conditional probability. *Water Resources Research*, 22:615-621.
- Zhu, A. 1997.** A similarity model for representing soil spatial information. *Geoderma*, 77:217-242.
- Zhu, A, Band, L.E. 2014.** A knowledge based approach to data integration for soil mapping. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 20:408-418.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Esin HATİPOĞLU  
Doğum Yeri ve Tarihi : Sivas, 20/06/1990  
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu  
Lise : Gölcük İhsaniye Anadolu Lisesi, 2004-2008  
Lisans : Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 2009-2014  
Yüksek Lisans :

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Albeni Ziraat, 2018

İletişim (e-posta) : [htpglesin@gmail.com](mailto:htpglesin@gmail.com)

Yayınları :

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Esin HATİPOĞLU .
Tez Adı	Bazı Toprak Özelliklerinin Yersel Değişimlerinin Jeostatistiksel Yöntemler Kullanılarak Belirlenmesi
Enstitü	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Tez Türü	Yüksek Lisans
Tez Danışman(lar)ı	Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni	<input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input checked="" type="checkbox"/> Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama izni	<input checked="" type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin veriyorum

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 02/10/2019

İmza : Esin HATİPOĞLU