

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

**YOĞUN TARIMSAL ÜRETİMİN YAPILDIĞI YUKARI DİCLE HAVZASINDA
TOPRAK KALİTESİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZİ

**SEMRA ALGÜR AVCI
(163106012)**

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mesut BUDAK
Ortak Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ruhan İlknur Gazioğlu ŞENSOY**

**Ocak-2019
SİİRT**

TEZ KABUL VE ONAYI

Semra ALGÜR AVCİ tarafından hazırlanan “Yoğun Tarımsal Üretimin Yapıldığı Yukarı Dicle Havzasında Toprak Kalitesinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi” adlı yüksek lisans tez çalışması 29/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Alaaddin YÜKSEL

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Mesut BUDAK

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Zeki KARİPÇİN

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Fevzi HANSU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından 214O374 nolu proje ile desteklenmiştir.

ÖN SÖZ

Ülkemizin önemli su kaynaklarının bulunduğu Yukarı Dicle Havzasında arazi bozulması bakımından toprak kalitesinin belirlenmesi ve mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi için izlenebilirliğinin sağlanması havzada uygulanan amenajman yöntemlerinin etkinliklerinin değerlendirilmesini ve gözden geçirilmesini mümkün kılacaktır. Bu tez çalışması kapsamında Yukarı Dicle Havzasında farklı arazi kullanımlarının bulunduğu arazilerde toprak kalite indeksini belirlemek için arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri belirlenmiştir ve temel bileşenler analizi (PCA) yardımı ile bu toprak özelliklerinden oluşan bir minimum veri seti (MVS) oluşturulmuştur. Oluşturulan bu minimum veri setindeki parametreler kullanılarak farklı yöntemler ile toprak kalite indeksleri hesaplanmış ve coğrafi bilgi sistemleri yardımı ile haritalanmıştır. Bu çalışmada kullanılan yöntemler ülkemizin diğer bölgelerinde yeni indikatör/parametrelerin ilavesi ile yeni çalışmalarda rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca bu tez çalışmasında hazırlanmış olan mesafeye bağlı değişim haritaları sayesinde çalışma alanında toprak kalitesindeki zamansal değişimin takip edilmesi mümkün olacaktır. Bu sayede arazi bozulması sorunu daha büyük boyutlara ulaşmadan çözümler geliştirilecektir.

Yüksek lisansa başladığım günden beri bana her türlü bilgi, deneyim, öneri ve yardımlarını, ilgi, destek ve anlayışı gerek yüksek lisans ders aşamasında gerek de tez yazım aşamasında benden esirgemeyen ve bana çok emeği geçen değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mesut BUDAK 'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez yazımında engin bilgilerinden faydalandığım Prof. Dr. Hikmet GÜNAL, Prof. Dr. İsmail ÇELİK, Dr. Öğretim Üyesi Nurullah ACİR'e arazi çalışmalarında desteklerini sunan Öğr. Gör. Mesut SIRRI'ya ve laboratuvar analizlerinde yardımcı olan araştırma görevlisi Mert ACAR'a çok teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca gerek maddi, gerek manevi ve dualarını esirgemeyen değerli ailem annem Emine ALGÜR, babam Gazi ALGÜR, ağabeylerime Ahmet, Hikmet, Şahin, Naim ve kardeşlerime Arzu, Ömer, Şilan'a sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca daha ismini saymadığım ve dualarını eksik etmeyen tüm aile bireylerine teşekkür ederim. Son olarak da tam umudumu yitirdiğim anda karşıma çıkan ve bana umut olan maddi, manevi ve duaları ile hep bana destek olan hayat arkadaşım Bedrettin AVCİ ile kızım Zeynep AVCİ'ya sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında kullanılan makine-ekipman ve sarf malzemelerin alımı ve arazi çalışmaları için gerekli finansmanın tamamı TOVAG 2140374 nolu projenin bütçesinden karşılanmıştır. Bu desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

**Semra ALGÜR AVCİ
SİİRT - 2018**

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖN SÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	ix
ÖZET	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2.1. Toprak Kalitesi	4
2.2. Toprak Kalitesinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi	5
2.2.1. Minimum Veri Setlerinin (MVS) Oluşturulması.....	6
2.2.1.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA)	7
2.2.2. Skorlama Yöntemleri.....	8
2.2.3 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)	10
2.2.4. Jeostatistiksel Yöntemler	12
3. MATERYAL VE METOT.....	14
3.1. Çalışma Alanı	14
3.1.1. Çalışma Alanının İklimi	14
3.1.2. Bitki Örtüsü ve Arazi Kullanımı.....	15
3.1.3. Çalışma Alanının Jeolojisi	20
3.2. Toprak Örnekleme ve Arazi Bilgi Çalışmaları	22
3.3. Laboratuvar Analiz Yöntemleri	23
3.4. Toprak Kalitesi İndeksi Altında Tanımlanan Parametrelerin Skorlanması	25
3.5. Toprak Kalitesi için Tanımlanan Parametrelere Ait Minimum Veri Setlerinin Oluşturulması	28
3.6. Toprak Kalitesi İndeksinin Belirlenmesi İçin Tanımlanan Parametrelerin Ağırlıklandırılması	31
3.7. Toprak Kalite İndeksinin Hesaplanması.....	32
3.8. İstatistiksel Analizler ve Mesafeye Bağlı Değişkenliğin Analizi	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	34
4.1. Tanımlayıcı İstatistikler	34
4.2. Toprak Özelliklerinin Mesafeye Bağlı Değişimi	37
4.3. Toprak Kalitesi İndeksinin Belirlenmesi ve Mesafeye Bağlı Değişiminin Haritalanması	55
4.4. Farklı Arazi Kullanımları Altındaki Arazilerin Toprak Kalite İndeksinin Değerlendirilmesi.....	68
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71

5.1. Sonuçlar	71
5.2. neriler	72
6. KAYNAKLAR	73



TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. 1-9 skorlu tercih ölçeği (Saaty, 2008).....	10
Tablo 3.1. Arazi çalışmaları esnasında elde edilen bitki örtüsü bilgileri	22
Tablo 3.2. Toprak kalitesi indikatörü altında tanımlanan parametrelere ait indeks değerleri ve yararlanılan kaynaklar.....	26
Tablo 3.3. PCA analizi yapılmadan önce yapılan KMO test analiz değerleri.	28
Tablo 3.4. Toprak kalitesi indikatörü için yapılan PCA sonuçları.....	29
Tablo 3.5. Toprak kalitesi indeksi altındaki parametrelere ait korelasyon katsayıları...	30
Tablo 3.6. PCA yöntemi ile MVS'ne dahil edilen parametrelerin ağırlıklandırılması. ...	31
Tablo 3.7. MVS'ne dahil edilen parametrelere AHP ile verilen ağırlık değerleri.	32
Tablo 4.1. Çalışma alanı topraklarına ait tanımlayıcı istatistik verileri.	35
Tablo 4.2. Fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerine ait semivariogram modeller ve model parametreleri.	38
Tablo 4.3. Toprak Kalite indeksleri (TKİ, TKİ _{PCA} ve TKİ _{AHP}) altında tanımlanan parametrelere ait skorlar ve farklı yöntemlerle elde edilen ağırlık değerleri.	57
Tablo 4.4. Farklı kullanımlar altındaki arazilere ait toprak kalite indeks değerleri.	69
Tablo 4.5. Farklı arazi kullanımları altındaki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.	70
Tablo 4.6. Farklı kullanımlar altındaki arazilerde elde edilen toprak kalite indekslerine ait DUNCAN testi#	70

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Farklı topraklarda hacim ağırlığı (en düşük en iyidir) ve Organik madde (en yüksek en iyidir) ile farklı bitkiler için toprak pH (optimum daha iyidir) için skarlama eğrileri (Andrews ve ark., 2004).	9
Şekil 2.2. AHP yönteminde parametrelerin için oluşturulan karşılaştırma matrisi ve ağırlaklandırma yöntemi.	12
Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu.	14
Şekil 3.2. Buğday tarlasından bir görüntü (Batman İli, Kozluk İlçesi ve Ünsaldı köyü 126 nolu örnek).	15
Şekil 3.3. Arpa tarlasından bir görüntü (Diyarbakır ili, Merkez Güleçoba köyü 3 nolu örnek).	16
Şekil 3.4. Mısır ekili araziden bir görüntü (Diyarbakır ili Merkez Tanışık köyü 409 Nolu Örnek).	16
Şekil 3.5. Pamuk ekili araziden bir görüntü (Diyarbakır ili Merkez Hantepe köyü 103 Nolu örnek).	17
Şekil 3.6. Tütün tarlasından bir görüntü (Diyarbakır ili Kocaköy ilçesi Bozbağlar köyü 235 nolu örnek).	17
Şekil 3.7. Diyarbakır ilindeki bağlardan bir görüntü (Diyarbakır ili Ergani ilçesi, Dereboyu köyü 163 nolu örnek).	18
Şekil 3.8. Badem dikili arazilerden bir görüntü (Diyarbakır ili, Dicle ilçesi Gelincik köyü 318 Nolu örnek).	18
Şekil 3.9. Yeni tesis edilmiş fıstık bahçesinden bir görüntü (Siirt ili, Kurtalan ilçesi, İncirlik köyü 460 nolu örnek).	19
Şekil 3.10. Fasulye yetiştirilen arazilerden bir görüntü (Batman ili Sason ilçesi Dereköyü 340 nolu örnek).	19
Şekil 3.11. Domates yetiştirilen arazilerden bir görüntü (Diyarbakır ili Hani ilçesi Okur köyü, 292 nolu örnek).	20
Şekil 3.12. Çalışma Alanı Jeoloji Haritası.	21
Şekil 3.13. Örnekleme deseni ve toprak örneği alınan arazinin kullanımları.	22
Şekil 3.14. Çalışma alanına ait sayısal yükselti haritası.	25
Şekil 4.1. Altıgen blokların yer aldığı Vertisollerin bulunduğu 78 nolu örnekleme alanından bir görüntü (Diyarbakır ili Bismil ilçesi Oğuzlar köyü).	35
Şekil 4.2. Tekstür bileşenleri (kil, kum ve silt içeriği), AS ve HA içeriğine ait semivariogram modelleri ve çapraz doğrulama grafikleri.	39
Şekil 4.3. Kimyasal özellikler ait (OM, Kireç içeriği pH, EC, SAR, Alınabilir P ve K) modellerin doğruluğunu test etmekte kullanılan semivariogram ve çapraz doğrulama grafikleri semivariogram modelleri.	40
Şekil 4.4. SN, TK, YSİ, TG ve SDGH içeriğine ait semivariogram modelleri ve çapraz doğrulama grafikleri.	41
Şekil 4.5. Kil içeriğinin mesafeye bağlı değişimi.	42
Şekil 4.6. Kum içeriğinin mesafeye bağlı değişimi.	43
Şekil 4.7. Silt içeriğinin mesafeye bağlı değişimi.	43
Şekil 4.8. Agregat Stabilitesinin mesafeye bağlı değişimi.	44
Şekil 4.9. Organik Madde içeriğinin mesafeye bağlı değişimi.	46
Şekil 4.10. Kireç içeriğinin mesafeye bağlı değişimi.	46
Şekil 4.11. pH değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.	47
Şekil 4.12. EC değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.	48

Şekil 4.13. Alınabilir P'un mesafeye bağlı değişimi.	49
Şekil 4.14. Alınabilir K'un mesafeye bağlı değişimi.	50
Şekil 4.15. SAR değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.	51
Şekil 4.16. Hacim ağırlığı değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.	52
Şekil 4.17. Tarla Kapasitesi değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.	52
Şekil 4.18. Solma noktası değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.	53
Şekil 4.19. Yarayışlı su içeriğini mesafeye bağlı değişimi.	53
Şekil 4.20. Toplam gözeneklilik değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.	54
Şekil 4.21. Su ile dolu gözenek hacmi değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.	55
Şekil 4.22. Toprak kalite indekslerine ait mesafeye bağlı değişim haritaları.	57
Şekil 4.23. Çalışma alanına ait tekstür parametresi skorlarının alansal dağılımı.	59
Şekil 4.24. Çalışma alanına ait organik madde parametresi skorlarının alansal dağılımı.	60
Şekil 4.25. Diyarbakır İli Kocaköy İlçesi 234 nolu örnekleme noktasından bir görüntü.	60
Şekil 4.26. Çalışma alanına ait pH parametresi skorlarının alansal dağılımı.	62
Şekil 4.27. Çalışma alanına ait EC parametresi skorlarının alansal dağılımı.	62
Şekil 4.28. Agregat stabilitesi parametresi skorlarının alansal dağılımı.	63
Şekil 4.29. Batman İli Kozluk ilçesi ve Yayalar köyü 217 nolu örnek noktasından bir görüntü.	63
Şekil 4.30. Kireç parametresi skorlarının alansal dağılımı.	65
Şekil 4.31. Hacim ağırlığı parametresi skorlarının alansal dağılımı.	66
Şekil 4.32. Alınabilir P parametresi skorlarının alansal dağılımı.	67
Şekil 4.33. Alınabilir K parametresi skorlarının alansal dağılımı.	68

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
SMAF	: Soil Management Assessment Framework) Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi
MEDALUS	: Mediterranean Desertification and Land Use (Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı)
PCA	: Principal Components Analysis (Temel Bileşenler Analizi)
AHP	: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Süreci)
OM	: Organik Madde
AS	: Agregat Stabilitesi
pH	: Toprak reaksiyonu
EC	: Elektiriksel İletkenlik
TG	: Toplam Gözeneklilik
SDGH	: Su ile Dolu Gözenek Hacmi
U.B	: Uzaysal Bağımlılık
V.K	: Varyasyon Katsayısı
Ha	: Hacim Ağırlığı
SAR	: Sodyum adsorpsiyon Oranı
YSİ	: Yarıyışlı su İçeriği
TK	: Tarla Kapasitesi
SN	: Solma Noktası

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
km	: Kilometre
Ha	: Hektar
mg	: Miligram
kg	: Kilogram
° C	: Santigrat

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

Yoğun Tarımsal Üretimin Yapıldığı Yukarı Dicle Havzasında Toprak Kalitesinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi

Semra ALGÜR AVCİ

Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Mesut BUDAK
II. Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ruhan İlknur Gazioğlu ŞENSOY

2019, 82 Sayfa

Yoğun tarımsal üretimin yapıldığı alanlarda sürdürülebilirlik toprak kalitesinin doğru bir şekilde belirlenmesi ve buna göre amenajman yöntemlerinin geliştirilmesi ile mümkün olabilir. Bu tez çalışmasının amacı; yoğun tarımsal üretimin yapıldığı Yukarı Dicle Havzasında toprak kalitesi indeksinin farklı yöntemler kullanılarak belirlenmesi ve alansal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle haritalanmasıdır. Bu amaçla 5 farklı arazi kullanımının yer aldığı 9847,29 km² genişliğindeki çalışma alanı, 5km*5km boyutunda gridlere bölünmüş ve gridlerin yaklaşık köşelerinden 386 noktadan 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Beş km'den daha kısa mesafelerdeki değişkenlikleri tanımlayabilmek için grid köşeleri arasında 66 noktadan (250m, 750m ve 1750m) ilave toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinin tekstür bileşenleri (kil, kum ve silt), agregat stabilitesi (AS), pH, elektriksel iletkenlik (EC), organik madde (OM), alınabilir fosfor (P) ve potasyum (K), sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), kireç içeriği, hacim ağırlığı (Ha), yarayışlı su içeriği (YSİ), toplam gözeneklilik (TG) ve su ile dolu gözenek hacmi (SDGH) ile örneklenen alanın ortalama eğimi belirlenmiştir. Parametreler Temel bileşenler Analizi (PCA) yöntemi yardımı ile değerlendirilerek toprak kalitesini en iyi şekilde temsil edecek indikatörlerin yer aldığı minimum veri setleri (MVS) oluşturulmuştur. Minimum veri setine dahil edilen parametrelerin toprak kalitesine katkılarını ifade eden ağırlıklar hem PCA hem de Analitik Hiyerarşi süreci (AHP) yardımı ile belirlenmiştir. Böylece üç farklı yöntem ile toprak kalite indeksi (TKİ, TKİ_{PCA} ve TKİ_{AHP}) değerleri elde edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçları toprak kalitesi indekslerinin birbirlerinden önemli düzeyde farklı olduğunu göstermiştir. Uzman görüşü ile belirlenen toprak kalite indeksine (TKİ_{AHP}) en yüksek katkı yapan parametre tekstür (%22) ve en düşük etki eden parametre ise kireç içeriği (%4) olmuştur. Farklı kullanımlar altındaki araziler için yapılan değerlendirmede, toprak kalite indekslerinin en kötü olduğu arazilerin tarla bitkileri ekili alanlar ile meyve bahçeleri olduğu görülmüştür. Yoğun tarımsal üretimin yapıldığı alanlarda OM içeriği AS, Ha, pH ve EC'nin toprak kalite indeksi üzerinde önemli düzeyde etkiye sahip olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgular, toprak kalitesinin uzman görüşüne yer verilerek yapılan değerlendirmeler ile daha sağlıklı bir şekilde belirlenebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak kalitesi, Dicle Havzası, MEDALUS, PCA, AHP, Jeostatistik

ABSTRACT

MS THESIS

Evaluation of Soil Quality with Different Methods in Upper Tigris Basin Where Intensive Agricultural Production is Performed

Semra ALGÜR AVCİ

**The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Siirt University
The Degree of Master of Science
In Department of Horticulture**

Supervisor : Assist. Prof. Mesut BUDAK

Co-Supervisor: Assist. Prof. Ruhan İlknur Gazioğlu ŞENSOY

2019, 82 Pages

Sustainability in regions where intensive agricultural production is carried out can be achieved by determining the soil quality accurately and developing management methods accordingly. The purpose of this study was to determine the soil quality index of the Upper Tigris Basin by using different methods and mapping of the spatial variability with geostatistical methods. The study area of 9847,29 km² with 5 different land uses was divided into 5km * 5km grids and soil samples were taken from 386 points at a depth of 0-20 cm from approximately the corners of grid points. Additional soil samples of 66 points were taken between the grid corners (250m, 750m and 1750m) in order to define the variations in distances less than 5 km. Particle size distribution (clay, sand and silt), aggregate stability (AS), pH, electrical conductivity (EC), organic matter (OM), available phosphorus (P) and potassium (K), sodium adsorption ratio (SAR), lime content, bulk density (Bd), available water content (AWC), total porosity (TP) and water filled pore space of soil samples and the mean slope of each sampling area were determined. The parameters were evaluated by Principal Component Analysis (PCA) method, and the minimum data sets (MDS) including the indicators that best represent the soil quality were created. The weights used to express the contribution of the parameters included in the minimum data set to the soil quality were determined by both the PCA and Analytic Hierarchy Process (AHP). Thus, three soil quality index (SQI, SQI_{PCA} and SQI_{AHP}) values were obtained by three different methods. Results of the statistical analysis indicated that soil quality indexes were significantly different from each other. The most significant parameter contributed to SQIAHP (expert opinion) was texture (22%), while the lime content (4%) was the least contributed parameter. The evaluation made for the different land uses showed that field crop fields and the orchards had the worst SQI values. The OM content, AS, Bd, pH and EC had significant effects on soil quality index in the areas where intensive agricultural production was carried out. The findings revealed that soil quality can be determined more accurately by including the expert opinions into the assessment process.

Keywords: Soil Quality, Dicle Basin, MEDALUS, PCA, AHP, Geostatistical

1. GİRİŞ

Bitkisel üretim, suyun depolanması, kirleticilerden filtre edilmesi, bozulmaya karşı direnç gösterme, biyoçeşitliliğin temini ve daha birçok hayati fonksiyonundan dolayı toprağı oluştğı yerde muhafaza etmek ve fonksiyon gösterme yeteneğinin kaybolmasına engel olmak yeryüzünde yaşayan her canlı için son derece önemlidir. Yenilenmesi oldukça uzun zaman gerektiren toprağın korunması toprağı dayalı tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından oldukça önem arz etmektedir.

Arazinin kullanım şekli ve tarımsal amenajman uygulamaları toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile canlıların popölasyonlarında önemli değışimlere yol açmaktadır ve bazı durumlarda arazinin verimliliğinde de bir azalmaya neden olmaktadır (Caravaca ve ark., 2002). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yoğun tarımsal üretimin yapıldığı alanlarda görülen aşırı toprak işleme, anızların yakılması, bilinçsiz gübreleme, arazilerin vasıflarına göre kullanılmaması vb. nedenlerden dolayı toprak kalitesinin gittikçe kötüye gittiğı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmektedir (Andrews ve ark., 2004; Rezaei ve ark., 2015; Veum ve ark., 2017; Budak ve ark., 2018a).

Ülkemizde gelişen sanayileşme ve tahrip edilen doğal dengenin etkisi ile ortaya çıkan iklimdeki değışimlerin yanı sıra artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için birim alandan daha yüksek verim elde etme arzusu tarım arazilerinde toprağın fonksiyon gösterme kapasitesinin azalmasına ve hatta bazı durumlarda yok olmasına neden olmaktadır. Tarımsal üretimde birim alandan daha fazla ürün alma anlayışı doğrultusunda kimyasal gübre, toprak düzenleyicileri, endüstriyel ve evsel atıklar ve kalitesiz sulama suları vb. maddelerin kullanımı artmaya başlamıştır. Bilinçsiz bir şekilde kullanılan bu maddeler zamanla toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değışmesine neden olmaktadır ve bunun sonucunda da toprakların üretim fonksiyonunun bir göstergesi olan toprak kalitesinin değışmesine yol açmaktadır. Ayrıca arazi örtüsünün değışimi, biyo-çeşitlilik, toprak verimliliğı gibi biyo-fiziksel, ürün miktarı, işletme gelirleri ve pazar etkinliğinin azalması gibi ekonomik, kırsaldan şehirlere göçün artması, nüfusun yapısının değışimi, toplumda dayanışmanın azalması, sağlığın kötüye gitmesi, işsizlik oranının artması gibi sosyal ve devletin gücünün azalması ve göçler ile ilgili anlaşmazlıklar gibi politik göstergelerde arazi bozulmasına dolayısı ile de toprak kalitesinin azalmasına neden olmaktadır (Vogt ve ark., 2011;

Baartman ve ark., 2007; Hui ve ark., 2008). Bu durum özellikle çalışma alanının yer aldığı Yukarı Dicle Havzasında yoğun bir şekilde görülmektedir.

Çalışma alanı dünyanın medeniyet beşiği ve en önemli ekosistemlerinden biri olarak kabul edilen Mezopotamya'nın Kuzey-Batı kısmında (Yukarı Dicle Havzası) yer almaktadır. Bu bölgede insanlar 10 bin yıl önce yerleşmiş ve tarımsal üretime başlamışlardır (Evans, 2011). Son yıllarda görülen iklim değişimleri yanı sıra, yoğun tarımsal üretim uygulamaları ve arazilerin vasfına göre değerlendirilmemesi çalışma alanında önemli bir arazi bozulmasına neden olmuştur. Bunun temel nedeni binlerce yıldır yerleşen insanlardan dolayı sürekli artan antropojenik baskılara maruz kalan toprakların üretim fonksiyonlarını kaybetmesidir. Sürekli olarak artan tarımsal üretimin zaman içerisinde azalmadan devam ettirilebilmesinin önündeki en önemli tehditlerin başında toprağın üretkenlik fonksiyonunun azalmasına neden olan bozulma olayları gelmektedir (Bayram ve ark., 2015).

Tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamanın en önemli yolu toprak kalitesinin doğru bir şekilde ölçülmesi ve buna göre amenajman yöntemlerinin geliştirilmesidir. Bir bütün olarak doğrudan toprak kalitesinin ölçümü mümkün olmadığından toprak kalitesi, toprağın fonksiyonlarını yerine getirmesinde etkili olan ve kalite göstergesi olarak adlandırılan parametrelerin (toprak özelliklerinin) belirlenmesi yoluyla değerlendirilebilmektedir. Genetik ve dinamik faktörlerin etkileşimlerinin ürünü olan toprak kalitesi fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinin bileşiminden meydana gelen veri setlerinin değerlendirilmesi ile tanımlanabilir. Andrews ve ark., (2004)'e göre toprak kalitesinin değerlendirilmesi 3 farklı aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi toprak kalitesini en iyi şekilde tanımlayacak toprak özelliklerinin seçimi, ikincisi bu toprak özelliklerinin sayısallaştırılarak uygun bir şekilde yorumlanması ve üçüncüsü ise toprak özelliklerinin skorlanarak bir indeks içerisinde birleştirilmesidir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda toprak kalite indeksinin belirlenmesi için çok sayıda parametre (fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri) tanımlanmıştır. Ancak herhangi bir bölgenin toprak kalite indeksi belirlenirken bu parametrelerin tamamının kullanılması hem zaman alıcı hem de oldukça maliyetli olmaktadır. Bu nedenle toprak kalite indeksinin belirlenmesinde herhangi bir değerlendirme yöntemini uygulayabilmek için toprak kalitesini yansıtacağına inanılan en az sayıdaki toprak karakteristiklerinden oluşmuş bir veri seti kullanılmalıdır (Karlen ve ark., 2003; Andrews ve ark., 2004; Rezaei ve ark., 2015; Veum ve ark., 2017; Budak ve ark.,

2018a). Raiesi (2017), Her yerde aynı veri setini kullanmak yerine farklı tarımsal ekolojilerin özelliklerini yansıtacak şekilde yeni veri setlerinin hazırlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Ancak veri setleri hazırlanırken parametrelerin ilavesinde veya çıkartılmasında bilimsel bir dayanağının olması gerekmektedir. Bunun için en çok kullanılan yöntemlerden biri Temel Bileşen Analizi (PCA) diğeri ise Uzman görüşü (Expert Opinion) yöntemi ile minimum veri setlerinin (MVS) oluşturulmasıdır.

Toprak kalitesinin belirlenmesinde MVS oluşturulduktan sonra atılacak ikinci adım MVS içine dâhil edilen göstergelerin doğrusal veya doğrusal olmayan yöntemlerle skorlanarak yorumlanabilir hale getirilmesidir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda toprak kalite indeksi belirlenirken her ne kadar farklı skarlama yöntemleri kullanılsa da temel mantık birimleri ve değer aralıkları farklı olan toprak özelliklerine ait verileri normalize ederek ve birimsiz skarlara dönüştürerek yorumlanabilir hale getirmektir. Örneğin arazi bozulması ve çölleşme bakımından çevreye hassas alanları belirlemek için Kosmas ve ark. (1999) tarafından geliştirilen MEDALUS modelinde toprak kalitesi indeksi altında tanımlanan parametrelere 1 (en iyi) ile 2 (en kötü) arasında skarl verilerken, Andrews ve ark., (2004) tarafından geliştirilen SMAF modelinde tanımlanan parametrelere 0 (en kötü) ile 1 (en iyi) arasında skarl verilmiştir. Ayrıca son zamanlarda toprak kalitesinin belirlenmesinde tanımlanan parametrelerin skarllanması yanı sıra Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile parametrelere ağırlıkların verilmesinin daha doğru sonuçlar elde edilmesine olanak sağladığı bildirilmiştir (Rahdari ve ark., 2013; Bouzekri ve Benmessaoud, 2015; Negaresh ve ark., 2016; Arami ve Ownagh, 2017; Liu ve ark., 2017; Budak ve ark., 2018a).

Bu çalışmanın temel amaçları; 1. Yoğun tarımsal üretimin yapıldığı Yukarı Dicle Havzasında toprak kalitesi indeksinin belirlenmesi için fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinden oluşan bir MVS'nin oluşturulması, 2. Minimum veri setine dâhil edilen parametrelerin skarllanması, 3. Skarlanan parametrelerin AHP yöntemi ile ağırlıklandırılması, 4. Skarlanan ve ağırlıklandırılan parametrelerin toprak kalite indeksi (TKİ) olarak adlandırılan bir indeks içerisinde birleştirilmesi ve 5. Elde edilen TKİ'ne ait değerlere ait yersel değişimin coğrafi bilgi sistemleri yardımı ile haritalanmasıdır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Toprak Kalitesi

İnsanlık için toprak; hayatın amacı ve sağlığın temelidir. Birçok insan, toprağın sağlığı/kalitesi ile orada yaşayan insanların sağlık ve refah düzeyi arasında güçlü bir bağ olduğuna inanmaktadır (Doran ve ark., 1994). FAO'ya göre toprak; bitki büyümesi yoluyla, yaban hayatı ve evcil hayvanlar da dâhil olmak üzere, hayvan biyoçeşitliliğini desteklemede önemli bir rol oynamaktadır. Üstelik toprak, bitki artıklarının parçalanması, atmosferden bileşenlerin asimile edilmesi, havalandırmanın yanı sıra karbon, besin maddeleri ve hidrolojik döngülerin düzenlenmesi ve toksik elementlerin parçalanması gibi birçok hayati fonksiyonu yerine getiren milyonlarca farklı organizmayı içermektedir (FAO, 1976).

Toprak kaynağı dinamik canlı bir sistem olarak biyolojik, fiziksel ve kimyasal bileşenleri arasında benzersiz bir denge ve etkileşimle açıklanmaktadır (Karlen ve ark., 1997). En iyi toprak-bitki ve arazi yönetimlerinin seçimiyle tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması, toprakların birçok özelliğinin iyileştirilmesine olanak vermek mümkündür. Sürdürülebilir çevre prensipleri doğrultusunda bunu gerçekleştirebilmek doğal kaynakların tanınması, kapasitesine uygun olarak kullanılması ve yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Aksi durumda, doğal kaynakların üretim potansiyeli azalacak ve bozulması kaçınılmaz olacaktır ve bu tarımsal üretimde yüksek verim ve kaliteli bir çevre sağlığının göstergesi olan toprak kalitesinin düşmesine neden olacaktır (Özbek, 2004).

Toprak kalitesinin tanımı konusunda farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. FAO (1976) toprak kalitesini “arazinin karmaşık bir özelliği” olarak tanımlanmış ve arazi kullanımının arazinin sürdürülebilirliğine farklı düzeylerde etki ettiği belirtmiştir. Karlen ve ark., (1997), toprak kalitesini; toprağın fonksiyonlarını esas alan, toprağın canlı ve dinamik olan yapısını kapsayacak şekilde "toprağın fonksiyonlarını yerine getirme kapasitesi" olarak tanımlamışlardır. Amerika Toprak Bilimi Derneği ise toprak kalitesini; “doğal veya amenajman ekosistemleri sınırları içerisinde bulunan belirli bir toprağın bitki ve hayvan üretimini devam ettirebilmesi, su ve havanın kalitesini koruması ve iyileştirmesi, insan sağlığı ve diğer canlıların yaşamlarını desteklemesi gibi işlevselliği” olarak tanımlamıştır (SSSA, 1997). Kısacası toprak kalitesi; biyolojik aktiviteyi arttırması, çevre kalitesini koruması ve devam ettirmesi, ekosistem sınırları içerisinde bitkisel üretim işlevini yerine getirmesi için önemli olan birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliğini kapsayan bir indikatör olarak tanımlanmaktadır.

Toprak kalitesi konusunda günümüzde iki temel görüş vardır. Bunlardan birincisi toprağın sahip olduğu özelliklerin fonksiyonu olan kapasite (Doran ve Parkin, 1994), ikincisi ise kullanıma uygunluk kavramıdır (Pierce ve Larson, 1993; Acton ve Gregorich, 1995).

Kapasite; toprağın oluşumunu belirleyen iklim, topoğrafya, vejetasyon ve ana materyal gibi özelliklere bağlı olarak ortaya çıkan kendi bünyesinde barındırdığı özelliklerdir. Bunlar toprak etütleri ile ölçülen ve tekstür, eğim, strüktür, renk gibi kavramlarla belirlenen özelliklerdir (Cebel, 2011).

Kullanıma uygunluk ise dinamik bir kavram olup insan aktivitesi ve yönetiminden etkilenen bir özelliktir. Bu kavram çoğunlukla toprak sağlığı olarak da adlandırılmaktadır (Cebel, 2011). Doran ve Zeis (2000)'e göre toprak sağlığı, toprağın hayati bir canlı sistem olarak işlev görmesi, ekosistem ve arazi kullanım sınırları içinde bitki ve hayvan verimliliğini sürdürmek ile su ve hava kalitesini koruma kapasitesidir. Karlen ve ark., (2008)'e göre toprak kalitesinin sağlıklı olduğunun en önemli göstergesi toprağın birçok fonksiyonunun, kapasitesinin en üst sınırlarında yerine getiriyor olmasıdır.

Arazinin kullanım şekli ve tarımsal amenajman uygulamaları toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile toprak canlılarının popülasyonu ve çeşitliliğinde değişime neden olabilmektedir. Bu da arazinin verimliliğinde de bir azalmaya yol açabilmektedir (Caravaca ve ark., 2002).

Farklı kullanımlar altındaki topraklarda uygulanan yöntemler toprak kalitesine farklı düzeylerde etki etmektedir. Genellikle yapılan yanlış uygulamalar (aşırı toprak işleme, gübreleme, sulama, otlatma, anız yakma, ormanlık alanların tahribi vb.) toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Dolayısı ile bu alanlarda toprak kalitesinin azaldığı görülmektedir (Seybold ve ark., 1997; Karlen ve ark., 2008; Mukherjee ve Lal, 2014; Budak ve ark., 2018a; Budak ve Günel 2018). Yapılan birçok çalışmada toprak kalitesinin en düşük olduğu kullanım alanlarının yoğun tarımsal üretimin yapıldığı tarla bitkileri ekili alanlar, meyve bahçeleri, sebze bahçeleri ile yoğun bir şekilde otlatılan mera alanları olduğu rapor edilmiştir (Budak ve Günel, 2018).

2.2. Toprak Kalitesinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

Birçok toprak özelliğinin bir fonksiyonu olarak tanımlanan toprak kalitesini doğrudan ölçmek mümkün değildir. Bu nedenle toprak kalitesini ortaya çıkarak belirli

göstergelerin belirlenmesi yolu ile değerlendirilmesi en çok tercih edilen yöntemdir. Ancak bu göstergeler, toprağın üretkenlik ve kullanım kapasitesi ile ilgili bilgiler vermeli, kolay ölçülebilir olmalı ve doğru sonuç elde etmemizi sağlamalıdır. Bu nedenle göstergeler kolaylıkla ölçülebilir ve toprağın fonksiyonları ile ilişkili olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinden olması istenir. Ayrıca kalite göstergelerinin bir diğer önemli özelliği ise arazi kullanımı veya amenajmandaki değişimleri yansıtır nitelikte olmasıdır (Acir, 2014).

Herhangi bir amenajman altındaki toprakların kalitesinin belirlenmesi, kullanıcılara uzun vadede toprak kalitesindeki değişimi izleyebilme ve olumsuzluklar karşısında gerekli tedbirler alındığında sürdürülebilirliğini sağlama imkânı vermektedir. Arazi gözlemleri ve laboratuvar koşullarında belirlenecek bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri toprak kalitesi hakkında ön bilgiler verebilmektedir (Öztaş, 2002). Bugüne kadar yapılan çalışmaların birçoğunda toprak kalitesi ile ilişkili göstergeler belirlenmiş ve çalışılan alanlara özgü veri setleri oluşturulmuştur (Kosmas ve ark., 1999; Andrews ve ark., 2004; Govaerts ve ark., 2006; Rezaei ve ark., 2006; Farajzadeh ve Egbal, 2007; Bajocco ve ark., 2016; Coscarelli ve ark., 2016; Symeonakis ve ark., 2016; Veum ve ark., 2017; Budak ve ark., 2018a).

2.2.1. Minimum Veri Setlerinin (MVS) Oluşturulması

Son yıllarda çok sayıda çalışmada, toprak kalitesinin belirlenmesinde herhangi bir değerlendirme yöntemini uygulayabilmek için toprak kalitesini yansıtacağına inanılan en az sayıdaki toprak karakteristiklerinden oluşmuş bir veri seti kullanılmaktadır. Her yerde aynı veri setini kullanmak yerine farklı tarımsal ekolojilerin özelliklerini yansıtacak şekilde yeni veri setlerinin hazırlanması gerektiği belirtilmiştir (Masera ve ark., 1999). Govaerts ve ark., (2006), Meksika'da yer alan yüksek platolarda buğday ve mısır rotasyonu yapılan arazilerde toprak kalitesinin değerlendirilmesinde çeşitli toprak işleme yöntemlerinin toprak kalitesine etkisinin tanımlanmasında farklı indikatörlerden oluşan MVS'leri kullanılması gerektiğini rapor etmişlerdir. Minimum veri seti oluşturarak değerlendirmelerin yapılması sadece çalışılan alanlarla sınırlı olmayıp, hemen hemen her disiplinde başvurulacak bir yöntemdir. ABD'de ülkenin tamamında Medicare ve Medicaid (Sağlık Yardımı) programlarına kayıtlı ve huzur evlerinde kalan insanların durumlarını değerlendirmek için gerekli olan indikatörlerin tanımlanması amacı ile minimum sayıda indikatörden oluşan bir çekirdek küme (veri seti)

oluşturulmuştur (Hawes ve ark., 1995). Benzer veri seti oluşumlarına ait örneklere diğer disiplinlerde de rastlamak mümkündür.

Toprak kalite indeksinin kolay, hızlı ve güvenilir bir şekilde ölçülmesi için minimum veri setlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Özellikle de birbirleriyle ilişkili olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak kalite göstergelerinden oluşan bir veri setinin toprağın ilgili fonksiyonunu tanımlamaya yetecek en az sayıdaki göstergeden oluşması gerekmektedir (Acir, 2014). Bugüne kadar yapılan çalışmalarda toprak kalitesinin belirlenmesi için çok sayıda parametre tanımlanmıştır. Bu parametreler farklı bölgelerde artırılabilir veya azaltılabilir özelliktedir. Ancak bu artırma ya da azaltmanın bilimsel bir dayanağının olması gerekmektedir (Benabderrahmane ve Chenchouni, 2010). Bunun için en çok kullanılan yöntemlerden biri Temel Bileşen Analizi (PCA) diğeri ise Uzman görüşü (Expert Opinion) yöntemi ile minimum veri setlerinin (MVS) oluşturulmasıdır (Andrews ve ark., 2004; Lima ve ark., 2013; Mukherjee ve Lal, 2014; Askari ve Holden, 2015; Cherubin ve ark., 2016; Vasu ve ark., 2017; Budak ve ark., 2018a).

2.2.1.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA)

1901 yılında Karl Pearson'un başlattığı ve 1933 yılında Hotelling tarafından geliştirilen PCA, çok değişkenli analizin en eski ve en çok bilinen tekniğidir (Jolliffe, 2002; Filiz, 2003; Ersungur ve ark., 2007). Çok değişkenli istatistiksel analizde n tane bireye (nesne) ilişkin p tane değişken (özellik) incelenmektedir. Bu değişkenlerden birçoğunun birbiriyle ilişkili ve değişken sayısının (p) çok büyük olması, çeşitli değerlendirmeler yapılmasını güçleştirmektedir. Böyle durumlarda temel bileşenler analizi başvurulacak en önemli tekniktir (Çilli 2007). PCA, değişkenler setinin varyans-kovaryans yapısını, bu değişkenlerin doğrusal birleşimleri vasıtasıyla açıklayarak, veri indirgenmesi ve yorumlanmasını sağlayan, çok değişkenli bir istatistik yöntemidir. Genel olarak değişkenler arasındaki bağımlılık yapısının yok edilmesi ve/veya boyut indirgeme amacıyla kullanılan bu teknik başlı başına bir analiz olduğu gibi başka analizler için veri hazırlama tekniği olarak da kullanılmaktadır. Yöntemde karşılıklı bağımlılık yapısı gösteren, ölçüm sayısı n olan p adet değişken; doğrusal, ortogonal ve birbirinden bağımsız olma özelliklerini taşıyan k ($k \leq p$) tane yeni değişkene dönüştürülür. Her biri n ölçümünde p değişkenin oluşturduğu bir sistem düşünüldüğünde, sistemin toplam değişkenliği (varyansı) p değişkenin tümü tarafından açıklanır. Toplam değişkenliğin önemli bir kısmı k ($k \leq p$) bileşen tarafından açıklandığı

durumlarda, k bileşen orijinal p değişkeni temsil edebilir. Bu durumda n ölçümdeki p değişken, önemli bir bilgi (varyans) kaybına neden olunmaksızın, n ölçümündeki k değişkene indirgenmiş olur. Söz konusu k adet yeni değişken, orijinal değişkenlerin bazı kısıtlamalara bağlı kalınarak oluşturulmuş çeşitli doğrusal birleşimleridir (Ersungur ve ark., 2007).

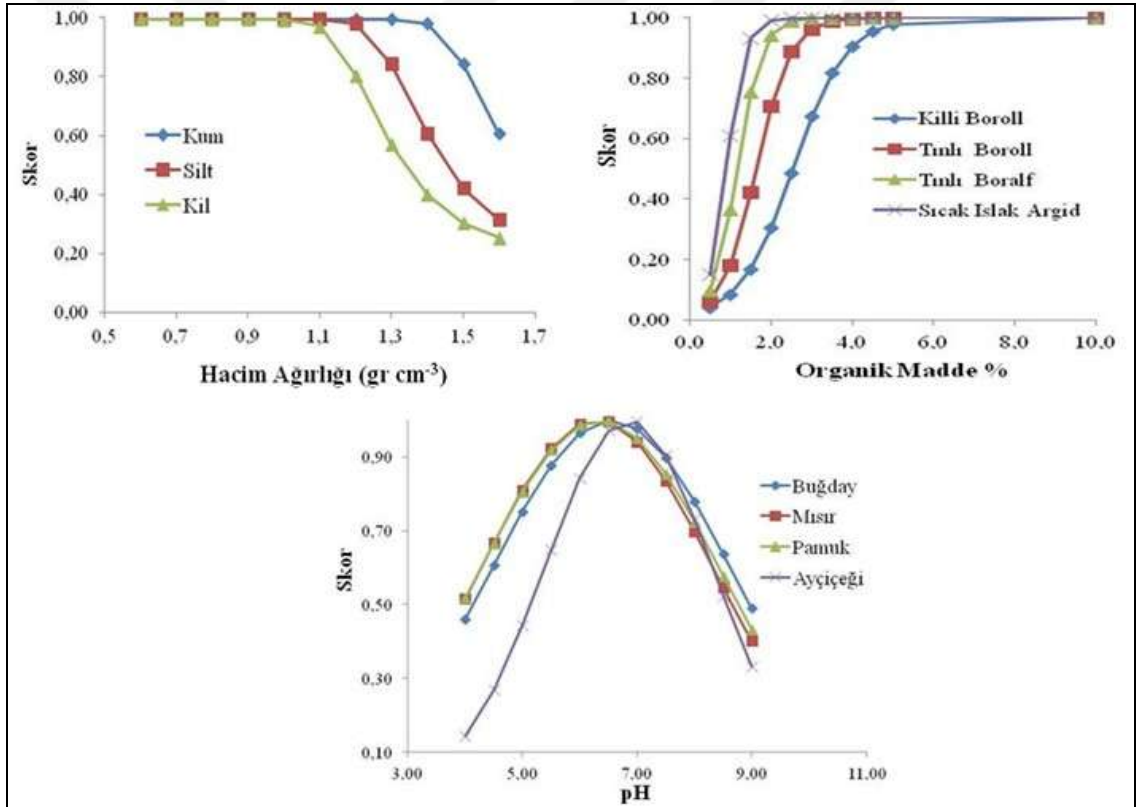
Uzman görüşü ile minimum veri setlerinin oluşturulması sistemin çok iyi bilinmesini gerekli kılmaktadır. Ancak, indikatörlerin seçimi için hiyerarşik bir çerçevenin kullanımı ile seçimin daha sistemik bir şekilde yapılmasını mümkün kılmaktadır (Andrews ve ark., 2002; Acir 2014). Uzman görüşü ile MVS'nin oluşturulması için alanı çok iyi tanımlayan uzmanlar tarafından parametrelerin tanımlanması ve minimum veri setlerine dâhil edilmesi gerekmektedir (Andrews ve ark., 2002).

2.2.2. Skorlama Yöntemleri

Toprak kalitesi için tanımlanan parametre ölçümlerini anlamlı kılabilmek için kullanılan yöntemlerin hem tarımsal hem de çevre ile ilgili yorumları kapsaması ve çiftçiler ile toplumun diğer kesimlerinin değerlerini yansıtıyor olması gerekmektedir. Toprak kalitesi indekslerinin hesaplandığı çalışmaların birçoğunda skorlama yöntemleri kullanılmıştır (Karlen ve Scott, 1994; Kosmas ve ark., 1999; Andrews ve ark., 2004; Marzaioli ve ark., 2010; Lima ve ark., 2013; Mukherjee ve Lal, 2014; Askari ve Holden, 2015; Cherubin ve ark., 2016; Vasu ve ark., 2017; Budak ve ark., 2018a). Skorlama fonksiyonları, indikatörlerle toprak (veya ekosistem) fonksiyonları arasındaki ilişkileri sayısallaştırmakta ve toprak tipi, iklim ve yetiştirilen bitkilere göre indikatörler için beklenen aralıkları tanımlamaktadır. Ayrıca anlamlı bir şekilde toprak kalite indeksini hesaplayabilmek için bölgesel koşulların dikkate alınması ve seçilen parametrelerin skorlanması gerekmektedir (Lima ve ark., 2013).

Son 20 yıldır toprak kalitesinin belirlenmesinde farklı eşik değerlere sahip ve farklı değerlendirme kriterlerini içeren skorlama yöntemleri kullanılmıştır. Örneğin; Norgaard (1994) ekonomide faydalanma fonksiyonlarının tanımlanmalarında, Yakowitz ve ark., (1993) ise karar fonksiyonlarında çok amaçlı karar vermede skorlama yöntemlerini kullanmışlardır. Toprak kalitesinin belirlenmesinde ise ilk kez Karlen ve Stott (1994) skorlama yöntemini kullanmıştır. İlgili araştırmacılar toprak kalite indeksini belirlemek için tanımladığı parametreleri skorlarken üç ana skorlama eğrisi kullanmışlardır. Bu skorlama eğrileri “*daha fazla daha iyidir*”, “*daha az daha iyidir*”

ve “*optimum daha iyidir*” şeklinde tanımlanmıştır. Araştırmacılar toprak kalitesini belirlerken göz önünde bulundurululan toprak reaksiyonu (pH) için optimum daha iyidir eğrisi kullanırken, organik madde için daha fazla daha iyidir, EC için ise daha düşük daha iyidir eğrisini kullanmışlardır (Şekil 2.1). Daha sonra toprak kalitesini belirlemek için geliştirilen SMAF (Soil Management Assessment Framework - Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi) (Andrews ve ark., 2004) ve toprakların bozulmaya karşı duyarlılığını belirlemek için toprak kalitesi indeksini önemli bir indikatör olarak göz önünde bulunduran MEDALUS (Mediterranean Desertification And Land Use - Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı) (Kosmas ve ark., 1999) modeli bu tekniğin temel mantığını kullanmaktadır ve eğrinin şeklinde değişkenliklere izin vermektedir.



Şekil 2.1. Farklı topraklarda hacim ağırlığı (en düşük en iyidir) ve Organik madde (en yüksek en iyidir) ile farklı bitkiler için toprak pH (optimum daha iyidir) için skorlama eğrileri (Andrews ve ark., 2004).

MEDALUS modelinde toprak kalitesi indikatörü altında tanımlanan parametrelerin arazi bozulması işlemi ile ilişki düzeyine bağlı olarak 1.0 ile 2.0 arasında skorlar verilmektedir. Skorlamada 1.0, en iyiyi ve 2.0 ise en kötüyü ifade etmektedir (Kosmas ve ark., 1999). Araştırmacılar tanımlanan parametrelerin farklı bölgelere göre değerlendirilebileceğini ve skorlamanın çalışılan bölgeye göre düzenlenebileceğini

rapor etmiştir. Ayrıca Farajzadeh ve Egbal, (2007) MEDALUS modelinde skorlamada kullanılan eşik değerlerin ve parametrelerin ağırlıklarında da değişiklik yapılması gerektiğini belirtmiştir.

2.2.3 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Toprak kalite indeksinin belirlenmesinde skorlama yöntemlerinin kullanılması uzmanlara birçok avantaj sağlamaktadır. Ancak skorlama metodlarında her bir indikatör bağımsız olarak değerlendirilmektedir ve toprak kalitesine ne derecede etki ettiği hakkında herhangi bir bilgi vermemektedir. Bu nedenle son zamanlarda yapılan çalışmalarda uzman görüşleri ile toprak kalitesi indeksinin belirlenmesinde tanımlanan indikatörlere ağırlıklar vererek hangi indikatörün daha önemli olduğunu belirlemeye olanak sağlayan AHP metodunun kullanımı önem kazanmıştır (Rahdari ve ark., 2013; Bouzekri ve Benmessaoud 2015; Negaresh ve ark., 2016; Arami ve Ownagh, 2017).

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çok amaçlı karar verme yöntemlerinden birisidir. AHP arazi bozulması ve çölleşmenin daha hassas değerlendirilmesi için uzman görüşlerini dikkate alan, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendiren matematiksel bir yöntemdir (Saaty, 1990; Othman ve ark., 2010; Salehpour Jam ve ark., 2017).

Uzman görüşü ile AHP uygulamasına başlarken öncelikle hiyerarşi modeli kurulur. Analitik hiyerarşi sürecinde hiyerarşi kurulurken en üst basamakta problemin amacı yer alır. Alt basamakta ise problemle ilgili ana kriterler, ana kriterlerin bir alt basamağında ise ilgili kriterin alt kriterleri yer alır. Oluşturulan hiyerarşinin en alt basamağında ise problemle ilgili seçenekler bulunur. Karar probleminin hiyerarşi tablosu oluşturulduktan sonraki adım, aynı önem derecesine sahip kriterlerin birbirine göre ağırlıkların belirlenmesidir. Bu aşamada birbirine göre ağırlıklandırma kısmında Saaty (2008) tarafından geliştirilen 1-9 arasında skorlar bulunan tercih ölçeğinden yararlanılır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. 1-9 skorlu tercih ölçeği (Saaty, 2008).

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre yüksek derecede kuvvetle tercih edilmelidir.
9	Mutlak Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre çok yüksek derecede önemlidir.
2-4-6-8	Ara Değerler	İki faktör arasında küçük farklar olduğunda kullanılır.

AHP yönteminde, kompleks bir karar problemi (çoklu alternatif ve çoklu kriter) ikili karşılaştırmalara indirgenir ve buradan sonuca ulaşmaya çalışılır. AHP tekniği ile değerlendirmeye alınan indikatör ve parametrelerin ağırlık ortalamaları sırası ile aşağıdaki şekilde belirlenmektedir (Satty, 2008).

1. Adım: Parametrelerin etki durumu göz önünde bulundurularak uzman tarafından ikili karşılaştırmalar yapmak için, her bir indikatör altında tanımlanan parametrelerin bulunduğu bir matris oluşturulur. Bu matrikste parametrelerin önem seviyesi A ve B harfleri ile karşılaştırılıp 1-9 arasında değerler verilmektedir (Şekil 2.2).

2. Adım: Karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra karşılaştırılan parametrelerin her birinin önceliğinin hesaplanması aşamasına geçilir. Bunun için 3 ayrı işlem yapılır. Bunlar, a). İkili karşılaştırmalar matrisinin her bir sütunundaki değerler toplanır. b). İkili karşılaştırmalar matrisindeki her bir eleman, bulunduğu sütunun toplam değerine bölünür. Bu işlem sonucunda normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilir. c). Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırındaki elemanların aritmetik ortalaması hesaplanır. Elde edilen bu ortalama değerler karşılaştırılan elemanların göreceli öncelikleri ile ilgili bir tahmin sağlamaktadır (Satty, 2008; Dengiz ve Sarioğlu, 2013).

3. Adım: Yöntemin son aşamasında ise oluşturulan karşılaştırma matriksi ile tüm parametrelerin karşılaştırılması sonucu elde edilen ağırlıkların doğruluk derecesi kontrol edilir. AHP yönteminde verilecek son kararın güvenilirliği test etmek için dikkat edilmesi gereken en önemli faktör uzmanın (karar verici) karşılaştırma matriksinde verdiği kararlarının tutarlı olup olmadığıdır. Bu yüzden tutarlılık sorunuyla ilgili olarak AHP’de karar vericinin karşılaştırma sonuçlarına paralel olarak bir “tutarlılık oranı” (Consistency Ratio) yöntemi geliştirilmiştir. AHP yöntem ile karar vericilerin yaptığı değerlendirmeler sonucu her bir parametre için elde edilen ağırlık değerinin kabul edilmesi için tutarlılık oranının %10’dan küçük olması gerekmektedir (Satty, 2008; Dengiz ve Sarioğlu, 2013; Negaresh ve ark., 2016).

AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) (EVM multiple inputs)									
K. D. Goepel Version 26.07.2014		Free web based AHP software on:					http://bpmisg.com		
n=	9	Parametre Sayısı (3 to 10)					Scale:	1	Linear
N=	4	Karar verici Sayısı (1 to 20)					?	0,1	Consensus us:
p=	0	Karar verici (0= Tüm karar vericilerin ortalaması)					13	20	
Konu	Dicle Havzası Fiziksel Toprak Özelliklerinin Ağırlıklandırılması								
Yazar	Mesut BUDAK								
Tarih	30 Nisan 2018	Harmanlama (Thresh):		1E-07	Tekrarlama iterations		5	EVMheck:	1,6E-08
	Parametre	Tanım						Ağırlık	Rk
1	Parametre 1	Ana Materyal						28,7%	1
2	Parametre 2	Tekstür						24,7%	2
3	Parametre 3	Eğim						10,0%	4
4	Parametre 4	Taşlılık						4,3%	7
5	Parametre 5	Drenaj						10,3%	3
6	Parametre 6	Derinlik						2,5%	9
7	Parametre 7	Agregat Stabilitesi						6,3%	6
8	Parametre 8	Hacim Ağırlığı						8,9%	5
9	Parametre 9	Su ile Dolu Gözenek Hacmi						4,3%	8
Sonuç	(Öz Vektör) Eigenvalue					lambda:		9,934	
	Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio (CR))					0,37	GCI:	0,29	CR
								8,1%	
Matrix	Parametre 1	Parametre 2	Parametre 3	Parametre 4	Parametre 5	Parametre 6	Parametre 7	Parametre 8	Parametre 9
	1	2	2	6	3	7	6	5	7
	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
Normalleştirilmiş Ana özvektör (normalized principal Eigenvector)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5	1/3	3	1/3	4	1	1/2	3
Parametre 8	1/5	1/4	1/2	2	2	3	2	1	3
Parametre 9	1/7	1/5	1/3	2	1/4	4	1/3	1/3	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parametre 2	1/2	1	4	5	4	6	5	4	5
Parametre 3	1/2	1/4	1	1	1/2	4	3	2	3
Parametre 4	1/6	1/5	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/2
Parametre 5	1/3	1/4	2	2	1	3	3	1/2	4
Parametre 6	1/7	1/6	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4
Parametre 7	1/6	1/5							

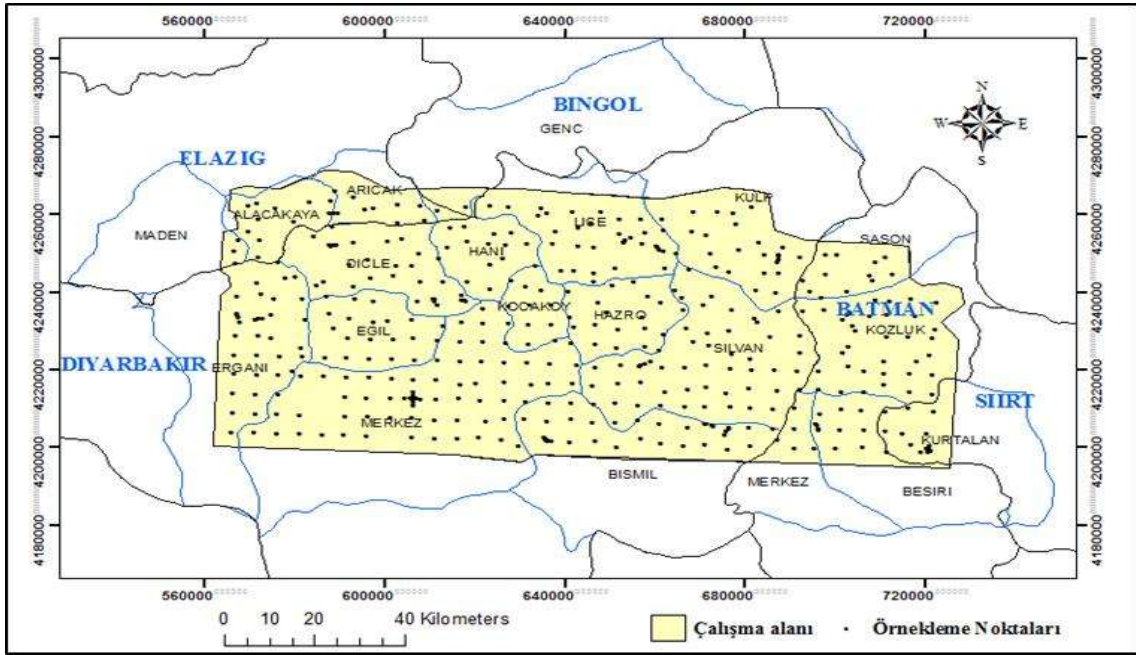
Toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait mesafeye bağlı değişimlerinin belirlenmesi, incelenmesi ve haritalanması uygun amenajman yöntemlerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir (Denton ve ark., 2017). Elde edilen haritalarda toprak özelliklerinin en küçük ve en yüksek değerleri ile ortalama değerlerinin yerlerini tespit etmek mümkün olduğundan, sorunlu olduğuna karar verilen alanlar için daha hızlı karar almak mümkün olacaktır (Mali ve ark., 2016). Ancak çalışılan alanın geniş ve yersel değişkenliğin de yüksek olması durumunda, daha doğru tahmin yapabilmek için alınması gereken örnek sayısının artırılması gerekecektir. Bu durum yapılacak arazi çalışmalarında daha yüksek maliyet, işgücü ve zaman gereksinimine neden olmaktadır. Bu nedenle, daha az örnekle toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenliğini tahmin edecek ve haritalanmalarına yardımcı olacak yöntemlerin geliştirilmesine gereksinim duyulmaktadır (Weindorf ve Zhu, 2010).

Toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenliklerinin modellenmesi ve örnekleme mesafeleri ile özellikler arasındaki ilişkinin tanımlanmasında birçok araştırmacı güvenilirliği ispatlanmış olan jeostatistiksel yöntemleri kullanmışlardır (Goovaerts, 1998; Webster ve Oliver, 2007; Erdem ve ark., 2012; Günal ve ark., 2012; Glendell ve ark., 2014; Sabeti ve ark., 2016; Cao ve ark., 2017; Denton ve ark., 2017; Vasu ve ark., 2017). Jeostatistikte, toprak özelliklerinin arazideki değişkenliğinin tanımlanması ve modellenmesinde semivariogram modeli, örneklenmeyen noktalara ait değerlerin güvenilir bir aralıkta tahmin edilmesinde ise krigleme yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Kalivas ve ark., 2002; Webster ve Oliver, 2007; Barik ve ark., 2014; Tripathi ve ark., 2015; Denton ve ark., 2017).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı 37°58'-38°30'(K) enlemleri ile 39°47'-41°30' (D) boylamları arasında yer alan Diyarbakır (Merkez, Eğil, Ergani, Lice, Dicle, Kulp, Kocaköy, Silvan, Hani, Hazro ve Bismil ilçeleri), Batman (Merkez, Beşiri, Sason ve Kozluk ilçeleri), Siirt (Kurtalan ilçesi), Elazığ (Arıcak, Maden ve Alacakaya ilçeleri) ve Bingöl (Genç ilçesi) illerinin içinde bulunduğu yaklaşık 1.000.000 ha'lık alandan oluşmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu.

3.1.1. Çalışma Alanının İklimi

Çalışma alanında yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin karasal iklimi hâkimdir. Çalışma alanında yağış değerlerinin aylara ve mevsimlere göre dağılımı incelendiğinde, yağışın büyük bir bölümünün kış ve bahar aylarında düştüğü görülmektedir. Yağışın yaklaşık %41'i kış mevsiminde, %38.5'i ilkbaharda, %18.7'si sonbaharda ve %1.8'i ise yaz mevsiminde düşmektedir. Gerek mevsimler arasındaki sıcaklık farkı, gerekse gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı karasal iklimin en açık göstergesidir. Çalışma alanında uzun yıllar ortalama yıllık yağış miktarı Diyarbakır ilinde 483.5 mm (1929-2017 yılları arasında), Batman ilinde 487.5 mm (1963-2017 yılları arasında), Siirt ilinde 713 mm (1938-2017 yılları arasında) ve Elazığ ilinde ise (1938-2017 yılları arasında) 406.7

mm'dir. Yıllık ortalama sıcaklık ise Diyarbakır ilinde 15.8 °C, Batman ilinde 16.4 °C, Siirt ilinde 16.1 °C ve Elazığ ilinde ise 13.1 °C'dir. Tespit edilen en yüksek sıcaklık Batman ilinde 48.8 °C (Temmuz), Diyarbakır ilinde 46.2 °C (Temmuz), Siirt ilinde 46 °C (Ağustos) ve Elazığ ilinde ise 42.2 °C (Temmuz)'dir (MGM, 2018).

3.1.2. Bitki Örtüsü ve Arazi Kullanımı

Alanda yapılan arazi çalışmalarına göre doğal bitki örtüsünü genellikle Geven (*Astragalus Gumifer*), Tüylü buğday (*Aegilops Neglecta*), tilki bromu (*Bromus Rubens*), Köpek dişi ayrığı (*Cynodon Dactylon*), Yaban Yulafı (*Avena Sterilis*), Sakal otu (*Aegilops Triuncialis*) Yabani arpa (*Hordeum Murinum L.*) vb. step bitkileri oluşturmaktadır. Bu bitkiler yağışın bol olduğu ilkbahar aylarında kısa bir süre içinde yeşerip çiçeklenir ve yağışların kesilmesiyle beraber kurak yaz başında hızla kurumaya başlamaktadır. Ormanlık alanlar genellikle çalışmanın kuzey kısmında yer almakta ve çoğunlukla meşe ağaçlarından oluşmaktadır. Ayrıca yer yer karışık orman alanları ve iğne yapraklı ormanlık alanlara da rastlanılmaktadır. Alanda çoğunlukla kuru tarım yapılmakta olup başta buğday olmak üzere, arpa, mercimek, mısır, pamuk ve tütün gibi tarla bitkileri, üzüm, badem, erik, fıstık ve elma gibi meyve ağaçları, çilek, karpuz, fasulye, domates, salatalık, acur, biber ve patlıcan gibi sebze bitkileri yetiştirilmektedir (Şekil 3.2 - 3.11).



Şekil 3.2. Buğday tarlasından bir görüntü (Batman İli, Kozluk İlçesi ve Ünsaldı köyü 126 nolu örnek).



Şekil 3.3. Arpa tarlasından bir görüntü (Diyarbakır ili, Merkez Güleçoba köyü 3 nolu örnek).



Şekil 3.4. Mısır ekili araziden bir görüntü (Diyarbakır ili Merkez Tanışık köyü 409 Nolu Örnek).



Şekil 3.5. Pamuk ekili araziden bir görüntü (Diyarbakır ili Merkez Hantepe köyü 103 Nolu örnek).



Şekil 3.6. Tütün tarlasından bir görüntü (Diyarbakır ili Kocaköy ilçesi Bozbağlar köyü 235 nolu örnek).



Şekil 3.7. Diyarbakır ilindeki bağlardan bir görüntü (Diyarbakır ili Ergani ilçesi, Dereboyu köyü 163 nolu örnek).



Şekil 3.8. Badem dikili arazilerden bir görüntü (Diyarbakır ili, Dicle ilçesi Gelincik köyü 318 Nolu örnek).



Şekil 3.9. Yeni tesis edilmiş fıstık bahçesinden bir görüntü (Siirt ili, Kurtalan ilçesi, İncirlik köyü 460 nolu örnek).



Şekil 3.10. Fasulye yetiştirilen arazilerden bir görüntü (Batman ili Sason ilçesi Dereköyü 340 nolu örnek).



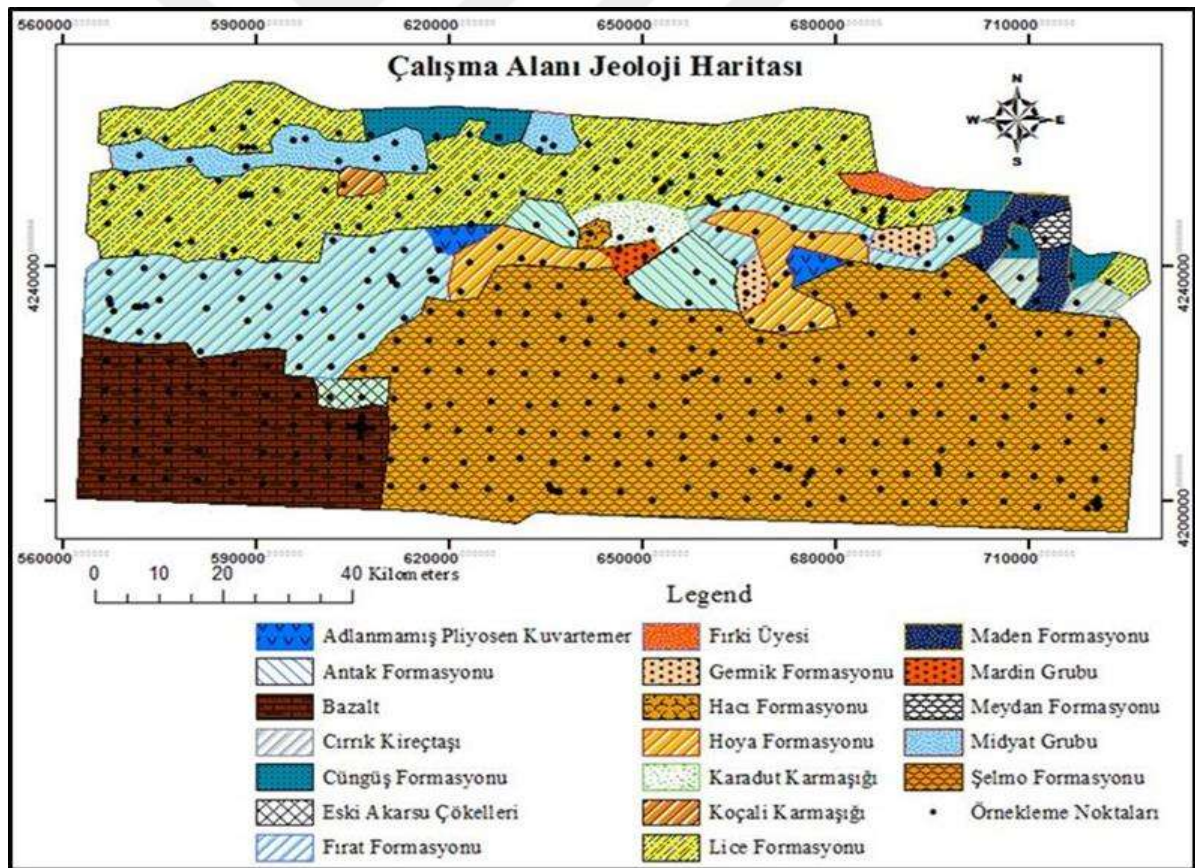
Şekil 3.11. Domates yetiştirilen arazilerden bir görüntü (Diyarbakır ili Hani ilçesi Okur köyü, 292 nolu örnek).

3.1.3. Çalışma Alanının Jeolojisi

Dicle havzası farklı jeolojik materyalleri ve topoğrafik yapıları barındırmaktadır. Yüksek bir plato görünümünde olan havza birçok çanaklaşmış alt havza ve alçak tepelerden oluşmaktadır. Büyük bir püskürük kütlesi olan Karacadağ, Fırat ve Dicle havzalarının ortasında yer alan ve üçüncü zamanın sonlarında pliyosen evresinde faaliyete geçmiş bir volkandır. Karacadağ'ın doğusunda yer alan çalışma alanı, kuzeyden ve doğudan metamorfik Bitlis kütlesi ile güneyden ise Midyat-Mardin eşiği ile sınırlanmıştır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden elde edilen 1/100.000 ölçekli jeolojik haritalara göre her bir toprak örneği alınan noktanın ana materyali yaklaşık olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında 19 farklı ana materyalin bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.12). Çalışma alanının güney batı bölümü Karacadağ volkanik etkinliklerin ürünü olan bazaltlar yer alırken güney, güney-doğu ve doğu bölümünün büyük çoğunluğu konglomera, kil taşı, kumtaşı, şeyl ve yer yer jips özellikli Şelmo formasyonu üzerinde oluşmuştur. Kuzey ve kuzey -batı kısmının çoğunluğu kumtaşı, kil taşı, silt taşı ve kireçtaşı özellikli Lice formasyonundan, orta kısımlarının büyük çoğunluğu ise Neritik kireçtaşı ve yer yer marn özellikli Fırat formasyonu üzerinde oluşmuştur (Sütçü 2008). Çalışma alanında bulunan diğer ana materyaller ise;

- Adlanmamış Pliyosen-Kuvaterner; konglomera, kumtaşı, silt taşı, çamur taşı vb.
- Antak Formasyonu; kumtaşı, şeyl, konglomera vb.
- Cırrık Kireçtaşı; rekristalize kireçtaşı, kalkışit, metakırıntılar.

- Cüngüş Formasyonu; kum taşı, kil taşı, silt taşı vb. yer yer bloklu
- Fırki Üyesi; konglomera, kaba kumtaşı
- Hacı Formasyonu; dolomit
- Hoya Formasyonu; kireç taşı, dolomit
- Germik Formasyonu; jips şeyl, dolomit
- Karadut Karmaşığı; çört, şeyl, kireçtaşı, kireçtaşı, kalsitürbidit, kil taşı, silt taşı vb.
- Koçali Karmaşığı; çört, radyolarit, kireç taşı, çörtlü kireçtaşı, mermer, bazalt, kumtaşı,
- Maden Formasyonu; konglomera, kumtaşı, kil taşı, kireçtaşı, bazalt spilit vb.
- Mardin Grubu; kireçtaşı, dolomit, tabanda yer yer karasal kumtaşı (Muş L 45 paftası)
- Meydan Formasyonu; kloritli ve serisitli, metakırıntılar, dolomitik, mermer, metabazit
- Midyat Grubu; kireç taşı, dolomit ve yer yer kırıntılar şeklindedir (Muş L43 L44-45-46 paftaları) (Sütçü 2008).



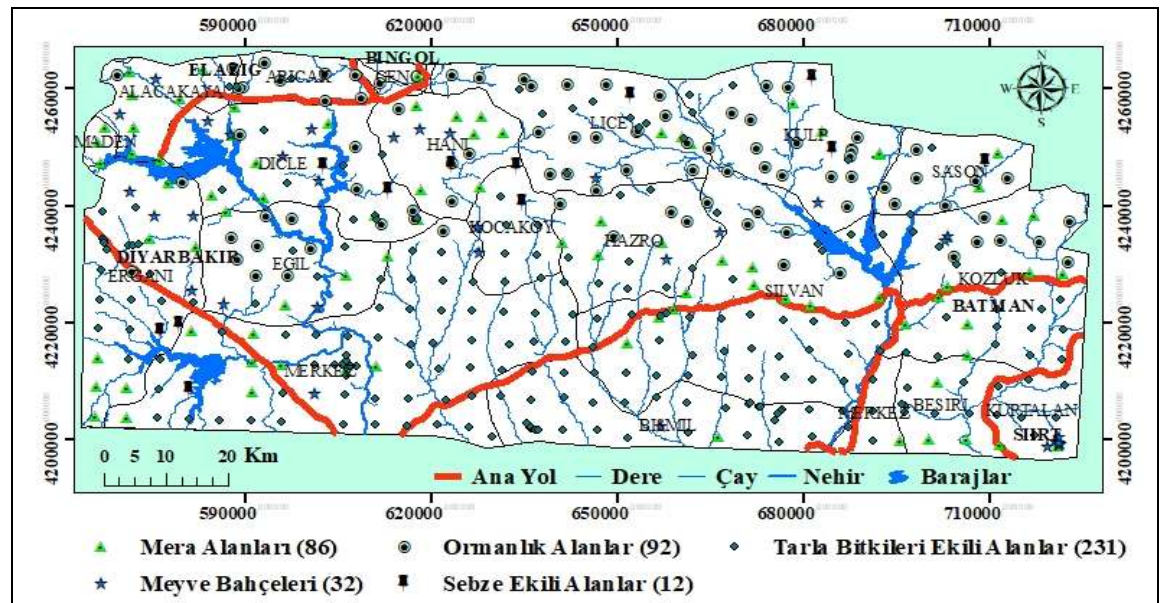
Şekil 3.12. Çalışma Alanı Jeoloji Haritası.

3.2. Toprak Örnekleme ve Arazi Bilgi Çalışmaları

Arazi çalışmaları TÜBİTAK 214O374 nolu proje kapsamında yapılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanı 5 km X 5 km genişliğinde kare gridlere ayrılmıştır. Toprak örneklemeleri, arazi gözlem ve ölçümleri her bir gridin yaklaşık olarak köşe noktasında toplam 386 noktadan ve 0-20 cm derinlikte yapılmıştır. Ayrıca belirlenen özelliklerin 5 km'den daha kısa mesafelerdeki değişimlerinin daha doğru modellenenbilmesi amacıyla ardışık iki gridin köşe noktaları arasında 250-750-1750 m mesafelerde de toprak örneği alınmış ve gerekli arazi bilgileri kayıt altına alınmıştır. Bu şekilde ana materyal, arazi kullanımı ve vejetasyon gibi parametrelerin toprak özellikleri üzerindeki değişkenliği yeterince kapsamı için çalışma alanının farklı yerlerine 22 adet transekt yerleştirilmiş ve her transekte 3 ara noktadan olmak üzere 66 noktadan daha toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.13). Arazi çalışmalarında toplamda 452 noktadan toprak örneği alınmış ve örneklenen alan ile ilgili eğim bilgileri kayıt altına alınmıştır. Arazi çalışması esnasında örnekleme yapılan 452 noktaya ait bitki örtüsü bilgileri tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Arazi çalışmaları esnasında elde edilen bitki örtüsü bilgileri

Bitki Örtüsü	Örnek Sayısı	Alandaki payı (%)
Tarla Bitkileri Ekili Alanlar	231	51,11
Ormanlık Alanlar	91	20,13
Çayır + Mera Alanları	86	19,03
Meyve Bahçesi	32	7,08
Sebze Ekili Alanlar	12	2,65
Toplam	452	100



Şekil 3.13. Örnekleme deseni ve toprak örneği alınan arazinin kullanımları.

3.3. Laboratuvar Analiz Yöntemleri

Çalışma alanında yer alan toprakların genel özelliklerinin belirlenmesi amacı ile alınan 452 bozulmuş toprak örneği oda şartlarında kurutulup, 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. Bu örneklerde toprak tekstürü, organik madde, pH, elektriksel iletkenlik, kireç içeriği, agregat stabilitesi, alınabilir P ve K, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN) analizleri yapılmıştır. Yoğun taşlılık olan yerlerde bozulmamış toprak örneği alınamamıştır. Bu nedenle hacim ağırlığı öncelikle bozulmamış toprak örneği alınan toprak örneklerinde belirlenmiştir. Bozulmamış örneklerin alınamadığı 201 noktanın hacim ağırlığı ise pedotransfer fonksiyonları (PTFs) kullanılarak belirlenmiştir. Bu analizlere ait yöntemler aşağıda verilmiştir.

Tekstür: Toprakların % kil, silt ve kum içerikleri “Bouyoucos Hidrometresi” metodu ile belirlenmiştir (Bouyocous, 1955; Gee ve Bauder, 1986).

Toprak pH'sı: Saturasyon çamuru hazırlanarak saturasyon çamurunda pH okumaları yapılmıştır (Rhoades, 1999).

Elektriksel iletkenlik (EC): Saturasyon çamuru hazırlanarak EC okumaları yapılmıştır (Rhoades, 1999).

Organik madde: Modifiye edilmiş Walkey-Black metoduna göre yapılmıştır (Nelson ve Sommers, 1982).

Kireç İçeriği: Scheibler kalsimetresinde karbondioksit çıkış hacmine göre kireç içeriği belirlenmiştir (Allison ve Moodie 1965).

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR): Saturasyon çamurlarından alınan süzüklerde değişebilir katyonların belirlenmesi ve sonrasında ise eşitlik 1 ile SAR değerinin hesaplanması ile elde edilmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \dots\dots\dots(1)$$

Agregat Stabilitesi: Islak eleme yöntemine göre belirlenmiştir (Kemper ve Rosenau, 1986).

Hacim Ağırlığı: Bozulmamış toprak örneklerinde silindir yöntemine göre belirlenmiştir (Blake ve Hartge, 1986). Bozulmamış toprak örneklerinin alınamadığı 201 nokta için hacim ağırlığı pedotransfer fonksiyonları (PTFs) kullanılarak tahmin edilmiştir. Rawls (1983), toprak tekstürü (kil ve kum içeriği) ve organik madde yardımı

ile hacim ağırlığının belirlenebileceğini rapor etmiştir. İlgili çalışmada verilen eşitlik 2 ile toprak örneği alınmayan 201 noktanın hacim ağırlığı belirlenmiştir.

$$P = \frac{100}{\left(\frac{X}{P_0}\right) + \left(\frac{100-X}{P_m}\right)} \dots\dots\dots(2)$$

Burada, **p**; Toprak hacim ağırlığı **X**; Organik Madde (%) **P₀**; Organik Maddenin ortalama hacim ağırlığı **P_m** ise Mineral maddenin hacim ağırlığıdır (kum ve kil içeriğine bağlı olarak 1-17 arasında değerler almaktadır) (Rawls, 1983).

Tarla kapasitesi: Tüm örneklerde bozulmamış toprak örnekleri kullanılarak Klute (1986)'a göre basınçlı plaka setlerinde belirlenmiştir. Araziden alınmış ve 2 mm'lik elekten geçirilmiş bozulmuş toprak örnekleri bilezik halkalarda, laboratuvar ortamında saf su ile doygun hale getirilmiş ve 1 atm basınca dayanıklı plakalar üzerine yerleştirilmiştir. Doygun hale gelen topraklar 1/3 atm basınç altında tuttuğu nem miktarının hesaplanmasıyla belirlenmiştir.

Solma Noktası: Tüm örneklerde bozulmamış toprak örnekleri kullanılarak Klute (1986)'a göre basınçlı plaka setlerinde belirlenmiştir. Elenmiş toprak örnekleri bilezik halkalarda, laboratuvar ortamında saf su ile doygun hale getirilmiş ve 15 atm basınca dayanıklı plakalar üzerine yerleştirilmiştir. Doygun hale gelen topraklar 15 atm basınç altında tuttuğu su miktarının hesaplanmasıyla belirlenmiştir.

Yarayışlı Su İçeriği: Tarla kapasitesindeki toprağın nem içeriğinden solma noktasındaki nem içeriğinin çıkarılması ile hesaplanmıştır (Klute, 1986).

Toplam Gözeneklilik (TG): Toplam gözeneklilik Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır.

$$TG = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_k} \dots\dots\dots(3)$$

Bu eşitlikte; Bu eşitlikte; ρ_b = Toprağın hacim ağırlığı ($g\ cm^{-3}$), ρ_k = Toprağın özgül ağırlığıdır ($2.65\ g\ cm^{-3}$).

Su İle Dolu Gözenek Hacmi (SDGH): SDGH eşitlik 4 ile belirlenmiştir (Linn ve Doran, 1984).

$$SDGH = \frac{\theta}{TG} \dots\dots\dots(4)$$

Burada; θ : Hacimsel nem içeriği ve TG: Toplam gözenekliliktir.

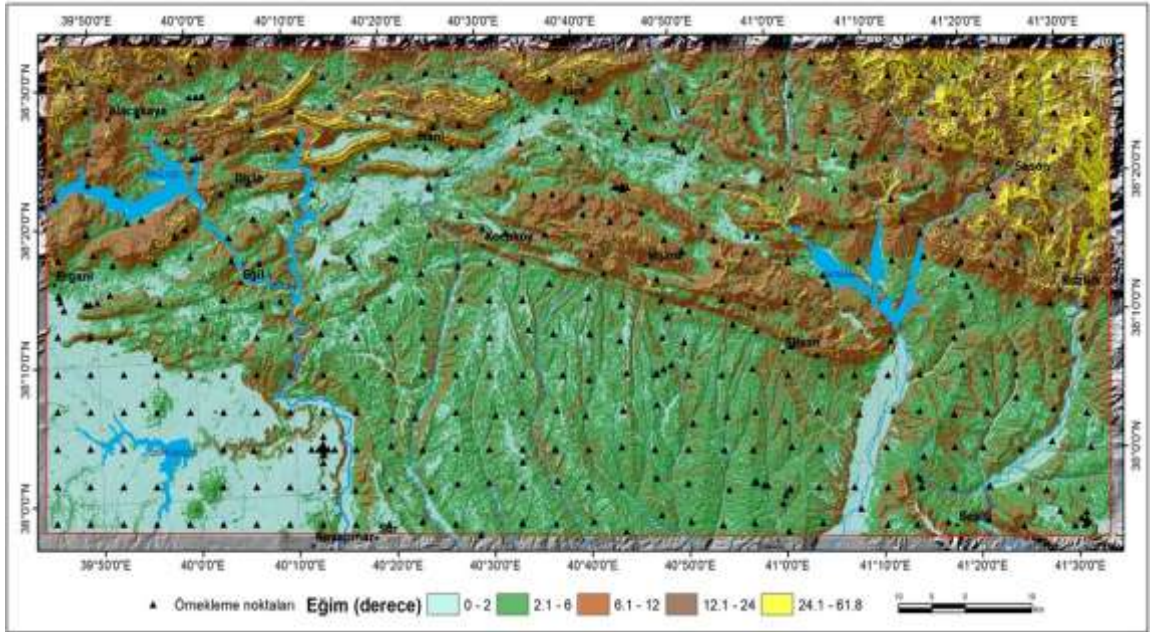
Alınabilir P: Bitkiye yarayışlı fosfor konsantrasyonu, sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$) ekstraksiyon (0.5 M $NaHCO_3$, pH: 8,5) yöntemine göre belirlenmiştir (Olsen ve Sommer 1982)

Alınabilir K; 1 M amonyum asetat yöntemi ile elde edilen süzükler Atomik adsorpsiyom spektrofotometre yardımı ile belirlenmiştir (Thomas, 1982).

3.4. Toprak Kalitesi İndeksi Altında Tanımlanan Parametrelerin Skorlanması

Arazi çalışmaları esnasında alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde; tekstür, HA, YSİ, SDGH, TG, AS, OM, kireç içeriği, alınabilir P ve K, pH, EC ve SAR değerleri laboratuvar şartlarında belirlenmiştir. Ayrıca alana ait sayısal yükselti haritası kullanılarak her bir örnekleme noktanın bulunduğu alanın ortalama eğim derecesi belirlenmiştir (Şekil 3.14).

Toprak kalitesi indeksi belirlemede kullanılan her bir parametre için farklı literatürler göz önünde bulundurularak ve farklı uzman görüşleri doğrultusunda çalışma alanı için yeni skorlar üretilmiştir. Parametrelerin skorları ve referans alınan kaynaklar tablo 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.14. Çalışma alanına ait sayısal yükselti haritası.

Tablo 3.2. Toprak kalitesi indikatörü altında tanımlanan parametrelere ait indeks değerleri ve yararlanılan kaynaklar.

	Sınıf	Değerlendirme	Tanım	İndeks	Kaynak
Tekstür	1	Çok İyi	L	1	Kosmas ve ark., 1999 ve Mutlu 2015
	2	İyi	SCL, SiCL, CL	1,2	
	3	Orta	SL, SiL, LS, SC	1,5	
	4	Zayıf	SiC, C,	1,7	
	5	Oldukça Zayıf	S, Si ve %60 dan fazla kil	2	
Eğim %	1	Düz ve Düzeye Yakın	< 2	1	ÇEM, 2017
	2	Hafif Eğimli	2-6	1,1	
	3	Orta Eğimli	6-12	1,2	
	4	Dik Eğimli	12-20	1,4	
	5	Çok Dik Eğimli	20-30	1,6	
	6	Sarp Eğimli	30-45	1,8	
	7	Çok Sarp Eğimli	>45	2	
pH	1	Aşırı asit	<4,5	2	ÇEM, 2017
	2	Çok Kuvvetli asit	4,5-5,0	1,8	
	3	Kuvvetli asit	5,1-5,5	1,6	
	4	Orta Asit	5,6-6,0	1,4	
	5	Hafif Asit	6,1-6,5	1,2	
	6	Nötr	6,6-7,3	1	
	7	Hafif alkalin	7,4-8,0	1,2	
	8	Orta Alkalin	8,1-8,5	1,5	
	9	Kuvvetli Alkalin	8,6-9,0	1,8	
	10	Çok Kuvvetli Alkalin	>9,0	2,0	
EC (dS/m)	1	İyi	<1,2	1	ÇEM, 2017
	2	Hafif	1,2-2,0	1,2	
	3	Orta	2,0-4,0	1,5	
	4	Tuzlu	4,0-8,0	1,7	
	5	Çok Tuzlu	>8,0	2	
OM (%)	1	Çok yüksek	>4,0	1	ÇEM, 2017
	2	Yüksek	3,0-4,0	1,2	
	3	Orta	2,0-3,0	1,4	
	4	Düşük	1,0-2,0	1,6	
	5	Çok düşük	0,5-1,0	1,8	
	6	Aşırı düşük	<0,5	2,0	
P gr kg ⁻¹	1	Aşırı Düşük	<5	2,0	Andrews ve ark.. 2004 ve Uzman Görüşü
	2	Çok Düşük	5-10	1,8	
	3	Düşük	10-15	1,5	
	4	Çok Az Düşük	15-30	1,2	
	5	Yeterli	30-60	1,0	
	6	Az Yüksek	60-90	1,2	
	7	Yüksek	90-120	1,5	
	8	Çok Yüksek	120-150	1,8	
	9	Aşırı Yüksek	>150	2,0	
K gr kg ⁻¹	1	Çok Düşük	<20	2	Andrews ve ark.. 2004 ve Uzman Görüşü
	2	Düşük	20-75	1,8	
	3	Fena değil	75-150	1,5	
	4	Orta	150-200	1,2	
	5	Yeterli	>200	1,0	
Kireç İçeriği %	1	Çok az kireçli	0-2	1,4	ÇEM, 2017
	2	Az kireçli	2-4	1,2	
	3	Orta kireçli	4-8	1	
	4	Kireçli	8-15	1,2	
	5	Çok kireçli	15-30	1,4	
	6	Aşırı kireçli	30-50	1,8	
	7	Kireç toprağı	>50	2,0	

Tablo 3.2'nin devamı

	Sınıf	Değerlendirme	Tanım	İndeks	Kaynak	
Agregat stabilitesi %	1	Zayıf	<25	2	Mutlu, 2015	
	2	Orta	25 - 50	1,6		
	3	İyi	50 - 75	1,2		
	4	Çok iyi	>75	1		
SAR	1	İyi	<3	1	Bakr ve ark.. 2012	
	2	Hafif	3-6	1,2		
	3	Orta	6-12	1,5		
	4	Yüksek	12-20	1,7		
	5	Çok Yüksek	20-60	2		
Hacim Ağırlığı (gr cm ⁻³)	1	Kumlu	<1,40 iyi	1	Andrews ve ark.. 2004	
			1,40-1,6 Normal	1,3		
			1,6-1,8 Kötü	1,7		
			>1,80 Çok Kötü	2		
	2	Siltli	<1,20 iyi	1		
			1,2-1,5 Normal	1,3		
			1,5-1,6 Kötü	1,7		
			>1,60 Çok Kötü	2		
	3	Killi	<1,10 iyi	1		
			1,10-1,3 Normal	1,3		
			1,3-1,5 Kötü	1,7		
			>1,5 Çok Kötü	2		
Yarayışlı su içeriği %	1	Kum	<4	2	Andrews ve ark., 2004 (SMAF) ve Uzman görüşüne göre modifiye edilmiştir.	
	2		Silt	4-8		1,8
	3		Tınlı Kum	8-12		1,6
	4		Kumlu Tın	12-16		1,4
	5		Siltli tın	16-20		1,2
	6		Kil içeriği <%8	>20		1,0
	1	Kumlu Killi Tın	<5	2		
	2		Kumlu Kil	5-10		1,8
	3		Killi Tın	10-15		1,6
	4		Tınlı	15-20		1,4
	5		Siltli Killi Tın	20-25		1,2
	6		Siltli Kil			1,0
		Kil (<%60)	>25	1,0		
	1	Kil >%60	<6	2		
	2		6-12	1,8		
	3		12-18	1,6		
	4		18-24	1,4		
	5		24-30	1,2		
	6		>30	1,0		
	Su ile Dolu Gözenek Hacmi	1	Çok kötü	> % 60 kil Killi		<0,30
2		Kötü	0,30-0,45		1,6	
3		Normal	0,45-0,55		1,3	
4		İyi	0,55-0,65		1	
5		Normal	0,65-0,75		1,3	
6		Kötü	0,75-0,90		1,6	
7		Çok kötü	>0,90		2	
1		Çok kötü	< % 60 kil kumlu kil Killi tın Siltli K, Tın Siltli Kil Kil	<0,20	2	
2		Kötü		0,20-0,35	1,6	
3		Normal		0,35-0,45	1,3	
4		İyi		0,45-0,55	1	
5		Normal		0,55-0,70	1,3	
6		Kötü		0,70-0,80	1,6	
7		Çok kötü		>0,80	2	
Toplam Gözeneklilik	1	İyi	≥0,5	1	Cherubin ve ark. 2016 ve uzman görüşü ile modifiye edilmiştir.	
	2	Orta	0,5-0,35	1,5		
	3	Kötü	<0,35	2		
TKİ	1	Yüksek Kalite			<1,13	Kosmas ve ark., 1999
	2	Orta Kalite			1,13-1,46	
	3	Düşük Kalite			>1,46	

3.5. Toprak Kalitesi için Tanımlanan Parametrelere Ait Minimum Veri Setlerinin Oluşturulması

Çalışma alanı topraklarının toprak kalite indeksini belirlemek için en uygun parametrelerin seçimi için bir veri azaltma aracı olan temel bileşenler analizi (PCA) kullanılmıştır. MVS oluşturulurken elde edilen sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığına bakmak için küresellik testi (Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)) kullanılmıştır.

MVS oluşturulurken önce veriler küresellik testine tabi tutulmuş ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı olduğunda PCA uygulanmıştır (Field, 2000). Bu yöntemle göre KMO testi faktörü $>0,5$ olduğu durumlarda PCA analizinin yapılacağı belirtilmiştir (Field, 2000; Parinet ve ark., 2004; Azid ve ark., 2014). Solgi ve ark. (2017) ise KMO testi faktörü $<0,5$ olduğunda verilerin PCA için uygun olmadığını, değerler 0.5-0.69 arasında olduğu durumlarda dikkatli davranılarak analizin yapılabileceğini ve KMO test faktörü $> 0,7$ olduğu durumlarda ise analizin rahatlıkla yapılabileceğini rapor etmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucu parametre sayısının fazla olması ve KMO test değerinin 0,7'den yüksek olması nedeni ile TKİ için PCA yöntemi ile veri azaltma yöntemine gidilmiş ve MVS oluşturulmuştur (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. PCA analizi yapılmadan önce yapılan KMO test analiz değerleri.

		TKİ
KMO test değeri		0.71
Bartlett Küresellik testi	Ki-Kare değeri	4121,03
	df	91
	Sig.	0,000

PCA ile yapılan değerlendirmede parametrelerin MVS'ne dahil edilebilmesi için Eigen değeri > 1.0 olan PC'ler altındaki parametreler dikkatte alınmaktadır (Brejda ve ark., 2000; Andrews ve ark., 2002; Mandal ve ark., 2008). PC'ler altındaki parametrelerin MVS için seçiminde mutlak dolum değeri en yüksek olan parametreler ile bu mutlak dolum değerinin % 10 eksiği olan diğer parametreler MVS içine dahil edilmektedir (Andrews ve ark., 2002; Askari ve Holden, 2015; Liu ve ark., 2017). Bu nedenle her bir PC altındaki parametrelerden dolum değeri en yüksek olanı ile bu değer % 10 eksiği olan diğer parametreler ilk olarak MVS'ye dahil edilmiştir (Tablo 3.4). İkinci aşamada ise çoklu korelasyon sonucuna göre veri azaltması yolunda gidilmiştir (Tablo 3.5). Belirli bir PC içinde birden fazla parametre tutulduğu zaman,

değişkenlerin birbirileri ile olan korelasyonlarına bakılarak değişkenlerin veri setinden çıkarılıp çıkarılmayacağına karar verilebilmektedir (Andrews ve ark., 2001). Eğer aynı PC altında MVS'ne dahil edilen parametreler arasında korelasyon katsayısı $< 0,60$ ise her bir parametre önemli olarak düşünülür ve MVS içine tutulur. Ancak parametreler arasında $0,60$ 'tan büyük bir korelasyon kat sayısı var ise bu durumda dolum değeri yüksek olan MVS'na dahil edilir diğer parametre ise MVS'nden çıkartılır (Andrews ve ark., 2002; Lin ve ark., 2017). Yapılan korelasyon analizine göre PC-2 altında en yüksek mutlak dolum değerine sahip TG ile HA arasında korelasyon katsayısı $>0,60$ olduğundan dolum değeri yüksek olan HA veri setine dahil edilirken TG veri setinden çıkarılmıştır. Böylece PC-1 altında tekstür, EC, AS, PC-2 altında pH, OM, HA, PC-3 altında SAR, alınabilir P ve PC-4 altında kireç içeriği ve alınabilir K olmak üzere toplam 10 parametre MVS'ne dâhil edilmiştir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Toprak kalitesi indikatörü için yapılan PCA sonuçları.

Parametreler	Temel Bileşenler (PC)			
	1	2	3	4
Tekstür	<u>0,784</u>	0,137	-0,152	0,009
pH	-0,028	<u>0,758</u>	0,367	0,023
EC	<u>0,717</u>	0,254	0,080	0,016
Kireç	-0,371	-0,032	0,115	<u>0,560</u>
OM	0,339	<u>-0,728</u>	0,260	0,154
AS	<u>0,717</u>	-0,095	-0,036	-0,145
SAR	0,380	0,257	<u>0,595</u>	-0,330
Alınabilir K	-0,109	-0,125	-0,190	<u>0,585</u>
Alınabilir P	0,127	-0,076	<u>0,593</u>	0,523
Ha	-0,485	<u>0,788</u>	-0,050	0,001
YSİ	0,568	0,240	-0,364	0,334
SDGH	0,614	0,592	-0,269	0,123
Eğim	-0,275	-0,449	-0,197	-0,233
TG	0,484	<u>-0,786</u>	0,048	-0,002

Tablo 3.5. Toprak kalitesi indeksi altındaki parametrelere ait korelasyon katsayıları.

	Tekstür	pH	EC	Kireç	OM	AS	SAR	K	P	Ha	YSİ	SDGH	Eğim	TG
Tekstür	1,000													
pH	0,057	1,000												
EC	0,484	0,092	1,000											
Kireç	-0,237	0,094	-0,212	1,000										
OM	0,110	-0,251	0,035	-0,070	1,000									
AS	0,535	-0,147	0,457	-0,243	0,226	1,000								
SAR	0,219	0,292	0,322	-0,156	0,064	0,244	1,000							
K	-0,039	-0,132	-0,079	0,079	-0,014	-0,038	-0,142	1,000						
P	0,022	0,036	0,134	0,035	0,238	0,033	0,079	0,074	1,000					
Ha	-0,254	0,372	-0,140	0,075	-0,445	-0,310	-0,021	-0,010	-0,060	1,000				
YSİ	0,389	0,102	0,335	-0,085	0,099	0,211	0,006	-0,046	0,014	-0,115	1,000			
SDGH	0,561	0,241	0,519	-0,200	-0,056	0,313	0,219	-0,075	-0,026	0,194	0,624	1,000		
Eğim	-0,205	-0,279	-0,265	0,039	0,108	-0,095	-0,182	0,002	-0,069	-0,121	-0,187	-0,294	1,000	
TG	0,253	-0,373	0,139	-0,076	0,444	0,312	0,017	0,010	0,058	-0,999	0,114	-0,195	0,120	1,000

3.6. Toprak Kalitesi İndeksinin Belirlenmesi İçin Tanımlanan Parametrelerin Ağırlıklandırılması

Minimum veri setlerine dahil edilen fiziksel (teksür, Ha, ve AS) ve kimyasal toprak özellikleri (OM, alınabilir K ve P, pH, EC, SAR ve kireç içeriği) iki farklı yöntem ile ağırlıklandırılmıştır.

Bunlardan birincisi MVS oluşturulurken kullanılan PCA yöntemi ile parametrelere ağırlık verilmesidir. MVS için seçilen parametrelerin PCA ile ağırlıklarını belirlemek için aşağıdaki işlemler yapılmıştır (Mukherjee ve Lal 2014).

1. Her bileşen (PC) altında tanımlanan parametrenin ilgili PC'nin açıkladığı % varyansı toplam % varyansa bölerek elde edilir (Tablo 3.6).
2. Şayet aynı PC altında MVS'ye dahil edilen birden fazla parametre var ise elde edilen ağırlık değeri o parameteler arasında eşit değerde paylaşılır (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. PCA yöntemi ile MVS'ne dahil edilen parametrelerin ağırlıklandırılması.

Bileşen (PC)	% Varyans	PC altında tanımlanan parametre sayısı	Her bir PC altında MVS'ne dahil edilen parametreler
1	23,666	3	Tekstür, EC ve AS
2	19,546	3	pH, OM ve Hacim Ağırlığı
3	9,218	2	SAR ve Alınabilir P
4	8,307	2	Kireç ve Alınabilir K
Toplam % Varyans = (23,666x3)+(19,546*3)+(9,218x2)+8,307x2)= 164,69			
Parametrelere verilen ağırlık değerlerinin hesaplanması		Ağırlık Değeri	
Tekstür	23,666/164,69	0,14	
EC	23,666/164,69	0,14	
AS	23,666/164,69	0,14	
pH	19,546/164,69	0,12	
OM	19,546/164,69	0,12	
Ha	19,546/164,69	0,12	
Alınabilir P	9,218/164,69	0,06	
SAR	9,218/164,69	0,06	
Alınabilir K	8,307/164,69	0,05	
Kireç	8,307/164,69	0,05	

MVS'lerine dahil edilen parametrelerin ağırlıklandırılmasında kullanılan ikinci yöntem ise son dönemlerde toprak kalite çalışmalarında oldukça fazla tercih edilen AHP yöntemidir. AHP ile MVS'lerinde dahil edilen parametrelerin ağırlıklandırma işlemleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

1. Her bir uzman bir diğer uzmanlardan bağımsız olarak parametreler için matrisler oluşturmuş ve oluşturulan matrislerde bulanık mantık yöntemi ile ikili karşılaştırma yöntemine geçilmiş ve her bir parametre için ayrı ayrı ağırlıklar belirlenmiştir. İkili karşılaştırma yönteminde Satty (2008) tarafından geliştirilen ve 1-9 arasında skorlar bulunan tercih ölçeğinden yararlanılmıştır (Tablo 2.1). Uzmanlar tarafından yapılan

değerlendirmenin doğruluğunu belirlemek için tutarlılık oranına (Consistency Ratio) dikkat edilmiş ve tutarlılık oranı değeri % 10'un altında özelliklede sıfıra (0) yakın olması tercih edilmiştir (Şekil 2.1).

2. Uzmanlardan gelen ağırlıkların ortalaması alınarak her bir parametre için yeni ağırlıklar oluşturulmuştur (Tablo 3.7)

Tablo 3.7. MVS'ne dahil edilen parametrelere AHP ile verilen ağırlık değerleri.

Parametreler	AHP Ağırlık Değeri	Parametreler	AHP Ağırlık Değeri
Tekstür	0,22	Alınabilir P	0,07
OM	0,16	Hacim Ağırlığı	0,07
pH	0,14	SAR	0,06
AS	0,12	Alınabilir K	0,05
EC	0,07	Kireç İçeriği	0,04

3.7. Toprak Kalite İndeksinin Hesaplanması

Bu tez çalışmasında toprak kalite indeksi 3 farklı yöntem ile belirlenmiştir. Bunlar;

1. Toprak kalitesi indeksini (TKİ) belirlemek için öncelikle arazi bozulması bakımından kalite indeksi altında 14 parametre (tekstür, AS, OM, kireç, pH, EC, alınabilir P ve K, SAR, HA, YSİ, TG, SDGH ve arazinin eğimi) tanımlanmıştır. Tanımlanan bu parametreler 1.0 ile 2.0 arasında skorlanmış ve tüm parametrelerin geometrik ortalaması alınarak TKİ değerleri belirlenmiştir (Eşitlik 5) (Kosmas ve ark., 1999).

$$TKİ = (T1 \cdot T2 \cdot T3 \cdot \dots \cdot Tn)^{1/n} \quad (5)$$

Burada; **T**; Toprak kalitesi altında tanımlanan parametre, **n**; Parametre sayısı.

2. Temel bileşenler analizi (PCA) sonucu MVS'ne dahil edilen 10 parametrenin (Tekstür AS, OM, kireç, pH, EC, alınabilir P ve K, SAR ve HA) skorları ile yine PCA ile elde edilen parametrelerin ağırlık değerleri çarpılıp toplamı alınarak (Eşitlik 6) ikinci bir toprak kalite indeksi belirlenmiştir (Andrews et al., 2002).

$$TKİ_{PCA} = (T1 \cdot X1 + T2 \cdot X2 + T3 \cdot X3 \cdot \dots \cdot Tn \cdot Xn) \quad (6)$$

Burada **T**; MVS'ne dahil edillen parametre, **X**; Her parametre için PCA ile elde edilen ağırlık değeri, **n**; Parametre sayısı.

3. PCA yöntemi ile toprak kalite indeksi altında tanımlanan parametrelerin (Tekstür AS, OM, kireç, pH, EC, alınabilir P ve K, SAR ve HA) skorları ile AHP yönteminde (3 ayrı uzman tarafından değerlendirmeler sonucu elde edilen ağırlık değerleri) her parametre için elde edilen ağırlık değerleri çarpılıp toplanarak üçüncü toprak kalite indeksi (TKİ_{AHP}) belirlenmiştir (Eşitlik 7) (Budak ve ark., 2018b).

$$TKİ_{AHP} = (T1 \cdot Y1 + T2 \cdot Y2 + T3 \cdot Y3 \cdot \dots \cdot Tn \cdot Yn) \quad (7)$$

Burada **T**; MVS'ne dahil edilen parametre, **Y**; Uzman görüşü doğrultusunda AHP ile elde edilen ağırlık değerleri, **n**; Parametre sayısı.

3.8. İstatistiksel Analizler ve Mesafeye Bağlı Değişkenliğin Analizi

Toprak özelliklerinin en küçük, en yüksek, ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı ve yatıklık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikleri ile elde edilen her 3 toprak kalite indeksinin birbirlerinden farklı olup olmadıklarını test etmek için kullanılan tek yönlü varyans analizi SPSS 21.0 paket programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenlikleri analiz edilmeden önce, normal dağılım gösterip göstermedikleri kontrol edilmiştir. Çalışılan özelliklerden kil, kum, silt, pH, AS, HA, TK, SN, YS), TG ve SDGH normal dağılım göstermiştir. Diğer toprak özelliklerinden OM, alınabilir K ve P, CaCO₃, pH ve EC verilerine logaritmik dönüşüm uygulanmış ve daha sonra jeostatistiksel yöntemler ile modellenmiştir. Toprak özelliklerinin jeostatistiksel modelleri GS+7.0 paket programında yapılmıştır. Semivariogram modellerinin tahmininde Eşitlik 8 kullanılmıştır.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} + \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2 \dots\dots\dots(8)$$

Burada; h, x_i ile x_i+h arasındaki ayrılma (range) mesafesini; N(h), h mesafesi ile birbirlerinden ayrılan örnek çifti sayısını; z(x_i), x noktasında ölçülen özelliğe ait değeri; z(x_i +h), x+h aralık mesafesi bulunan iki noktaya ait özelliğin değerini ifade etmektedir (Isaaks ve Srivastava, 1988). Araştırma kapsamında incelenen parametrelere ait semivariogramlar oluşturulurken mesafeye bağlı değişkenliği en iyi tanımlayan modelin seçiminde modele ait r² ve ölçüm hatalarının göstergesi olan Artık Kareler Toplamı (Residual Sum of Squares, RSS) değerleri dikkate alınmıştır. En iyi modelin seçiminde r² değerinin 1,0'a ve RSS değerinin ise sıfır (0)'a yakın olanları tercih edilmiştir (Yang ve ark., 2011). Semivariogram ve çapraz değerlendirme sonucu elde edilen parametreler (nugget, sill, range, aktif lag değeri ve komşu sayısı) kullanılarak ArcGIS 10.2.1 paket programının jeostatistik modülünde yer alan ordinary kriging yöntemi ile TKİ'ler (TKİ, TKİ_{PCA} ve TKİ_{AHP}) ve bu indeks altında tanımlanan parametreler için mesafeye bağlı değişim haritaları üretilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada elde edilen bulguların sunumunda öncelikle çalışma alanına ait genel toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verilerine (en düşük ve yüksek değerler, ortalama ve standart sapmalar, varyasyon katsayısı ve yatıklık-basıklık değerleri) yer verilmiş sonrasında ise mesafeye bağlı değişim modellemeleri ile birlikte dağılım haritaları yorumlanmıştır. Tezin ikinci bölümünde ise çalışma alanı topraklarına ait farklı yöntemlerde elde edilen toprak kalite indeksi ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Yukarı Dicle Havzasının bir kısım fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Yarı kurak bir iklime sahip çalışma alanı toprakları genel olarak düşük organik madde içeriğine sahiptir. Çalışma alanında organik madde içeriği % 0,42 gibi çok düşük ve yetersiz araziler yer alırken kimi arazilerde bu değer % 8,02 gibi yüksek düzeylere çıkmaktadır. Tüm alanda ortalama kil içeriği % 47,9 ve kum içeriği ise % 28,0’dır (Tablo 4.1). Çalışma alanının Güney-Batısında yer alan Karacadağ’dan kaynaklanan koyu renkli, ince tekstürlü bazalt ana materyalinin varlığı alanda kil içeriğinin oldukça yüksek olmasına neden olmuştur. Özellikle Karacadağ eteklerine yakın yerlerde toprakların kil içerikleri % 77,7’ye kadar çıkmaktadır. Kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda kurak dönemlerde derin ve geniş çatlakların görüldüğü Vertisol ordusuna ait topraklara sıkça rastlanılmaktadır (Şekil 4.1).

Oldukça geniş bir alanı kapsayan çalışma alanında ana materyalin değişimi toprak tekstürü ile birlikte kireç içeriklerinde de çok büyük değişkenliğe neden olmuştur. Bazalt ana materyali üzerinde oluşan toprakların kireç içerikleri % 1,02 gibi çok düşük iken, kireççe zengin Şelmo sedimentler ana materyalin üzerinde oluşan bir kısım arazilerde ise kireç içeriği % 44,43 gibi oldukça yüksektir. Yüksek kireç içeriği, özellikle fosfor, demir ve çinko gibi besin elementlerinin bitkilere yararlılığını azaltacağından bitkisel üretimin olumsuz etkilenmesine neden olabilecek bir faktördür. Bunun yanında, agregatlaşma için önemli bir çimentolayıcı madde olan kirecin % 1,02 gibi çok düşük düzeyde olması ise toprakların bozulmaya karşı direncinin ve dolayısı ile toprak kalitesinin azalmasına neden olabilir. Çalışma alanında tuzluluk ve alkalilik sorunu olmamakla birlikte yer yer tuzluluğun belirtisi olan elektriksel iletkenlik (EC)

değerinin (maksimum 1,97 dS m⁻¹) bitkisel üretim için tehdit oluşturabilecek seviyelere ulaştığı görülmüştür (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Çalışma alanı topraklarına ait tanımlayıcı istatistik verileri.

	Birim	En küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	% VK	Yatıklık	Basıklık
Kil		12,70	77,70	47,87	16,41	34,29	-0,11	-0,88
Kum		4,60	77,10	27,99	16,26	58,09	0,81	0,07
Silt		5,20	62,70	24,14	8,46	35,03	0,80	1,40
CaCO₃		1,02	44,43	9,30	9,03	97,09	1,36	1,31
OM	%	0,42	8,02	2,05	0,91	44,18	1,76	6,20
AS		9,80	98,11	68,86	19,04	27,66	-0,53	-0,32
TK		12,35	47,87	28,29	6,66	23,54	0,07	-0,09
SN		6,00	31,62	17,71	5,36	30,27	0,46	-0,06
YSi		0,90	18,90	10,59	2,56	24,17	-0,12	1,15
P	gr kg ⁻¹	2,52	175,88	14,55	18,19	125,02	5,97	44,29
K		5,90	1512,39	391,24	241,66	61,77	1,28	2,77
pH		6,01	8,55	7,35	0,42	5,78	-0,03	-0,89
SAR		0,04	1,43	0,17	0,17	97,92	2,73	11,81
EC	dS m ⁻¹	0,16	1,97	0,59	0,25	42,08	1,80	5,98
HA	gr cm ⁻³	1,04	1,93	1,38	0,16	11,67	0,54	-0,14
TG	cm ³ cm ³	0,27	0,61	0,48	0,06	12,50	-0,54	-0,13
SDGH		0,28	0,94	0,59	0,13	22,03	0,23	-0,09



Şekil 4.1. Altıgen blokların yer aldığı Vertisollerin bulunduğu 78 nolu örnekleme alanından bir görüntü (Diyarbakır ili Bismil ilçesi Oğuzlar köyü).

Farklı arazi kullanımlarının bulunduğu çalışma alanında alınabilir P içeriği 2,52 gr kg⁻¹ (çok düşük) ile 175,88 gr kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 14,55 gr kg⁻¹'dir. Ayrıca alınabilir K içeriği 5,90 gr kg⁻¹ – 1512,24 gr kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 391,24 gr kg⁻¹'dir (Tablo 4.1). Elde edilen bu veriler çalışma alanının

önemli bir kısmında bitki yetiştiriciliği açısından alınabilir P ve K içeriğinin yetersiz olduğunu göstermektedir. Bitki yetiştiriciliği açısından önemli iki makro besin elementi olan alınabilir P ve K içeriğinin geniş bir aralıkta değerlere sahip olması farklı arazi kullanımlarının olması yanı sıra, ana materyal, toprak tekstürü ve kireç içeriğindeki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca tarımsal üretimin yapıldığı alanlarda yapılan gübreleme uygulamaları/miktarları alınabilir P içeriğinin farklı değerler almasına neden olabilmektedir.

Çalışma alanındaki hacim ağırlığı değerleri 1,04 ile 1,93 g cm⁻³ arasında değişmiş ve ortalama 1,38 g cm⁻³ olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1). Pierce ve ark. (1983) >%45 kil içeren topraklarda hacim ağırlığının 1,39 g cm⁻³'den yüksek olduğu koşullarda kök gelişiminin olumsuz etkilendiğini ve 1,47 g cm⁻³'den yüksek olduğu durumlarda ise kök gelişiminin önemli düzeyde sınırlandığını belirtmiştir. Aynı çalışmada araştırmacılar kum içeriği yüksek olan kumlu killi tın, tın ve kum tekstürlü topraklarda ise hacim ağırlığının 1,40 g cm⁻³'e kadar bitkisel üretim için problem oluşturmadığını ifade etmiştir. Bu çalışmada ise ortalama hacim ağırlığının 1,38 g cm⁻³ olması kök gelişiminin genel olarak olumsuz etkilenmediğini göstermektedir. Ancak araştırma alanı içerisinde hacim ağırlığının 1,93 g cm⁻³ gibi yüksek değerlere çıkıyor olması yer yer sıkışma sebebiyle kök gelişiminin ve toprak kalitesinin olumsuz etkilendiğini göstermektedir. Yüksek hacim ağırlığının olası nedenleri; toprakların düşük organik madde içerikleri, silindir yöntemi ile alınan toprak örneklerinde küçük taşların silindir içerisine girmesi, nemli ve ıslak dönemlerde yapılan toprak işleme, bakım ve hasat işlemleri ile hayvan otlatmaları gibi bir veya birden fazla faktör olduğu düşünülmektedir (Çelik, 2005).

Tarla kapasitesi ve solma noktası arasında tutulan nem olarak tanımlanan yarayıslı su içeriği toprak kalitesinin önemli göstergeleri arasında yer almaktadır (Andrews ve ark., 2004). Bitkilerin gereksinimi olan suyun tutulmasında toprak tekstürünün belirleyici bir etkisi bulunmaktadır (Hillel, 1980). Bitkiye yarayıslı suyun üst sınırı olan tarla kapasitesinde tutulan su içeriği %12,35 ile %47,87 arasında değişmekte olup ortalama %28,29'dur (Tablo 4.1). Solma noktasında tutulan su içeriğinin ise %6,0 ile %31,62 arasında değiştiği ve ortalama %17,71 olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.1). Çalışma alanında kil içeriğinin yüksek olduğu yerlerde hem tarla kapasitesinde hem de solma noktasında tutulan su içeriklerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Yarayıslı su içeriği en düşük %0,90, en yüksek %18,90 ve ortalama olarak %10,59 olarak bulunmuştur. Hillel (1980) toprak tekstürüne bağlı olarak yarayıslı su içeriğindeki değişimleri gösterdiği çalışmada, kil içeriği yüksek toprakların

yarayışlı su içeriğinin ortalama %12,0 olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanının toplam gözenekliliği 0,27 ile 0,61 cm³ cm⁻³ arasında olup, ortalama 0,48 cm³ cm⁻³ 'dür. Su ile dolu gözenek hacmi ise en düşük 0,28, en yüksek 0,94 ve ortalama 0,59 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1).

Bir alanda toprak özelliklerinin değişkenliklerinin kıyaslanmasında % varyasyon katsayısı (VK) oldukça yaygın olarak kullanılan bir parametredir. Standart sapmanın ortalamaya oranının yüzde olarak ifade edilmesi ile hesaplanan $\%VK \leq \%15$ olduğunda değişkenlik düşük, $\%15-35$ arası olduğunda orta düzeyde değişken ve $\geq \%35$ 'ten yüksek olduğunda ise yüksek düzeyde değişken olarak sınıflandırılmaktadır (Wilding ve ark., 1994). Çalışma alanı içerisinde değişkenliği en düşük olan özellik ($\%VK=5,78$) pH iken, en yüksek değişkenlik ise alınabilir P içeriğinde ($\%VK=125,02$) görülmüştür. Diğer toprak özelliklerinden Ha ve TG düşük derecede değişkenlik gösterirken, kil, AS, TK, SN, YSİ ve SDGH içerikleri orta derecede değişkenlik, kireç, kum, organik madde, SAR, yarayışlı K, silt içerikleri ve EC yüksek derecede değişkenlik göstermiştir (Tablo 4.1). Usowicz ve Lipiec, (2017) toprak çözeltisindeki hidrojen iyonları konsantrasyonunun logaritmik ifadesini yansıtan pH değerlerinin diğer toprak özelliklerine göre arazi içinde daha düşük bir değişkenlik gösterdiği rapor edilmiştir. Çalışma alanı topraklarının farklı ana materyaller üzerinde oluşması, denizden yüksekliği (562-1400 m) ve arazi eğimine ($\% 0,32 - 67,95$) ait değişkenliğin yüksek olması yanı sıra arazi kullanımlarının farklılığı toprak özelliklerinin yüksek düzeyde değişkenlik göstermelerine neden olmuştur.

4.2. Toprak Özelliklerinin Mesafeye Bağlı Değişimi

Toprak özellikleri için elde edilen semivariogram modellerine ait parametreler Tablo 4.2'de toprak özelliklerine ait model grafikleri ise Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'te verilmiştir. Toprak özelliklerinden kil, kum, pH, EC, SAR, TK, SN ve SDGH'nin mesafeye bağlı değişkenliklerinin belirlenmesinde küresel (spherical) model ile en iyi model olarak belirlenirken diğer özelliklerin tamamı için exponential (üssel) modelin en iyi model olduğu görülmüştür (Tablo 4.1; Şekil 4.2-4.5). Arazide iki nokta arasındaki toprak özelliklerinin yersel değişimlerinin boyutunun ifade edilmesinde uzaysal bağımlılık yaygın olarak kullanılmaktadır. Uzaysal bağımlılık, nugget semivaryansın toplam semivaryansa oranının ($Co/Co+C$) yüzde olarak ifadesidir (Wang ve ark., 2013). Uzaysal bağımlılık değeri $\leq \% 25$ olduğunda toprak özelliğinin kuvvetli derecede, $\%25$ ile $\%75$ arasında orta derecede ve $\%75$ 'den fazla olduğunda ise zayıf derecede uzaysal

bağımlılığı ifade etmektedir. Elde edilen bulgulara göre toprak özelliklerinden silt içeriği (% 4,96), alınabilir K (% 5,54), YSİ (% 5,80), TG (% 7,31), HA (% 8,06) ve alınabilir P (% 16,70) kuvvetli uzaysal bağımlılığa sahip iken diğer toprak özelliklerinin tamamı orta derecede uzaysal bağımlılık göstermişlerdir (Tablo 4.2). Örnekler arası uzaysal bağımlılığın güçlü olması kısa mesafelerde örnekler arası benzerliğin ortadan kalkmadığını ve uzun mesafelerde dahi devam ettiğini göstermektedir.

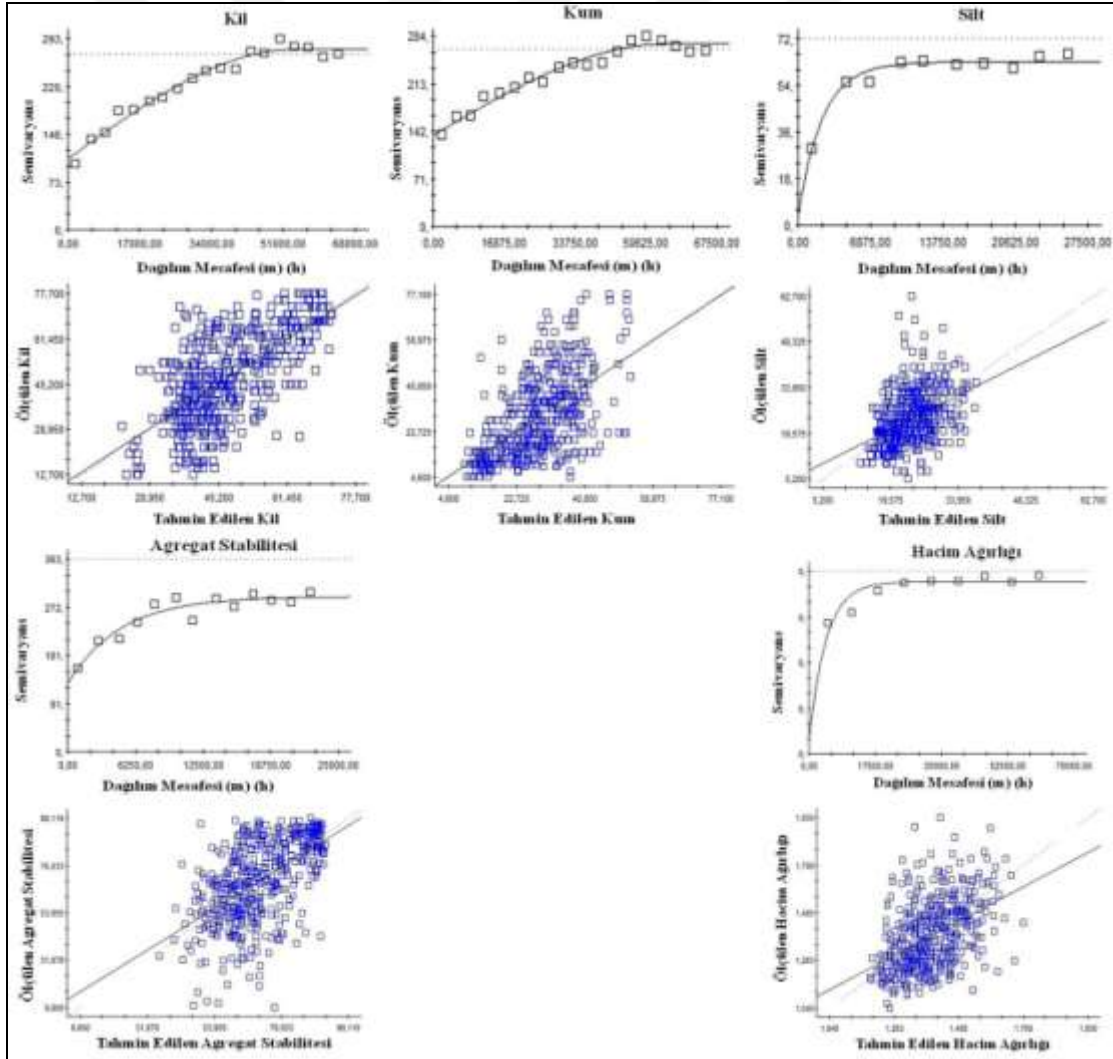
Tablo 4.2. Fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerine ait semivariogram modeller ve model parametreleri.

Özellik	Model	Nugget	Sill	U.B. %	Range (m)	Lag	Komşu Sayısı	RSS	r ²
Kil	Küresel	108,7	276,60	39,30	53700	3455	20	1485	0,97
Kum	Küresel	136,6	272,70	50,09	55200	3500	20	1340	0,96
Silt	Üssel	3,1	62,54	4,96	6930	2700	20	41,5	0,96
pH	Küresel	0,036	0,201	17,91	49800	3500	20	9,988E-05	0,99
EC (Log)	Küresel	0,068	0,151	44,72	54500	4500	20	1,436E-04	0,99
Kireç (Log)	Üssel	0,42	1,039	40,42	17610	1471	20	0,0301	0,94
OM (Log)	Üssel	0,092	0,184	49,73	30180	2415	20	1,059E-03	0,90
AS	Üssel	128,2	292,50	43,83	14610	1800	20	2410	0,89
P (Log)	Üssel	0,078	0,467	16,70	4350	3400	22	1,73E-03	0,91
K (Log)	Üssel	0,027	0,487	5,54	4980	3000	20	2,926E-03	0,92
SAR (Log)	Küresel	0,297	0,606	49,01	46800	3800	20	1,210E-03	0,99
HA (Log)	Üssel	0,001	0,012	8,06	13500	7150	20	2,875E-06	0,78
TK	Küresel	20,13	45,090	44,64	64000	5000	20	8,04	0,99
SN	Küresel	13,28	29,060	45,70	62700	5500	17	1,59	0,99
YSİ	Üssel	0,34	5,861	5,80	10700	8100	18	0,427	0,70
TG	Üssel	0,0003	0,0034	7,31	15750	9430	20	1,483E-07	0,86
SDGH	Küresel	0,0097	0,0206	47,09	68700	7300	20	9,378E-06	0,93

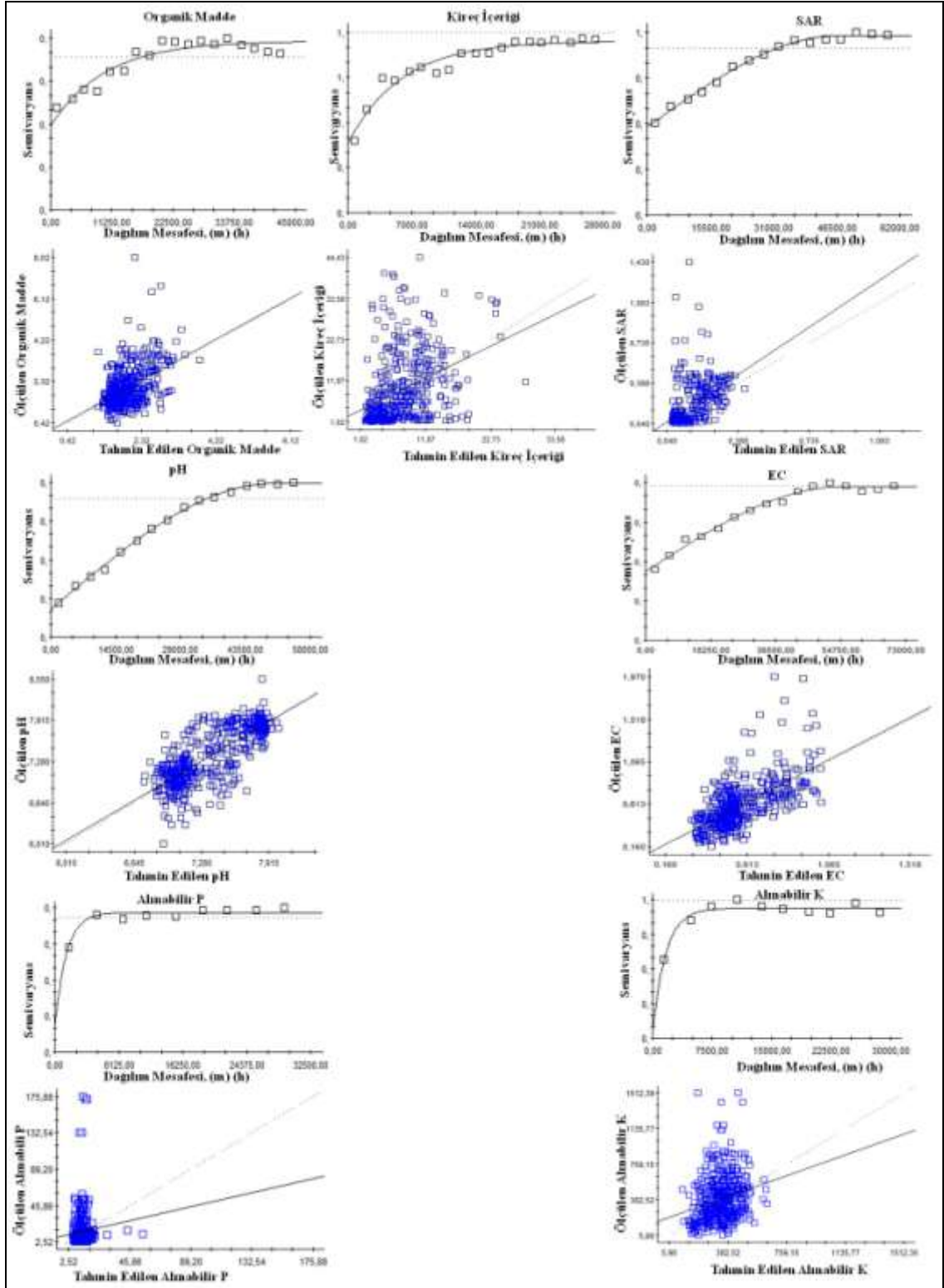
U.B: Uzaysal bağımlılık, RSS: Hata Kareler Toplamı

Semivariogram modelinden elde edilen range değerleri iki örnekleme veya tahmin noktası arasındaki benzerliğin devam ettiği mesafeyi ifade etmektedir. Jeostatistiğin temelinde toprak örneği alınan iki nokta arasındaki benzerliğin mesafeye bağlı olarak azaldığı ve belirli bir mesafeden sonra benzerliğin tamamen yok olduğu varsayımı esastır (Deutsch ve Journel, 1998). Çalışma alanında en yüksek range değeri 68,7 km ile SDGH ve en küçük range değeri ise 4,35 km ile alınabilir P içeriğine ait olduğu görülmektedir. Diğer toprak özelliklerinde ise range değeri TK (64 km), SN (62,7 km), kum (55,2 km), EC (54,5 km), kil (53,7 km), pH (49,8 km), SAR (46,8 km), OM (30,1 km), kireç (17,6 km), TG (15,7 km), AS (14,6 km), HA (13,5 km), YSİ (10,7 km) ve alınabilir K (4,98 km) şeklinde azalmaktadır. Range değerinin çalışma yapılan alanın genişliğine bağlı olarak büyük değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Dey ve

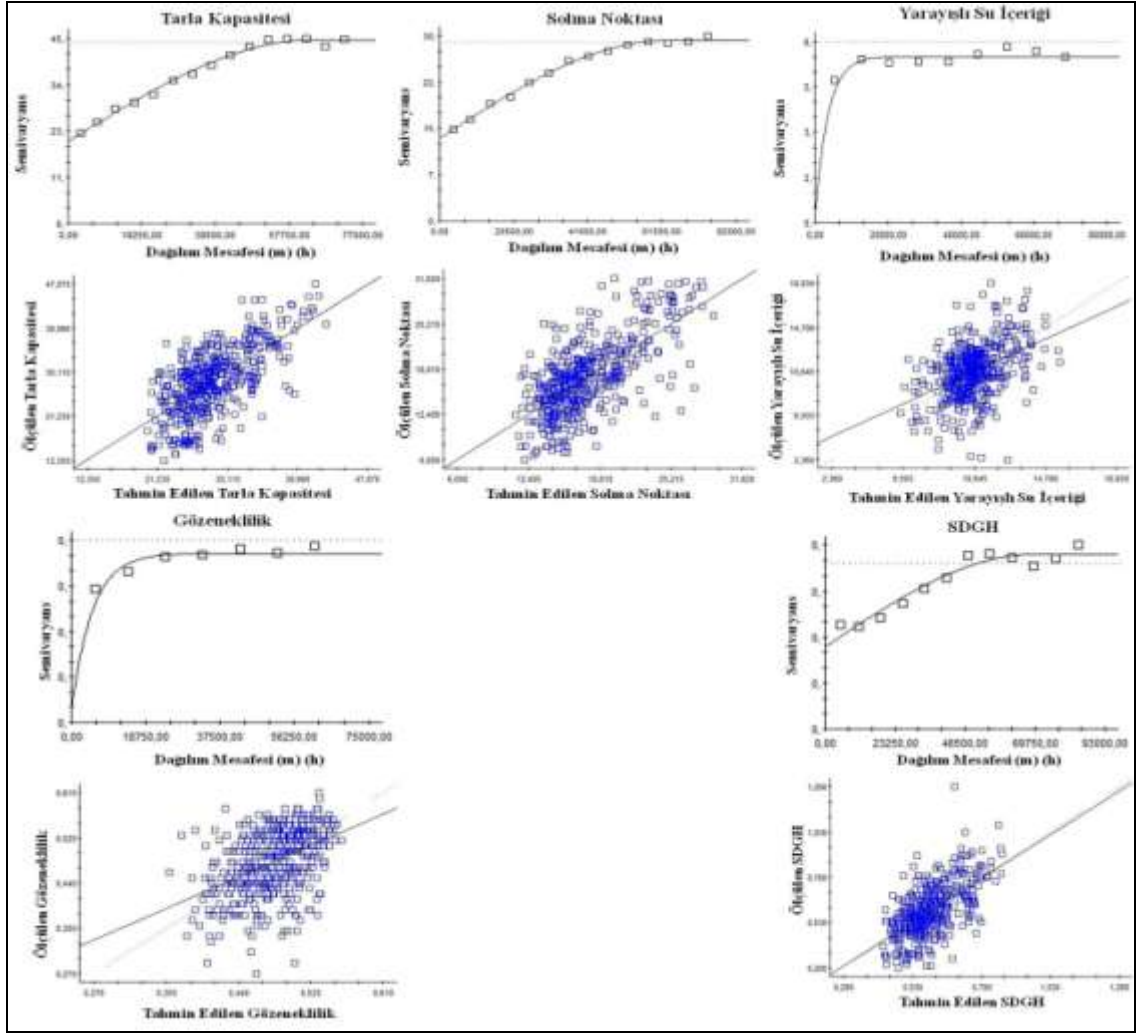
ark. (2017), 4.949 km²'lik bir alanda yaptıkları çalışmada range değerini pH ve organik madde için 95,8 km, EC için ise 92,7 km olarak rapor etmiştir. Daha dar bir alanda (215 km²) çalışan Vasu ve ark. (2017) ise organik madde için range değerini 1,54 km olarak rapor etmiştir. Amenajman yöntemleri ve toprak tekstürü, toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişimi üzerinde önemli düzeyde etki ederken toprak özelliklerinin çok kısa mesafelerde büyük değişkenlik göstermesine neden olurlar (O'Halloran ve ark., 1985). Roger ve ark. (2014)'da farklı toprak tipi ve arazi kullanımlarının yer aldığı 1670,7 km²'lik çalışma alanlarında ana materyalin, arazi kullanımlarının ve arazi özelliklerinin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenliğinde önemli bir rol oynadığını bildirmişlerdir. Çalışma alanında görülen farklı ana materyal ve toprak tekstürü yanı sıra farklı iklim, bitki örtüsü ve amenajman uygulamaları toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenliğinin artmasına neden olmuştur.



Şekil 4.2. Tekstür bileşenleri (kil, kum ve silt içeriği), AS ve HA içeriğine ait ait semivariogram modelleri ve çapraz doğrulama grafikleri.

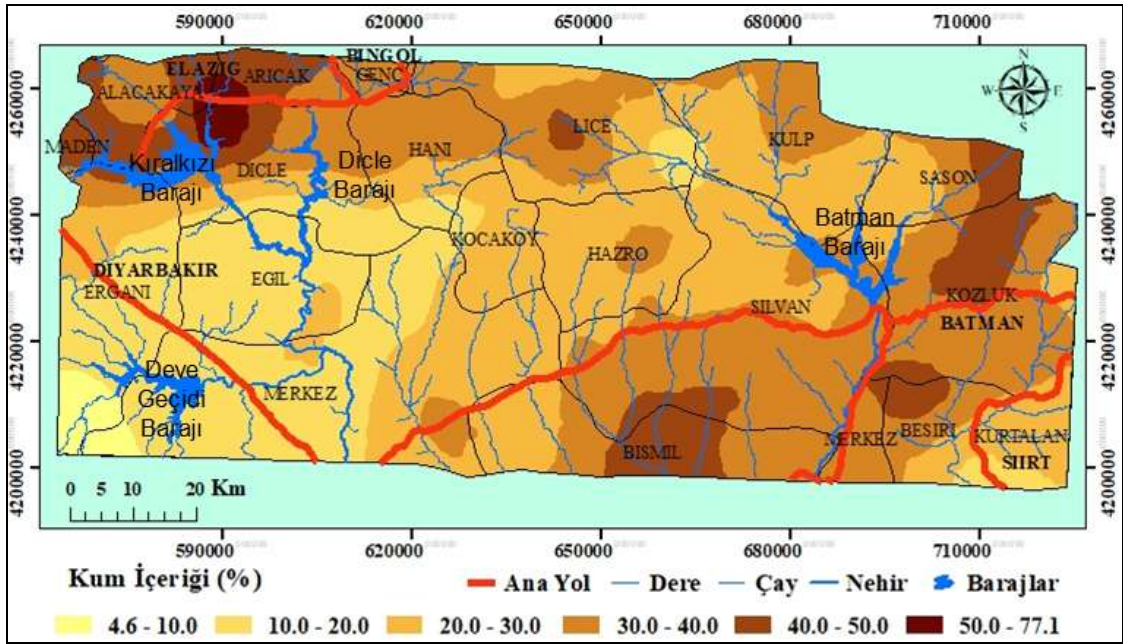


Şekil 4.3. Kimyasal özellikler ait (OM, Kireç içeriği pH, EC, SAR, Alınabilir P ve K) modellerin doğruluğunu test etmekte kullanılan semivariogram ve çapraz doğrulama grafikleri semivariogram modelleri.

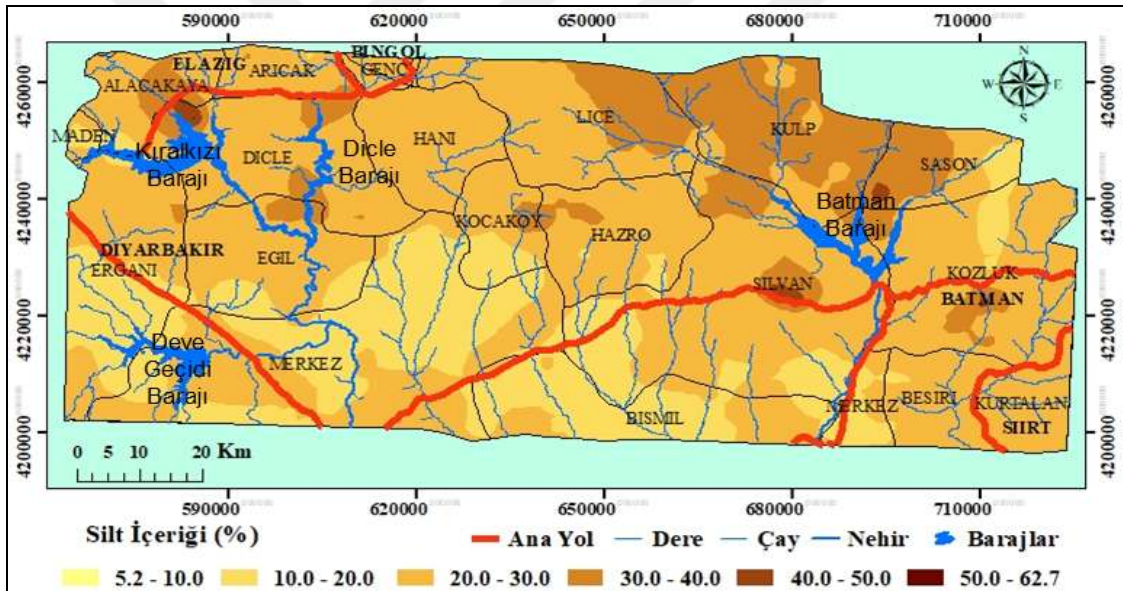


Şekil 4.4. SN, TK, YSİ, TG ve SDGH içeriğine ait semivariogram modelleri ve çapraz doğrulama grafikleri.

Semivariogram modelleri oluşturulduktan sonra ordinary kriging yöntemi ile toprak özelliklerine ait yersel değişim haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.5 - 4.21). Toprak tekstürü toprağın birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliği üzerine etki eden önemli bir toprak bileşenleridir (Arshad ve Coen, 1992; Dexter, 2004). Toprak tekstür bileşenlerine ait yersel değişim haritaları incelendiğinde çalışma alanının güney batı kısmında yer alan araziler yüksek kil içeriğine sahip (Şekil 4.5) iken Batman ilinin içinden geçen ve Dicle Nehrinin yan kolu olan İlluh (Batman Deresi) deresi çevresinde kum içeriği yüksek araziler olduğu görülmektedir (Şekil 4.6). Çalışma alanının Güneybatı kısmında kil içeriğinin oldukça yüksek olması Karacadağ kökenli koyu renkli, ince tekstürlü bazalt ana materyalinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, Karacadağ eteklerine yakın yerlerde toprakların kil içerikleri % 77,7'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 4.5). Genetik bir özellik olduğundan dolayı tekstür bileşenlerinin daha uzun mesafelerde



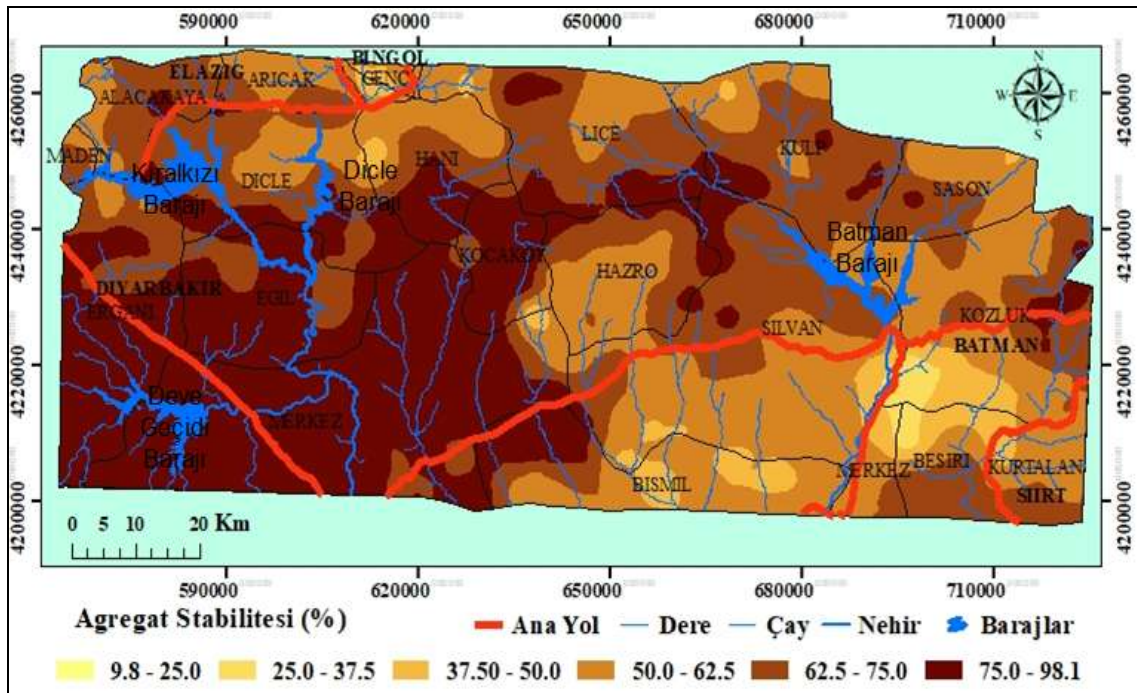
Şekil 4.6. Kum içeriğinin mesafeye bağlı değişimi.



Şekil 4.7. Silt içeriğinin mesafeye bağlı değişimi.

Toprak taneciklerinin organik madde, kireç ve demir oksit gibi çimentolayıcı maddeler ile bir araya gelerek mekanik parçalayıcı ve suyun dispers edici etkisine karşı göstermiş oldukları direnç olarak tanımlanan AS'ne ait değişim haritası Şekil 4.8'de verilmiştir. Çalışma alanında toprak tekstürünün killi olduğu Güneybatı kısmında AS en yüksek değerlere (% 75,0 – 98,1 arasında) ulaşmaktadır. Kil içeriği ile AS için oluşturulan değişim haritaları karşılaştırıldığında benzer bir değişim deseni sergiledikleri (kil içeriğinin yüksek olduğu yerlerde AS'nin yüksek, kil içeriğinin düşük olduğu yerlerde AS'nin de düşük olması) görülmektedir. Bu durum çalışma alanı için

agregat stabilitesi üzerinde toprak tekstürünün önemli bir etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Agregat stabilitesinin yüksek olması toprakların havalanma, suyun infiltrasyonu ve hidrolik iletkenlik gibi birçok fiziksel özeliğine olumlu etkide bulunur (Budak, 2012). Toprakların önemli fiziksel özelliklerinden biri olan toprak porozitesinin toprağa giren suyun hareketine, tutulmasına ve diğer bir ifadeyle toprak-su ilişkisine doğrudan etki ettiği bilinmektedir. Topraklarda agregat miktarının artmasıyla toprak porozitesinde bir artış meydana gelirken erozyona karşı dayanıklılık da artmaktadır (Bryan, 1976; Canton ve ark., 2009). Ancak çalışma alanında toprak tekstürünün çok değişken olması yanısıra organik maddenin genel olarak düşük olması ve bölgede daha çok pulluk ile toprak işlemenin yapılması çalışma alanının önemli bir kısmında zayıf bir agregat oluşumuna neden olmuştur. Çalışma alanında tarımın en yoğun yapıldığı alanlar sulama olanaklarının bulunduğu Diyarbakır iline bağlı Bismil ilçesi ile Silvan ilçesi ve Batman Merkez üçgeninde bulunan arazilerdir. Muhtemelen bu arazilerde yapılan yoğun toprak işleme yöntemleri ile beraber, organik maddenin düşük olması ve bu alanın tekstür bakımından diğer alanlara göre daha kaba olması AS'nin de düşük olmasına yol açmıştır. Dolayısı ile bu arazilerin özellikle su ve rüzgar erozyonuna karşı daha hassas oldukları rahatlıkla söylenebilir. Çalışma alanında yer yer eğimin % 61,8'e çıktığı ve zayıf bir bitki örtüsünün varlığı düşünüldüğünde agregat stabilitesinin alanda erozyona karşı toprakların direnç göstermesi açısından oldukça önemli bir parametre olduğu düşünülmektedir.

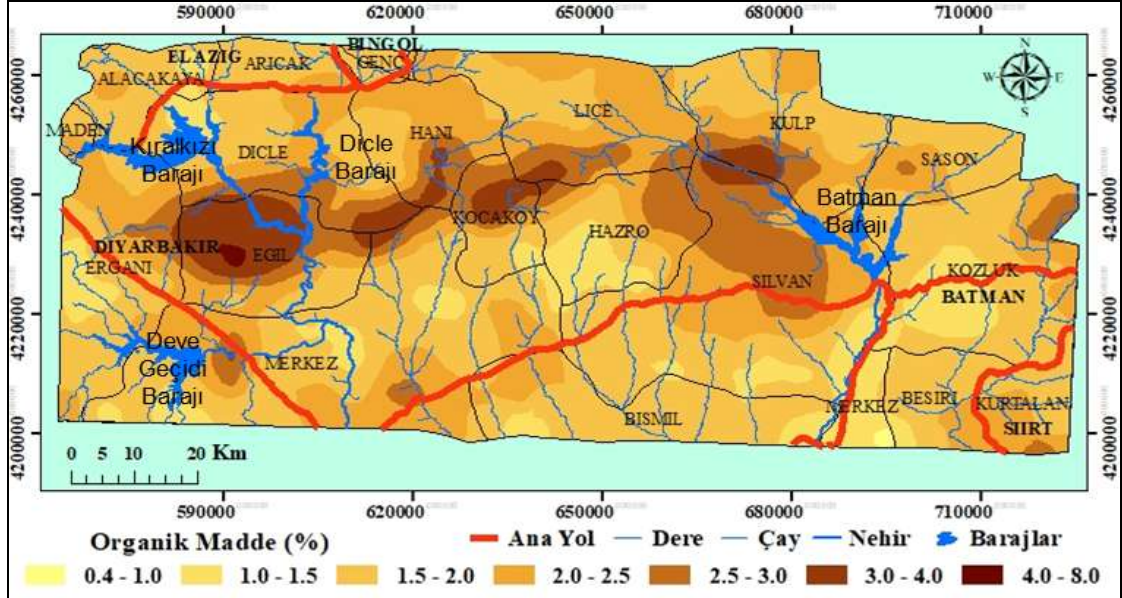


Şekil 4.8. Agregat Stabilitesinin mesafeye bağlı değişimi.

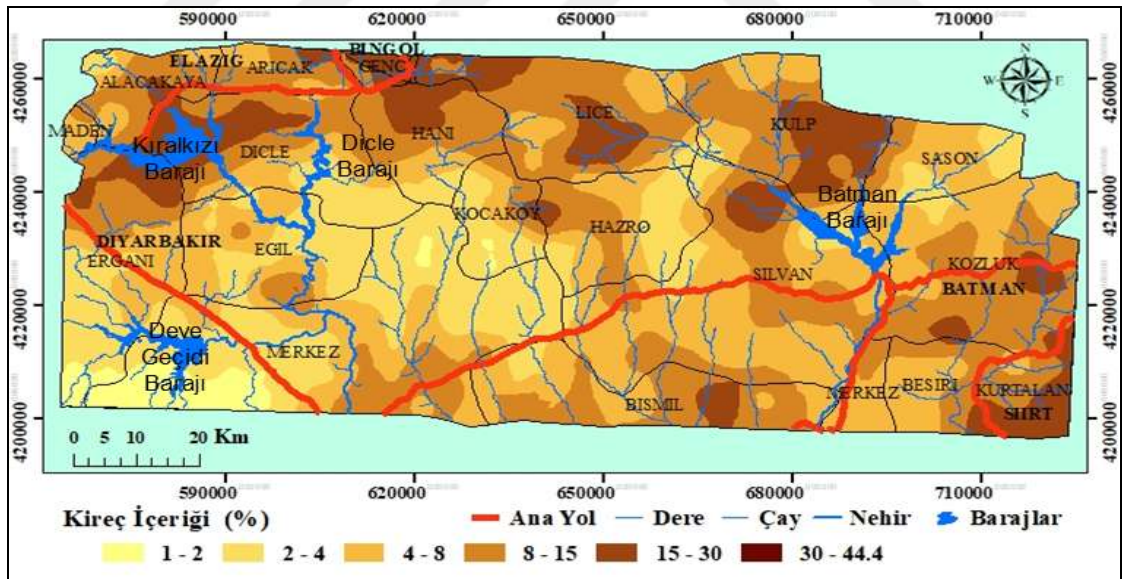
Toprağın birçok fiziksel (strüktür oluşumu, toprağın su tutma kapasitesi ve havalanması, toprak sıcaklığı) (Dexter ve ark., 2008) ve kimyasal (katyon değişim kapasitesi, pH'nın düzenlenmesi, besin elementi alımının artması) (Tan ve Dowling, 1984) özelliği üzerine toprak organik maddesinin direk ve dolaylı etkisinin olduğu bilinmektedir. Ayrıca toprakta dayanıklı agregatların oluşumu, toprağın erozyona karşı direnç göstermesi, bitki büyümesi ve biyo-çeşitlilik üzerine olan etkilerinden dolayı organik madde önemli bir toprak özelliği olarak kabul edilmektedir (Budak ve ark., 2018c). Yoğun bir şekilde uygulanan toprak işleme agregatların parçalanmasına ve agregatlar içinde tutulan organik maddenin mikroorganizmalar tarafından mineralize edilmesine yol açmaktadır (Polat ve ark., 2012). Bu durum toprakta organik madde içeriğinin önemli miktarda azalmasına neden olmaktadır (Çelik ve ark., 2010; Acar ve ark., 2017). Çalışma alanının büyük bir kısmında arpa, buğday ve mercimek gibi tarla bitkilerinin üretimi yapılmaktadır. İklim, topoğrafya ve eğim farklılığından dolayı toprak işleme yöntemlerinde önemli bir farklılık görülmektedir. Genellikle sulama imkânlarının olmadığı, buğday ve arpa yetiştirilen alanlarda tohum yatağı hazırlamak için kulaklı pulluk, kültivatör ve goble diskli tırmık gibi aletler kullanılmaktadır. Alanda özellikle mercimek yetiştiriciliğinden sonraki dönemlerde buğday için tohum yatağının hazırlanmasında çoğunlukla kulaklı pulluk tercih edilmektedir. Sulama imkânlarının olduğu, mısır ve pamuk yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda toprak işleme yöntemi sonbaharda kulaklı pulluk ile derin sürüm ve erken ilkbaharda kültivatör ile yüzeysel toprak işleme şeklindedir. Çalışma alanında yer yer anıza toprak işleme yöntemi uygulansa da toprak yüzeyinde kalan anızların ekin kambur böceği (*Zabrus spp.*) ve bitki kök çürüklüğüne sebep olduğu düşünüldüğünden bölgenin büyük çoğunluğunda hasattan sonra anızlar yakılmaktadır (Gürsoy ve ark., 2013). Anız yakılmasının ana nedeni ise bir sonraki ürün için arazi hazırlığının daha da kolaylaştırılmasıdır. Bu uygulamalar toprakta organik maddenin azalmasına ve yer yer % 0,42 gibi çok düşük düzeylere düşmesine neden olmuştur (Şekil 4.9).

Çalışma alanının Güneybatısında bazalt ana materyali üzerinde oluşan topraklar yüksek kil içeriğine sahip olmalarının yanı sıra, düşük kireç (% 1-2) (Şekil 4.10) ve nispeten nötr ve nötre yakın pH (6,6-7,2) (Şekil 4.11) ve yüksek EC (0,8-2,0 dS m⁻¹) (Şekil 4.12) değerlerine sahiptir. Uzun (2013), yaptığı çalışmada Karacadağ bazaltları üzerinde oluşan toprakların kireç içeriğinin % 3,6-77,0 arasında değiştiğini ve derinlikle beraber kireç içeriğinin arttığını rapor etmiştir. Çalışma alanında kireç içeriğinin yüksek olduğu doğu bölümündeki topraklar çoğunlukla konglomera, kil taşı, kumtaşı, şeyl ve

yer yer jips özellikli Şelmo formasyonu üzerinde ve alanın kuzey kısmı ise daha çok kumtaşı, kil taşı, silt taşı ve kireçtaşı özellikli Lice formasyonu üzerinde oluşmuştur (Çelik, 2015). Bu alanlarda kireç içeriği yer yer % 44,4'e kadar çıkmıştır (Şekil 4.10).



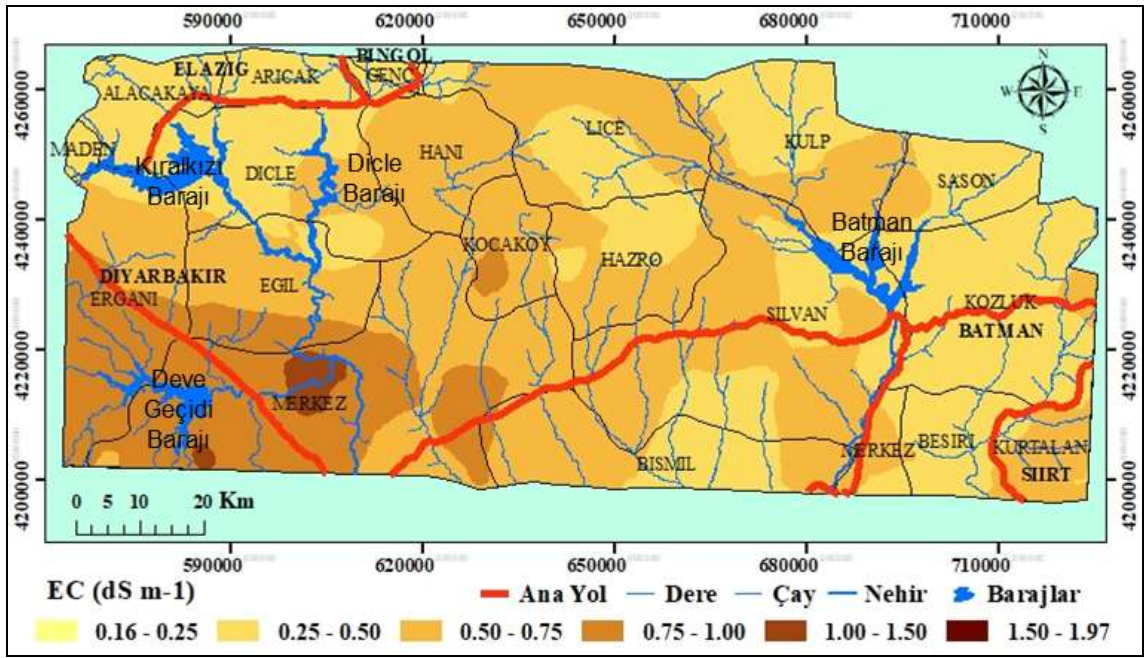
Şekil 4.9. Organik Madde içeriğinin mesafeye bağlı değişimi.



Şekil 4.10. Kireç içeriğinin mesafeye bağlı değişimi.

Toprak pH'sı bitki besin elementlerinin toprakta yarayırlılığı üzerine önemli bir etkiye sahiptir (Truog, 1947). Bu nedenle bitkisel üretimde bitki çeşidi seçiminde ve gübre uygulamalarında göz önünde bulundurulması gereken önemli bir özelliktir. Bitki besin elementlerinin en yarayırlı olduğu pH aralığının 6,5 ile 7,5 arasında olduğu bildirilmiştir (Lindsay ve ark., 1989). Toprak pH'sı 6,5'in altına düştüğünde ve 7,5'in

düşünülmüştür. Çalışma alanının tamamında tuzluluk açısından tarımsal üretimi sınırlayıcı bir durum söz konusu değildir. Ancak yüksek kil içeriğine sahip çalışma alanının güneybatı kısmında Devegeçidi barajının bulunduğu alanda EC değerlerinin yer yer $1,97 \text{ dS m}^{-1}$ 'e kadar çıktığı tespit edilmiştir (Şekil 4.12). Özellikle bu bölgede yağışın düşük ve toprakların kil içeriğinin yüksek ve tarımsal üretimde yoğun sulama yapılıyor olması topraktaki tuz miktarının artmasına neden olmuştur. Bu bölgede, tuzluluk sorununun daha fazla ilerlemesinin bitkisel üretimde ciddi kısıtlara neden olabileceği göz önünde bulundurulmalı ve tedbir alınmalıdır.



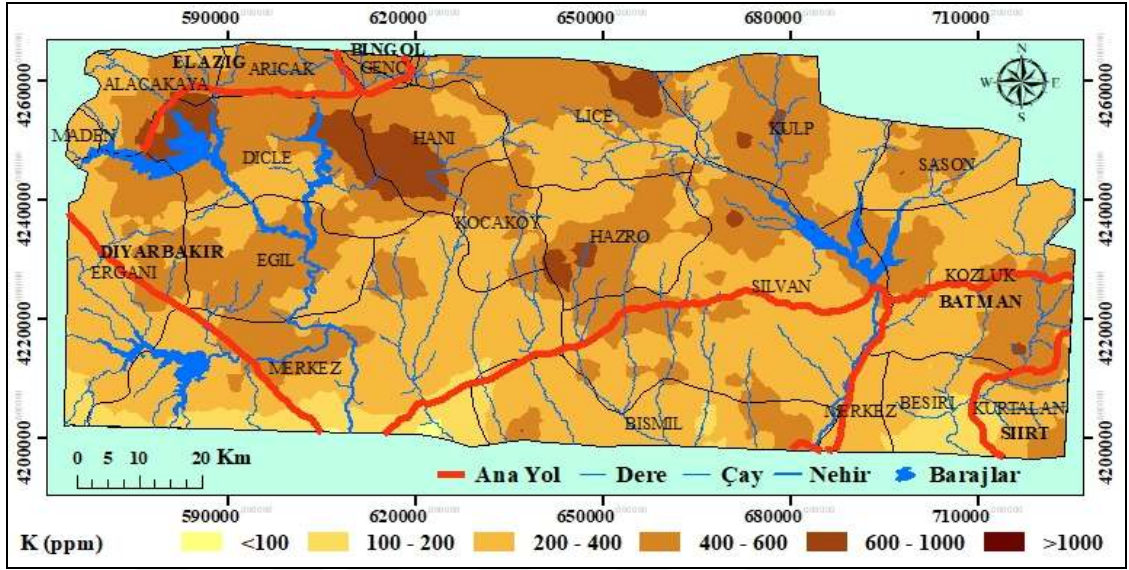
Şekil 4.12. EC değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.

Bitki kök gelişimi başta olmak üzere bitkinin birçok fonksiyonu üzerine etkisinden dolayı fosfor bitki gelişimi için mutlak gerekli olan besin elementlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle tarımsal üretim yapılan alanlarda toprakların yarayışlı fosfor konsantrasyonlarının mesafeye bağlı değişimi dikkate alınarak noksanlık ve fazlalık olan alanların belirlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Yarayışlı fosfor için hazırlanan mesafeye bağlı değişim haritası incelendiğinde çalışma alanında fosfor içeriği oldukça yüksek bir yersel değişim göstermiştir (Şekil 4.13). Bunun temel nedenleri; 1) yoğun tarımsal üretim yapılan alanlarda her yıl toprak analizi yapılmadan çiftçinin gelir durumuna göre fosfor içerikli gübreler kullanması, 2) çalışma alanı topraklarının farklı ana materyaller üzerinde oluşması nedeni ile toprak tekstürü ve kireç içeriğinin farklı olması ve 3) alanda farklı arazi kullanımlarının bulunmasıdır. Çalışma alanının önemli bir kısmında yer alan

toprakların yarayışlı fosfor konsantrasyonu Horneck ve ark. (2011)'nin yaptıkları sınıflamaya göre kritik değer olan 10 gr kg⁻¹'in altındadır. Özellikle de çalışma alanında tarımsal üretimin yoğun bir şekilde yapıldığı güney kısmında alınabilir fosfor içeriğinin 5-15 gr kg⁻¹ arasında değişim gösterdiği ve çoğunlukla bitkisel üretim açısından kritik değer (10 gr kg⁻¹) altında olduğu gözlemlenmiştir. Ancak Diyarbakır iline bağlı Kocaköy ilçesi ile Eğil ve Hani ilçelerinde alınabilir P içeriğinin toprakta yeteri düzeyde bulunduğu tespit edilmiştir. Bu durum ya ana materyalin P içeriği bakımından zengin olması ya da tarımsal üretimin yapıldığı bu alanlarda çiftçilerin her yıl fosforlu gübre kullanmasından kaynaklanmaktadır. Eyüpoğlu (1999)'un ülkemiz topraklarının verimlilik durumunu belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada; toprakların büyük bir kısmında alınabilir P miktarının az olduğu rapor edilmiştir.

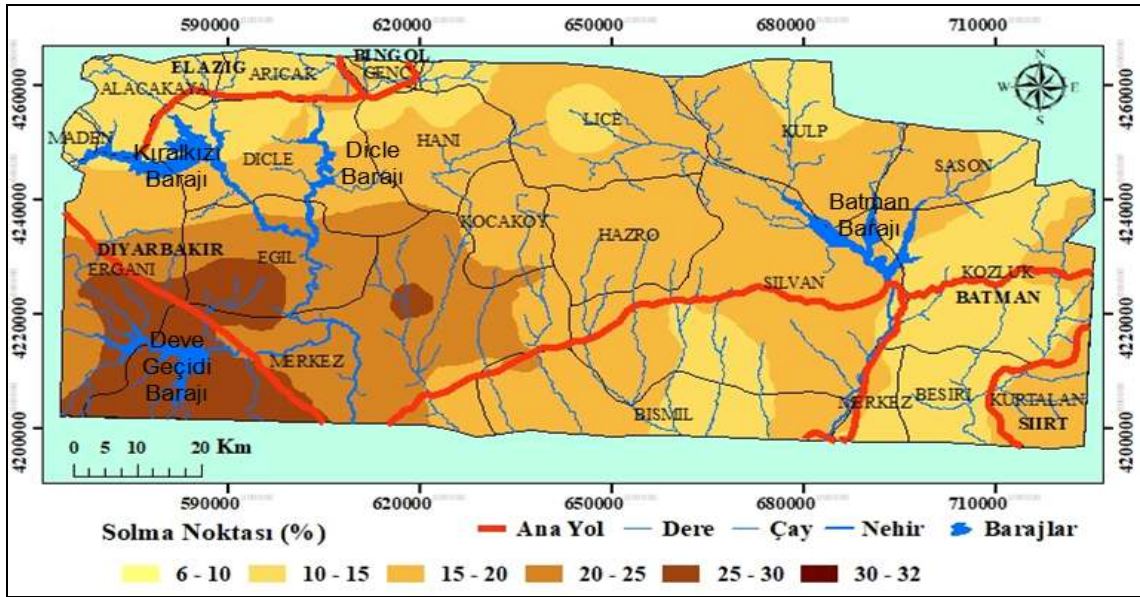
Şekil 4.13. Alınabilir P'un mesafeye bağlı değişimi.

içeriğinin bitkisel üretim açısından yetersiz olduğu görülmüştür (Şekil 4.14). Bu nedenle bu alanlarda potasyumlu gübre kullanımı verimde artışlara neden olabilecektir.

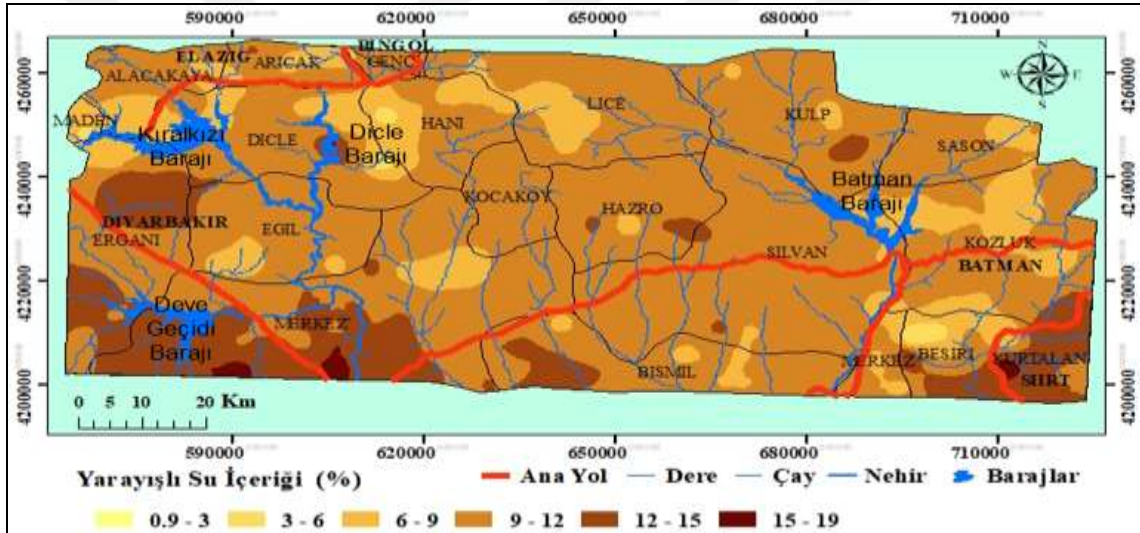


Şekil 4.14. Alınabilir K'nun mesafeye bağlı değişimi.

Toprakların tuzluluk ve alkalilik düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan önemli parametrelerden biri SAR değerleridir. Toprakta SAR değerlerinin artmasıyla birlikte toprağın fiziksel özelliklerinin bozulması sonucu bitkilerin zarar görmesi tuzların dolaylı etkileri içerisinde değerlendirilmektedir (Horneck ve ark., 2007). Çalışma alanı yarı kurak bir iklim bölgesinde yer almasına rağmen alanın tamamında SAR değerleri 0,50'in altında oldukça düşük değerlere sahiptir ve (Şekil 4.15) tarımsal üretim açısından sorun teşkil etmemektedir. Bu durum çalışma alanı ana materyalinin, taşkın sonucu çevreden gelen suların ve sulama sularının değişebilir sodyum içeriği bakımından sorun teşkil etmediğine veya alanda drenaj sorununun bulunmadığına işaret etmektedir.



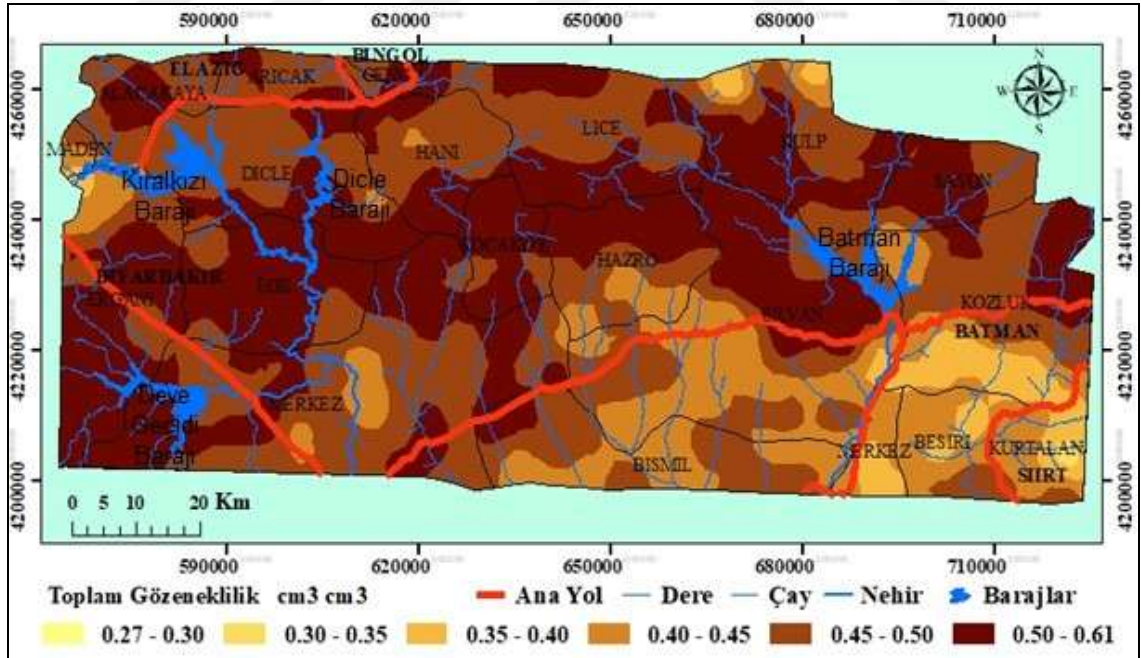
Şekil 4.18. Solma noktası değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.



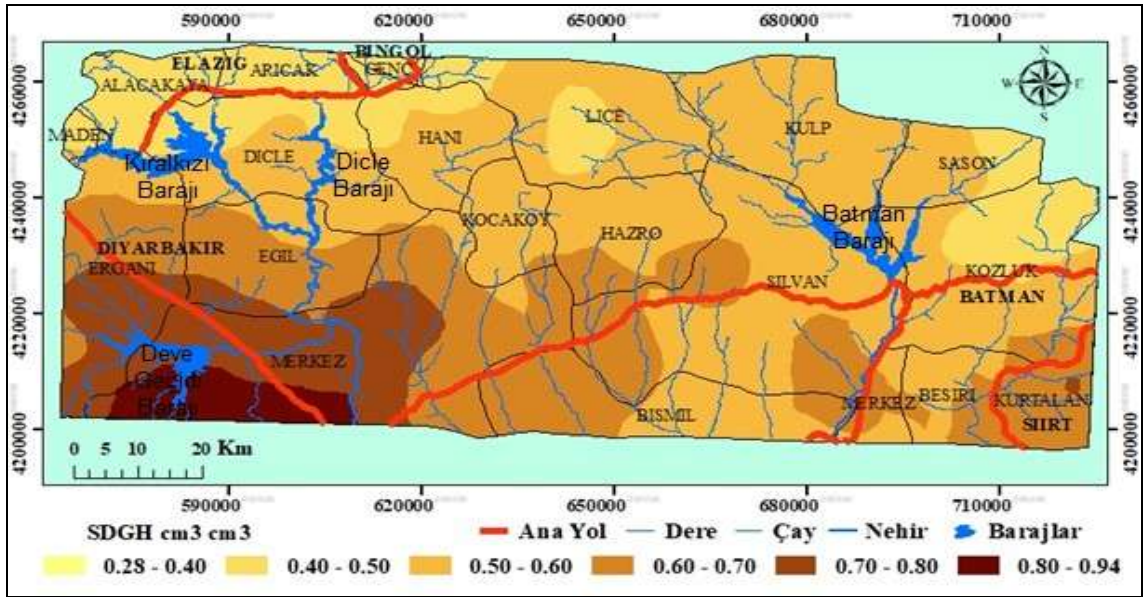
Şekil 4.19. Yarıyışlı su içeriğini mesafeye bağlı değişimi.

Toprak gözenekliliği topraktaki suyun tutunmasını, hareketini, kök gelişimini, gazların yayılmasını ve toprak içerisindeki canlı hayatı etkilemekte (Pires ve ark., 2017) ve dolayısıyla toprağın fonksiyonlarını daha iyi yerine getirebilmesine imkân sağlamaktadır. Toprakların toplam gözenekliliği toprağın tekstürüne, strüktürüne, gözenek büyüklük dağılımına (Yeşilsoy ve Aydın, 1992), organik madde içeriğine, mevcut nem içeriğine ve arazi üzerindeki trafiğin yoğunluğuna bağlı olarak önemli değişimler göstermektedir (Busscher, 1990). Toplam gözeneklilik çalışma alanında önemli bir spatial değişim deseni sergilemektedir (Şekil 4.20). Çalışma alanında TG'in yüksek olduğu arazilerin kil içeriğinin yüksek olduğu, TG'in düşük olduğu arazilerde ise toprakta kum içeriğinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

Toprakların toplam gözenekliliği ve su içeriği ile belirlenen su ile dolu gözenek hacmi toprak mikroorganizmalarının aktiviteleri ile yakın ilişkili (Linn ve Doran, 1984) olduğundan, genellikle toprak biyolojisi ile ilgili çalışmalarda sıklıkla belirlenen toprak özelliği olmuştur. Su ile dolu gözenek hacmi üzerine ilk çalışmalardan birini gerçekleştiren Linn ve Doran (1984) ve Torbert ve Wood (1992), inkübasyon çalışmalarında %60 su ile dolu gözenek hacminin aerobik mikrobiyal aktiviteyi en yüksek düzeyde desteklemekte olduğunu bildirmişlerdir. Bu noktanın üzerindeki su ile dolu gözenek hacmi değerlerinde ise havalanma azaldığından aerobik mikrobiyal aktivitenin azalacağı belirtilmiştir. Bu çalışmada ise genel olarak mikrobiyal aktiviteyi kısıtlayan bir durum gözükmemekle birlikte, özellikle kil içeriğinin yüksek bulunduğu ve sulama imkânlarının daha iyi olduğu çalışma alanının güneybatı kısmında su ile dolu gözenek hacminin en yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.21). Çalışma alanında örnekleme geniş bir zamanda yapılması ve bu süre içerisinde özellikle sulama imkânlarının olduğu yerlerde yapılan toprak örneklemlerinde yüksek nem içeriğine rastlanması, su ile dolu gözenek hacminin mikrobiyal aktivite için sınır değer olan 0,60'ın üzerinde çıkmasına sebep olmuştur.



Şekil 4.20. Toplam gözeneklilik değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.



Şekil 4.21. Su ile dolu gözenek hacmi değerlerinin mesafeye bağlı değişimi.

4.3. Toprak Kalitesi İndeksinin Belirlenmesi ve Mesafeye Bağlı Değişiminin Haritalanması

Toprak kalitesi indeksini (TKİ) belirlemek için kullanılan parametrelerin (tekstür, AS, OM, kireç, pH, EC, alınabilir P ve K, SAR, HA, YSİ, TG, SDGH ve arazinin eğimi) skorları ve 3 farklı yöntem ile elde edilen toprak kalite indeksine ait tanımlayıcı istatistik verileri ile PCA ve AHP yönteminden sonra elde edilen ağırlık değerleri tablo 4.3'te verilmiştir.

Kosmas vd. (1999) tarafından geliştirilen MEDALUS modelindeki metodolojiye göre yapılan değerlendirmede TKİ 1,14-1,43 arasında değişim göstermekte olup ortalama 1,28 değerini almıştır (Tablo 4.3). PCA yöntemi ile skorların ağırlıklandırması ile yapılan değerlendirmede TKİ_{PCA} değerleri 1,05-1,56 arasında ve ortalama 1,31 çıkmıştır. Uzman görüşünü dikkate alarak AHP yöntemi ile yapılan değerlendirmede ise TKİ_{AHP} değerleri 1,06-1,60 arasında değişmekte ve ortalama 1,36 değerini almıştır (Tablo 4.3). MEDALUS modeli mantığı ile elde edilen TKİ değerlerlendirmede çalışma alanının tamamının orta kalite bir toprak kalite indeksine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak hem PCA hemde AHP yöntemi ile yapılan değerlendirmede toprak kalite indeksinin daha geniş bir aralıkta skorlar aldığı ve çalışma alanında çok küçük alanlarda görülmesine rağmen hem yüksek kalite hemde düşük kalite indeksine sahip arazilerin var olduğu görülmüştür (Şekil 4.22). Üç farklı yöntem ile yapılan değerlendirme sonucunda her ne kadar arazilerin büyük çoğunluğu orta kalitede bir toprak kalite

indeksine sahip olsada özellikle yoğun tarımsal üretimin yapıldığı Güney kısımlarında toprak kalite indeksinin daha düşük çıktığı tespit edilmiştir (Şekil 4.22).

Ayrıca toprak kalite indeksi için yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen bulgular MVS oluşturularak yapılan değerlendirmelerin oldukça önemli olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada 14 parametrenin tamamına ait skorlar ele alınarak yapılan değerlendirmede yüksek veya düşük kalite skoruna sahip hiçbir arazi bulunmazken MVS'ne dâhil edilen 10 parametre ile hem PCA hemde AHP yönteminde ağırlıklandırılmış skorlarla yapılan değerlendirmelerde bazı arazilerin düşük ve yüksek kalite skorlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum daha az sayıda parametre ile yapılacak değerlendirmelerin araştırmacılara maliyeti düşük, hızlı ve güvenilir bir şekilde toprak kalitesini belirlemeye olanak sağlayacağını göstermektedir. Özellikle çalışılan alanda yeteri deneyime sahip uzman görüşlerine yer veren AHP yönteminin kullanımı toprak kalite indeksinin etkili bir şekilde belirlenmesine olanak sağlamaktadır.

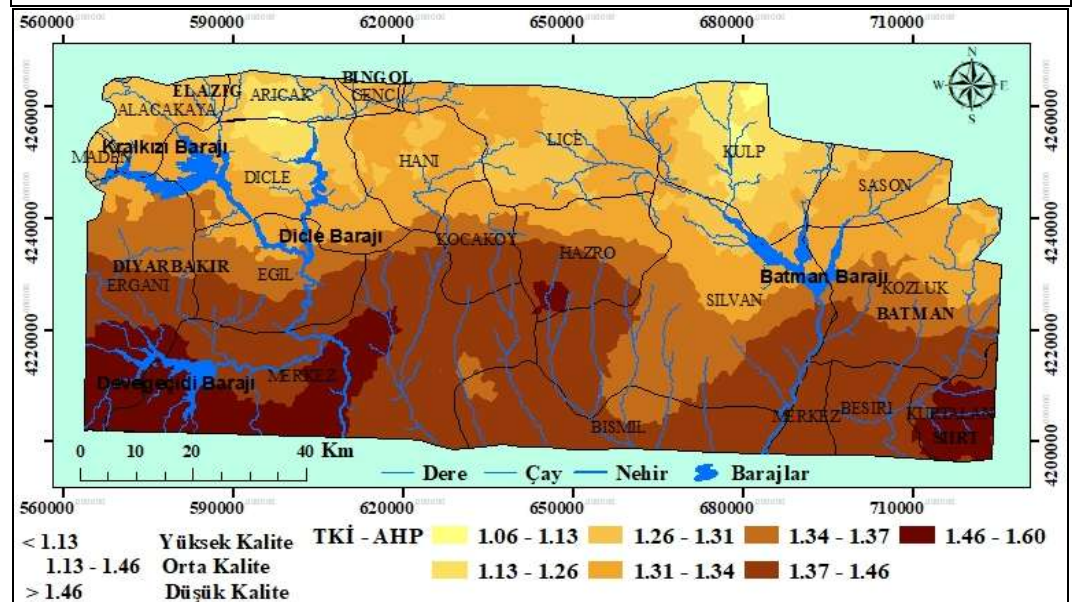
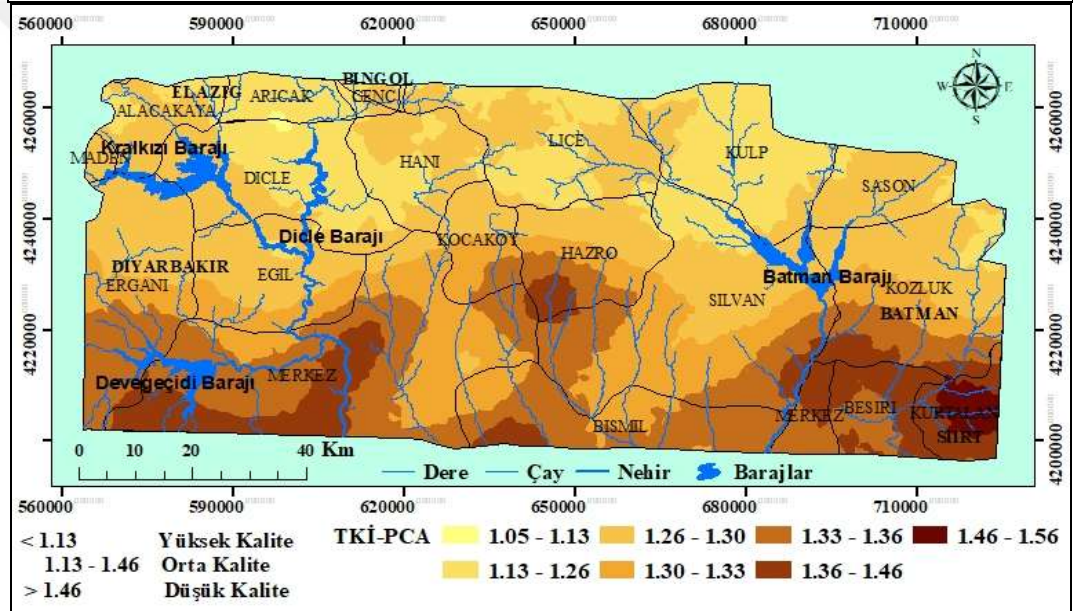
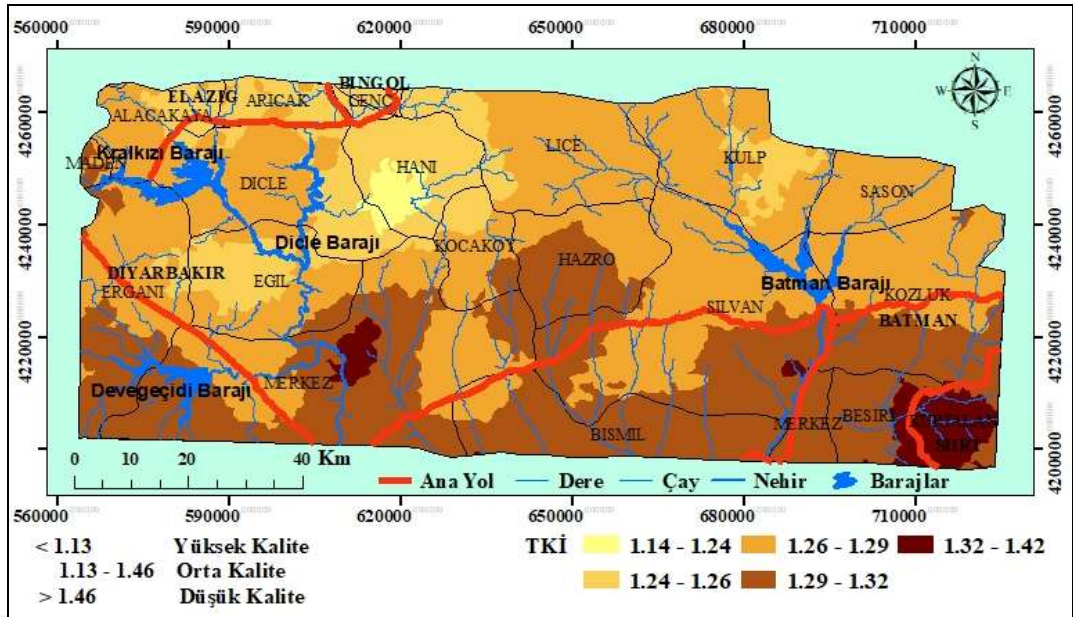
Daha öncede değinildiği gibi MEDALUS modeli ile belirlenen toprak kalite indeksinin skorlanmasında her bir parametre bağımsız olarak değerlendirildiğinden toprak kalitesine etki derecesi bilinmemektedir. Bu nedenle PCA ve AHP ile skorların ağırlıklandırılması önem kazanmıştır (Rahdari ve ark., 2013; Bouzekri ve Benmessaoud, 2015; Negaresh ve ark., 2016; Arami ve Ownagh, 2017; Budak ve ark., 2018a). PCA ile yapılan değerlendirmede toprak kalite indeksi) değerlerine en yüksek etki eden parametreler tekstür, AS ve EC (% 14) iken en düşük etkiyi alınabilir K ve kireç içeriği (%) göstermiştir. Bu yöntemde diğer parametrelerden OM, pH, ve HA % 12, Alınabilir P ve SAR ise % 6 etki etmiştir (Tablo 4.3). Uzman görüşüne göre AHP ile yapılan değerlendirmede ise toprak kalite indeksine en yüksek etki eden parametrenin toprak tekstürü (% 22) en az etki eden parametrenin ise kireç içeriği (%3) olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametrelerin etki derecesi ise büyükten küçüğe sırasıyla OM (% 16), pH (% 14), AS (% 12), alınabilir P, EC ve HA (% 7), SAR (% 6) ve alınabili K (% 54) şeklindedir (Tablo 4.3). Her iki yöntemde de toprak kalite indeksine etkisi en yüksek parametrelerin benzer olduğu görülmektedir. Ancak AHP yöntemi ile yapılan değerlendirmede parametrelerin toprak kalitesine etkisinin daha değişken olduğu gözlemlenmiştir. Nitekim toprak tekstürü birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik (agregatlaşma, besin depolama, besin elementlerinin yarayışlılığı, su tutma kapasitesi, suyun yarayışlılığı, suyun hareketi ve potansiyel verimlilik) özelliğine önemli düzeyde etki ettiğinden uzmanlar tarafından daha yüksek ağırlık verilmesine neden olmuştur. Dolayısı ile elde edilen bulgular hem PCA hemde AHP ile parametrelerin

ağırlıklandırılmasının daha doğru bir toprak kalite indeksinin belirlenmesine olanak sağladığını göstermektedir.

Ayrıca elde edilen skor haritaları incelendiğinde yoğun tarımsal üretimin yapıldığı çalışma alanının güney kısmında toprak kalitesinin daha düşük çıkmasının nedenleri; 1) alınabilir P içeriğinin düşük olması, 2) pH içeriğinin diğer arazilere göre nispetten yüksek olması ve yer yer 8,55'e kadar çıkması 3) Deve Geçidi Barajı etrafında bazalt ana materyali üzerinde oluşan toprakların yüksek kil içeriğine sahip olması ve bu arazilerdeki EC değerlerinin diğer arazilere göre ($0-75-1,97 \text{ dS m}^{-1}$) daha yüksek olması 4) Batman iline bağlı Kozluk ve Beşiri ilçeleri ile Siirt iline bağlı Kurtalan ilçeleri arasında kalan arazilerde toprakların yüksek HA değerlerine ($1,50-1,93 \text{ gr cm}^{-3}$ arasında) sahip olması ve Organik madde içeriğinin çoğunlukla 1,4 - 2,0 arasında skorlar almasından kaynaklanmaktadır.

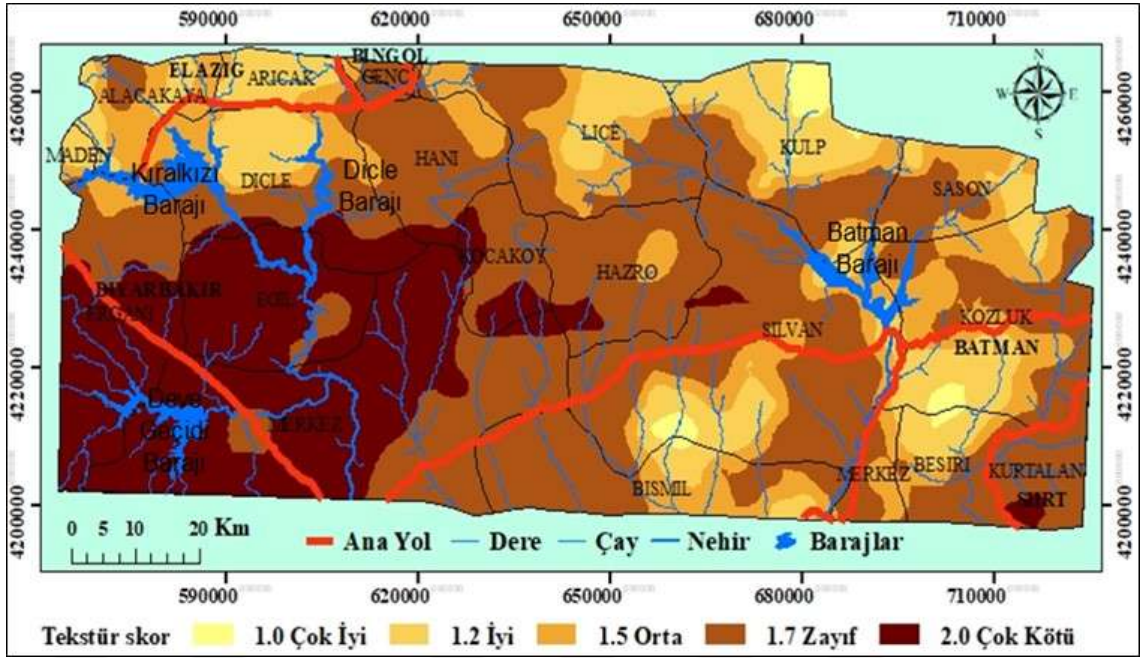
Tablo 4.3. Toprak Kalite indeksleri ($TKİ$, $TKİ_{PCA}$ ve $TKİ_{AHP}$) altında tanımlanan parametrelere ait skorlar ve farklı yöntemlerle elde edilen ağırlık değerleri.

Parametreler	En Küçük	En Büyük	Ortalama	S.Sapma	PCA Ağırlık	AHP Ağırlık	Anova
Tekstür	1,00	2,00	1,64	0,31	0,14	0,22	
OM	1,00	2,00	1,49	0,17	0,12	0,16	
pH	1,00	1,80	1,10	0,11	0,12	0,14	
AS	1,00	2,00	1,19	0,23	0,14	0,12	
EC	1,00	1,20	1,01	0,03	0,14	0,07	
Kireç	1,00	1,80	1,28	0,19	0,05	0,04	
Alınabilir P	1,00	2,00	1,60	0,29	0,06	0,07	
Alınabilir K	1,00	2,00	1,10	0,21	0,05	0,05	
SAR	1,00	1,00	1,00	0,00	0,06	0,06	
H.A	1,00	2,00	1,52	0,28	0,12	0,07	
Eğim	1,00	2,00	1,22	0,20			
SDGH	1,00	2,00	1,32	0,28			
TG	1,00	2,00	1,28	0,28			
YSİ	1,40	2,00	1,69	0,13			
$TKİ$	1,14	1,43	1,28	0,05			
$TKİ_{PCA}$	1,05	1,56	1,31	0,08			0,000
$TKİ_{AHP}$	1,06	1,60	1,36	0,09			



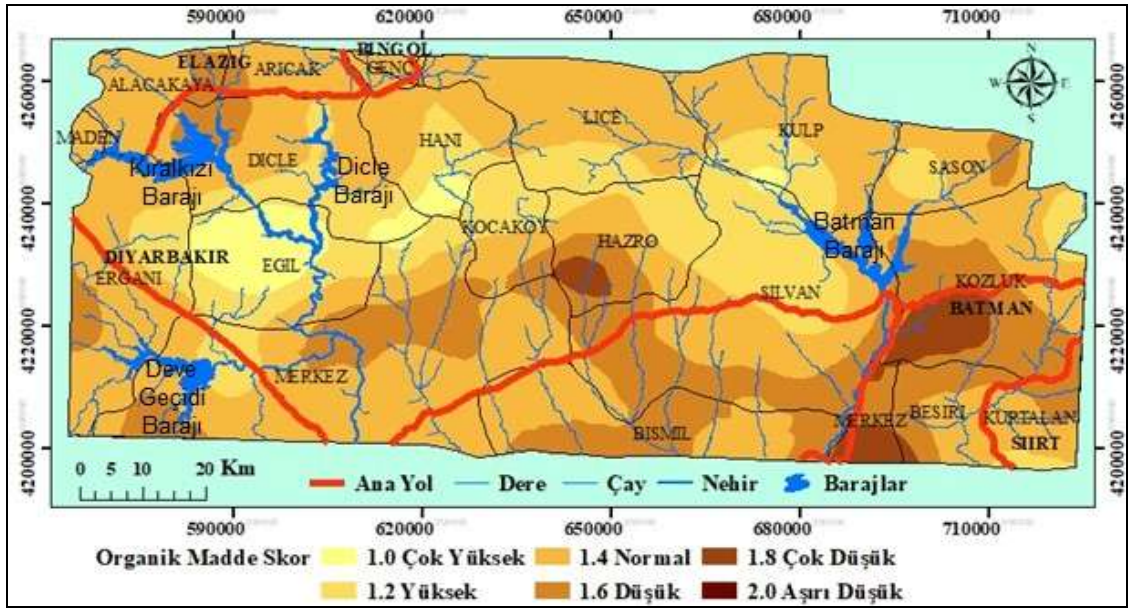
Şekil 4.22. Toprak kalite indekslerine ait mesafeye bağlı değişim haritaları.

Toprak kalitesi bakımından önemli bir parametre olarak kabul edilen toprak tekstürü skorlarına ait dağılım haritası Şekil 4.23'te verilmiştir. Elde edilen toprak tekstür sınıflarına göre skorlar 1,0 ile 2,0 arasında değişmekte olup ortalama 1,64'tür. Çalışma alanı topraklarının ortalama tekstür skorunun yüksek olması tekstür bakımından arazilerin çoğunlukla düşük bir toprak kalitesine sahip olduğunu göstermektedir. Daha öncede değinildiği gibi bazalt ana materyali üzerinde oluşan çalışma alanının güney-batı kısmı yüksek bir kil içeriğine sahip iken Batman deresinin geçtiği bölgede oluşan arazilerin kum içeriği daha yüksektir. Çalışma alanında kil içeriğinin bazı arazilerde % 77,7'ye kum içeriğinin ise % 77,1'e kadar çıkması çalışma alanının tekstür bakımından kötü bir ortalama skor almasına neden olmuştur. Kumlu topraklar, killi topraklara göre daha düşük bir su tutma kapasitesine sahiptirler. Bitkiler kumlu topraklarda düşük basınçla tutulan suyu hızlı tükettiğinden kumlu topraklar kuraklığa karşı oldukça hassastırlar. Bu nedenle bugüne kadar, yapılan çalışmalarda kumlu topraklar TKİ bakımından en kötü kalite skorunu almıştır (Kosmas ve ark., 1999; Farajzadeh ve Egbal, 2007; Sepehr ve ark., 2007; Bakr ve ark., 2012; Ismael, 2015; Symeonakis ve ark., 2016; Prăvălie ve ark., 2017; Budak ve ark., 2018b; Boudjemline ve Semar, 2018). Kurak nem rejimine sahip alanlardaki yüksek kil içeriğine sahip topraklarda tuzluluk sorunu olmamasına rağmen sulama yapılan bölgelerde iyi yönetilmedikleri takdirde ortaya çıkabilecek drenaj sorunu, aşırı gübreleme ve yüksek buharlaşmadan dolayı zamanla tuzluluk sorunu oluşmakta ve bunun neticesinde toprak kalitesi azalmaktadır (Khresat ve ark., 1998). Çalışma alanında kil içeriğinin en yüksek olduğu alanlar % 0-2 eğimli, diğer arazilere kıyasla yüksek bir EC değerine sahip ve orta drenajlı arazilerdir. Bu çalışmada kil içeriğinin %60'tan yüksek olduğu killi tekstüre sahip topraklar ile kumlu tekstüre sahip topraklar aynı sınıflama içerisine alınmış ve her iki tekstür sınıfına en kötü kalite skoru (2,0) verilmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Çalışma alanına ait tekstür parametresi skorlarının alansal dağılımı.

Organik madde, fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. OM içeriğinin azalması sonucu, arazi bozulması ve dolayısı ile toprak kalitesi azalmaktadır (Kosmas ve ark., 1999). Çalışma alanında OM 1,0 (en iyi) ve 2,0 (en kötü) arasında skorlar almış ve ortalama skor değeri ise 1,49 olarak bulunmuştur (Tablo 4.3). OM için elde edilen skorlara ait dağılım haritası incelendiğinde Diyarbakır ili Eğil ve Kocaköy ilçelerinde bulunan bazı arazilerde organik maddenin yüksek skorlar aldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.24). Yapılan incelemelerde bu alanların organik madde içeriğinin yüksek olduğu (% 6.5 ve % 8.02) ormanlık alanlara denk geldiği tespit edilmiştir (Şekil 4.25). Ancak çalışmanın önemli bir kısmında OM düşük skorlar (1,6 – 2,0) almıştır. Çalışma alanında Diyarbakır iline bağlı Hazro ve Bismil ilçeleri ile Batman iline bağlı Kozluk ilçesinde bulunan arazilerde OM'nin en düşük skora sahip olması bu bölgedeki toprak kalite indekslerinin düşük skorlar almasına neden olmuştur.

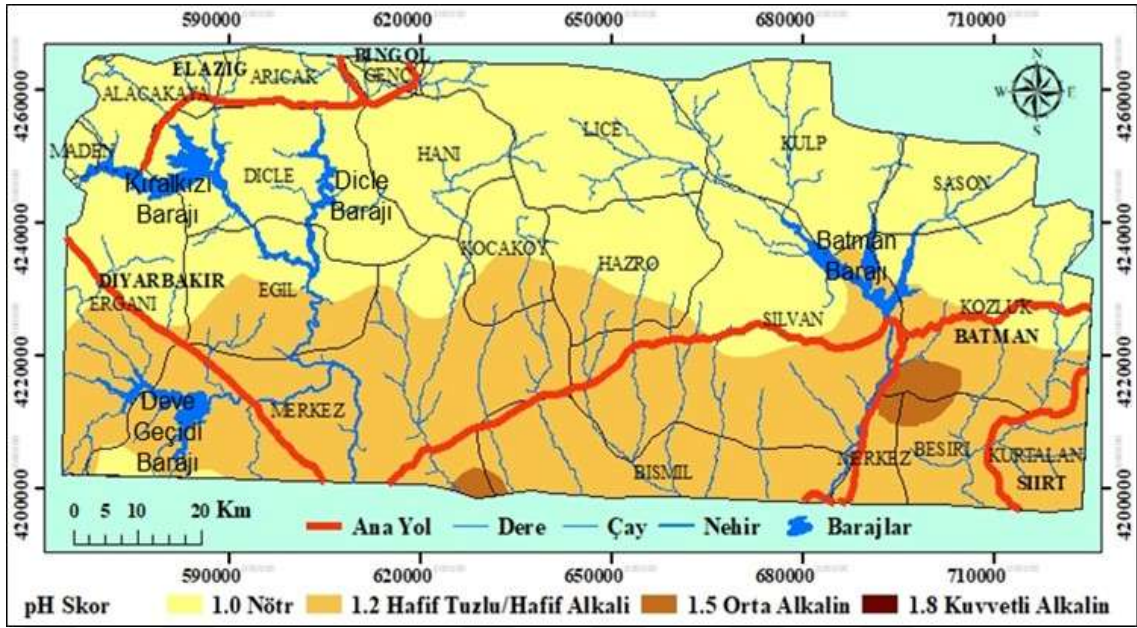


Şekil 4.24. Çalışma alanına ait organik madde parametresi skorlarının alansal dağılımı.

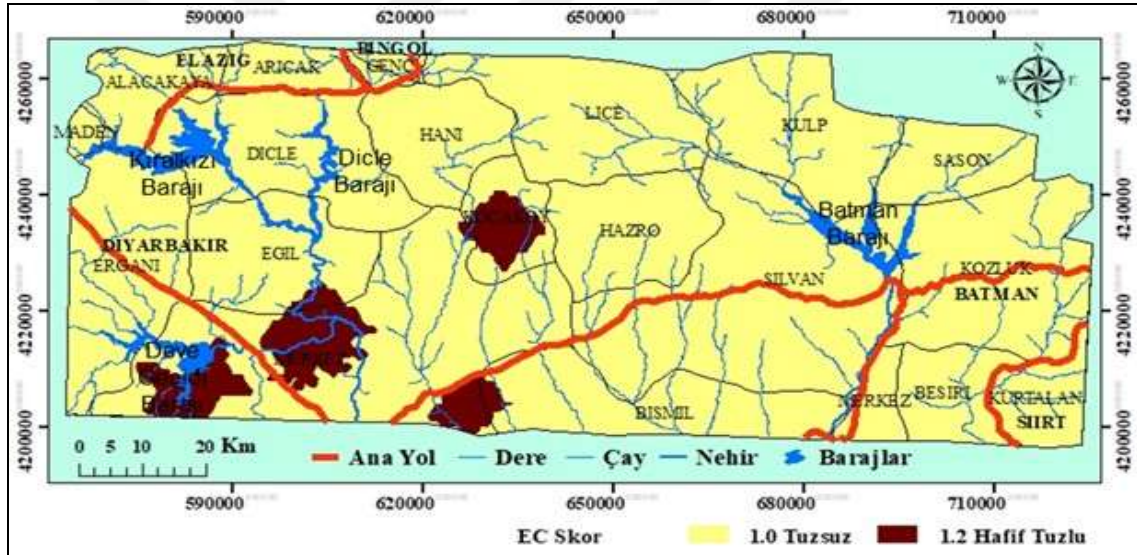


Şekil 4.25. Diyarbakır İli Kocaköy İlçesi 234 nolu örnekleme noktasından bir görüntü.

Son dönemlerde yapılan araştırmalarda önemli bir çevresel sorun olarak kabul edilen tuzluluk ve alkalilik süreçlerine ait parametreler (pH, EC ve SAR) toprak kalitesinin belirlenmesi açısından önemli parametreler olarak kabul edilmiştir (Sepehr ve ark., 2007; Bakır ve ark., 2012; Prävãlie ve ark., 2017). Bu nedenle çalışma alanında yürütülen bu çalışmada toprak kalite indeksleri bakımından pH, EC ve SAR önemli birer parametre olarak kabul edilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda çalışma alanında pH skorlarının 1,0 ile 1,80 arasında (ortalama 1,10) (Şekil 4.26), EC skorlarının ise 1,0 ile 1,20 (ortalama 1,01) (Şekil 4.27) arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.3). pH için elde edilen dağılım haritası incelendiğinde çalışma alanının güney kısmının 1,2 yer yer 1,5 skoru, kuzey kısmının ise 1,0 skorunu aldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.26). Daha öncede değinildiği gibi tarımsal üretimin en yoğun yapıldığı ve buna bağlı olarak gübreleme uygulamalarının yapıldığı araziler güney bölgesindeki arazilerdir. Bu arazilerde uygulanan gübre çeşidi ve miktarı toprak pH'sı üzerinde önemli bir etki yapmaktadır. EC için elde edilen dağılım haritasına göre arazinin neredeyse tamamında toprak kalite indeksleri için sorun teşkil eden bir durumun olmadığı görülmektedir. Ancak kil içeriğinin yüksek olduğu Güney kısmında EC değerlerinin yer yer bitkisel üretim açısından sorun teşkil edecek düzeye çıkmıştır (Şekil 4.25). SAR için yapılan değerlendirme de çalışma alanının tamamının 1,0 skoru aldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle de SAR skorlarına ait değişim haritası oluşturulmamıştır. SAR değerinin yüksek kalite skoruna (1,0) sahip olması toprak kalite indekslerinin daha kötü sonuçlar almasını engellemektedir. Bu nedenle bir alanın toprak kalitesi çalışıldığında sadece sorun olan parametrelerin değil aynı zamanda olumlu olan parametrelerinde göz önünde bulundurulması daha gerçekçi bir değerlendirme yapılmasına olanak sağlamaktadır.



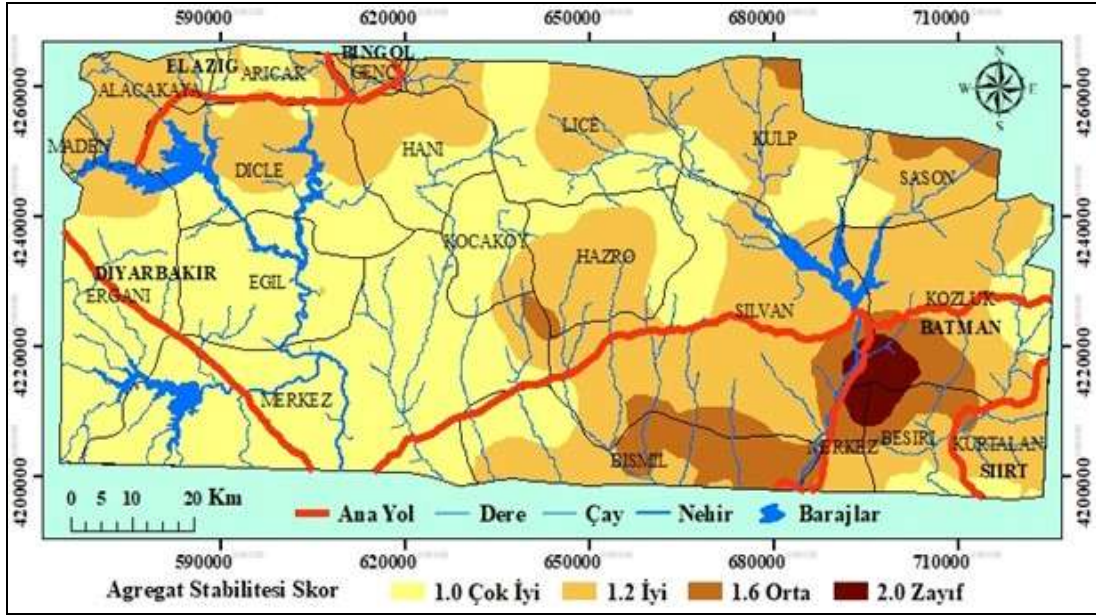
Şekil 4.26. Çalışma alanına ait pH parametresi skorlarının alansal dağılımı.



Şekil 4.27. Çalışma alanına ait EC parametresi skorlarının alansal dağılımı.

Agregat stabilitesi yüzey toprağının hidrolojisini, kabuk bağlamasını ve erozyona uğramasını etkileyen en önemli toprak özelliğidir. Toprakların yüksek bir AS'ne sahip olması toprakların su ve rüzgâr erozyonuna karşı direnç gösterebilmesi açısından oldukça önemlidir (Zhu ve ark., 2016). Ayrıca toprakta karbon birikimi (Jastrow ve ark., 1998; Budak ve Günal, 2018), toprak bozulması ve erozyondan kaynaklanan çevre kirliliği açısından da AS önemli bir rol oynamaktadır (Erktan ve ark., 2016). Bu nedenle çalışma alanı için AS önemli bir toprak kalite indeksi parametresi olarak değerlendirilmiştir. Yapılan skorlama yöntemine göre AS'nin 1.0 – 2.0 arasında ve ortalama 1.19 skoru aldığı tespit edilmiştir. Çalışma alanında eğimin fazla olması ve bitki örtüsünün zayıflığı nedeniyle toprakların erozyona karşı direnç göstermesi

bakımından AS parametresinin önemi daha da artmaktadır. Kum içeriğinin yüksek, organik madde ve kireç içeriğinin düşük olduğu Batman il merkezi ile Kozluk ve Beşiri ilçeleri arasında kalan arazilerin kötü AS skoru aldığı diğer alanların ise AS bakımından bir sorun oluşturmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.28). Çalışma alanında yapılan arazi çalışmalarında bu bölgenin en fazla su ve rüzgâr erozyonuna uğrayan bölgelerden biri olduğu görülmüştür (Şekil 4.29). Özellikle bu bölgeler koruma programlarında öncelikli bölgeler arasında yer almalı buna göre mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

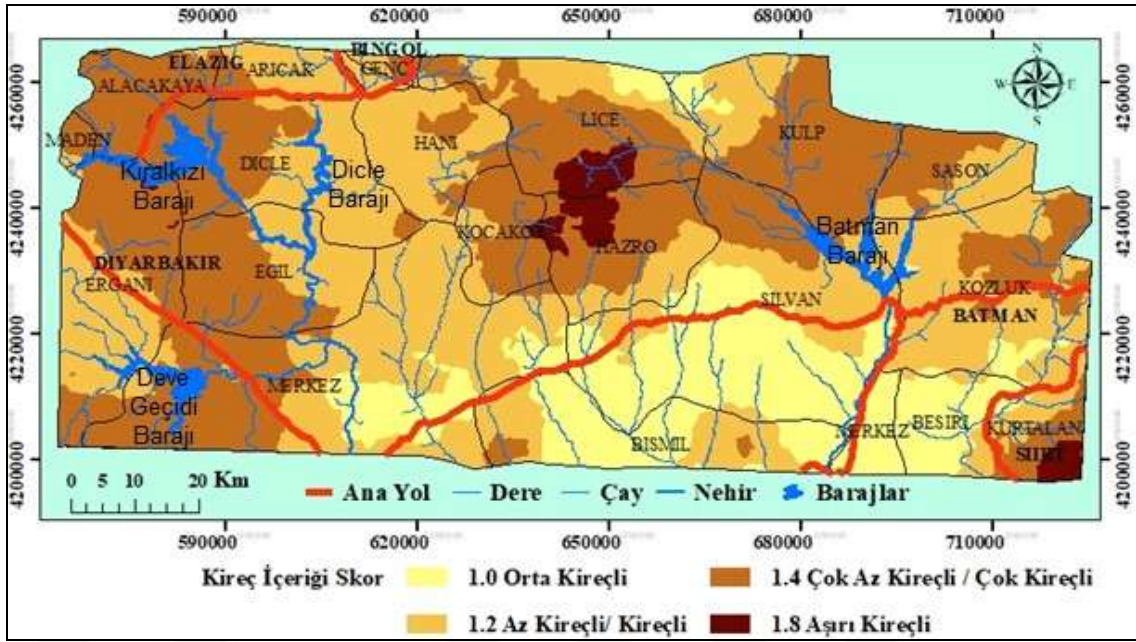


Şekil 4.28. Agregat stabilitesi parametresi skorlarının alansal dağılımı.



Şekil 4.29. Batman İli Kozluk ilçesi ve Yayalar köyü 217 nolu örnek noktasından bir görüntü.

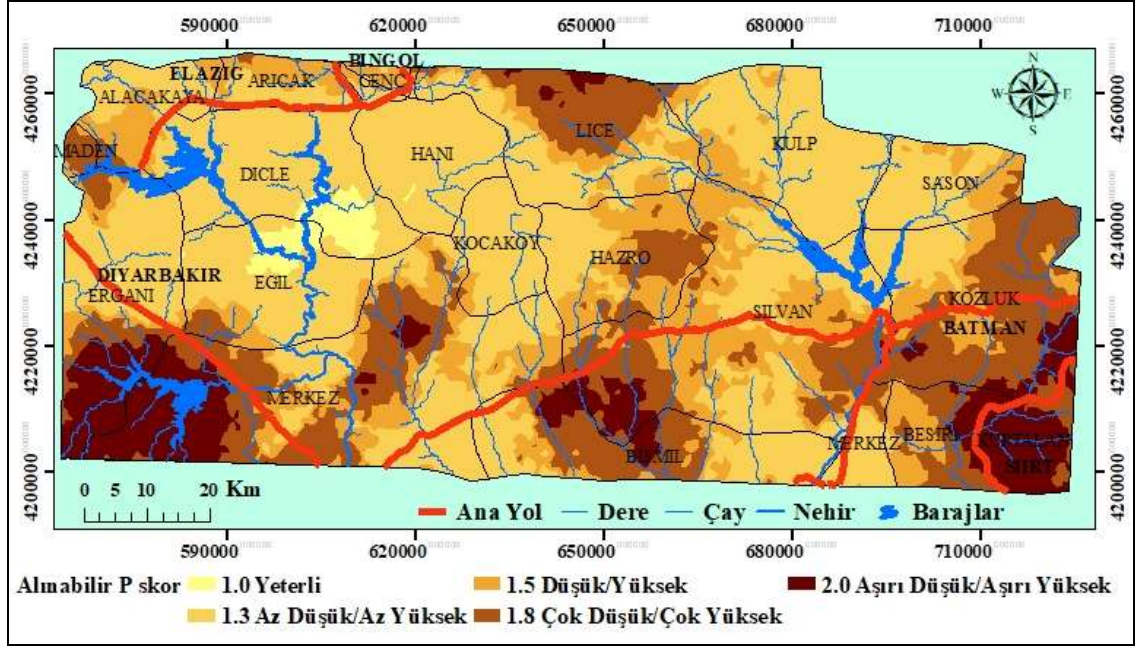
Yarı kurak bölge topraklarında çoğunlukla kalsit (CaCO_3) veya dolomit ($\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$) formunda bulunan kireç (Leytem ve Mikkelsen 2005), bitkilerin gelişimleri için ihtiyaç duyduğu Ca ve Mg'un ana kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) bakımından depo kaynağı olarak görev alması yanı sıra çimentolayıcı bir özellik taşıması ile de agregatlaşma üzerinde olumlu etki yapmaktadır (Dontsova ve Norton 2001). Toprakta kireç birikimi toprak pH'sına ve bitki besin elementi alımına önemli etkilerde bulunmaktadır. Bu nedenle de toprakta kireç içeriğinin belirli aralıklarda olması tercih edilir. Düşük kireç içeriğine sahip topraklarda bitkiler için Ca ve Mg noksanlığı önemli bir sorun oluştururken yüksek kireç içeriğine sahip topraklarda ise demir (Fe) ve fosfor (P) üzerine olan olumsuz etkisinden dolayı önemli bir sorun teşkil etmektedir. Leytem ve Mikkelsen (2005), kireçli topraklarda çözünmüş formdaki P'un, katı fazdaki Ca fosfatların kontrolü altında olduğunu ve genellikle kireçli topraklarda P'un Ca ile birleşerek çözünürlüğü çok az olan Ca fosfatları oluşturduğunu bildirmiştir. Hamid (2009), toprak pH'sını kontrol eden kireç içeriğinin yüksek olduğu durumlarda çözülebilir metal içeriği düştüğünden alınabilir besin elementi içeriğinin de düştüğünü rapor etmiştir. Kosmas ve Kairis (2017), doğal bir toprak oluşum süreci olmasına rağmen kalsifikasyon işleminin arazi bozulmasına neden olan önemli bir faktör olduğunu açıklamıştır. Bu nedenle çalışma alanı için toprak kalitesi belirlenirken kireç içeriği göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan değerlendirme sonucunda kireç içeriğine ait skorların 1,0 – 1,80 arasında değişim gösterdiği ve ortalama 1,28 skorunu aldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.3). Kireç içeriği için elde edilen skorlara ait dağılım haritası şekil 4.30'da verilmiştir. Çalışma alanının güney kısmı kireç içeriği bakımından en iyi skorları (kireç içeri % 4-8 arasında ve 1.0 skoru alan alanlar) alan arazilerden oluşurken, kireç içeriğinin düşük olduğu (kireç içeriği > % 4) çalışma alanının orta kısımları ile güney batı kısmı ve kireç içeriğinin (kireç içeriği >% 8) yüksek olduğu alanlardaki arazilerin ise daha kötü bir skor aldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.30). Özellikle de toprak reaksiyonuna, agregatlaşmaya ve besin elementinin alınabilirliğine olan etkisi bakımından sorunlu arazilerin göz önünde bulundurulması ve buna dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.30. Kireç parametresi skorlarının alansal dağılımı.

Toprağın dinamik özelliklerinden biri olan hacim ağırlığı toprak sıkışmasının önemli göstergelerinden birisidir (De Souza Lima ve ark., 2017). Aynı zamanda toprakta yapısal destek, su ve çözünenlerin hareketi ve toprak havalanması için toprağın fonksiyon gösterme yeteneğini yansıtan hacim ağırlığı toprak kalitesinin önemli göstergelerinden birisi olarak da kabul edilmektedir (Andrews ve ark., 2004). Hacim ağırlığı toprağın kum, silt, kil ve organik madde içerikleri ile bu bileşenlerin oluşturdukları agregatların yapısına bağlı olarak değişmekte ve toprak nem içeriğinin hacimsel nem içeriğine dönüştürülmesinde ve topraktaki gözenek miktarının hesaplanmasında kullanılmaktadır (Blake ve Hartge, 1986). Toprağın fiziksel kalite parametrelerinden olan hacim ağırlığı ve penetrometre direnci değerleri, tarım topraklarındaki sıkışmanın derecesini ve sıkışmış katmanların varlığının belirlenmesinde en çok kullanılan iki parametredir (Diaz-Zorita, 2000; Abu-Hamdeh, 2003). Sıkışma arttığında hava-su ve su-toprak ilişkileri değişir, mikrobiyolojik aktiviteyle birlikte besin elementlerinin alımı ve su tutma özellikleri etkilenir. Hacim ağırlığı arttığında toprağın önemli karakteristikleri etkilenerek bütün toprak boyunca havanın girişi ve oksijenin kullanılabilirliği de etkilenir (Martinez ve Zinck, 2004). Jansen ve ark. (1996), sıkışmadan dolayı orta büyüklükteki (3-30 μm) ve mikro (0.2-3 μm) porlardaki bir azalmanın topraktaki oksijen yayılım oranında da azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir. Bu nedenle bu çalışmada toprak kalitesini belirlemek için hacim ağırlığı önemli bir parametre olarak göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma alanında bulunan arazilerde HA ait skorlar 1,0 (en iyi) -2,0 (en kötü) arasında

Barajı etrafındaki araziler ile Diyarbakır iline bağlı Bismil ve Lice ilçelerindeki araziler ve Batman iline bağlı Beşiri ve Kozluk ilçeleri ile Siirt iline bağlı Kurtalan ilçesi arasında kalan arazilerin en kötü skorları (1,8-2,0) aldığı görülmüştür (Şekil 32). Çalışma alanının güneyinde alan bu arazilerde tarımsal üretim yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Bu alanlarda alınabilir P içeriği bitkisel üretim için yetersiz (<15 gr kg⁻¹) olduğundan kötü skorları almıştır.



Şekil 4.32. Alınabilir P parametresi skorlarının alansal dağılımı.

Alınabilir K parametresine ait skorlara ait mesafeye bağlı değişim haritası şekil 4.33'te verilmiştir. Andrews ve ark., (2004) ve uzman görüşleri doğrultusunda yapılan değerlendirmede alınabilir K skorları 1,0 (en iyi) ile 2,0 (en kötü) arasında değişmekte olup ortalama skoru 1,10'dur. Çalışma alanının kuzey kısımları alanabilir K bakımından iyi bir kaliteye sahip iken özellikle yoğun tarımsal üretimin yapıldığı güney kısmındaki arazilerde yer yer alınabilir K içeriğinin düşük olduğu ve bu nedenle toprak kalite indeksine olumsuz etki ettiği tespit edilmiştir (Şekil 4.33). Bu alanlarda özellikle bitkisel üretimde potasyumlu gübrelemenin yapılmasının verimi artıracığı göz önünde bulundurulmalıdır.

sonuçlarına göre sadece sebze bahçelerinin ekili olduğu alanlarda her 3 farklı yöntem ile elde edilen toprak kalite indeksi arasında önemli bir farklılık ($p=0,202$) bulunmadığı diğer tüm kullanımlarda $p<0,001$ önem seviyesinde ortalama toprak kalite indekslerinin birbirlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Farklı kullanımlar altındaki arazilere ait toprak kalite indeks değerleri.

Arazi Kullanımı	TKİ	TKİ _{PCA}	TKİ _{AHP}	ANOVA (Yöntemler)
Tarla Bitkileri Ekili Alanlar	1,293±0,053	1,331±0,073	1,390±0,082	0,000
Meyve Bahçeleri	1,291±0,050	1,326±0,064	1,380±0,076	0,000
Sebze Bahçeleri	1,254±0,058	1,264±0,071	1,307±0,090	0,202
Mera Alanları	1,281±0,054	1,294±0,069	1,349±0,080	0,000
Ormanlık Alanlar	1,259±0,050	1,249±0,057	1,306±0,072	0,000
ANOVA (Arazi Kullanımları)	0.000	0.000	0.000	

Farklı arazi kullanımlarına göre sınıflanan bazı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verilere tablo 4.5'te verilmiştir. Ortalama OM içeriğinin küçükten büyüğe sırası ile tarla bitkileri ekili alanlar (% 1,83), meyve bahçeleri (% 1,85), mera alanları (% 2,11), Sebze ekili alanlar (% 2,35) ve ormanlık alanlar (% 2,58) şeklindedir. AS bakımından ise Meyve bahçeleri (%63,52) mera alanları (% 67,69), tarla bitkileri ekili alanlar (% 69,40) ormanlık alanlar (7%70,12) ve sebze bahçeleri (% 71,56) şeklindedir (Tablo 4.5).

Bronick ve Lal, (2005) tarla bitkilerinin ekildiği alanlarda tohum yatağını hazırlamak ve meyve bahçelerinde toprakların havalandırılmasında ve yabancı otlara karşı mücadele de geleneksel toprak işleme yöntemlerinin (pulluk ile toprak işleme) kullanılmasının toprakta mineralizasyonu artırdığını dolayısı ile OM içeriğinin azalmasına neden olduğu rapor edilmiştir. Araştırmacılar ayrıca OM kaybının olumsuz etkisine ek olarak, makro agregatların toprak işleme ekipmanı ile daha küçük ve daha az stabil agregatlara ayrılmasına neden olduğunu ve sonuç olarak toprak kalite indeksi açısından önemli birer parametre olan OM ve AS'nin azalmasına neden olduğu bildirmiştir.

Mera alanlarında yetişen bitki örtüsünün sürekli olarak toprağa karışması nedeni ile organik madde içeriğinin artması beklenmektedir. Ancak çalışma alanında meralarda yapılan aşırı otlatma toprak kalitesinin düşmesine neden olmuştur. Smith ve ark. (2016), mera alanlarında aşırı otlatma sonucu bitki örtüsünün azalmasıyla toprak kalitesinin azaldığı ve bunun sonucunda da arazi bozulması ve çölleşmenin hızlandığını rapor etmiştir.

Tablo 4.5. Farklı arazi kullanımları altındaki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.

Kullanımlar		pH	EC dS m ⁻¹	% CaCO ₃	% OM	% AS	K gr kg ⁻¹	P gr kg ⁻¹	Ha
Mera Alanları	En küçük	6,53	0,19	1,31	0,42	10,56	21,93	2,52	1,11
	En Büyük	8,10	1,15	36,43	5,14	98,11	1123,32	49,90	1,77
	Ortalama	7,24	0,53	9,54	2,11	67,69	363,52	12,21	1,36
Meyve Bahçeleri	En küçük	6,61	0,28	1,22	1,02	19,50	71,03	3,89	1,17
	En Büyük	8,09	0,91	39,38	3,48	89,42	1415,96	132,72	1,93
	Ortalama	7,30	0,58	16,16	1,85	63,52	439,46	15,17	1,43
Ormanlık Alanlar	En küçük	6,30	0,21	1,07	0,92	29,15	48,72	2,90	1,04
	En Büyük	7,81	0,95	44,43	6,73	96,77	1415,96	59,90	1,56
	Ortalama	7,06	0,49	10,32	2,58	70,12	420,91	12,78	1,27
Sebze Ekili Alanlar	En küçük	6,70	0,33	1,17	0,83	46,84	108,70	4,46	1,11
	En Büyük	7,89	1,49	40,36	4,20	96,89	900,12	175,88	1,76
	Ortalama	7,12	0,78	9,36	2,35	71,56	490,01	29,11	1,39
Tarla Bitkileri Ekili Alanlar	En küçük	6,01	0,16	1,02	0,53	9,80	5,90	2,52	1,14
	En Büyük	8,55	1,97	35,72	8,02	96,97	1512,39	172,04	1,89
	Ortalama	7,53	0,64	7,89	1,83	69,40	378,27	15,27	1,42

Çalışma alanında bulunan farklı arazi kullanımlarının toprak kalite indeksi bakımından benzer olanlarının gruplandırılması için yapılan DUNCAN testi sonuçlarına göre her 3 yöntemde de ormanlık alanlar ile sebze bahçeleri benzer grup altında tanımlanmıştır. Toprak kalitesi bakımından en kötü skorları alan tarla bitkileri ekili alanlar ile meyve bahçeleri ekili alanlar ise toprak kalite indeksi bakımından benzerlik göstermiştir ve aynı grup altında tanımlanmıştır (Tablo 4.5).

Tablo 4.6.Farklı kullanımlar altındaki arazilerde elde edilen toprak kalite inekslerine ait DUNCAN testi# .

Kullanımlar	TKİ			TKİ _{PCA}			TKİ _{AHP}		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ormanlık Alanlar	1,254 ^b			1,249 ^b			1,306 ^b		
Sebze Bahçeleri	1,258 ^b	1,258 ^{ab}		1,264 ^b	1,264 ^{ab}		1,307 ^b		
Mera Alanları		1,281 ^{ab}	1,281 ^a		1,294 ^{ab}			1,349 ^{ab}	
Meyve Bahçeleri			1,291 ^a			1,326 ^a		1,380 ^{ab}	1,380 ^a
Tarla Bitkileri Ekili Alanlar			1,293 ^a			1,331 ^a			1,389 ^a
Önem Seviyesi (0,05)	0,732	0,078	0,355	0,345	0,071	0,758	0,955	0,109	0,606

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışması kapsamında, Yukarı Dicle Havzasında yaklaşık 9850 km²'lik alanı (Diyarbakır iline bağlı 9 ilçe, Batman iline bağlı 3 ilçe, Elazığ iline bağlı 3 ilçe ve Siirt iline bağlı 1 ilçe) kapsayan çalışma alanına ait arazilerin toprak kalite indeksi 3 farklı yöntem ile belirlenmiştir. Çalışmada, farklı arazi kullanımlarının bulunduğu 452 noktadan toprak örneklemeleri yapılmış ve arazi gözlemleri ile veri toplanmıştır. Örneklerin 231 tanesi tarla bitkileri ekili alanlarda, 91 tanesi ormanlık alanlarda, 86 tanesi çayır+mera alanlarında, 32 tanesi meyve bahçelerinde ve geriye kalan 12 tanesi ise sebze ekili alanlarda yapılmıştır. Her 3 farklı yöntem ile elde edilen indeks değerleri, Yukarı Dicle Havzasında bulunan arazilerin neredeyse tamamının orta kalitede bir toprak kalite indeksine sahip olduğunu göstermiştir. Çalışma alanının kuzey kısmında eğimin fazla ve toprak derinliğinin sığ olması toprak kalitesini önemli düzeyde olumsuz etkilemektedir. Yoğun tarımsal üretimin yapıldığı güney kısımlarında ise aşırı toprak işleme, anız yakma, uygun olmayan ürün rotasyonu, yem bitkilerinin ekim nöbetinde yeterince yer almaması, bilinçsiz gübreleme ve eğime paralel sürüm gibi nedenlerden dolayı arazilerde görülen düşük organik madde içeriği, artan erozyon sorunları ve zaman zaman sorun teşlik edecek sınırlara ulaşan yüksek pH değerleri toprak kalitesinin azalmasına neden olmuştur. Çalışma alanı topraklarının büyük çoğunluğunun kireç taşı, marn, kum taşı, kil taşı ve silt taşı özellikli ana materyaller üzerinde oluşması ve bu ana materyalin su erozyonuna karşı oldukça hassas olması nedeni ile toprak kalitesinin düşmesine neden olmaktadır.

Farklı kullanımlar altındaki araziler için elde edilen bulgulara göre toprak kalite indeksinin en kötü olduğu kullanımları sırası ile tarla bitkileri ekili alanlar > Meyve bitkileri ekili alanlar > mera alanları > sebze bitkileri ekili alanlar > ormanlık alanlar şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Özellikle tarla bitkileri ekili alanlarda, aşırı toprak işleme, bilinsiz gübreleme ve hasat sonrası anızların yakılması toprağın birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumsuz etkilerken mera alanlarında yapılan aşırı otlatma hem toprak organik maddesi üzerinde hemde agregat stabilitesi üzerinde önemli derecede bir olumsuz etkiye neden olmuştur.

5.2. Öneriler

Ülkemizin en değerli su kaynakları ve tarım arazilerini barındıran ve binlerce yıldır farklı medeniyetlere ev sahipliği yapmış olan Dicle Havzası (Yukarı Mezopotamya) arazilerinin bozulma durumlarının tespiti, riskli alanların belirlenmesi ve neden olan etmenlerin ortaya konulması en öncelikli görevimiz olmalıdır.

Çalışma alanında arazi bozulması bakımından toprak kalite indeksini belirlemek ve izlenebilirliğini sağlamak için tanımlanan indikatörlerin etkinliği mevcut veri tabanlarının kullanılabilirliği ve güvenilirliğine bağlıdır. Özellikle de bölgede uygulanan amenajman yöntemleri toprak kalitesinin kötüleşmesine etki eden en önemli faktördür. Bu nedenle zamanla toprak kalitesinde oluşacak değişimlerin doğru bir şekilde izlenmesi, tespit edilmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi için toprak kalitesini belirlemek için ihtiyaç duyulan parametrelerden oluşan bir veri tabanının oluşturulması gerekmektedir.

Ayrıca çalışma alanında yeni kurulan/genişletilen barajlar ile tarımsal üretimde yakın zamanda suyun kullanılmaya başlaması sulu tarımı teşvik edecek ve ilk yıllarda verim artışı mutlaka gerçekleşecektir. Ancak suyu nasıl kullanacağı konusunda yeterince bilgi sahibi olmayan üreticilerin gereğinden fazla su kullanımı, bugün Harran Ovasında, daha önceleri Çukurova ve çok daha önceleri Çumra ovasında yaşadığımız acı deneyimleri yeniden yaşamamıza ve arazilerin bozulması bakımından daha hassas bir duruma gelmesine yol açabilir. Yaptığımız değerlendirmeler, sürdürülebilir olmayan tarımsal uygulamalar nedeni ile toprak kalitesini en kötü olduğu alanların tarla bitkileri ekili araziler ile meyve bahçeleri olduğunu göstermektedir. Bu nedenle toprak kalitesini azaltmadan devam ettirebilecek uygun amenajman yöntemlerinin benimsenmesi için bölge çiftçileri bilinçlendirilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Abu-hamdeh, N.H., 2003. Soil compaction and root distribution for okra as affected by tillage and vehicle parameters. *Soil Tillage. Research*, 74, 25-35.
- Acar, M., Celik, I., Günal, H., 2018. Effects of long-term tillage systems on aggregate-associated organic carbon in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*, 7(1), 51-58.
- Acir, N., 2014. Kurak Ve Yarı-Kurak Bölge Topraklarının Toprak Kalitesinin Belirlenmesinde Kullanılacak Minimum Veri Setlerinin Hazırlanması, Doktora Tezi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tokat, 2.
- Acton, D.F., and Gregorich, L.J., 1995. Understanding soil health. p. 5-10. In: D.F. Acton and L.J. Gregorich, (eds.), *The Health of our Soils: Toward Sustainable Agriculture in Canada*. Centre for Land and Biological Resources Research, *Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada*, Ottawa, Ont.
- Allison, L.E., Moodie, C.D., 1965. Carbonate. In: C.A. Black vd (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2, Agronomy Series, American Society of Agronomy Inc. U.S.A.*, 9:1379-1400
- Andrews, S.S. and Carroll, C.R., 2001. Designing a soil quality assessment tool for sustainable agroecosystem management. *Ecological Applications*, 11(6), 1573-1585.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., Mitchell, J.P., 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90(1), 25-45.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., Cambardella, C.A. 2004. The soil management assessment framework. *Soil Science Society of America Journal*, 68(6), 1945-1962.
- Arami, S.A. and Ownagh, M., 2017. Assessment of desertification hazard, risk and development of management plans. *Desert*, 22(1), 51-67.
- Arshad, M.A. and Coen, G.M., 1992. Characterization of soil quality: physical and chemical criteria. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7(1-2): 25-31.
- Arshad, M.A., Lowery, B., Grossman, B., 1996. Physical tests for monitoring soil quality. *Methods for assessing soil quality, (methodsforasses)*, 123-141.
- Askari, M.S. and Holden, N.M., 2015. Quantitative soil quality indexing of temperate arable management systems. *Soil & Tillage Research*, 150: 57-67
- Asfaw, E., Suryabhagavan, K. V., Argaw, M. 2018. Soil salinity modeling and mapping using remote sensing and GIS: the case of Wonji sugar cane irrigation farm, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(3), 250-258.
- Aydın, M., 2012. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 1:1, Akça, E., 1.
- Azid, A., Juahir, H., Toriman, M.E., Kamarudin, M.K.A., Saudi, A.S.M., Hasnam, C.N. C., Abdul Aziz, N.A, Azaman, F., Latif, M.T., Zainuddin, S.F.M., Osman, M.R., Yamin, M., 2014. Prediction of the level of air pollution using principal component analysis and artificial neural network techniques: A case study in Malaysia. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225(8), 2063.
- Baartman, J.E., van Lynden, G.W.J., Reed, M.S., Ritsema, C.J., Hessel, R., 2007. DESIRE REPORT series. Desertification and land degradation: origins, processes and solutions. A literature review. Report number 4 Series: Scientific reports *ISRIC*, . 4-84. The Netherlands.
- Bajocco, S., Ceccarelli, T., Smiraglia, D., Salvati, L., Ricotta, C., 2016. Modeling the ecological niche of long-term land use changes: the role of biophysical factors. *Ecological Indicators*, 60, 231-236.

- Bakr, N., Weindorf, D.C., Bahnassy, M.H., El-Badawi, M.M., 2012. Multi-temporal assessment of land sensitivity to desertification in a fragile agro-ecosystem: Environmental indicators. *Ecological Indicators*, 15(1), 271-280.
- Barik, K., Aksakal, E.L., Islam, K.R., Sari, S., Angin, I., 2014. Spatial variability in soil compaction properties associated with field traffic operations. *Catena*, 120, P: 122-133.
- Bayram, M., Günal, H., Özgöz, E., 2015. Sürdürülebilir Toprak İşleme Yöntemlerinin Belirlenmesinde Toprak Kalitesi Değerlendirmelerinin Önemi. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 337-346.
- Benabderrahmane, M.C. and Chenchouni, H., 2010. Assessing environmental sensitivity areas to desertification in Eastern Algeria using Mediterranean desertification and land use “MEDALUS” model. *International Journal of Sustainable Water and Environmental Systems*, 1(1), 5-10.
- Blake, G.R. and Hartge, K.H., 1986. Bulk Density. *Methods of Soil Analysis*, Part 1, Soil Sci. Soc. Am., 363-376, Madison, WI, USA.
- Boudjemline, F. and Semar, A., 2018. Assessment and mapping of desertification sensitivity with MEDALUS model and GIS–Case study: basin of Hodna, Algeria. *Journal of Water and Land Development*, 36(1), 17-26.
- Bouyocous, G.J., 1955. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. *Agronomy Journal*.4(9):434.
- Bouzekri, A. and Benmessaoud, H.A., 2015. Multicriteria Evaluation About Critical Risk Situations of Desertification In The Region of Eastern Aures (Algeria). *Annals of Valahia University of Targoviste. Geographical Series* 2, 85-93
- Brejda, J.J., Moorman, T.B., Karlen, D.L., Dao, T.H., 2000. Identification of regional soil quality factors and indicators I. Central and Southern High Plains. *Soil Science Society of America Journal*, 64(6), 2115-2124.
- Bronick, C.J. and Lal, R., 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1), 3-22.
- Bryan, R.B., 1976. Considerations on soil erodibility indices and sheetwash. *Catena*, 3 (1), 99–111.
- Budak, M., 2012. Tuzlu alkali toprakların oluşumu, sınıflandırılması ve klasik toprak etüd ve jeoistatistik yöntemlerle haritalanması. Doktora Tezi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Tokat. Sayfa: 1-3.
- Budak, M., Günal H., Çelik I., Yıldız H., Acir, N., Acar M., 2018a. Soil Quality Assesment of Upper Tigris Basin. *Carpathian Journal Of Earth And Environmental Sciences*. 13(1), 301-316.
- Budak, M., Günal, H., Çelik, İ., Yıldız, H., Acir, N., Acar, M., 2018b. Environmental sensitivity to desertification in northern Mesopotamia; application of modified MEDALUS by using analytical hierarchy process. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(17), 481.
- Budak, M., Günal, H., Çelik, İ., Nurullah, A., Sırrı, M., 2018c Dicle Havzası Toprak Özelliklerinin Yersel Değişimlerinin Jeostatistik ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi ve Haritalanması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 103-115.
- Budak, M. and Günal, H., 2018. Yukarı Dicle Havzasında Farklı Arazi Kullanımları Altındaki Toprakların Karbon Depolama Potansiyelleri. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 63-76.
- Busscher, W.J., 1990. Adjustment of Flat-Tipped Penetrometer Resistance Data to a Common Water Content, *Transactions of the ASAE*, 33:519-524.

- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Novak, J.M., Turco, R.F., Konopka, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58 (5): 1501-1511.
- Cantón, Y., Solé-Benet, A., Asensio, C., Chamizo, S., Puigdefábregas, J., 2009. Aggregate stability in range sandy loam soils relationships with runoff and erosion. *Catena*, 77(3), 192-199.
- Cao, S., Lu, A., Wang, J., Huo, L., 2017. Modeling and mapping of cadmium in soils based on qualitative and quantitative auxiliary variables in a cadmium contaminated area. *Science of the Total Environment*, 580: 430-439.
- Caravaca, F., Masciandaro, G., Ceccanti, B., 2002. Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment. *Soil Tillage Research*. 68, 23–30.
- Cebel, N., 2011. Toprak Kalitesinin Korunması ve Geliştirilmesi, *Bilim ve Aklın Aydınlığında*, sayı:134, 34-38.
- Cherubin, M.R., Karlen, D.L., Cerri, C.E., Franco, A.L., Tormena, C.A., Davies, C.A. Cerri, C.C., 2016. Soil quality indexing strategies for evaluating sugarcane expansion in Brazil. *PloS One*, 11(3), e0150860.
- Coscarelli, R., Caloiero, T., Minervino, I., Sorriso-Valvo, M., 2016. Sensitivity to desertification of a high productivity area in Southern Italy. *Journal of Maps*, 12(3), 573-581.
- Çelik, I., 2005. Land-use Effects on Organic Matter and Physical Properties of Soil in a Southern Mediterranean Highland of Turkey. *Soil & Tillage Research*, 83(2),
- Çelik, I., Gunal, H., Budak, M., Akpinar, C., 2010. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. *Geoderma*, 160(2), 236-243.
- Çelik, R., 2015. Temporal changes in groundwater level in the Upper Tigris Basin, Turkey, determined by a GIS technique. *Journal of African Earth Science*. 107: 134-143.
- ÇEM, 2017. Türkiye Çölleşme Modeli, Teknik Özet, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye
- Çilli, M., 2007. İnsan Hareketlerinin Modellenmesi ve Benzeşiminde Temel Bileşenler Analizi Yönteminin Kullanılması, *Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, 240 s.
- Dengiz, O., Sarıoğlu, F.E., 2013. Arazi Değerlendirme Çalışmalarında Parametrik Bir Yaklaşım Olan Doğrusal Kombinasyon Tekniği. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences*, 19, 101-112.
- Denton, O.A., Aduramigba-Modupe, V.O., Ojo, A.O., Adeoyolanu, O.D., Are, K.S., Adelana, A.O., Oke, A.O., 2017. Assessment of spatial variability and mapping of soil properties for sustainable agricultural production using geographic information system techniques (GIS). *Cogent Food and Agriculture*, 3(1): 1-12.
- De Souza Lima, E., Montanari, R., Lovera, L.H., Teixeira Filho, M.C.M., da Silva, V.E., da Rocha Lima, C.G., 2017. Spatial variability of eucalyptus and physical attributes of soil fertilized with lime mud and mineral fertilizer. *Brazilian Journal Of Agriculture-Revista de Agricultura*, 92(2), 132-146.
- Dexter, A.R., 2004. Soil physical quality. Paart I. Teory, effects of soi texture, density and organic matter andd effect on root growth. *Geoderma*, 120, 201-214.
- Dexter, A.R., Richard, G., Arrouays, D., Czyz, E.A., Jolivet, C., Duval, O., 2008. Complexed organic matter controls soil physical properties. *Geoderm*. 144(3–4): 620–627.

- Dey, P., Karwariya, S., Bhogal, N.S., 2017. Spatial variability analysis of soil properties using geospatial technique in katni district of Madhya Pradesh, India. *International Journal of Plant & Soil Science*, 17(3): 1-13.
- Diaz-Zorita, M., 2000. Effect of deep-tillage and nitrogen fertilization interactions on dryland corn (*Zea mays* L.) productivity. *Soil and Tillage Research*. 54, 11-19.
- Dontsova, K., Norton, L.D., 2001. Effects of Exchangeable Ca:Mg Ratio on Soil Clay Flocculation, Infiltration and Erosion. Sustaining the Global Farm. *Selected Papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory*. P: 580-585
- Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A., 1994. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, ix.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994. Defining ve assessing soil quality. Ed: Doran, J.W., Coleman, D.C., and Bezdicek, D.F. *Defining soil quality for a sustainable environment*, 35. USA: *Soil Science Society of America*, 3-21.
- Doran, J.W. and Zeiss, M.R., 2000. Soil Health And Sustainability: *Managing The Biotic Component Of Soil Quality*, Elsevier, 3.
- Deutsch, V. and Journel, A.G., 1998. Geostatistical software library and user's guide. *Oxford University Press*, New York. Pp. 119-147.
- Erdem, H., Budak, M., Acir, N., Gökmen, F., 2012. Micronutrient variability in a lacustrine environment of calcic haplosalids. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(3): 553-562.
- Erktan, A., Cécillon, L., Graf, F., Roumet, C., Legout, C., Rey, F., 2016. Increase in soil aggregate stability along a Mediterranean successional gradient in severely eroded gully bed ecosystems: combined effects of soil, root traits and plant community characteristics. *Plant and soil*, 398(1-2), 121-137.
- Ersungur, Ş.M., Kızıltan, A., Polat, Ö., 2007. Türkiye’de Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması: *Temel Bileşenler Analizi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:21 Haziran 2007 Sayı: 2.
- Eyüpoğlu, F., 1999. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Ankara
- Evans, G., 2011. An historical review of the Quaternary sedimentology of the Gulf (Arabian/Persian Gulf) and its geological impact. In: Kendall, C.G.S., Alsharhan, A. (Eds.), *Quaternary Carbonate and Evaporite Sedimentary Facies and Their Ancient Analogues: A Tribute to D.J. Shearman International Association of Sedimentologists*, Special Publication 43. *Wiley-Blackwell, Chichester*, 11–44.
- FAO, 1976., A framework for land evaluation. Soils Bulletin 32. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, Italy.
- Farajzadeh, M. and Egbal, M., 2007. Evaluation of MEDALUS model for desertification hazard zonation using GIS; study area: Iyzad Khast Plain, Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10: 2622–2630.
- Farifteh, J., Farshad, A., George, R. J., 2005. Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modelling, and geophysics. *Geoderma*, 130(3-4), 191-206.
- Field, A., 2000. *Discovering Statistics using SPSS for Windows Sage Publications*. London, 2, 44-322.
- Filiz, Z., 2003. Güvenilirlik Çözümlemesi, Temel Bileşenler ve Faktör Çözümlemesi, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Cilt.4, No.2, s. 211–222.

- Frossard, E., Condrón, L.M., Oberson, A., Sinaj, S., Fardean, J.C., 2000. Processes Governing Phosphorus Availability in Temperate Soils. *Journal of Environmental Quality* 29: 15-23.
- Gee, G.W. and Bauder J.W., 1986. Particle-size analysis. Methods of soil analysis: Part 1—*Physical and mineralogical methods*, (methodsofsoilan1), 383-411
- Gezgin, S. ve Hamurcu, M., 2006. Bitki Beslemede Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimin Önemi ve Bor ile Diğer Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimler. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(39), 24-31.
- George, T.S., Richardson, A.E., Hadobas, P.A., Simpson, R.J., 2003. Rhizosphere Limitations to The Efficiency of Phytase-Phtat Interactions. *Proceedings of 2nd Internal Symposium on Phosphorus Dynamics in the Soil-Plant Contium* p: 48-49.
- Glendell, M., Granger, S.J., Bol, R., Brazier, R.E., 2014. Quantifying the spatial variability of soil physical and chemical properties in relation to mitigation of diffuse water pollution. *Geoderma*, 214: 25-41.
- Goulding, K.W.T., 1987. Potassium fixation and release. *Proceeding of the 20th Colloquium of International Potash Institute held in Baden Bei Wien/Australia*. 20:137-154.
- Goovaerts, P., 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biology and Fertility of Soils*, 27(4): 315-334.
- Govaerts B., Sayre, K.D., Deckers, J., 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil & Tillage Research* 87 (2006) p: 163–174
- Güler, Ç. and Çobanoğlu, Z., 1997. Toprak Kirliliği, *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, Ankara, No: 40, 13.
- Günal, H., Acir, N., Budak, M., 2012. Heavy metal variability of a native saline pasture in arid regions of Central Anatolia. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7(2), 183-193.
- Gürsoy, S., Sessiz, A., Eliçin, A.K., Akın, S., Esgici, R., 2013. Diyarbakır İlinin Agro-Ekolojik Alt Bölgelerine Göre Tarımsal Yapı ve Mekanizasyon Özelliklerinin İrdelenmesi. 28. *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, 4-6.
- Hawes, C., Morris, J., Phillips, C.D., Mor, V., Fries, B.E., Nonemaker, S., 1995. Reliability Estimates for the Minimum Data Set for Nursing Home Resident Assessment and care Screening (MDS). *The Gerontologist* 35[2], 172-178.
- Horneck, D.A., Ellsworth, J.W., Hopkins, B.G., Sullivan, D.M., Stevens, R.G., 2007. Managing Salt-Affected Soils for Crop Production. A *Pacific Northwest Extension. Orogen State University*
- Horneck, D.A., Sullivan, D.M., Owen, J.S., Hart, J.M., 2011. Soil Test Interpretation Guide. [Corvallis, Or.]: *Oregon State University, Extension Service*.
- Hillel, D., 1980. Fundamentals of Soil Physics, *Academic*, 413 pp., New York
- Huang, P.M., 1989. Feldspars, olivines, pyroxenes, and amphiboles. p.975-1050. In J.B. Dixon and S.B. Weed (ed.) *Minerals in soil environments*. 2nd ed. *SSSA Book Ser. 1*. SSSA, Madison, WI.
- Hui, J.W.C., Cook, B.I., Ravi, S., D’Odorico, P., Fuentes, J.D., 2008. Dust-rainfall feedbacks in West African Sahel. *Water Resources Research*. 44:W05202
- Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M., 1988. Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics. *Mathematical Geology*, 20(4): 313-341.
- Ismael, H., 2015. Evaluation Of Present-Day Climate-Induced Desertification In El-Dakhla Oasis, Western Desert of Egypt, Based on Integration of MEDALUS

- Method, GIS And RS Techniques. *Present Environment and Sustainable Development*, 9(2), 47-72.
- Iqbal, J., Thomasson, J.A., Jenkins, J.N., Owens, P.R., Whisler, F.D., 2005. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. *Soil Science Society of America Journal*, 69 (4): 1338-1350.
- Jansen, L.S., McQueen, D.J., Shepherd, T.G., 1996. Effects of soil compaction on N-mineralization and microbial-C and -N. I. Field measurements. *Soil and Tillage Research*. 38, 175-188.
- Jastrow, J.D., Miller, R.M., Lussenhop, J., 1998. Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. *Soil Biol Biochem* 30:905–916
- Jolliffe, I.T., 2002. Principal Component Analysis. *Springer-Verlag*, New-York
- Kalivas, D.P., Triantakostas, D.P., Kollias, V.J. 2002. Spatial prediction of two soil properties using topographic information. *Global Nest: the Int. J*, 4(1): 41-49.
- Karlen, D.L. and Stott, D.E., 1994. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, and B.A. Stewart (eds). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America special Publication No. 35, *Soil Science Society of America*, Madison, WI. p. 53–72.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E., 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation *Soil Science Society of America*, J.61:4-10
- Karlen, D.L., Andrews, S.S., Wienhold, B.J., 2003. Soil Quality, Fertility and Health Historical Context, Status and Perspective. In. Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture. Schjonning, P., Elmholt, S., Christensen, B.T., (Editors). Wallingford, Oxon. GBR. *CABI Publishing*. p. 17-33.
- Karlen, D. L., Tomer, M. D., Neppel, J., Cambardella, C.A., 2008. A preliminary watershed scale soil quality assessment in north central Iowa, USA. *Soil and Tillage Research*, 99(2), 291-299.
- Kemper, W.D. and Rosenau, R.C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In: Klute A, editor. Methods of soil analysis. Part 1. *Physical and mineralogical methods*. Madison, WI. p 425-42.
- Khresat, S.A., Rawajfih, Z., Mohammad, M., 1998. Land degradation in north-western Jordan: causes and processes. *Journal of Arid Environments*, 39(4), 623-629.
- Klute, A., 1986. Water Retention: Laboratory Methods. *Methods of Soil Analysis*. Part1. 2nd Ed. V Agronomy 9. Am. Soc. Agron., 635-660, Madison.
- Kosmas, C., Ferrara, A., Briasouli, H., Imeson, A., 1999. Methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification. In: Kosmas, C., Kirkby, M., Geeson, N. (Eds.), The Medalus Project: Mediterranean Desertification and Land Use. Manual on Key Indicators of Desertification and Mapping Environmentally Sensitive Areas to Desertification. *European Union* 18882.
- Kosmas, C. and Kairis, O., 2017. "Land desertification." *Environmental Hazards Methodologies for Risk Assessment and Management* p: 211-213
- Leytem, A.B., Mikkelsen, R.L., 2005. The Nature of Phosphorus in Calcareous Soils. *Better Crops/Vol. 89* (2005, No. 2)
- Lima, A.C.R., Brussaard, L., Totola, M.R., Hoogmoed, W.B., De Goede, R.G.M., 2013. A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. *Applied Soil Ecology*, 64, 194-200.

- Lin, Y., Deng, H., Du, K., Li, J., Lin, H., Chen, C., Fisher, L., Wu, C., Hong, T., Zhang, G., 2017. Soil quality assessment in different climate zones of China's Wenchuan earthquake affected region. *Soil and Tillage Research*, 165, 315-324.
- Lindsay W.L., Vlek, P.L. G., Chien, S.H., 1989. Phosphate minerals. In minerals in soil environment, 2nd edn. Eds J B Dixon and S B Weed.. *Soil Science Society of America*, pp. 1089–1130.
- Linn, D.M., Doran, J.W., 1984. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils. *Soil Science Society of America Journal*, 48(6), 1267-1272.
- Liu, J., Wu, L., Chen, D., Li, M., Wei, C., 2017. Soil quality assessment of different *Camellia oleifera* stands in mid-subtropical China. *Applied Soil Ecology*, 113, 29-35.
- Mali, S.S., Naik, S.K., Bhatt, B.P., 2016. Spatial variability in soil properties of Mango Orchards in Eastern Plateau and Hill Region of India. *Vegetos-An International Journal of Plant Research*, 29(3): 74-79.
- Mandal, U.K., Warrington, D.N., Bhardwaj, A.K., Bar-Tal A., Kautsky, L., Minz, D., Levy, G.J., 2008. Evaluating impact of irrigation water quality on a calcareous clay soil using principal component analysis. *Geoderma*, 144(1-2), 189-197.
- Martinez, L.J. and Zinck, J.A., 2004. Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amozonia. *Soil and Tillage. Research*. 75, 3-17.
- Marzaioli, R., Ascoli, R.D., De Pascale, R.A., Rutigliano, F.A., 2010. Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Applied Soil Ecology*. 44, 205–212.
- Masera, O.R., Astier M., Lo'pez-Ridaura, S., 1999. Sustentabilidad Manejo de Recursos Naturales: el marco de evaluacio'n MESMIS.GIRA. *Mundi-Prensa e Instituto de Ecologi'a-UNAM*, Mexico.
- MGM, 2018. Meteoroloji Genel Müdrülüğü. İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx>
Erişim. 20.04.2018
- Mukherjee A and Lal, R., 2014. Comparison of soil quality index using three methods. *PloS one*. Volume 9, Issue 8.
- Mutlu, N., 2015. Yarı Kurak Bir Bölgede Çölleşmenin İzlenmesini Sağlayacak Göstergelerinin Belirlenmesi ve Haritalanması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak bilimi ve bitki Besleme Bölümü*. Doktora Tezi.
- Negaresh, H., Rakhshani, Z., Firoozi, F., Alinia, H., 2016. Desertification assessment using the analytic hierarchy process and gis in southeast iran. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 98(1), 1-14.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1982. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R. (Ed) 2nd Ed. SSS of Am. Inc. Pub., Madison, Wisconsin. *Soil Analysis*, 2nd ed. Part 2 (pp.403- 430). Madison. WI: Agronomy No.9. *American Society of Agronomy*.
- Norgaard, R.B., 1994. Ecology, politics, and economics: finding the common ground for decision making in conservation. In: Meffe, G.K., Carroll, C.R. Eds.), *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland, MA, pp. 439– 465.
- O'Halloran, I.P., Kachanoski, R.G., Stewart, J.W.B., 1985. Spatial variability of soil phosphorus as influenced by soil texture and management. *Canadian journal of soil science*, 65(3): 475-487.

- Olsen, S.R. and Sommers, L.E., 1982. Phosphorus,” in *Methods of soil analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, A. L. Page, Ed. Madison, WI, USA: ASA-SSSA, pp. 403-430.
- Othman, M., Yahaya, M.F., Ahmad, H., 2010. Analytic Hierarchy Process (Ahp) On Soil Suitability Analysis For Paddy Cultivation. *3rd International Conference on Science & Technology: Applications in Industry & Education Universiti Teknologi MARA, Pulau Pinang, MALAYSIA*.
- Özbek, A.K., 2004. Aşağı Pasinler ovası topraklarının toprak kalite indeks parametreleri Bakiminden değerlendirilmesi. *Ekoloji*, 13(51), 39-44.
- Öztaş, T., 2002. Assessment of Soil Quality. In: *International Conference on Sustainable Land Use and Management*, 10-13 June 2002, Çanakkale, 484-485.
- Parinet, B., Lhote, A., Legube, B., 2004. Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management—application to a tropical lake system. *Ecological modelling*, 178(3-4), 295-311.
- Pierce, F.J., Larson, W.E., Dowdy, R.H., Graham, W.A.P., 1983. Productivity of soils: Assessing long-term changes due to erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, 38(1), 39-44.
- Pierce, F.J. and Larson, W.E., 1993. Developing criteria to evaluate sustainable land management. p. 7-14. In: J. M. Kimble (ed), *Proceedings of the Eighth International Soil Management Workshop: Utilization of Soil survey Information for Sustainable Land Use*, May 3, 1993. USDA Soil Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Pires, L.F., Borges, J.A., Rosa, J.A., Cooper, M., Heck, R.J., Passoni, S., Roque, W.L., 2017. Soil structure changes induced by tillage systems. *Soil and Tillage Research*, 165, 66-79.
- Polat, O., Polat, S., Akça, E., 2012. Küresel Isınmada Ormanların Karbon Tutulumuna Etkisi: Tarsus-Karabucak Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, Özel, (313-319).
- Prăvălie, R., Săvulescu, I., Patriche, C., Dumitraşcu, M., Bandoc, G., 2017. Spatial assessment of land degradation sensitive areas in southwestern Romania using modified MEDALUS method. *Catena*, 153, 114-130.
- Rahdari, G.R., Rahdari, M.R., Fakhireh, A.A., Shahryari, A.R., Khosravi, H., 2013. GIS-based Monitoring and EWSs of Desertification (Case study; southeastern of Iran). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(10), 1185-1198.
- Raiesi, F., 2017. A minimum data set and soil quality index to quantify the effect of land use conversion on soil quality and degradation in native rangelands of upland arid and semiarid regions. *Ecological Indicators*, 75, 307-320.
- Rawls, W.J., 1983. Estimating Soil Bulk Density from Particle Size Analysis And Organic Matter Content. *Soil Science*, 135(2), 123-125.
- Rezaei, S.A., Gilkes, R.J., Andrews, S.S., 2006. A minimum data set for assessing soil quality in rangelands. *Geoderma*, 136(1-2), 229-234.
- Rezaei, H., Jafarzadeh, A., Aliasgharzad, N., Alipoor, L., 2015. Soil quality investigation based on biological and micromorphological traits under different land uses. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(1), 249-262.
- Rhoades, J., Chandavi, D., Lesch, S.F., 1999. Soil Salinity Assessment Methods and Interpretation of Electrical Conductivity Measurement *FAO Irrigation and Drainage Paper 57 Rome*.

- Roger, A., Libohova, Z., Rossier, N., Joost, S., Maltas, A., Frossard, E., Sinaj, S., 2014. Spatial variability of soil phosphorus in the Fribourg canton, Switzerland. *Geoderma*, 217-218: 26-36.
- Saaty, T.L., 1990. Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world. *RWS publications*.
- Saaty, T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- Sabeti, H., Moradzadeh, A., Ardejani F. D., Azevedo, L., Soares, A., Pereira, P., Nunes R., 2017. Geostatistical seismic inversion for non stationary patterns using direct sequential simulation and co simulation. *Geophysical Prospecting*, 65(1): 25-48.
- Salehpour Jam, A., Tabatabaei, M., Sarreshtehdari, A., 2017. Pedological Criterion Affecting Desertification in Alluvial Fans Using AHP-ELECTRE I Technique (Case Study: Southeast of Rude-Shoor Watershed Area). *ECOPERSIA*, 5(1), 1711- 1730.
- Sepehr, A., Hassanli, A.M., Ekhtesasi, M.R., Jamali, J.B., 2007. Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environmental monitoring and Assessment*, 134(1), 243-254.
- Seybold, C.A., Mausbach, M.J., Karlen, D.L., Rogers, H.H., 1997. Quantification of soil quality. p. 387–404. In R. Lal et al. (ed.) *Soil processes and the carbon cycle*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Smith, P., House J.I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G., West, P.C., Clark, J.M., Adhya, T., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P., Cotrufo, M.F., Elliott, J.A., McDowell, R., Griffiths, R.I., Asakawa, S., Bondeau, A., Jain, A., Meersmans, J., Pugh, T.A.M., 2016. Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change Biology*, 22(3), 1008-1028.
- Solgi, A., Pourhaghi, A., Bahmani, R., Zarei, H., 2017. Improving SVR and ANFIS performance using wavelet transform and PCA algorithm for modeling and predicting biochemical oxygen demand (BOD). *Ecohydrology & Hydrobiology*, 17(2), 164-175.
- Sparks, D.L., 2000. Bioavailability of soil potassium. p. D38-D53. In M.E. Sumner (ed.) *Handbook of soil science*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- SSSA, (Soil Science Society of America), 1997. Glossary of soil science terms. SSSA, Madison, WI.
- Sütçü, Y.F., 2008. Türkiye Jeoloji Haritaları, No: 72, Muş-L45 Paftası. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdları Dairesi, Ankara*.
- Symeonakis, E., Karathanasis, N., Koukoulas, S., Panagopoulos, G., 2016. Monitoring sensitivity to land degradation and desertification with the environmentally sensitive 196 area index: The case of lesvos island. *Land Degradation & Development*, Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ldr.2285.
- Tan, K. H., Dowling, P.S., 1984. Effect of Organic Matter on CEC Due to Permanent and Variable Charges in Selected Temperate Region Soils. *Geoderma*. 32(2): 89-101
- Thomas, G.W., 1982. Exchangable cations. P. 159-165. *Chemical and Microbiological properties. Agronomy Monograph No. 9 (2nd Ed) ASA-SSSA. Madison, Wisconsin. USA*.
- Torbert, H.A. and Wood, C.W., 1992. Effects of soil compaction and water-filled pore space on soil microbial activity and N losses, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 23, 1321-1331.

- Tripathi, R., Nayak, A.K., Shahid, M., Raja, R., Panda, B.B., Mohanty, S., Kumar, H., Lal, B., Gautam, P., Sahoo, R.N., 2015. Characterizing spatial variability of soil properties in salt affected coastal India using geostatistics and kriging. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(12): 10693-10703
- Truog, E., 1947. Soil reaction influence on availability of plant nutrients. *Soil Science Society of America Journal*, 11(C), 305-308.
- U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *U.S.D.A. Handbook* 60, USA.
- Usowicz B, Lipiec, J., 2017 Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil. *Soil and Tillage Research*, 174: 241-250.
- Vasu, D., Singh, S.K., Sahu, N., Tiwary, P., Chandran, P., Duraisami, V.P., Ramamurthy, V., Lalitha, M., Kalaiselvi, B., 2017. Assessment of spatial variability of soil properties using geospatial techniques for farm level nutrient management. *Soil and Tillage Research*, 169: 25-34.
- Veum, K.S., Sudduth, K.A., Kremer, R.J., Kitchen, N., 2017. Sensor data fusion for soil health assessment. *Geoderma* 305:53-61.
- Vogt, J.V, Safriel, U., Von Maltitz, G., Sokona, Y., Zougmore, R., Bastin, G., Hill, J. 2011. Monitoring and assessment of land degradation and desertification: towards new conceptual and integrated approaches. *Land Degradation & Development* 22: P:150–165.
- Wang, Y.Q. and Shao, M.A., 2013. Spatial variability of soil physical properties in a region of the Loess Plateau of PR China subject to wind and water erosion. *Land Degradation and Development*, 24(3): 296-304.
- Webster, R. and Oliver, M., A. 2007. Geostatistics for Environmental Scientists. Wiley *Statistic in Practice. Second Edition*. pp: 153-218.
- Weindorf, D.C., Zhu, Y., 2010. Spatial variability of soil properties at Capulin Volcano, New Mexico, USA: Implications for sampling strategy. *Pedosphere*, 20(2): 185-197.
- Wienhold, B. J., Karlen, D. L., Andrews, S. S., Stott, D. E. 2009. Protocol for indicator scoring in the soil management assessment framework (SMAF). *Renewable agriculture and food systems*, 24(4), 260-266.
- Wilding, L.P., Bouma, J., Goss, D.W., 1994. Impact of spatial variability on interpretative modelling., (39). *Soil Science Society of American Journal Special Publication*. Madison Wisconsin, USA. 39: 65-75.
- Yakowitz, D.S., Stone, J.J., Lane, L.J., Heilman, P., Masterson, J., Abolt, J., Imam, B., 1993. A decision support system for evaluating the effect of alternative farm management systems on water quality and economics. *Water Science Tech.* 28 (3– 5), 47– 54.
- Yang, F., Zhang, G., Yin, X., Liu, Z., 2011. Yang, F., Zhang, G., Yin, X., Liu, Z., 2011. Field-scale spatial variation of saline-sodic soil and its relation with environmental factors in Western Songnen Plain of China. *International Journal Of Environmental Research and Public Health*, 8(2): 374-387.
- Yeşilsoy, M.Ş., Aydın M. 1992. Toprak Fiziki. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Ders Kitabı No: 124, Ç.Ü. Ziraat Fak. Ofset ve Teksir Atölyesi, Adana.
- Zhu, F., Zhou, J., Xue, S., Hartley, W., Wu, C., Guo, Y., 2016. Aging of bauxite residue in association of regeneration: a comparison of methods to determine aggregate stability & erosion resistance. *Ecological Engineering*, 92, 47-54.

ÖZGEÇMİŞ
KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı SEMRA ALGÜR AVCI
Doğum Yeri ve Tarihi KOZLUK-25.09.1988
Telefon 0542 309 18 50
E-posta semra.algur72@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Batman Yabancı Dil Ağırlıklı Lise \ Batman	2008
Üniversite	: Ege Üniversitesi \ İzmir	2014
Yüksek Lisans	: Siirt Üniversitesi \ Siirt	2019

YABANCI DİLLER : İngilizce

UZMANLIK ALAN : Toprak Kalitesi