



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**

**YEŞİL KÜRE TARIM İŞLETMESİ ARAZİLERİNİN TOPRAK
KALİTE İNDEKS MODELİNDE NÖTROSOFİK FUZZY-AHP
KULLANIMI VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE
ENTEGRASYONU**

Doktora Tezi

Nursaç Serda KAYA

Danışman
Prof. Dr. Orhan DENGİZ

SAMSUN
2024

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**



**YEŞİL KÜRE TARIM İŞLETMESİ ARAZİLERİNİN TOPRAK
KALİTE İNDEKS MODELİNDE NÖTROSOFİK FUZZY-AHP
KULLANIMI VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE
ENTEGRASYONU**

Doktora Tezi

Nursaç Serda KAYA

Danışman
Prof. Dr. Orhan DENGİZ

SAMSUN
2024

TEZ KABUL VE ONAYI

Nursaç Serda KAYA tarafından, Prof. Dr. Orhan DENGİZ danışmanlığında hazırlanan “YEŞİL KÜRE TARIM İŞLETMESİ ARAZİLERİNİN TOPRAK KALİTE İNDEKS MODELİNDE NÖTROSOFİK FUZZY-AHP KULLANIMI VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE ENTEGRASYONU” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 19.2.2024 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Coşkun GÜLSER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Orhan DENGİZ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Mert DEDEOĞLU Selçuk Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Fikret SAYGIN Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

19 / 02 / 2024

Nursaç Serda KAYA

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : YEŞİL KÜRE TARIM İŞLETMESİ ARAZİLERİNİN TOPRAK KALİTE İNDEKS MODELİNDE NÖTROSOFİK FUZZY-AHP KULLANIMI VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE ENTEGRASYONU

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 25/10/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 12

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

19 / 02 / 2024

Prof. Dr. Orhan DENGİZ

ÖZET

YEŞİL KÜRE TARIM İŞLETMESİ ARAZİLERİNİN TOPRAK KALİTE İNDEKS MODELİNDE NÖTROSOFİK FUZZY-AHP KULLANIMI VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE ENTEGRASYONU

Nursaç Serda KAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı
Doktora, Şubat/2024
Danışman: Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Samsun İli Bafra İlçesi'nde yer alan Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerinde gerçekleştirilmiş bu doktora çalışmasında, 89 yüzey (0-20 cm) ve 90 yüzey altı (20-40 cm) olmak üzere toplam 179 toprak örneği alınmıştır. Her bir toprak örneğinde fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik analizler yapılmıştır. Bu doktora tezi kapsamında, çeltik ve tarla bitkilerine yönelik toprak kalite indeksinin belirlenmesinde doğrusal ve doğrusal olmayan Standart Skorum Fonksiyonları (SSF) ve Nötrosifik Fuzzy-AHP (NF-AHP) yaklaşımından yararlanılmıştır. Çalışma alanı topraklarının toprak kalite indeksini belirlemek üzere fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik ana toprak kalite parametrelerine ait toplam 28 kriterden faydalanılmıştır. 0.0787 ağırlık değeriyle en yüksek ağırlık değerinin biyolojik toprak kalite parametrelerinden olan mikrobiyal biyokütle karbon parametresinden elde edildiği belirlenirken, fiziksel toprak kalite parametreleri altında değerlendirilen kum ise 0.1888 ağırlık değeriyle en düşük önem ağırlığına sahip parametre olarak edilmiştir. Fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik parametreler için en yüksek önem değerine sahip kriterlerin ise sırasıyla eğim (0.0746), organik madde (0.0595), azot (0.0327) ve mikrobiyal biyokütle karbon (0.0787) olduğu belirlenmiştir. SSF ile ağırlık değerleri atanan her bir toprak örnekleme noktasına yönelik değerler, NF-AHP yöntemi kullanılarak belirlenmiş her bir kriterin ağırlık değeriyle çarpılarak çeltik ve tarla bitkilerine yönelik toprak kalite indeks değerleri elde edilmiştir. Belirlenen toprak kalite indekslerine yönelik dağılım haritaları, çeltik ve tarla bitkilerine yönelik ayrı ayrı oluşturulmuştur. Daha sonra çalışma alanına yönelik temin edilen farklı zamanlı Sentinel-2A uydu görüntülerinde RE-OSAVI ve NDVI vejetasyon indeksleri uygulanmıştır. Elde edilen veriler, çeltik ve tarla bitkilerine ait toprak kalite indeks değerleri ile ayrı ayrı istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, çeltik doğrusal TKİ değerleri ile Ağustos ayına ait NDVI değerlerinin daha yüksek r^2 (0.974) değerleri verdiğini gösterirken, tarla bitkilerine ait doğrusal olmayan TKİ değerlerinin ise Mayıs ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerleri ile daha yüksek r^2 (0.862) değerleri verdiğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Toprak kalitesi, Standart skorum fonksiyonu, Nötrosifik Fuzzy-AHP, Sentinel-2A, Vejetasyon indeksi, NDVI, RE-OSAVI.

ABSTRACT

INTEGRATION OF NEUTROSOPHIC FUZZY-AHP AND REMOTE SENSING TECHNIQUES IN THE SOIL QUALITY INDEX MODEL OF YESIL KURE AGRICULTURE ENTERPRISE LANDS

Nursaç Serda KAYA
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Soil Science and Plant Nutrition
Ph.D., February/2024
Supervisor: Prof. Dr. Orhan DENGİZ

In this doctoral study conducted at the Yeşil Küre Agriculture Enterprise located in Bafra District of Samsun Province, a total of 179 soil samples were taken, consisting of 89 surface samples (0-20 cm) and 90 subsurface samples (20-40 cm). Each soil sample underwent physical, chemical, productivity, and biological analyses. Within the scope of this doctoral thesis, linear and non-linear Standard Scoring Functions (SSF) and Neutrosophic Fuzzy-Analytical Hierarchy Process (NF-AHP) approaches were utilized to determine the soil quality index for rice and field crops. A total of 28 criteria related to physical, chemical, productivity, and biological main soil quality parameters were employed to assess the soil quality index of the study area soils. While the weight value of 0.0787 was determined to be derived from the microbial biomass carbon parameter, one of the biological soil quality parameters, the parameter evaluated under the physical soil quality parameters, sand, was considered as the parameter with the lowest importance weight, with a weight value of 0.1888. The criteria with the highest importance values for physical, chemical, productivity, and biological parameters were slope (0.0746), organic matter (0.0595), nitrogen (0.0327), and microbial biomass carbon (0.0787), respectively. Using SSF, values specific to each soil sampling point with assigned weight values were multiplied by the weight value of each criterion determined through the NF-AHP method to obtain the soil quality index values for rice and field crops. Distribution maps were created separately for the determined soil quality indices of rice and field crops. Subsequently, Sentinel-2A satellite images obtained at different times were utilized to apply the RE-OSAVI and NDVI vegetation indices for rice and field crops. The obtained data were statistically compared with the soil quality index values of rice and field crops. The results indicated that rice linear soil quality index values yielded higher r^2 values (0.974) with August NDVI values, while non-linear soil quality index values for field crops produced higher r^2 values (0.862) with NDVI values obtained from May Sentinel-2A satellite images.

Keywords: Soil quality, Standard scoring function, Neutrosophic Fuzzy-AHP, Sentinel-2A, Vegetation index, NDVI, RE-OSAVI.

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüzde toprakların aşırı ve sürdürülemez şekilde kullanılması, geri dönüşü zor olan büyük sorunlara yol açmaktadır. Tarım arazilerinin kapasitelerine uygun şekilde kullanılması, ülkemizin gelecekteki refah durumunun belirlenmesinde önemli bir etkidir. Son yıllarda bu sorunların çözümü için toprak kalitesi kavramı geliştirilmiştir. Bu kavramın uygulanmasıyla, tarımsal alanlardaki topraklarımızın sürdürülebilir kullanımının devam ettirilmesi veya kapasitelerinin artırılması son derece önemlidir. Bu doktora tezi, toprak kalitesi kavramının farklı yöntemler kullanılarak geliştirilmesi ve ileride yapılacak olan çalışmalara önemli bilimsel katkılar sağlaması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Varlığı ile benim için önemli bir rol model oluşturan gerek doktora tez konumun belirlenmesinde gerek araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmalarına ışık tutan ve yardımını esirgemeyen, doktora eğitimim boyunca olduğu gibi sonrasında da hep yanımda olmasını istediğim kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Orhan DENGİZ'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Bizlere rahat bir çalışma ortamı sağlayan ve çalışmalarım sırasında bilgilerine başvurduğum Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Bölüm Başkanı ve aynı zamanda tez izleme komitemde de yer alarak değerli zamanını ve akademik desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Coşkun GÜLSER'e çok teşekkür ederim. Araştırmamın yürütülmesi esnasında beni yönlendiren ve bilgilerine başvurduğum sayın bölüm hocalarım Prof. Dr. İmanverdi EKBERLİ, Prof. Dr. Nutullah ÖZDEMİR ve Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA'ya çok teşekkür ederim. Doktora öğrenimim boyunca bilgi birikimi ve tecrübesiyle bana yol gösteren sayın hocalarım Doç. Dr. Mert DEDEOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi Fikret SAYGIN, Doç. Dr. İnci DEMİRAĞ TURAN ve Dr. Öğr. Üyesi Barış ÖZKAN'a ise ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım süresince, tüm laboratuvar çalışmalarım sırasında desteğini, sabrını ve anlayışını esirgemeyen canım arkadaşlarım Araş. Gör. Salih DEMİRKAYA ve Araş. Gör. Abdurrahman AY'a çok teşekkür ederim. Bu süreçte benden manevi desteklerini esirgemeyen canım kuzenim Yağmur BARUTCU ve canım arkadaşlarım Yazılım Yüksek Mühendisi Zeynep Dilan KILIÇ, Araş. Gör. Elif ÖZTÜRK, Araş. Gör. Dr. Gürkan BİLİR ve canım kardeşim Mustafa Kubilay KAYA'ya ayrıca

teşekkürlerimi sunarım. I would like to thank also my dear Lithuanian friend Research Assistant Deividas MIKŠTAS for helping me in laboratory studies.

Doktora eğitimim boyunca 100/2000 Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Doktora Projesi kapsamında öncelikli alanlardan olan ‘Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bilişim Uygulamaları’ konusunda beni maddi olarak destekleyen ve doktora eğitimimi tamamlamama olanak sağlayan YÖK Başkanlığı’na ve çalışanlarına şükranlarımı sunarım.

Bu doktora tez çalışmasını bugünlere gelmemde çok büyük katkıları olan, hayatımın her döneminde aldığım kararlarda arkamda duran, adeta benimle birlikte doktora yapmış kadar yorduğum, haklarını asla ödeyemeyeceğim canım babam Taner KAYA’ya ve biricik annem Nadire BARUTCU KAYA’ya ithaf ediyorum. Üzerimdeki bütün maddi ve manevi emekleriniz için size minnettarım. İyi ki varsınız benim güzel ailem. Sizi çok seviyorum.

Nursaç Serda KAYA

2024, Samsun

In me omnis spes est mihi.

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1. Toprak Kalitesinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesine Yönelik Kaynak Özetleri	6
2.2. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri Kullanılarak İndikatörlerin Ağırlıklandırılması	15
2.3. Toprak Kalitesi ile Uydu Görüntüleri Arasındaki İlişki	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM	28
3.1. Materyal	28
3.1.1. Çalışma alanının tanımlanması	28
3.2. Yöntem	33
3.2.1. Detaylı toprak etüt ve haritalama çalışması	33
3.2.1.1. Büro ve ön arazi çalışması	33
3.2.2. Laboratuvar çalışması	36
3.2.3. Nötrosofik kümelerle dayalı karar verme yöntemi	38
3.2.3.1. Nötrosofik bulanık kümeler	38
3.2.3.2. Nötrosofik Fuzzy-AHP (NF-AHP)	40
3.2.4. Standart Skorlama Fonksiyonu (SSF)	42
3.2.5. İstatistik ve jeo-istatistik analizleri	45
3.2.6. Vejetasyon indeksleri	46
3.2.6.1. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)	46
3.2.6.2. Optimize Edilmiş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (RE-OSAVI)	47
3.2.7. CBS ortamında tematik haritaların üretilmesi ve mekânsal istatistik analizleri ...	47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	52
4.1. Çalışma alanı topraklarının morfolojik özellikleri, fiziksel, kimyasal ve verimlilik analiz sonuçları	52
4.1.1. Kalaba Serisi (B)	52
4.1.2. Elifli Serisi (E)	55
4.1.3. Alaylı Serisi (A)	58
4.1.4. Yörükler Serisi (Y)	61
4.1.5. Kalaba-2 Serisi (Ba)	64
4.1.6. Osmanbeyli Serisi (O)	67
4.1.7. Karaköy Serisi (K)	70
4.2. Araştırma Alanı Topraklarının Toprak Taksonomisine ve FAO/ISRİC Göre Sınıflandırılması	72
4.2. Yüzey ve Yüzey Altı Topraklarının Biyo-fizikokimyasal Özellikleri	78
4.3. Çalışma alanı yüzey ve yüzey altı topraklarının biyo-fizikokimyasal ve verimlilik özelliklerinin alansal dağılımları	86
4.3.1. Toprakların fiziksel özelliklerine ait alansal dağılımları	86
4.3.1.1. Toprakların tekstür dağılım özellikleri	89
4.3.1.2. Toprakların hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik ve agregat stabilitesi dağılım özellikleri	96

4.3.1.3. Toprakların tarla kapasitesi, solma noktası ve bitkiye yarayışlı su dağılım özellikleri	103
4.3.1.4. Toprakların eğim özellikleri	109
4.3.2. Toprakların kimyasal özelliklerine ait alansal dağılımları	111
4.3.2.1. Toprakların pH, EC ve CaCO_3 dağılım özellikleri	113
4.3.2.2. Toprakların OM ve KDK dağılım özellikleri	120
4.3.3. Toprakların verimlilik özelliklerine ait alansal dağılımları	125
4.3.3.1. Toprakların azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn) dağılım özellikleri	129
4.3.4. Toprakların biyolojik özelliklerine ait alansal dağılımları	152
4.3.4.1. Toprakların Mikrobiyal Biyokütle Karbon (MBK), Toprak solunumu (CO_2) ve Metabolik katsayı ($q\text{CO}_2$) dağılım özellikleri	154
4.4. Nötrosofik Fuzzy-AHP Yöntemi Kullanılarak Toprak Kalite Parametrelerinin Ağırlıklandırılması	160
4.4.1. Ana toprak kalite parametrelerinin ağırlıklandırılması	161
4.4.2. Fiziksel toprak kalite parametrelerinin ağırlıklandırılması	164
4.4.3. Kimyasal toprak kalite parametrelerinin ağırlıklandırılması	169
4.4.4. Verimlilik toprak kalite parametrelerinin ağırlıklandırılması	171
4.4.5. Biyolojik toprak kalite parametrelerinin ağırlıklandırılması	174
4.5. Toprak kalite indeksinin (TKİ) değerlendirilmesi	176
4.6. Yüzey ve yüzey altı toprak kalite indeks (TKİ) değerlerinin çeltik ve diğer tarım ürünlerine yönelik konumsal dağılımları	178
4.6.1. Toprak kalite indeksinin çeltik bitkisi için dağılımı	178
4.7. Çeltik ve tarla bitkilerine yönelik yüzey/yüzey altı örnekleme noktalarının toprak kalite indeks değerlerinin karşılaştırılması	189
4.8. Çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanların toprak kalite indeks değerleri ile vejetasyon indeksleri arasındaki ilişki	192
4.9. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine yönelik arazi kullanım türlerinin tanımlanması	225
4.9.1. Çeltik yetiştiriciliği	226
4.9.2. Mısır (silaj) yetiştiriciliği	229
4.9.3. Buğday yetiştiriciliği	230
4.9.4. Tritikale yetiştiriciliği	232
4.9.5. Soya fasülyesi	234
4.9.6. Şeker pancarı yetiştiriciliği	235
4.9.7. Fiğ yetiştiriciliği	236
4.9.8. Karpuz yetiştiriciliği	238
4.9.9. Kanola yetiştiriciliği	239
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	242
KAYNAKÇA	245
ÖZ GEÇMİŞ	271

SİMGELER VE KISALTMALAR

AHP	:Analytical Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Prosesi)
ANP	:Analytical Network Process (Analitik Ağ Prosesi)
AS	:Agregat stabilitesi
BYS	:Bitkiye yararışlı su kapasitesi
CaCO ₃	:Kalsiyum karbonat
CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri
CO ₂	:Toprak Solunumu (Karbondiyoksit)
CR	:Consistency Ratio (Tutarlılık Oranı)
CRS	:Completely Regularized Spline (Düzenlenmiş Eğrisel)
ÇKKV	:Çok Kriterli Karar Verme
DVS	:Delphi Veri Seti
EC	:Electrical Conductivity (Elektriksel Konduktivite)
ESA Snap	:European Space Agency Sentinel Application Platform
ESRI	:Environmental Systems Research Institute (Çevre Sistemleri Araştırma Enstitüsü)
FAO	:Food and Agriculture Organization of the United Nations (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
FS	:Fuzzy Set (Bulanık Küme)
GPS	:Global Position System (Yer Belirleme Aleti)
HA	:Hacim ağırlığı
Hİ	:Hidrolik iletkenlik
IDW	:Inverse Distance Weighting (Ters Mesafe Ağırlıklandırma)
INS	:Interval Neutrosophic Set (Aralıklı Nötrosifik Küme)
IQI	:Integrated Quality Index (Entegre Kalite İndeksi)
IR	:Infrared (Kızıl ötesi)
KDK	:Kation değişim kapasitesi
LB	:Less is better (Daha az daha iyidir)
MAE	:Mean Absolute Error (Ortalama Mutlak Hata)
MB	:More is better (Daha fazla daha iyidir)
MBK	:Microbial Biomass Carbon (Mikrobiyal Biyokütle Karbon)

MEDALUS	:Mediterranean Desertification and Land Use (Akdeniz ölleşme ve Arazi Kullanımı Yaklaşımı)
MVS	:Minimum Veri Seti
NDVI	:Normalized Difference Vegetation Index (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)
NF-AHP	:Neutrosophic Fuzzy-Analytical Hierarchy Process (Nötrosofik Bulanık-Analitik Hiyerarşi Prosesi)
NIR	:Near Infrared (Yakın kızıl ötesi)
NQI	:Nemero Quality Index (Nemero Kalite İndeksi)
NS	:Nötrosofik Küme (Neutrosophic Set)
OM	:Organik madde
OR	:Mid-point is optimum (Orta nokta optimumdur)
OSAVI	:Optimized Soil Adjusted Vegetation Index (Optimize Edilmiş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi)
P ₂ O ₅	:Fosfor Pentoksit
qCO ₂	:Metabolik Katsayı
RBF	:Radial Basis Function (Radyal Tabanlı Fonksiyon)
RE-OSAVI	:Red-Edge Optimized Soil Adjusted Vegetation Index (Kırmızı-Kenar Optimize Edilmiş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi)
RMSE	:Root Mean Square Error (Ortalama Hata Kareleri Toplamı Kökü)
SAVI	:Soil Adjusted Vegetation Index (Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi)
SN	:Solma noktası
SSF	:Standard Scoring Function (Standart Skorlama Fonksiyonu)
SVNS	:Single Valued Neutrosophic Set (Tek Değerli Nötrosofik Küme)
SWIR	:Short-wavelength infrared (Kısa dalga kızıl ötesi)
SWT	:Spline with Tension
SYM	:Sayısal Yükselti Modeli
TK	:Tarla Kapasitesi
TKİ	:Toprak Kalite İndeksi
TOPSIS	:Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözümüne Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniğı)
TPS	:Thin Plate Spline
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
TVS	:Toplam Veri Seti

UA	:Uzaktan Algılama
USGS	:United States Geological Survey (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu)
UTM	: Universal Transverse Mercator (Evrensel Enlem Merkatörü)
VNIR	:The Visible and Near-Infrared (Görünür Yakın Kızıl Ötesi)
WGS84	:World Geodetic System 1984 (Dünya Jeodezik Sistemi-1984)



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Yeşil Küre Tarım İşletmesi'ne ait lokasyon haritası.....	28
Şekil 3.2. Çalışma alanına ait yükselti ve eğim haritası	29
Şekil 3.3. Bafra ilçesi Newhall modeline göre aylara göre toprak sıcaklık dağılımı	30
Şekil 3.4. Çalışma alanı Newhall modeline göre aylara göre toprak nem bütçesi dağılımı ...	32
Şekil 3.5. Toprak etüt ve haritalama çalışmasının akış diyagramı.....	34
Şekil 3.6. Çalışma alanı sınırı ve toprak profil noktaları	35
Şekil 3.7. Çalışma alanı sınırı ve yüzey/yüzey altı örnekleme noktaları.....	36
Şekil 3.8. Çalışma alanına yönelik 2021 yılı tarihli Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntüleri	50
Şekil 4.1. Kalaba serisi örnek profil görünümü	53
Şekil 4.2. Elifli serisi örnek profil görünümü	56
Şekil 4.3. Alaylı serisi örnek profil görünümü	59
Şekil 4.4. Yörükler serisi örnek profil görünümü	62
Şekil 4.5. Kalaba-2 serisi örnek profil görünümü.....	65
Şekil 4.6. Osmanbeyli serisi örnek profil görünümü	68
Şekil 4.7. Karaköy serisi örnek profil görünümü.....	71
Şekil 4.8. Çalışma alanına ait güncelleştirilmiş toprak haritası	78
Şekil 4.9. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının % kil dağılım haritaları .	90
Şekil 4.10. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının silt (%) dağılım haritaları.....	92
Şekil 4.11. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının kum (%) dağılım haritaları.....	95
Şekil 4.12. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının hacim ağırlığı (HA) (gr/cm ³) dağılım haritaları.....	98
Şekil 4.13. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının hidrolik iletkenlik (Hİ) (mm/sa) dağılım haritaları.....	100
Şekil 4.14. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının agregat stabilitesi (AS) (%) dağılım haritaları	102
Şekil 4.15. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının tarla kapasitesi (TK) (%) dağılım haritaları	104
Şekil 4.16. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının solma noktası (SN) (%) dağılım haritaları	106
Şekil 4.17. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının bitkiye yararlı su (BYS) (%) dağılım haritaları.....	108
Şekil 4.18. Çalışma alanı topraklarının eğim (%) dağılım haritası	110
Şekil 4.19. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının pH dağılım haritaları.	115
Şekil 4.20. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının EC (dS/m) dağılım haritaları.....	117

Şekil 4.21. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının CaCO_3 (%) dağılım haritaları.....	119
Şekil 4.22. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının OM (%) dağılım haritaları.....	122
Şekil 4.23. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının KDK (mek/100 gr) dağılım haritaları.....	124
Şekil 4.24. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının N (%) dağılım haritaları	133
Şekil 4.25. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının P (ppm) dağılım haritaları.....	135
Şekil 4.26. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının K (mek/100 gr) dağılım haritaları.....	137
Şekil 4.27. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Mg (mek/100 gr) dağılım haritaları.....	139
Şekil 4.28. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Ca (mek/100 gr) dağılım haritaları.....	141
Şekil 4.29. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Fe (ppm) dağılım haritaları.....	143
Şekil 4.30. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Mn (ppm) dağılım haritaları.....	145
Şekil 4.31. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Na (mek/100 gr) dağılım haritaları.....	147
Şekil 4.32. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Cu (ppm) dağılım haritaları.....	149
Şekil 4.33. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Zn (ppm) dağılım haritaları.....	151
Şekil 4.34. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının MBK (mg/gr) dağılım haritaları.....	155
Şekil 4.35. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının CO_2 (mg/gr) dağılım haritaları.....	157
Şekil 4.36. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının $q\text{CO}_2$ dağılım haritaları	159
Şekil 4.37. Toprak kalite indeksinin belirlenmesinde kullanılan NF-AHP diyagramına ait hiyerarşik model	161
Şekil 4.38. Yüzey (0-20 cm) topraklarının çeltik bitkisine yönelik doğrusal toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası	179
Şekil 4.39. Yüzey (0-20 cm) topraklarının çeltik bitkisine yönelik doğrusal olmayan toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası	180
Şekil 4.40. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının çeltik bitkisine yönelik doğrusal toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası	182
Şekil 4.41. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının çeltik bitkisine yönelik doğrusal olmayan toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası	183

Şekil 4.42. Yüzey (0-20 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik doğrusal toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası	185
Şekil 4.43. Yüzey (0-20 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik doğrusal olmayan toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası	185
Şekil 4.44. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik doğrusal toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası	188
Şekil 4.45. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik doğrusal olmayan toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası	188
Şekil 4.46. Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlarda farklı derinlik ve yöntemlerde belirlenen TKİ değerlerinin kümeleme analizi	190
Şekil 4.47. Tarla bitkileri yetiştirilen alanlarda farklı derinlik ve yöntemlerde belirlenen TKİ değerlerinin kümeleme analizi.....	192
Şekil 4.48. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 08.04.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	198
Şekil 4.49. 2021 yılı tarihli Nisan ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	199
Şekil 4.50. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 08.04.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına ait NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	200
Şekil 4.51. 2021 yılı tarihli Nisan ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	201
Şekil 4.52. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 18.05.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	202
Şekil 4.53. 2021 yılı tarihli Mayıs ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	203
Şekil 4.54. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 18.05.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına ait NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	204
Şekil 4.55. 2021 yılı tarihli Mayıs ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	205
Şekil 4.56. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 07.06.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	206

Şekil 4.57. 2021 yılı tarihli Haziran ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	207
Şekil 4.58. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 07.06.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına ait NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	208
Şekil 4.59. 2021 yılı tarihli Haziran ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	209
Şekil 4.60. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 17.07.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	210
Şekil 4.61. 2021 yılı tarihli Temmuz ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	211
Şekil 4.62. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 17.07.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına ait NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	212
Şekil 4.63. 2021 yılı tarihli Temmuz ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	213
Şekil 4.64. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 06.08.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	214
Şekil 4.65. 2021 yılı tarihli Ağustos ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	215
Şekil 4.66. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 06.08.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına ait NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	216
Şekil 4.67. 2021 yılı tarihli Ağustos ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	217
Şekil 4.68. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 30.10.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	218
Şekil 4.69. 2021 yılı tarihli Ekim ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	219
Şekil 4.70. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 30.10.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına	

ait NDVI değerleri ile eltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri.....	220
şekil 4.71. 2021 yılı tarihli Ekim ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin eltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları.....	221
şekil 4.72. Çalışma alanına ait çeşitli arazi kullanım türlerinin bulunduğu parseller	226



TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 3.1. Bafra meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (1929-2022).....	30
Tablo 3.2. Nötrosofik değerlere dayalı dilsel terim ve önem ağırlıkları.....	40
Tablo 3.3. Çeltik bitkisine yönelik standart skorlama fonksiyonları ve toprak özellikleri.....	43
Tablo 3.4. Diğer tarım ürünlerine yönelik standart skorlama fonksiyonları ve toprak özellikleri.....	44
Tablo 3.5. Sentinel-2A uydu sensörünün özellikleri.....	51
Tablo 4.1. Kalaba serisi fiziksel analiz sonuçları.....	54
Tablo 4.2. Kalaba serisi kimyasal analiz sonuçları.....	54
Tablo 4.3. Kalaba serisi verimlilik analiz sonuçları.....	54
Tablo 4.4. Elifli serisi fiziksel analiz sonuçları.....	57
Tablo 4.5. Elifli serisi kimyasal analiz sonuçları.....	57
Tablo 4.6. Elifli serisi verimlilik analiz sonuçları.....	57
Tablo 4.7. Alaylı serisi fiziksel analiz sonuçları.....	60
Tablo 4.8. Alaylı serisi kimyasal analiz sonuçları.....	60
Tablo 4.9. Alaylı serisi verimlilik analiz sonuçları.....	60
Tablo 4.10. Yörükler serisi fiziksel analiz sonuçları.....	63
Tablo 4.11. Yörükler serisi kimyasal analiz sonuçları.....	63
Tablo 4.12. Yörükler serisi verimlilik analiz sonuçları.....	63
Tablo 4.13. Kalaba-2 serisi fiziksel analiz sonuçları.....	66
Tablo 4.14. Kalaba-2 serisi kimyasal analiz sonuçları.....	66
Tablo 4.15. Kalaba-2 serisi verimlilik analiz sonuçları.....	66
Tablo 4.16. Osmanbeyli serisi fiziksel analiz sonuçları.....	69
Tablo 4.17. Osmanbeyli serisi kimyasal analiz sonuçları.....	69
Tablo 4.18. Osmanbeyli serisi verimlilik analiz sonuçları.....	69
Tablo 4.19. Karaköy serisi fiziksel analiz sonuçları.....	72
Tablo 4.20. Karaköy serisi kimyasal analiz sonuçları.....	72
Tablo 4.21. Karaköy serisi verimlilik analiz sonuçları.....	72
Tablo 4.22. Çalışma alanı topraklarının Toprak Taksonomisi (Nachtergaele, 2001) ve FAO'ya (2014) göre sınıflandırılması ve alansal dağılımları.....	74
Tablo 4.23. Çalışma alanının haritalama birimleri, serileri ve fazları.....	76
Tablo 4.24. 0-20 cm (yüzey) topraklarının fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri.....	82

Tablo 4.25. 20-40 cm (yüzey altı) topraklarının fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri	85
Tablo 4.26. Yüzey (0-20 cm) topraklarına yönelik fiziksel özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri	87
Tablo 4.27. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarına yönelik fiziksel özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri	88
Tablo 4.28. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının kil dağılımları	89
Tablo 4.29. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının silt dağılımları	92
Tablo 4.30. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının kum dağılımları	94
Tablo 4.31. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik ve agregat stabilitesi dağılımları	97
Tablo 4.32. Çalışma alanı topraklarının eğim değerlerinin (%) oransal dağılımları	109
Tablo 4.33. Yüzey (0-20 cm) topraklarına ait kimyasal özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri	112
Tablo 4.34. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait kimyasal özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri	112
Tablo 4.35. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının pH, EC ve CaCO ₃ dağılımları	114
Tablo 4.36. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının OM ve KDK dağılımları	121
Tablo 4.37. Yüzey (0-20 cm) topraklarına ait verimlilik özelliklerinin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri	127
Tablo 4.38. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait verimlilik özelliklerinin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri	128
Tablo 4.39. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe ve Cu dağılımları	131
Tablo 4.40. Yüzey (0-20 cm) topraklarına ait biyolojik özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri	153
Tablo 4.41. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait biyolojik özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri	153
Tablo 4.42. Ana toprak kalite parametrelerine ait nütrosifik, durulaştırılmış ve normalleştirilmiş ağırlık değerleri	162
Tablo 4.43. Toprakların ana kalite parametrelerine ait nütrosifik ikili karşılaştırma matrisi	163
Tablo 4.44. Fiziksel toprak kalite parametrelerine ait nütrosifik, durulaştırılmış ve normalleştirilmiş ağırlık değerleri	164

Tablo 4.45. Toprakların fiziksel kalite parametrelerine ait nötrosofik ikili karşılaştırma matrisi	168
Tablo 4.46. Kimyasal toprak kalite parametrelerine ait nötrosofik, durulaştırılmış ve normalleştirilmış ağırlık değerleri	169
Tablo 4.47. Toprakların kimyasal kalite parametrelerine ait nötrosofik ikili karşılaştırma matrisi	171
Tablo 4.48. Verimlilik toprak kalite parametrelerine ait nötrosofik, durulaştırılmış ve normalleştirilmış ağırlık değerleri	171
Tablo 4.49. Toprakların verimlilik kalite parametrelerine ait nötrosofik ikili karşılaştırma matrisi	173
Tablo 4.50. Biyolojik toprak kalite parametrelerine ait nötrosofik, durulaştırılmış ve normalleştirilmış ağırlık değerleri	174
Tablo 4.51. Toprakların biyolojik kalite parametrelerine ait nötrosofik ikili karşılaştırma matrisi	175
Tablo 4.52. NF-AHP ile hesaplanmış toprak kalite indikatörlerine ait toplam ağırlık değerleri.....	177
Tablo 4.53. Yüzey (0-20 cm) topraklarının �eltik bitkisine yönelik enterpolasyon yöntemlerine ait ortalama hata kareleri toplamı kökü (RMSE) değerleri.....	178
Tablo 4.54. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının �eltik bitkisine yönelik enterpolasyon yöntemlerine ait ortalama hata kareleri toplamı kökü (RMSE) değerleri.....	181
Tablo 4.55. Yüzey (0-20 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik enterpolasyon yöntemlerine ait ortalama hata kareleri toplamı kökü (RMSE) değerleri.....	184
Tablo 4.56. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının diğer tarım ürünlerine yönelik enterpolasyon yöntemlerine ait ortalama hata kareleri toplamı kökü (RMSE) değerleri.....	187
Tablo 4.57. Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlarda derinlik ve yöntem farklılığına bağlı olarak toprak kalite indeksinin karşılaştırılması	190
Tablo 4.58. Derinlik ve yöntem farklılığına bağlı olarak TK� değerlerinin karşılaştırılması	191
Tablo 4.59. Her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına yönelik 2021 yılı tarihli Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edilen RE-OSAVI ve NDVI değerleri ile �eltik yetiştirilen alanlara ait toprak kalite indeks değerleri	194
Tablo 4.60. Her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait 2021 yılı tarihli Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edilen RE-OSAVI ve NDVI değerleri ile tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri.....	195
Tablo 4.61. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 2021 yılı parsel verileri	225
Tablo 4.62. Farklı arazi kullanım türlerini içeren parsellere yönelik gübre tavsiyeleri	241

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve beraberinde getirdiği gıdaya olan talepteki artış, doğal kaynakların aşırı kullanılmasına, iklim değişikliğine, ormansızlaştırma ve toprak bozulması gibi kritik arazi kullanım değişikliklerine neden olmaktadır (Villarino vd., 2017; Khalilimoghadam vd., 2015; Le Mouél ve Forslund 2017). Yenilenemeyen bir kaynak olarak görülen toprağın insan ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik gereğinden fazla kullanılması, sistemin üretkenlik kapasitesini ve insanlığın geleceğini riske atmaktadır (Costanza ve Daly 1992). Tarımsal yönetim sistemlerinin sürdürülebilirliği, kamuoyunu da ilgilendiren uluslararası bir tartışma konusu haline gelmiştir. Bu nedenle toprak kalitesini anlamak ve geliştirmek, bu küresel sorunların ele alınması adına atılan önemli adımlardan biri olarak kabul edilmektedir (Lal, 2011).

Toprak, ekosistem ve insan refahı için ayrılmaz bir dizi ürün ve hizmetin merkezinde yer alan kilit bir kaynaktır. Genel olarak toprak kalitesi, toprağın bitkilere gerekli besin elementlerini sağlama, topraktaki su ve havayı koruyarak iyileştirme ve insan ihtiyaçlarını destekleme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Doran vd., 1994). Basitçe toprak kalitesi, "belirli bir tür toprağın işlev görme kapasitesi" olarak da tanımlanabilir (Karlen vd., 1997). Toprak kalitesinin değerlendirilmesi için dinamik toprak kalite modelleri (Larson ve Pierce, 1994), toprak kalite kartları (Ditzler ve Tugel, 2002), jeostatistiksel yaklaşımlar (Sun vd., 2003) ve toprak kalite indeksleri (Larson ve Pierce, 1994) gibi birçok yöntem önerilmiştir (Andrews vd., 2002). Her biri kendi içinde avantaj ve dezavantajlara sahip olan bu yöntemler toprak kalitesinde meydana gelen değişiklikleri izlemek için kullanılsa da basitliği, pratikliği ve kantitatif esnekliği sayesinde (Andrews vd., 2002) toprak kalite indeks değerlerinin belirlendiği yöntemler en yaygın şekilde kullanılanlarıdır (Qi vd., 2009). Şimdiye kadar yapılmış çeşitli çalışmalarda, farklı arazi kullanım yönetimleri altında ve çeşitli ekosistemlerde toprak kalitesini izlemeye ve değerlendirmeye yönelik farklı toprak kalite indeks modellerinden yararlanılmıştır (Nabiollahi vd., 2018a,b; Rahmanipour vd., 2014).

Toprak kalitesini değerlendirmek, yoğun bir emek ve prosedür gerektiren toprak etüt ve haritalama çalışmalarını kapsamaktadır (Rogowski ve Wolf 1994). Bu nedenle toprak kalitesine yönelik çalışmaların periyodik bir süreç içerisinde değerlendirilmesi esastır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri de

tarım sektöründe karşılaşılan benzeri izleme konularında kullanılan yararlı araçlardır. Zamandan tasarruf ederek güvenilir, uygun maliyetli ve tekrarlı bilgilerin temin edilmesi, CBS ve UA'nın tarım sektörüne sağladığı avantajlar arasındadır. Bitki gelişim sürecinin izlenmesi, toprak kalitesinin değerlendirilmesi, ürün rekolte tahmini ve modern tarımda gerekli mekânsal analizler gibi birçok alanda CBS ve UA teknolojilerinden yararlanılmaktadır (Pekacar ve Bağdatlı, 2021; Zolfaghary vd., 2021; Oymatov ve Safayev, 2021).

Görünür yakın kızıl ötesi (VNIR) spektroskopisi ve CBS teknolojilerinin tarımsal uygulamalar ve uzman görüşleriyle entegre edilerek toprak kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılması, tarım alanlarını bölgesel olarak izlemeyi pratik ve ekonomik kılmaktadır (Moran vd., 1996; Malczewski 2006; Vohland vd., 2014). Hiper ve multi-spektral sensörler veya termografi gibi uzaktan algılama yöntemleri, tarımsal üretim sistemlerinin verimliliğini artırmak için pek çok fırsata sahiptir. Yer gözlem uydularından elde edilen farklı dalga boylarındaki spektral yansımalar, Landsat-1 uydusunun 1972 yılında fırlatılmasından bu yana bitkilerin fenolojik değişimlerini belirlemek ve izlemek için kullanılmaktadır (Jackson, 1986). Bununla birlikte, gelişen spektral algılayıcılar ve bant kombinasyonu yöntemleri vejetasyon indisi kavramını beraberinde getirerek büyük ölçekli alanlarda yetiştirilen bitki çeşitlerinin değerlendirmesinde yaygın bir kullanıma sahip olmuştur (Shou vd., 2007; Jia vd., 2011). Özellikle elektromanyetik spektrumun kırmızı (Red), kırmızı kenar (Red-Edge) ve yakın kızıl ötesi (NIR, Near-infrared) bantlarının tarımsal ekosistem hizmetlerinin izlenmesinde aktif bir rol aldığı bilinmektedir (Liu vd., 2004).

Nitekim ilgili spektrum bölgeleri bitki biyofiziksel değişkenleri (yükseklik, yoğunluk ve kaplama yüzdesi) ile yakından ilişkilidir ve yakın kızıl ötesi bantlarının kırmızı kenar spektral bantlarına olan oranının farklı büyüme dönemlerinde ürün gelişimi ile yüksek bir korelasyon sağladığı bilinmektedir. Spektral vejetasyon indeksleri, bitki fizyolojisi ve kimyasındaki değişiklikleri analiz etmek ve tespit etmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Vejetasyon indekslerinin çalışma prensibi, temelde yeşil yaprak alanı ve bitki biokütlesi ile doğrudan ilişkili olan klorofil varlığının biyotik ve abiyotik faktörlere gösterdiği tepkilerinin belirlenmesi üzerine kurgulanmıştır (Kokaly ve Clark 1999; Li vd., 2015). Birkaç dalga boyunun bilgisine dayanan bu indeksler, pigment içeriği (Blackburn, 1998a; Gitelson vd., 2002; Peñuelas

vd., 1995), yaprak alanı (Rouse vd., 1974) veya su içeriği (Peñuelas vd., 1993) gibi farklı bitki parametrelerini belirlemek üzere geliştirilmiştir.

Günümüzde yeşil yapraklı bitkilerin biyofiziksel özellikleri hakkında bilgi edinmek için birimsiz radyometrik ölçümler olarak tanımlanan pek çok spektral indeks geliştirilmiştir. Bu amaçla Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Etkin Yaprak Alan İndeksi (Effective Leaf Area Index), Modifiye Edilmiş Yansıma Oranında Klorofil Absorpsiyonu İndeksi (Red-Edge Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index), Kırmızı Kenar Optimize Edilmiş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (Red-Edge Optimized Soil Adjusted Vegetation Index), Yeşil Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (Green Normalized Difference Vegetation Index), Sağlık İndeksi (Healthy Index) ve Yaprak Alan İndeksi'nden (Leaf Area Index) yararlanılmaktadır (Fitzgerald vd., 2010; Bagheri vd., 2012; Wójtowicz vd., 2016).

Karmaşık bir mekanizmaya sahip olması nedeniyle toprağın kalitesi ne arazide ne de laboratuvarda doğrudan ölçülememektedir. Bununla birlikte toprak kalitesi, ölçülebilir bir dizi fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik kalite göstergeleri gibi toprak özellikleri açısından değerlendirilmektedir. Bu amaçla, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), Bulanık Mantık (Fuzzy Logic), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA), Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı Yaklaşımı (MEDALUS) ve Nötrosofik Fuzzy-AHP (NF-AHP) gibi yöntemler, çoklu-heterojen toprak kalite parametrelerinin değerlendirilmesinde tercih edilmektedir (Dai vd., 2018; Wu vd., 2019; Özkan vd., 2019; Rezaee vd., 2020). Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, alternatiflerin sınırlı olduğu karmaşık karar verme problemlerinde mevcut bir yol bulmalarında kullanıcılara yardımcı olur (Yoon ve Hwang 2005; Daniel ve Wang 2008). ÇKKV yöntemleri, bir dizi nitel ve nicel kriteri puanlama, ağırlıklandırma ve ölçme yoluyla alternatif seçenekleri sıralar (Fontana vd., 2013). Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Analitik Ağ Prosesi (ANP) ve İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (TOPSIS) yaygın olarak kullanılan ÇKKV yöntemleridir.

İlk olarak Saaty (1980) tarafından geliştirilmiş olan AHP, somut ve soyut yargıların bir arada modellenmesi özelliği ile geniş bir uygulama alanına sahiptir ve literatürde AHP yönteminin kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Dedeoğlu ve Dengiz 2019; Demirag Turan vd., 2019; Pishyar vd., 2019). Geleneksel AHP

yönteminde, çeşitli kriterleri karşılaştırmak için kullanılan puanlar 1-9 arasındaki tam sayılarla temsil edilir (Saaty, 1977), ancak gerçek hayatta uygun bilginin eksikliğinden dolayı karar vericiler bazı kriterleri tam sayılarla belirlemede sorun yaşayabilirler (Xu ve Liao 2014). İnsan faktörünün ağırlıklı olarak bulunduğu mühendislik, eğitim, sağlık gibi sosyal alanlarda insanların karşılaştığı belirsizlik problemlerinin en doğru şekilde nasıl tanımlanacağı konusunda birçok çalışma yapılmıştır (Radwan vd., 2016; Shahzadi vd., 2017; Smarandache vd., 2018).

Bu çalışmaların başlangıcı olarak kabul edilebilecek Bulanık Küme (FS) teorisi ilk olarak Zadeh tarafından (1965) (Smarandache 1999, 2005) ortaya atılmış ve sonraki yıllarda ise yeni küme modelleri önerilmeye başlanmıştır. Bunlardan biri, AHP ve Nötrosofik Küme (NS) teorisinin kombine edilmesiyle elde edilen Nötrosofik Fuzzy-AHP (NF-AHP) modelidir. Smarandache (1999) tarafından bulanık mantığın geliştirilmesiyle nötrosofik mantık elde edilmiştir. Nötrosofik yaklaşım, yapay zekâ, karar verme, görüntü işleme ve uzman sistemler gibi farklı alanların belirsiz ve karmaşık verilerini modellemektedir. Nötrosofi yaklaşımının, belirli bir doğruluk derecesiyle birlikte her kavramın bir dereceye kadar yanlışlık ve belirsizlik içerdiğini belirten temel bir kavramı vardır. Diğer bulanık kümelerden farklı olarak bir nötrosofik küme $(T, I, F) \in [0, 1]$ olmak üzere, (T) truthfulness (doğruluk), (I) indeterminacy (kararsızlık) ve (F) falsehood (yanlışlık) üyelik derecesi olacak şekilde toplam 3 parametreyle ifade edilir. Ancak, bilim ve mühendislik alanlarına nötrosofik kümeleri uygulamak daha zordur. Bu nedenle Wan vd., (2010), nötrosofik kümenin bir örneği olan Tek Değerli Nötrosofik Küme (SNVS) ve Aralıklı Nötrosofik Küme (INS) teorisini önermiştir.

Genellikle bir veri setinin oluşturulmasıyla başlayan toprak kalite indeksinin değerlendirilmesi sürecinde, farklı sayısal ölçeklere sahip birkaç gösterge tanımlanır ve bu sayısal göstergeleri normalleştirmek amacıyla puanlama işlevlerinden yararlanılır. Kalite parametrelerinin normalleştirilmesi yoluyla elde edilen boyutsuz göstergeler ayrıca toplama, çarpma veya ağırlıklı ortalama yöntemleri temelinde birleştirilir (Andrews vd., 2002). Skorlamada doğrusal ve doğrusal olmayan skorlama fonksiyonları kullanılır. Yaygın olarak kullanılan bu kavram, ilk defa Karlen ve Stott (1994) tarafından toprak indikatörlerinin gerek yorumlanmalarında gerekse de skorlama işlemlerinde kullanılmıştır. Bu ağırlık değerleri, kriterlerin göreceli önemine

göre belirlenmektedir. Genel olarak “daha fazla daha iyidir (more is better)”, “daha az daha iyidir (less is better)” ve “orta nokta optimumdur” (Karlen vd., 1994a, b) şeklinde 3 farklı skora eğrisi bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerinde yetiştirilen çeltik ve tarla bitkilerinin toprak kalite çalışmalarını değerlendirmeye yönelik olarak; i) fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik toprak analizleri sonucunda elde edilen sayısal değerlerin SSF kullanılarak birimsizleştirilmesi ve toprak kalite parametrelerinin NF-AHP yöntemiyle ağırlıklandırılması ile hem çeltik hem de diğer tarla bitkileri için toprak kalite indeks haritalarının elde edilmesi ve dağılım haritalarının üretilmesi, ii) farklı zaman serili Sentinel-2A uydu görüntülerinden klorofile duyarlı vejetasyon indekslerinden olan NDVI ve RE-OSAVI değerlerinin elde edilerek hem çeltik bitkisi hem de tarla bitkilerine yönelik toprak kalite indeks değerleri ile aralarındaki ilişkilerin ortaya konulması amaçlanmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Toprak Kalitesinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesine Yönelik Kaynak Özetleri

Toprağın, karasal ekosistemdeki flora ve fauna için olduğu kadar insan faaliyetleri için de önemli hizmetleri sağlayan en önemli yenilenemeyen doğal kaynaklardan biri olduğu kabul edilen bir gerçektir. Bu nedenle toprak kalitesinin korunması, gelecek nesillerin tarımsal faaliyetlerini sürdürebilmesi ve gıda ihtiyaçlarını karşılamaları açısından önemlidir. Dünya nüfusunun çarpıcı orandaki artışı hayvansal ve bitkisel gıdalara olan talebi arttırdığı için (Delgado, 2003) tarımsal kaynaklar giderek daha da değerli hale gelmektedir ve sağlıklı toprak olmadan gerek insanların gerekse de hayvanların gıdaya olan taleplerinin karşılanmasında yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle tarımda hayvancılığı geliştirebilecek, bitkisel üretimi arttırabilecek ve insanlığın gıda ihtiyacını karşılayabilecek sürdürülebilir tarım politikalarının ve kalıcı çözümlerin harekete geçirilmesi adına bölgesel bazlı toprak kalitesinin değerlendirildiği çalışmalara odaklanmanın gerekliliği giderek artmaktadır.

Marinari vd., (2006) Orta İtalya'da bulunan ve birinin geleneksel diğeri ise organik tarım uygulamaları ile yönetildiği birbirine komşu iki farklı tarım arazisinde toprak kalite göstergelerini bölgesel bazda değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Son 10 yılda, özellikle geleneksel tarımla karşılaştırıldığında, organik tarıma olan bilimsel ilginin arttığı görülmektedir. Son yıllarda, dünyanın farklı bölgelerinde yapılan birçok çalışmada, toprak özellikleri açısından farklılık gösteren organik tarım ve geleneksel tarımın karşılaştırıldığı görülmektedir. Bu çalışma için kimyasal ve mikrobiyolojik toprak kalite göstergeleri seçilmiş olup, üzerinde 7 yıldır organik ve geleneksel tarımın yapıldığı çalışma alanı topraklarında, 5-20 cm ve 20-35 cm olmak üzere iki farklı derinlikte ölçümler yapılmıştır. Araştırmacılar, üzerinde organik tarım yapılan arazilerin toplam azot, nitrat, alınabilir fosfor, mikrobiyal biyokütle karbon ve enzimatik enzimlerinde meydana gelen artışın, toprak sağlığı ve mikrobiyal faaliyetlerin fazla olmasından ileri geldiğini rapor etmişlerdir. Ancak organik karbondaki gözle görülür bir artışın olmadığını gözlemlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, 7 yıllık bir süreç içerisinde organik tarım yapılan alanlarda toprak kalite parametrelerinin pozitif yönde etkilendiği görülmüştür. İki farklı toprak yönetimi

altındaki toprak göstergelerinde meydana gelen değişikliklerin en çok mikrobiyolojik özellikler açısından önemli farklılıklar gösterdiği rapor edilmiştir.

Shukla vd., (2006) yürüttükleri bir çalışmada, ABD'nin Ohio eyaletine bağlı Coshocton ilçesinde, gübresiz işlenmemiş mısır, gübreli işlenmemiş mısır, işlenmemiş mısır-soya rotasyonu, geleneksel toprak işlemeli mısır ve çayır bitki örtüsü olmak üzere toplam 5 farklı uygulamada faktör analizini uygulayarak toprak kalitesini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma alanına ait 0-10 cm toprak derinliğine yönelik, öz değerleri 1'den fazla olan toprak indikatörleri toplam 5 farklı faktör altında incelenmiştir. 1. faktör su iletimi, 2. faktör toprak havası, 3. faktör toprak gözenekliliği, 4. faktör toprak strüktürü ve 5. faktör ise toprak nem durumu olmak üzere gruplandırılmıştır. 2. faktör, en baskın ölçülen toprak özelliği olup, toprak organik karbonunun bu faktöre katkıda bulunan en baskın toprak özelliği olduğu belirlenmiştir. 6. faktör olan toprak agregatlaşması, 7. Faktör olan toprak gözenekliliği, 8. faktör olan toprak makro boşlukları ve 9. faktör olan bitki üretimi, 10-20 cm derinliğindeki topraklar için tanımlanmış faktörlerdir. 10-20 cm derinliğindeki topraklarda 6. faktör, toprak organik karbonunun da etkisiyle en baskın faktör olarak ölçülmüştür. Yönetim × toprak örneği ve eğimin konumu × toprak örneği etkileşimlerinin her iki derinlik için de bazı faktörler arasında önemli olduğu belirlenmiştir. Genel olarak toprak organik karbonunun her iki toprak derinliği için de baskın olarak ölçülen bir toprak kalite indeksi olduğu gözlemlenmiştir. Diğer önemli toprak özellikleri, 0-10 cm toprak derinliği için tarla kapasitesi, gözeneklilik, pH ve hacim ağırlığı olarak belirlenirken; 10-20 cm derinliğindeki topraklar için ise, azot ve agregatların ortalama ağırlık çapı olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar çalışmanın sonucu olarak toprak organik karbonunun, toprak kalitesinin izlenmesinde önemli bir rol oynadığını bildirmişlerdir.

Yang vd., (2010) bir çalışmalarında, üzerinde organik tarım yapılan toprakların kalitesini, temel bileşenler analizi ve Minimum Veri Seti (MVS) oluşturarak, normalleştirilmiş puanlama fonksiyonuna göre değerlendirmişlerdir. Bitkisel üretimin devamlılığı için toprak kalitesi çok önemli bir faktördür ve dolayısıyla sınırlı gübre kullanımı nedeniyle organik tarım sistemlerine yönelik toprak kalitesinin değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Organik tarım sisteminde toprak kalitesinin değerlendirmesine yönelik diğer toprak özellikleri arasında NH_4^+N , NO_3^-N , pH, EC ve

su içerikleri MVS olarak seçilmiştir. Buna ek olarak, üzerinde organik tarım yapılan topraklarda uygulanan normalleştirilmiş puanlama fonksiyonu ile toprak kalitesinin birlikte değerlendirilmesinin sonucunda, üzerinde organik tarım yapılan toprakların %85'inin toprak pH'sı için optimum aralıkta olduğu, EC için sadece %30'unun ve ortofosfat için ise yalnızca %15'inin optimum aralıkta olduğu ortaya konulmuştur. Bu nedenle araştırmacılar, çalışma alanı topraklarının kalitesinin artırılması doğrultusunda, EC ve ortofosfata yönelik yönetim uygulamaları için gerekli adımların atılması gerekliliğini rapor ederek bu çalışmanın sonucunun, organik tarım sistemlerini yönetmek adına genel bir yol gösterici kılavuz olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Marzaioli vd., (2010) bir çalışmalarında, Güney İtalya'da bulunan bir bölgeye ait farklı arazi kullanım türleri altındaki toprakların kalitesini mevsimsel bazda (sonbahar) belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaca yönelik bir Minimum Veri Seti (MVS) oluşturmak için, fiziksel (tekstür, hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi), kimyasal (pH, kation değişim kapasitesi, EC, toprak organik karbonu, toplam ve mineral azot, alınabilir K, Ca, Mg, P ve toplam Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn) ve biyolojik (mikrobiyal biyokütle karbon, fungal miselyum, toprak solunumu ve mineralize azot) toprak göstergeleri seçilmiştir. Farklı arazi kullanım türlerinin toprak kalitesi üzerindeki etkisi, stres veya degradasyona duyarlı birkaç farklı toprak göstergesinin ölçülerek, sayısal toprak kalite indeksi ve çok değişkenli analiz yöntemleri olmak üzere iki farklı sentetik yaklaşımın kombine edilmesiyle değerlendirilmiştir. Verilerin yıllık ortalamaları (tekstür hariç), toprak kalite indeksinin hesaplanması için kullanılmış ve farklı toprak kalite sınıfları arasında ayırım yapabilmek için çok değişkenli analizlerle (Kümeleme ve Temel Bileşenler Analizi) detaylandırılmıştır. Veriler, incelenen alanların toprak kalite değerleri arasında gözle görülür bir fark olduğunu göstermiştir. Neredeyse tüm çok yıllık mahsullerdeki toprak kalite indeksinin düşük ($TKİ < 0.55$) olduğu belirlenirken; çalılıklarda, otlak alanlarda, iğne yapraklı ormanlarda ve zeytinlik alanlardaki toprak kalite indeksi orta ($0.55 < TKİ < 0.70$); karışık ormanlara ait toprak kalitesinin ise yüksek ($TKİ > 0.70$) olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, çok yıllık bitki yetiştiriciliğinin yapıldığı alanların genellikle toprak kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu gösterirken, otlatma faaliyetlerinin sürdürüldüğü anızlı toprakların ise toprak kalitesi üzerinde daha

az bir olumsuz etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Buna ek olarak ekili alanların nadasa bırakılması sonucunda çalılık alanların gelişmesinin, incelenen toprağın kalitesinde iyileştirici yönde bir geri kazanım sağladığı tespit edilmiştir.

Shahab vd., (2011) bir çalışmalarında, temel bileşenler analizinden yararlanarak toplam 18 toprak göstergesi (Toplam Veri Seti) (TVS) arasından 6'sını Minimum Veri Seti (MVS) olarak seçmişlerdir. Toprak kalitesinin değerlendirilmesi, tarım alanları ve doğal kaynakların korunması amaçlı toprakların yönetiminde önemli bir konudur. Bu çalışmada, Masshad şehrinin güneyinde yer alan DehSorkh bölgesindeki mera ve tarım arazilerinin toprak kalitesi, MVS ve TVS içeren iki farklı veri seti, Entegre kalite indeksi (EKİ) ve Nemero kalite indeksi (NKİ) kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, bölge topraklarının incelenen indekslere göre düşük bir kaliteye sahip olduğunu ve $EKİ_{TVS}-EKİ_{MVS}$ ile $NKİ_{TVS}-NKİ_{MVS}$ arasında ise önemli bir korelasyon ilişkisi olduğunu göstermekle birlikte, belirlenen MVS'nin, TVS'nin uygun bir temsilcisi olabileceğini kanıtlamıştır. Ayrıca, tarım ve mera toprakları arasındaki toprak kalite indekslerinin karşılaştırılması, TVS'ye yönelik seçilen toprak kalite indekslerinin arazi kullanımı üzerindeki etkisini belirlemedeki etkinliğinin, MVS'den daha iyi olduğunu göstermiştir.

Li vd., (2013) yürüttükleri bir çalışmalarında, Çin'in Jiangxi Eyaletinde bulunan Yujiang ilçesi toprakları için bir toprak kalitesi değerlendirme protokolü geliştirmeyi ve değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Subtropikal bir ülke olan Çin'de bulunan tepelik kırmızı toprak bölgesi, çeltik topraklarının aşırı kullanıldığı ve tarım dışı uygulamaların toprak kalitesini ve çeltik verimliliğini düşürdüğü önemli bir çeltik üretim alanıdır. Araştırma alanına ait toplam 114 adet çeltik tarlasında mekânsal homojenliği temsil eden çeşitli toprak örnekleri toplanmış ve çeşitli kimyasal ve fiziksel analizleri yapılmıştır. Potansiyel toprak kalite göstergelerini belirlemek üzere çeltik verimi ile çeşitli toprak özellikleri arasında Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Araştırmacılar daha sonra toprak kalite göstergelerini gruplandırmaya yönelik temel bileşenler analizini uygulamışlardır. Toprak organik maddesi, toplam azot, alınabilir fosfor, potasyum ve kum içeriğini içeren bir minimum veri seti oluşturulmuş ve bu veri setinin, topraklar arasındaki kalite değişiminin %77.9'una karşılık geldiği rapor edilmiştir. Entegre Kalite İndeksi denklemi kullanılarak bir toprak kalite indeks değeri belirlenmiştir. Toprak kalite indeksi ve çeltik verimi

arasındaki önemli korelasyon, indeksin Jiangxi eyaleti ve benzer topraklara sahip diğer çeltik alanları için yüksek biyolojik öneme sahip olduğunu göstermiştir.

Rahmanipour vd., (2014) yaptıkları bir çalışmada, İran'ın Kazvin Eyaleti'nde bulunan tarım arazilerinde toprak kalite indeksinin hesaplanmasına yönelik iki farklı yöntemi karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Toprak kalitesinin değerlendirilmesi, toprak yönetimi ve arazi kullanım sistemlerinin iyileştirilmesinde önemli bir araçtır. Toprak kalite göstergeleri olarak bilinen toprağın farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri toprak kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Gerilmeye veya bozunuma karşı hassas olan bu özellikler, birkaç farklı yöntemle elde edilen sayısal kalite indeks modelleri kullanılarak sentezlenmektedir. Bu çalışmada Entegre Kalite İndeksi (EKİ) ve Nemoro Kalite İndeksi (NKİ) modelleri, Toplam Veri Seti (TVS) ve Minimum Veri Seti (MVS) yöntemlerinden faydalanılarak uygulanmıştır. TVS'ye, pH, EC, toprak organik maddesi, katyon değişim kapasitesi, CaCO_3 , Cd, Co, Pb, Cr ve erodibilite (K) olmak üzere toplam 10 farklı toprak kalite göstergesi dahil edilmiştir. MVS'ye dahil etmek üzere ise temel bileşenler analizi uygulanmıştır. Test edilen toprakların kalite indeks değerleri, arazi yönetimi uygulamalarının toprak kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için uygun bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan yaklaşımlar arasında doğrusal ilişkinin yanı sıra eşleşme analizinin sonuçları, EKİ indeksinin uygulanmasının toprak kalitesinin tahmin edilmesinde NKİ indeksine kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğini ve buna ek olarak TVS'nin ise MVS'den daha yüksek uyuma değerleri verdiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmada EKİ_{MVS} yaklaşımı kullanılarak arazi yönetimi uygulamalarının toprak kalitesi üzerindeki etkilerinin uygun bir şekilde değerlendirilmesiyle sonuçlandığı rapor edilmiştir. Sınırlı sayıda toprak göstergesinin kullanılmasının, jeostatistiksel bir yaklaşımla toprak kalitesinin daha ayrıntılı olarak değerlendirmesine yönelik analiz maliyetinin düşürülmesine ve örnekleme yoğunluğunun artmasına olanak sağlayabileceği bildirilmiştir.

Qi vd., (2009) bir çalışmalarında, Çin'de bulunan ve hızla gelişmekte olan Zhangjiagang İlçesi topraklarının kalitesini, Entegre Kalite İndeksi (EKİ) ve Nemoro Kalite İndeksi (NKİ) metotlarını toplam 3 farklı gösterge seçim yöntemiyle entegre ederek belirlemişlerdir. Tarımsal açıdan toprak kalitesinin değerlendirilmesi, hızla gelişen bölgelerde ekonomik kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik için esastır. Şu

anda, çok farklı göstergeler kullanılarak toprak kalitesini değerlendirmeye yönelik çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Evrensel olarak kabul edilen bir toprak kalitesi değerlendirme yöntemi, tarım, bilim ve politik alanlarda çeşitli tarımsal sistemlerin toprak kalitesi koşullarını daha iyi anlamada kullanıcılara yardımcı olacaktır. Bu çalışmada Toplam Veri Seti (TVS), Minimum Veri Seti (MVS) ve Delphi Veri Seti (DVS) olmak üzere toplam 3 farklı parametre seçim yöntemi kullanılmıştır. TVS yönteminde toplam 22 toprak parametresi kullanılmıştır. Beş farklı toprak kalitesi değerlendirme yöntemlerinin birlikte entegrasyonu, daha sonra ilçe topraklarının kalitesinin değerlendirmesi için hangisinin daha uygun olduğunu belirlemek üzere analiz edilmiştir. Tüm toprak kalitesi değerlendirme yöntemleri, ilçenin genel olarak Cambosollerden (Entisoller) daha yüksek bir kaliteye sahip Anthrosols (Inceptisols) ile orta ila uygun toprak kalitesine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Regresyon ve korelasyon analizlerinin tümü, üç farklı gösterge seçim yönteminde Entegre Kalite indeksinin, Nemero Kalite İndeksinden daha iyi bir performans gösterdiğini ve Entegre Kalite İndeksi eşleşme analizinin Nemero Kalite İndeksinden %9 oranında daha yüksek olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, TVS yönteminin en doğru yöntem olmasına rağmen, Entegre Kalite indeksi ve MVS yönteminin kullanılmasının, TVS yöntemini ($r^2 = 0.65$) yeterince temsil edebileceğini ve böylece zamandan ve paradan tasarruf sağlayabileceği sonucuna varmışlardır.

Wu vd., (2019) bir çalışmalarında, Yellow Nehir Deltası topraklarının kalitesini kapsamlı olarak değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Yellow Nehir Deltası verimli arazi kaynaklarına sahip olmasına rağmen, arazi koşullarının antropolojik etmenlere uzun süre maruz kalması nedeniyle bazı bölgeler düşük toprak kalitesine sahiptir. Bu nedenle, Yellow Nehir Deltası'na ait tarım alanları ve ekolojik denge olumsuz yönde etkilenmiştir. Bu çalışmada çok sayıda fiziksel ve kimyasal toprak kalite indikatörleri, Minimum Veri Seti (MVS) oluşturmak üzere temel bileşenler analizinde kullanılmıştır. Buna ek olarak araştırmacılar, bulanık mantık modelinden yararlanarak toprak kalitesini değerlendirmeyi ve başlıca arazi kullanım tiplerinin mekânsal dağılımını farklı toprak kalite sınıfları içerisinde analiz etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, toplam azot, alınabilir fosfor ve potasyum, toprak organik maddesi, tuzluluk ve pH olmak üzere toplam 6 farklı indikatörü içeren bir MVS oluşturulmuştur. İndikatörlerin mekânsal dağılımına bakıldığında tuzluluğun kademeli olarak kıyı

bölgelerden iç kesimlere gidildikçe azaldığını, bu durumun tersine toplam azot ve alınabilir fosforun ise arttığı görülmüştür. Alınabilir potasyum ve pH'nın çalışma alanı içerisinde eşit olarak dağıldığı, toprak organik maddesinin ise merkezde fazla bulunduğu ve merkezden uzaklaştıkça kademeli olarak azaldığı gözlemlenmiştir. Toprak kalitesinin iç kesimlerde, kıyı bölgelere nazaran daha fazla olduğu ve çalışma alanı topraklarının kalitesinin neredeyse tamamının III. sınıf tarım arazisi olarak sınıflandırıldığı tespit edilmiştir. Tarım arazilerinin çoğu, ormanlık alanlar ve meyve ağaçlarının yetiştirildiği araziler yüksek kaliteli topraklar olarak dağılım gösterirken, bazı alanların V. ya da VI. sınıf tarım arazileri olarak sınıflandırıldığı rapor edilmiştir.

Juhos vd., (2019) yürüttükleri bir çalışmalarında, Orta Avrupa'nın ekilebilir Macar topraklarını (Chernozems, Phaeozems, Luvisols, Cambisols, Gleysols, Solonetz, Arenosols) temsil eden bir veri tabanına dayalı yeni bir toprak kalitesi, ekolojik gösterge seçimi ve puanlama yöntemi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Toprakların işlevselliğinin sürdürülebilirliği, çeşitli ekosistem hizmetlerinin sağlanması için kritik bir öneme sahiptir. Yine de birçok araştırmacı, toprakların ekosisteme olan hizmetlerini ölçmek için tatmin edici operasyonel yöntemlerde bazı eksiklikler olduğu kanısındadır. Bu nedenle, toprak kalite parametrelerinin seçimi ve puanlandırılmasına yönelik matematiksel ve istatistiksel yöntemleri otomatikleştirmek ve standart bir hale getirmek zordur. Değerlendirme prosesine yönelik yaklaşık 5000 hektarlık çalışma alanına ait 1045 adet parselin tekstür, toprak derinliği, toprak organik maddesi, pH, CaCO₃, EC, Na, alınabilir N, P, K, Mg, S, Cu, Zn ve Mn analizleri 0-30 cm toprak derinliğine göre yapılmıştır. Araştırma alanı toprakları toplam 25 farklı toprak tipine ayrılmıştır. Araştırmacılar, korelasyon, temel bileşenler analizi ve diskriminant analiz yöntemlerini kullanarak göstergelerin karşılıklı korelasyonunun yönünü, gücünü ve bunların birlikte kombinasyonlarını belirlemişlerdir. Toprak kalite indikatörleri, besin elementi tutumu ve katyon değişim kapasitesini karakterize eden tekstür, toprak organik maddesi, EC ve Na; yönetim uygulamalarından bağımsız olan alınabilir besin elementlerinden K, Mg ve Cu; baz saturasyonunu belirleyen indikatörlerden pH, CaCO₃ ve alınabilir Mn ve son olarak yüksek değişkenli alınabilir N, S, P ve Zn farklı kategorilerde gruplandırılmıştır. Çalışma alanı topraklarının uzun vadeli analizlerinin sonuçları gözden geçirilmiş ve toprak kalite indikatörlerinin tarımsal sürdürülebilirliğine yönelik bazı çıkarımlarda bulunulmuştur.

Parametreleştirilen ve doğrusal olmayan indikatörlerin yorumlanmasını takiben toprakların çeşitliliği, tarımsal arazi sürdürülebilirliği yönünden de incelenmiştir. Girdi göstergelerinin karşılıklı korelasyonuna ve puanlanan göstergelerin varyansına göre, toprak kalite değerlendirmesine yönelik minimum veri setinin oluşturulması için kullanılan indikatörler tekstür, derinlik, toprak organik maddesi, pH, Na, alınabilir K, P ve Zn olmuştur. Araştırmacılar, ileride yapacakları çalışmalar için hedeflerinin toprak kalitesi değerlendirme modelini daha da geliştirmek ve bu amaca yönelik toprak kalite parametrelerini hiyerarşik olarak sıralayıp gruplandırarak toprak kalitesini kombine bir yöntemle belirlemek olduğunu rapor etmişlerdir.

Maurya vd., (2020) bir çalışmalarında, toprak kalite parametrelerinin toprak kalitesindeki yerini incelemişlerdir. Araştırmacılar toprak kalitesini, belirli bir toprağın verimliliğini sürdürebilmesi için gerekli işlevleri yerine getirebilme kapasitesi olarak tanımlamışlardır. Toprağın birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerden oluştuğunu ve bu parametrelerin toprağın işleyişinde kritik bir rol oynadıklarını ifade etmişlerdir. Toprak, doğal ve antropojenik etmenlerle sürekli bir değişim içerisinde olan Dünya biyosferinin karmaşık ve dinamik bir bileşeni olup, kalitesinin sürekli değerlendirilmeye ihtiyaı vardır. Toprağın işleyişindeki herhangi bir aksaklık, bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak parametrelerinde sorunlara neden olmaktadır. Bu fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler, toprak kalitesinin değerlendirilmesine yönelik indikatörler olarak kullanılmaktadır. Araştırmacılar, toprak kalite parametrelerinden sadece bir tanesinin kullanılarak toprak kalitesinin değerlendirilemeyeceğini ifade etmişlerdir. Bu nedenle herhangi bir toprağın kalitesinin değerlendirilmesine yönelik fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak kalite parametrelerini içeren bir minimum veri setinin oluşturulmasına ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir.

Shakouri vd., (2021) yürüttükleri bir çalışmalarında, İran'ın kuzeyinde yer alan Gilan İli eltik arazisi topraklarının kalitesini ve verimini ölçmeyi amaçlamışlardır. Artan dünya nüfusu ve beraberinde getirdiği gıdaya olan ihtiyaçtaki artış, toprak koşulları ve verim değerleri arasındaki ilişki hakkında bilgi sahibi olmanın önemini daha da ortaya koymuştur. Toprak kalite indeksi, toprak koşullarının ve bununla ilişkili göstergelerin özellikleri hakkında bilgi veren en önemli araçlardan biridir. Bu amaca yönelik, çalışma alanı eltik arazilerinden, fiziksel ve kimyasal toprak kalite

parametrelerinin temsil edildiği toplam 64 toprak örneği alınmıştır. Çeltik verim değerleri 4000 kg/ha'dan az olanlar (birinci sınıf), 4000 kg/ha ve 4500 kg/ha arasında olanlar (ikinci sınıf) ve 4500 kg/ha'dan fazla olanlar (üçüncü sınıf) olmak üzere toplam 3 farklı sınıfa ayrılmıştır. Toprak kalitesini belirlemeye yönelik, toplam 16 adet toprak kalite göstergesi Toplam Veri Seti (TVS) oluşturmak için kullanılırken, Minimum Veri Seti (MVS) için seçilen toplam 5 farklı toprak kalite göstergesi ise temel bileşenler analizinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Toprak kalite göstergelerinin ağırlıklandırılmasına yönelik bulanık mantık metodu kullanılmıştır. Sonuçlar, TVS ve MVS arasında pozitif ve yüksek bir korelasyon ilişkisi bulunduğunu göstermiştir ($r^2=0.87$). Verim ve toprak kalitesi değerleri arasındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik oluşturulmuş TVS metodunun ($r^2=0.52$), MVS metoduna göre daha yüksek bir korelasyon katsayısına ($r^2=0.28$) sahip olduğu gözlemlenmiştir. MVS metodunda, TVS metoduna benzer olarak birinci sınıf verim sınıflarına ait toprak kalite indeks değerlerinde bir artış görülürken, ikinci ve üçüncü sınıf verim sınıflarının toprak kalite indeks değerlerinde ise önemli bir artış görülmediği rapor edilmiştir. Araştırmacılar MVS yöntemi ile, toprak kalitesi ve düşük çeltik verimi arasındaki farkın önemli olduğunu, ancak bu farkın daha yüksek çeltik verim seviyelerinde önemli olmadığını, çünkü parametre sayısının azaldıkça toprak kalitesinin değerlendirilmesindeki doğruluk ve duyarlılığın azaldığını rapor etmişlerdir.

Wu vd., (2021) yürütmüş oldukları bir çalışmalarında, Tayland'ın başlıca tahıl üretim alanlarından biri olan Mun Nehri Havzası topraklarının kalitesini belirlemeyi amaçlamışlardır. Toprak kalite göstergelerinin tanımlanmasına yönelik bir Minimum Veri Seti (MVS) oluşturulmuştur. Göstergelerin mekânsal dağılımın belirlenmesine yönelik coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemi kullanılırken, toprak kalitesinin belirlenmesi için ise bulanık mantık modelinden yararlanılmıştır. Sonuçlar, toprak kalitesi değerlerinin ve göstergelerinin mekânsal dağılımlarının benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar, toprak kalitesinin, nehrin yukarısında bulunan topraklar için en iyi sonuçları verdiği, nehrin aşağı kısmında bulunan toprakların kalitesinin zayıf sonuçlar verdiği, havzanın batısında bulunan toprakların kalitesinin ise ormanlık alan civarında bulunan toprakların kalitesine oranla daha iyi sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar buna ek olarak, havzanın merkezinde ve

doğusunda bulunan çeltik arazilerinin kullanılmamasından kaynaklanan besin elementi eksikliğinden dolayı toprak kalitelerinin düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Huang vd., (2021) yaptıkları bir çalışmada, tropikal asidik kırmızı toprakların bulunduğu bir ormanda ve bu ormana komşu bir mısır tarlasında toplam 6 adet eşleştirilmiş parsel seçmiş ve 0-140 cm derinlikte toplam 11 katmandan bozulmamış toprak örnekleri almıştır. Dünyanın dört bir yanındaki ormanlar, insan ihtiyaçlarını ve taleplerini karşılamak üzere tarım arazisine dönüştürülmüştür. Arazi kullanım değişikliklerinden etkilenen toprak kalite indeksinin araştırılması, özellikle hızla gelişmekte olan ülkelerde toprak degradasyonunu önlemek ve kontrol etmek için esastır. Orman transformasyonunun yaygınlığına rağmen, özellikle derin toprak katmanlarında, arazi kullanımı değişikliğinin toprak kalitesi üzerindeki etkileri üzerindeki araştırmalar eksik kalmaktadır. Çalışmada minimum veri setine dahil etmek üzere toplam 16 farklı zemin değişkeni değerlendirilmiş ve bu veri setinden bir toprak kalite indeks modeli oluşturulmuştur. Sonuçlar, tropikal asidik kırmızı topraklarda toprak organik karbonu, toplam azot, potasyum ve serbest demirin toprak kalitesinin en önemli toprak göstergeleri olduğunu göstermiştir. Toprak kalite indeksindeki göz ardı edilemeyen düşüşlerle ilgili ormansızlaştırma ve mısır tarımının etkili olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, farklı toprak katmanlarındaki toprak kalite indeksleri kayda değer bir şekilde farklı ölçülerde azalmıştır. Bu sonuç, toprak işlemenin yaygın bir kanı olan toprağın sadece 0-20 cm'sini etkilemesinin ya da bozunumun toprak katmanları arasında sabit olduğu kanısını değiştirmiştir. Tarımsal dönüşümün toprak kalitesi üzerindeki etkisinin, alt katmanlara nazaran üst toprak katmanlarında daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Mısır tarlalarındaki toprak bozunumunun ardındaki itici gücün, azalan toplam azot ve potasyum elementinin olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle araştırmacılar, gübreleme yoluyla bu besinlerin kaybının azaltılmasını önermişlerdir. Ayrıca aktif demirin, toprak organik karbon konsantrasyonlarının stabil kalmasında önemli bir rol oynadığını ve dolayısıyla toprak kalitesinin korunması adına kritik bir rol oynadığını bildirmişlerdir.

2.2. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri Kullanılarak İndikatörlerin Ağırlıklandırılması

Toprak kalite parametrelerinin birbirleriyle karşılaştırılarak kriterlendirilmesi ve önem derecelerine göre sıralanması gibi dijital puanlamayı mümkün kılan toprak kalite

indekslerini nicelleştiren çok çeşitli Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımları geliştirilmiştir. ÇKKV yöntemleri, alternatiflerin sınırlı olduğu karmaşık karar verme problemlerinde mevcut bir yol bulmalarında kullanıcılara alternatif çözümler sunar (Yoon ve Hwang 2005; Daniel ve Wang 2008). ÇKKV yöntemleri, bir dizi niteliksel ve niceliksel kriterin puanlanması, ağırlıklandırılması ve ölçülmesi yoluyla alternatif seçeneklerin sıralanmasında karar vericilere yardımcı olmaktadır (Fontana vd., 2013). Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), diğer ÇKKV yöntemleri arasında (Analitik Ağ Prosesi (Analytic Network Process) (ANP), İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) (TOPSIS) vb.) kullanılan en popüler yöntemdir. AHP yönteminde çeşitli aritmetik işlemler uygulanarak birimsizleştirilen her bir parametreye bir ağırlık değeri atanır (Andrews vd., 2002; Dengiz, 2020). Toprak kalite indeksinin ÇKKV yöntemleri kullanılarak belirlenmesi; toprak kalite göstergelerinin seçilmesi, puanlanması ve puanların tam sayı haline getirilmesi gibi farklı adımlardan oluşur. ÇKKV yöntemleri, doğal veya yönetim uygulamalarına bağlı olarak değişkenlik gösteren toprakların performansları hakkında bilgi veren bir yaklaşım olması açısından önemlidir.

İmamoğlu ve Dengiz (2019) bir çalışmalarında, Ankara İli Kalecik İlçesi topraklarının kalitesini çölleşme ve arazi degradasyonu üzerinden değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Çölleşme, fiziksel, biyolojik, politik, sosyal, ekonomik ve kültürel faktörlerin iklim değişiklikleri ile karşılıklı etkileşimlerinden kaynaklanan bir arazi bozunumu sürecidir. Çölleşme, arazi degradasyonunun son aşaması olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda, çölleşme üzerinde etkili olan doğal ve beşerî faktörleri ortaya çıkarmak üzere çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda yaygın olarak kullanılan önemli parametrelerden biri toprak kalite indeksidir. Toprak kalitesi, toprağın işlev görme kapasitesini ifade eder. Toprak kalite indeksi doğrudan ölçülemez; bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinin mekânsal anlamda birleştirilmesiyle elde edilir. Bu çalışmada bazı toprak kriterleri ile çölleşme arasındaki ilişki tartışılmış ve değerlendirilmiştir. Araştırma alanı 116000 ha'lık bir alanı kapsamaktadır. Çalışma alanı farklı jeomorfolojik birimlerden oluşmakla birlikte yarı kurak iklim koşullarına sahiptir. Bu çalışmada araştırma sahası topraklarının çölleşme ve arazi degradasyonu yönünden kalitesi, erozyon riski, toprak derinliği, tekstür, organik madde içeriği, toprak reaksiyonu, ana materyal, drenaj, tuzluluk ve

alkalileşme, kireç içeriği ve toprak kirliliği parametreleri kullanılarak incelenmiş ve Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemine göre sınıflandırılmıştır. Erozyon riski ve toprak derinliği parametreleri sırasıyla %22.7 ve %21.1 olmak üzere en yüksek ağırlıklara sahip toprak kalite parametreleri olarak belirlenirken, toprak kirliliği parametresi %2.8 ağırlık değeriyle en düşük önem derecesine sahip toprak kalite parametresi olarak değerlendirilmiştir. Toprak erozyonunun, meydana geldiği yerde bulunan flora ve fauna üzerindeki olumsuz etkileri ile beraber (Issaka ve Ashraf 2017) bitki gelişimine, tarımsal verimliliğe, su kalitesine ve su ekosistemine vermiş olduğu zararlar da çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Welde ve Gebremariam 2017; Koralay vd., 2018). Hidrolojik olarak topraktaki suyun hareket hızını ve yönünü belirleyen toprak derinliği de erozyona karşı direnci doğrudan etkileyen bir toprak kalite parametresidir. Derin toprak profilleri, bitkiyi fizyolojik olarak beslemenin yanı sıra, suyun muhafaza edildiği önemli bir depolama alanı olarak da görev görmektedir. Bu gerekçeler, neden erozyon riski ve toprak derinliği parametrelerinin çölleşme ve toprak degradasyonuna yönelik en yüksek önem derecelerine (%22.7, %21.1) sahip toprak kalite parametreleri olduğuna yönelik bir cevap niteliğindedir. Çalışma alanında toprak kirleticileri üzerine yapılan incelemeler sonucunda, alanda toprak kirliliğine etki edecek yoğun bir endüstriyel faaliyetin bulunmaması, toprak kirliliği parametresinin neden en düşük önem derecesine sahip olan (%2.8) toprak kalite parametresi olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Dengiz, (2020) Türkiye'de yer alan Çarşamba Delta Ovası topraklarının kalitesini çeltik bitkisi için belirlemeyi amaçladığı bir çalışma yürütmüştür. Bu amaçla, Standart Skorlama Fonksiyonu ve ağırlıklandırmaya dayalı bütünleşmiş bir Toprak Kalite İndeks modelini kullanmıştır. Çeltik verimini belirlemek amacıyla temel öngörülen değişkenlere dayalı toplam 14 farklı toprak kalite parametresi (kum, kil, silt, hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik, bitkiye yarayışlı su kapasitesi, organik madde, CaCO_3 , pH, EC, TN, alınabilir fosfor, potasyum ve çinko) fiziksel, kimyasal ve besin element içeriği olmak üzere toplam üç gösterge sınıfı içerisinde gruplandırılarak Toprak Kalite İndeks modeline dahil edilmiştir. 600 m x 600 m'lik grid karelere bölünmüş çalışma alanına ait toplam 160 grid noktasından toprak örnekleri toplanmıştır. Bulanık mantık modellemesinde, toprak kil içeriği ve bitkiye yarayışlı su kapasitesi, 0.2274 ve 0.1641 ağırlık puanlarıyla en yüksek önem

derecelerine sahip toprak kalite parametreleri olarak belirlenmiştir. Sağlam vd., (2015) çeltik üretimine yönelik seçilen toprak kalite parametrelerinde ilk sırayı toprak kil içeriğinin aldığını belirtmesi ve yüksek kil fraksiyonunun yüksek su tutma kapasitesine sahip toprak koşullarını beraberinde getirmesi, toprak kalite parametrelerinden kil ve bitkiye yarayışlı su kapasitesinin neden en yüksek ağırlıklara (0.2274, 0.1641) sahip olduğunu açıklar niteliktedir.

Karaca vd., (2021), bir çalışmalarında, Türkiye'nin Kuzeydoğusunda bulunan Van Gölü mera alanlarına ait 150 farklı toprak örneğinin kalitesini belirlemede fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak kalite göstergelerini kullanmışlardır. Temel bileşenler analizinin kullanılmasında, en hassas toprak kalite parametrelerinden oluşan bir Minimum Veri Seti (MVS) oluşturulmuştur. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin birlikte entegrasyonu ve Doğrusal Skorlama Fonksiyonu, toprak kalite indeksinin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmada, toprak kalite indeks sınıflarına yönelik kullanılan MVS ve Toplam Veri Seti (TVS) yaklaşımları birbirine paralel bir eğilim göstermiştir. Ayrıca, mayıs ve haziran aylarına ait mera alanlarının RE-OSAVI indeks değerleri ile TVS_{TKI}/MVS_{TKI} arasında önemli bir istatistiksel ilişkinin bulunduğunu gözlemlenmiştir. Dahası bu çalışma, özgün olarak üretilen verilerin analizinde ve işlenmesinde gerekli olan ileri tekniklerden olan Temel Bileşenler Analizi, Jeostatistik ve Fuzzy-AHP ile Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerinin birlikte entegrasyonunun geniş alanlarda toprak kalitesini belirlemede etkin bir şekilde kullanıldığını göstermiştir. Bu noktada, fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler çevresel koşullardan etkilenen doğal faktörler olarak değerlendirilmiş ve sırasıyla 0.396, 0.324 ve 0.151 olmak üzere en yüksek ağırlık değerlerine sahip parametreler olmuştur. En düşük değer ise 0.129 ağırlık değeriyle dinamik faktörler olarak adlandırılabilen toprak makro ve mikro besin element konsantrasyonlarını içeren verimlilik parametresi için değerlendirilmiştir. Fiziksel toprak kalite parametresinin, bitki gelişimi ve mera alanlarında meydana gelebilecek arazi degradasyonu ve çölleşme riskinden dolayı çok önemli bir rolü vardır. Demirag Turan vd., (2019) aşırı otlatma faaliyetleri ile yoğun tarım faaliyetlerinin, eğimli alanlarda toprak degradasyonuna neden olan temel sebepler olarak tanımlandığını belirtmiştir. Organik madde, biyolojik ve fizikokimyasal toprak özellikleri üzerindeki önemli etkisi nedeniyle, kimyasal toprak kalite parametreleri içerisinde önem derecesi

en yüksek parametre olmuştur. Bu parametre aynı zamanda erozyon riskinin azaltılmasında, besin elementlerinin depolanması ve temininin sağlanmasında ve toprak verimliliğinin arttırılmasında çok önemli bir rol oynamakta olup, katyon değişim kapasitesini de etkilemektedir. Bu nedenle organik madde içeriği, toprak kalitesi için önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Dengiz, 2018). Diğer bir kimyasal toprak kalite parametresinden olan EC, çalışma alanında herhangi bir tuzluluk probleminin olmaması ve EC değerlerinin alan içerisindeki homojen dağılımı nedeniyle en düşük önem derecesine sahip parametre olmuştur (0.034). Mikroorganizma popülasyonu ve aktivitesi, topraktaki organik veya inorganik materyallerin biyojeokimyasal süreçlerinde önemli bir rol oynayarak toprak sağlığı ve verimliliğinin iyileştirilmesine yardımcı olur. Buna ek olarak Martinez-Salgado vd., (2010) toprak organizmalarının, antropojenik etkenler ile birlikte iklim değişikliklerinin de etkilerini yansıtan hassas göstergeler olarak tanımlanabileceğini belirtmiştir. Toprak organizmaları, çok çeşitli ve fazla miktarda olmaları nedeniyle toprak kalitesi ve sağlığının bir göstergesi olarak ele alınmaktadır ve organik maddenin mineralizasyonu, bitki kök gelişimi, agregatlaşma veya strüktür gelişimi gibi fonksiyonlarla ilişkilendirilmektedir. Bu çalışmada biyolojik parametrelerin ağırlık değerinin %15'ten (0.151) fazla olduğu araştırmacılarca belirlenmiştir. Toprak biyolojik kalite parametrelerinden olan mikrobiyal biyokütle karbon ve metabolik katsayının ağırlık değerleri ise sırasıyla %6.4 ve %1.5 olarak belirlenmiştir. Dengiz vd., (2013) düşük miktardaki mikrobiyal biyokütle karbonun nedenini mikroorganizmalar tarafından solunan karbon oranının daha az olmasına ve böylece daha fazla karbonun mikrobiyal biyokütle karbon hücrelerine asimile edilmesi olarak belirtmiştir. Buna ek olarak mikrobiyal biyokütle karbonundaki bir azalma, toprak mikrobiyal popülasyonunda hafif bir strese neden olabilir (Islam ve Weil, 2000). Besin element durumuna gelince, en yüksek ağırlık değerleri toplam azot (0.032) ve alınabilir fosfor (0.028) ile ana makro besin elementlerinden elde edilmiştir. Çalışma alanında mikro besin elementlerinin ve potasyum içeriğinin eksikliğine yaygın olarak rastlanmamıştır.

Kaya vd., (2022) yapmış oldukları bir çalışmalarında, yarı kurak ekosistemlerde çölleşme ve arazi bozuluma yönelik toprak kalite indeksini, Türkiye Çölleşme Modeli'nde bulunan 9 farklı toprak kriterini dikkate alarak çeşitli jeostatistiksel

modeller ve CBS teknikleri ile ilişkili Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) analizlerinden faydalanarak değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında, Nötrosofik Fuzzy Analitik Hiyerarşi Prosesi (NF-AHP) yönteminden yararlanmışlardır. En yüksek ağırlık değeri 0.1483 ile erozyon risk parametresi için elde edilirken, 0.0727 ve 0.0941 ağırlık puanlarıyla ana materyal ve CaCO_3 en düşük ağırlığa sahip toprak kalite parametreleri olarak tespit edilmiştir. Bazı araştırmacılar, sürekli risk (erozyon) oluşturan toprak özelliklerini ağırlıklandırmada daha yüksek değerlerin atanmasının gerekliliğini belirtmişlerdir (Dengiz ve Sarıoğlu 2013; Ahmed vd., 2016; Patrono 1998). Ayrıca Riley vd., (2008) vejetatif üretim için çok fazla önemli olmayan, ancak toprak kalitesi üzerine etkileri olan agregat stabilitesi, organik madde vb. toprak kalite göstergelerinin ortalama ağırlık değerlerine sahip olması gerektiğini bildirmişlerdir. Döring vd., (2015) toprak kalite fonksiyonu açısından hem doğal hem de antropojenik yönden toprağı tehdit eden unsurlardan birinin erozyon olduğuna dikkat çekmiştir. Wang vd., (1997) toprak erozyonunu, toprağı tehdit eden en önemli toprak göstergelerinden biri olarak görmüştür. Bu araştırma çalışmasında, toprakta suyun tutulmasına ve bitki besin elementlerinin yayılabilirliklerine etki eden önemli dinamik olmayan toprak kalite parametrelerinden olan etkili toprak derinliği ve toprak tekstürüne yönelik ağırlık puanları ise sırasıyla 0.1330 ve 0.1265 olarak belirlenmiştir. Toprak tekstürü, toprak strüktürü, porozite ya da toprak derinliği gibi dinamik olmayan toprak özelliklerinin toprak kalitesine olan etkisi, toprak ya da arazi uygulamalarına göre değişkenlik gösteren organik madde gibi dinamik toprak özelliklerine göre çok daha fazladır. Organik madde, en yüksek ağırlığa sahip dördüncü toprak kalite parametresi olarak (0.1212) değerlendirilmiştir. Toprak organik maddesinin mikrobiyolojik aktiviteyi arttırması, agregatlaşmayı ve strüktür oluşumunu teşvik ederek toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde kritik bir rol oynaması, neden toprak organik maddesinin toprak degradasyonu ve çölleşmesine yönelik önemli bir kalite göstergesi olduğunu kanıtlar niteliktedir (Obalum vd., 2017). Drenaj parametresi 0.1053 ağırlık puanıyla en düşük önem derecesine sahip toprak kalite parametresi olarak belirlenmiştir. Ayrıca Ozsahin vd., (2017) toprak drenajının toprağın yapısal ve dokusal özellikleri ile doğrudan ilişkili olduğunu bildirmiştir. Bu durumda, özellikle topraktaki kötü drenaj koşullarının toprak sağlığı ve yönetimi üzerindeki etkisinin çölleşme ve arazi degradasyonuna yol açabildiği araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

2.3. Toprak Kalitesi ile Uydu Görüntüleri Arasındaki İlişki

Toprak kalitesi, toprağın üretkenlik fonksiyonunu insan, bitki ve hayvan sağlığını koruyarak yerine getirebilmesi, su ve hava kalitesini koruması veya arttırması ve insanlara barınacak bir yer sağlaması gibi işlevleri karşılama yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Liu vd., 2016). Toprak kalitesinin değerlendirilmesi, toprakların nitelik ve fonksiyonları hakkında detaylı bilgi sahibi olunmasını sağlar (Legaz vd., 2017). Ayrıca toprak kalitesi, arazi kullanımı ve toprak yönetim uygulamalarında meydana gelebilecek herhangi bir olası sorunun (arazi degradasyonu, çölleşme vb.) erken tespitinin sağlanmasında kullanıcılara yardımcı olur (Nieder vd., 2018). Gholizadeh ve Kopačková (2019), geniş alanlarda geleneksel tarım yöntemleri kullanılarak toprak kalitesinin değerlendirildiği yöntemlerin, verilerin temini, çeşitli laboratuvar analizleri ve jeostatistiksel interpolasyon gibi çeşitli pahalı ve zaman alıcı değişkenleri içerdiğini belirtmişlerdir. Buna alternatif olarak yapılmış birkaç çalışma hem fizikokimyasal hem de spektral parametreleri birbirleriyle ilişkilendirerek toprakları karakterize etmenin ve kalitelerini belirlemenin mümkün olduğunu göstermiştir (Correa vd., 2013). Görünür yakın kızıl ötesi (Visible Near Infrared) (VNIR) spektroskopisi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinin tarımsal uygulamalar ve uzman görüşleriyle bütünleştirilerek toprak kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılması, tarım alanlarını bölgesel olarak izlemeyi pratik ve ekonomik kılmaktadır. CBS ve Uzaktan Algılama Teknolojileri gibi modern izleme teknikleri, toprak kalitesinin değerlendirilmesinde, tarım arazilerinde ya da kentsel alanlarda meydana gelebilecek değişikliklerin incelenmesinde kullanılan önemli araçlardır (Elvidge vd., 2004; Rindfuss vd., 2004; Southworth & Gibbes, 2010; de Paul Obade vd., 2014; ElBaroudy, 2016).

Li vd., (2005) bir çalışmalarında, bütünleşik bir toprak kalite indeksi yöntemi kullanarak, Çin'in Hubei Eyaleti, E-Zhou şehri topraklarının kalitesini kantitatif olarak değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Tarımsal üretimin temeli topraktır. Toprak kalitesi, sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesinde sadece en önemli çevresel faktörlerden biri değil, aynı zamanda tarımsal ürünlerin güvenliğini de ilgilendiren önemli bir konudur. Gıda güvenliği ile ilgili bilinçlenmenin artması ile, toprak kalitesi de günümüzde tazeliğini korumaktadır. Araştırmacılar bu amaca yönelik Uzaktan Algılama Teknolojisi'nden yararlanmışlardır. Değerlendirilecek toprak birimlerinin

mekânsal analizleri, arazi kullanım haritası ve toprak haritasının birbiriyle örtüştürülmesiyle yapılmıştır. GPS ile konumlandırılmış toprak örneklerinin her bir değerlendirme birimine yönelik laboratuvar analizleri yapılmıştır. Toprak kalite göstergelerinin ağırlıklandırılmasına yönelik ise Analitik Hiyerarşi Prosesi'nden (AHP) faydalanılmıştır. Toprak kalite göstergelerini standart hale getirmek için bulanık mantık üyelik fonksiyonundan yararlanılmıştır. Daha sonra her bir değerlendirme birimine yönelik toprak kalitesi hesaplanarak, bir toprak kalite haritası üretilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmanın, toprağa fayda sağlayan ürünlerin üretimini teşvik edeceği ve tarımda sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yardımcı olabileceği araştırmacılar tarafından öngörülmüştür.

Abdelrahman vd., (2018), Chamrajanagar ilçesi topraklarının kalite haritasını oluşturmayı amaçladıkları bir çalışmalarında, fizikokimyasal analizler, jeostatistiksel analizler ve ArcGIS-ModelBuilder aracının birlikte kombinasyonundan yararlanmışlardır. Farklı arazi tiplerinden toplam 18 toprak örneği alınarak, toprakların EC, pH, hacim ağırlığı, organik madde ve makro-mikro besin element analizleri yapılmıştır. Sonuçlar, Chamrajanagar ilçesi topraklarının kalitesinin, düşük kaliteliden yüksek kaliteliye kadar değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar bu durumun, arazi ve toprak özelliklerinden kaynaklı sapmalardan meydana geldiğini bildirmişlerdir. Çalışma ayrıca, sürdürülebilir optimum kaynaklar için toprak özelliklerinin daha iyi izlenmesine yönelik gerekli olan toprak ve arazi kaynaklarına ait veri tabanının oluşturulmasında CBS'nin önemini göstermektedir. Bölgesel çevre planlaması ve yönetim uygulamalarının desteklenmesi adına mekânsal modellerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, çevresel etmenlerin değerlendirilmesinde kullanılan önemli araçlardır. Çalışma, şiddetli yağış olaylarının toprak erozyonu üzerinde neden olduğu çevresel etkileri belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışma alanı, şiddetli yağışların neden olabileceği heyelan, ani sel basmaları gibi doğal ve beşerî faaliyetlerden kaynaklanan arazi kullanımı/arazi örtüsündeki artan değişikliklerinden ve çevresel etkilerden kaynaklanan çeşitli inşaat projelerinden etkilenmiş bir alandır. Elde edilen toprak kalite haritası, toprak erozyonu, tuzluluk ve sodiklik tehlikelerinin çalışma alanında ciddi problemler yaratarak toprak kalitesinin azaldığını ve toprak kaynaklarının bozulduğunu göstermektedir. İlk sonuçlar, çevresel tehlikelere çok duyarlı olan eğilimli noktaları

göstermektedir ve bu sonuçların bu tür sorunlarla ilgili karar verme ve politika planlamasına yönelik çok faydalı bilgiler sağladığı belirtilmiştir. Araştırmacılar bu çalışmanın sonuçlarının, farklı planlama hedefleri veya bölgelerine kolayca uyum sağlayan eksiksiz bir veritabanı ve modeller içerdiğini rapor etmiştir.

AbdelRahman ve Tahoun (2019) bir çalışmalarında, Mısır'ın Abo-Hammad İlçesi'nde yer alan El-Sharkia Özel Yönetim Bölgesi topraklarının kalitesini kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu bağlamda seçilen toprakların fizikokimyasal özelliklerini değerlendirmek üzere jeostatistik ve korelasyon matrisini içeren bütünleşik bir yaklaşım kullanılmıştır. Bu çalışmada, toprak kalitesinin hızlı ve ekonomik olarak değerlendirilmesine yönelik uygun göstergelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Analitik veriler, ilçe civarındaki çoğu mahalleyi kapsayan 53 adet temsili toprak profillerinden toplanmıştır. Sonuçlar, jeostatistiksel yöntemler arasında en iyi uyumu sağlayan modelin Ordinary Cokriging modeli olduğunu göstermektedir. Yüksek kaliteli toprakların, ilçe topraklarının %35.4'ünü kapladığı, orta kalitedeki toprakların ilçe topraklarının %38'ini kapladığı ve düşük toprak kalitesine sahip olan toprakların ise ilçe topraklarının %26.6'sını kapladığı görülmüştür. Çalışma alanı toprakların çoğunun fizikokimyasal parametrelerinin genel olarak orta ve yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Analiz edilen toprak örneklerinin büyük bir kısmı ise, toprak biyolojik özellikleri açısından düşük değerlerle karakterize edilmektedir. Bu çalışma, toprak kalite göstergelerinin nispeten yüksek bir değişkenlik gösterdiğini, toprak kalite indeksinin hesaplanması için belli başlı parametrelerin dikkate alınmasının önemli olduğunu göstermiştir. Çalışma alanı topraklarına ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin mekânsal analizleri yapılmış ve haritalanmıştır. Sonuçlar, toprak yönetim uygulamalarının büyük ölçüde toprak tekstürü ile ilişkilendirilmesi gerektiğini göstermiştir. 2015 yılına ait toprak kalitesi verileri ile 1995 yılına ait toprak verileri karşılaştırıldığında toprak kalitesinde bir azalma olduğu araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir.

Shokr vd., (2021), Mısır Çölü'nün batısında bulunan El Fayoum kenti topraklarının kalite indeksini MEDALUS metodolojisine dayalı fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak indikatörlerini kullanarak belirlemeyi amaçlamışlardır. Gıda güvenliği, doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını gerektirmektedir ve günümüzde hızla devam eden nüfus artışıyla da birlikte insanlığın geleceğini tehdit

altına alan küresel bir endişe haline gelmektedir. Toprağın, iyi değerlendirildiği ve yönetildiği takdirde gıda güvenliğini sağlayabilecek ve gıda talebi açığını kapatmaya yardımcı olabilecek en önemli kaynaklardan biri olduğu düşünülmektedir. Araştırmacılar, Mısır Çölü'nün batısında yer alan El Fayoum kenti topraklarının kalitesini değerlemek üzere mekânsal bir model geliştirmişlerdir. Sayısal Yükselti Modeli (SYM) ve Sentinel-2 uydu görüntüsünün birlikte entegrasyonu ile, çalışma alanına ait yer şekillerinin gösterildiği haritalardan faydalanarak sayısal toprak haritasını üretmeyi amaçlamışlardır. Sonuçlar, 6 farklı toprak kalite sınıfı altında yer alan araştırma alanı topraklarının 38712 km²'lik (%22.7) kısmının çok yüksek kaliteli, 44172 km²'lik (%25.87) kısmının yüksek kaliteli, 20857 km²'lik (%12.21) kısmının orta kaliteli, 23110 km²'lik (%13.5) kısmının hafif orta kaliteli, 233 km²'lik (%13.60) kısmının düşük kaliteli ve 206 km²'lik (%12) kısmının ise çok düşük kaliteli olarak sınıflandırıldığını göstermiştir. Araştırmacılar ayrıca, çalışma arazisinin kapasitesini tahmin etmek amacıyla kurak ve yarı kurak bölgelere yönelik bir Tarım Arazisi Değerlendirme Sistemi'nden (The Agricultural Land Evaluation System) yararlanmıştır. Arazi yetenek sınıfları, 23187 km²'lik (%13.50) alan için tarım dışı (C6), 29194 km²'lik (%17) alan için zayıf (C4), 76739 km²'lik (%44.94) alan için orta (C3) ve 41607 km²'lik (%24.4) alan için iyi (C2) olmak üzere sınıflandırılmıştır. Önerilen toprak kalite modelinin validasyonunu sağlamak adına ise Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ile arazi kapasitesinin kombinasyonundan yararlanılmıştır. Sonuçlar, mekânsal toprak kalite indeksinin arazi kapasitesi ile güçlü bir pozitif korelasyon ilişkisi içerisinde olduğunu, benzer şekilde NDVI değerleri ile de sırasıyla $r^2 = 0.86$ ($p < 0.001$) ve $r^2 = 0.18$ ($p < 0.05$) olmak üzere pozitif bir korelasyon ilişkisi içerisinde olduğunu göstermiştir.

Abuzaid vd., (2021) bir çalışmalarında, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri'ni kullanarak Mısır'da bulunan Nil Deltası'nın kuzeyinde yer alan Dakahlia Valiliği topraklarının toprak kalitesini belirlemeye çalışmışlardır. Toprak kalitesinin değerlendirilmesi, toprakların performansında meydana gelebilecek değişikliklerin gözlemlenmesinde önemli bir araçtır. Çalışma alanının jeomorfolojik ünitelerini temsil eden 21 adet toprak profilinin farklı horizonlarından toprak örnekleri alınmış ve analiz edilmiştir. Çalışma alanı topraklarının kimyasal, fiziksel, verimlilik ve çevresel olmak üzere toplam 4 farklı toprak kalite indeksini hesaplamak üzere 29 farklı toprak kalite

parametresinden yararlanılmıştır. Bu 4 farklı indeks ile jeomorfolojik ünitelerin bulunduğu 4 farklı katman birbirleriyle karşılaştırılarak tek bir harita altında birleştirilmiştir. Önerilen model, tarım alanlarının %29'unun çok yüksek, %30'unun yüksek, %33'ünün orta, %3'ünün düşük ve %5'inin ise çok düşük kaliteli topraklara sahip olduğunu göstermiştir. Önerilen modelin sonuçlarının meydana gelen sorunların %95'inde toplamsal indeks modeli tarafından hesaplanan değerlerle uyduğu görülürken, %71'inde ise ağırlıklı toplamsal indeks modeli ile benzer sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Kappa istatistiği, önerilen model ile toplamsal model arasında neredeyse mükemmel bir uyum gösterirken, ağırlıklı toplamsal model ile orta düzeyde bir uyum göstermiştir. Önerilen modelin, çalışılan alanda toprak kalitesini değerlendirmek için doğruluğu yüksek bir hassasiyete sahip olduğu görülmüştür. Geliştirilen modelin, araştırma alanı topraklarının performansının uygun bir şekilde izlenmesine yönelik faydalı bir araç olabileceği araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Abdel-Fattah vd., (2021) bir çalışmalarında, Mısır Çöl'ünün batısında yer alan El-Fayoum kenti topraklarının kalite indeksini değerlendirmek ve bir toprak kalitesi haritasını oluşturmak amacıyla çok değişkenli istatistiksel analizler ile Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden (CBS) yararlanmıştır. Bu amaca yönelik toplam 36 coğrafi noktayı temsil eden toprak örnekleri, 0-0.6 m toprak derinliğinden alınmış ve laboratuvar analizleri yapılmıştır. Toprak kalitesinin belirlenmesine yönelik bu çalışmada, toprak kalite parametrelerinin belirlenmesi ve ağırlıklandırılmasında temel bileşenler analizinden yararlanılmıştır. Ordinary Kriging interpolasyonuna dayalı bir jeostatistiksel yaklaşım kullanılarak bir toprak kalite indeks haritası oluşturulmuştur. Buna göre, toprak verilerinin toplam üç kümede sınıflandırılabilmesi görülmüştür. Küme I, toprak örneklerinin yaklaşık %13.89'unu temsil ederken, Küme II, toprak örneklerinin yaklaşık %16.6'sını ve Küme III ise toprak örneklerinin %69.44'ünü temsil etmiştir. Ayrıca Monte Carlo yöntemi kullanılarak yapılan kümeleme analizinin simülasyon sonuçları, tüm kümeler için tatmin edici sonuçlar göstermiştir. Toprak kalite indeks değerleri, çalışma alanının toprak kalitesinin iyi, çok iyi ve orta olmak üzere toplam üç bölgeye ayrıldığını ortaya koymuştur. İyi ve çok iyi kaliteli olarak sınıflandırılan alanların incelenen toplam yüzeyin sırasıyla %14.48'i ile %50.77'sini kapladığı ve orta kaliteli toprakların ise yaklaşık %34.75'ini oluşturduğu belirlenmiştir.

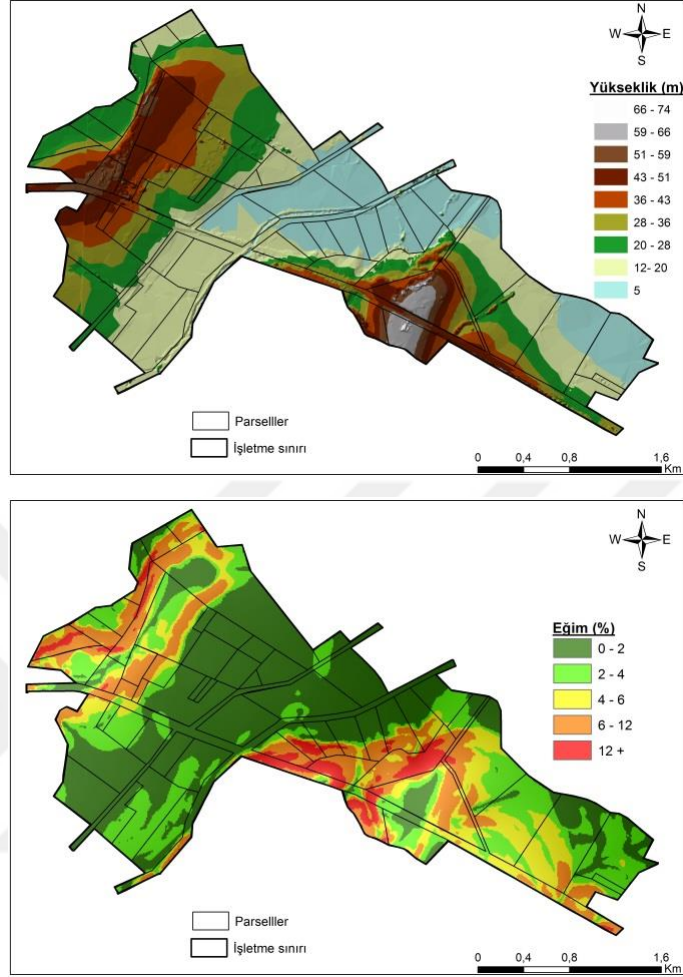
Sonuç olarak, temel bileşenler analizi ve CBS'nin bütünleşik kullanımının, toprak kalite indeksinin doğru bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağladığı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Geng vd., (2021) yürüttükleri bir çalışmalarında, vejetasyon verimlilik simülasyonunu modellemeye yönelik buhar basıncı, düşük sıcaklık ve toprak kalitesinin bütünleştirildiği bir su-sıcaklık-toprak indeksi kullanarak toprak kalitesini Taihang Dağları toprakları için belirlemeyi amaçlamıştır. Büyük ölçekli vejetasyon verimliliği simülasyonu, ekosistemdeki karbon tutumunun mekânsal değişimini yansıttığı için önemli bir konu haline gelmiştir. Vejetasyon verimlilik modelleri genellikle iklim ve toprak gibi çevresel faktörler tarafından kontrol edilmektedir. Bununla birlikte bu çalışmada kullanılan mevcut modellerin çoğu verimliliğe yönelik sınırlayıcı iklimsel faktörlere odaklanırken, sınırlayıcı toprak faktörleri çok nadir dikkate alınmıştır. Ayrıca, bazı modeller yaygın süreç ve uygulamaları içerir. Sonuçlar, su-sıcaklık-toprak indeksinin hem yıllık hem de mevsimsel ölçekte NDVI ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu ve toprak kalitesi ile sınırlayıcı iklim faktörünün birlikte entegrasyonunun, su-sıcaklık-toprak indeksinin vejetasyon verimlilik simülasyonunu modellemek için oldukça etkili olduğunu göstermiş ve ayrıca yaz mevsimi hariç verimlilik simülasyonunun doğruluğunun büyük ölçüde artabileceği sonucuna varılmıştır. Su-sıcaklık-toprak indeksinin mekânsal desenleri, ortalama su-sıcaklık-toprak indeks değerlerinin güneyden kuzeye doğru ve çalışma alanının merkezine doğru gidildikçe azalan bir eğilime sahip 3 farklı bölgenin olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, sınırlandırıcı su, sıcaklık ve toprak faktörlerinin çalışma alanının güneyinde minimum bir etkisi olduğunu gösterirken, çalışma alanının merkezine doğru maksimum bir etkisi olduğunu göstermiştir. Su-sıcaklık-toprak indeksinin mevsimsel dinamiklerine bakıldığında yaz ayları için sınırlandırıcı faktörlerin neredeyse çoğunun büyük bir sorun teşkil ettiği gözlemlenirken, kış ayları için yalnızca hidrotermal koşulların döngüsel varyasyonlarının bir sorun teşkil ettiği görülmüştür. Su-sıcaklık-toprak indeksi ve NDVI genellikle benzer gradyan yüksekliğine sahipken, bitki örtüsünün farklılaşmasıyla bu gradyanın farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Ormanlar ($r^2 = 0.73$), çalılık alanlar ($r^2 = 0.70$), bozkır alanlar ($r^2 = 0.72$), ekin alanları ($r^2 = 0.57$) ve çayır vejetasyonuna ($r^2 = 0.41$) ait su-

sıcaklık-toprak indeksi ve NDVI değerleri arasında önemli bir korelasyon ilişkisinin olduğu belirlenmiştir.

Abdellatif vd., (2021) bir çalışmalarında, Mısır'da bulunan Matrouh Valiliği'nin batısında bulunan çalışma alanı topraklarının, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknolojileri'nin de yardımıyla Verimlilik İndeksi, Fiziksel İndeks, Kimyasal İndeks ve Jeomorfolojik İndeks olmak üzere toplam 4 farklı mekânsal model kullanarak kalitesini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar, Jeomorfolojik İndeks'e ek olarak, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü (NDVI) İndeksi'ni de kullanarak toprakların kalitesini kesin olarak belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma alanı tarımsal uygulamalar bakımından bazı eksikliklere sahip olup, ekim zamanı mevsimsel yağışlara bağlıdır. Bu nedenle, bölge topraklarının kalitesinin iyileştirilmesi ve gıda güvenliği sorununun üstesinden gelinmesinde karar vericilere ve yerel yöneticilere yol gösterilmesi adına toprak kalitesinin değerlendirilmesi büyük bir önem arz etmektedir. Sentinel-2 uydu görüntüleri ve Sayısal Yükselti Modeli'nden (SYM) yararlanılarak çalışma alanına ait yer şekli birimleri oluşturulmuştur. Araştırma alanında jeomorfolojik birimleri temsil etmesi amacıyla toplam 48 farklı toprak profil noktası belirlenmiştir. Ordinary Kriging interpolasyonuna dayalı jeostatistiksel bir yaklaşım, çalışma alanı topraklarını farklı toprak kalite sınıflarına göre kategorize etmek üzere kullanılmıştır. Çalışma alanı toprakları yüksek kaliteli (%0.90), orta kaliteli (%21.87), düşük kaliteli (%22.22) ve çok düşük kaliteli (%49.23) olmak üzere 4 farklı sınıfa ayrılmıştır. Buna ek olarak, çalışma alanı topraklarının %5.74'ü işlenmemiş alanlar olarak referans olarak sınıflandırılmıştır. Geliştirilmiş Toprak Kalite Modeli (Developed Soil Quality Model) kullanılarak ağırlıklandırılmış toprak kalite modellerinin kapa katsayısı değerleri ile arazi kabiliyeti arasında önemli bir korelasyon ilişkisi olduğu gözlemlenmiştir ($r^2 = 0.71$). Kullanılan modelin, toprak kalitesine yönelik genel bir bakış açısı sağladığı ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamasının yanı sıra, toprak kalitesini belirlemede karşılaşılan zorluklara neden olan faktörlerle de mücadele etmede etkin bir rol oynadığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

kesimleri %0-4 arası olan düz düze yakın ve hafif eğimlerin dağılım gösterdiği alanları oluşturmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Çalışma alanına ait yükselti ve eğim haritası

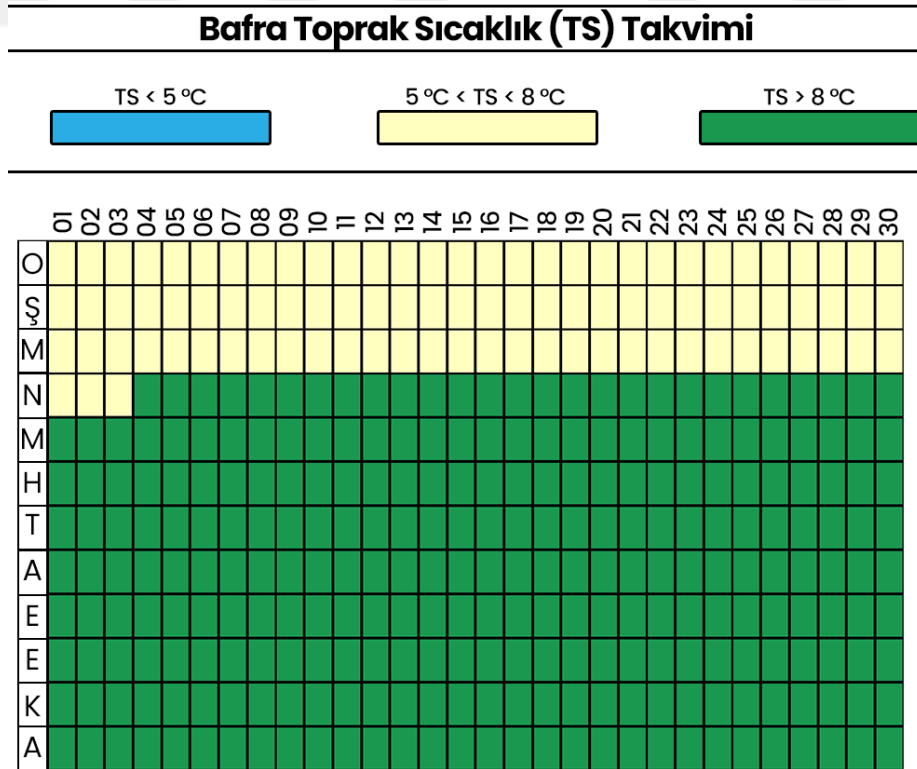
Karadeniz Bölgesi'nin en geniş kıyı ovaları Çarşamba ve Bafra ovalarıdır. Yeşil Küre Tarım İşletmesi de Bafra Ovası'nda yer almaktadır. Karadeniz Bölgesi'nin kıyı şeridinde her mevsim yağışlı, yazları serin, kışları ılık geçen Karadeniz iklimi etkindir. İklimin bu etkisi Orta Karadeniz'de yer şekillerine bağlı olarak iç kesimlere kadar uzanır. Yeşil Küre Tarım İşletmesi'ne ait yıllık ortalama sıcaklık 14.3°C olup, en yüksek ortalama hava sıcaklığı 18°C, en düşük ortalama sıcaklık ise 10.7°C olarak ölçülmüştür. İşletme'nin yıllık yağış ortalaması 710.0 mm dolaylarındadır. Bu bölgede kar yağışı az olur ve uzun sürmez. Sahil kesiminde kar uzun süreli kalmaz. Bafra ilçesinde en soğuk aylar Ocak ve Şubat ayları iken, en sıcak ay Ağustos ayıdır. Çalışma alanının "Hara" olarak isimlendirilen merkez kısmının hemen hemen tamamı kültüre

alınmıştır. Mısır, buğday, tritikale, yonca, fiğ, şeker pancarı ve sarımsak yoğun olarak yetiştirilmektedir. Bunun yanında fındık ve böğürtlen ekimi de yapılmaktadır.

Tablo 3.1. Bafra meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (1929-2022)

Parametre	Aylar												Yıllık
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Sıcaklık (°C)	5.8	6.2	7.5	11.1	15.5	20.2	22.9	22.8	19.3	15.2	11.4	7.9	13.8
Yağış (mm)	78.2	56.2	56.5	52.3	42.8	41.6	27.6	41.1	54.2	87.8	85.5	93.7	717.5

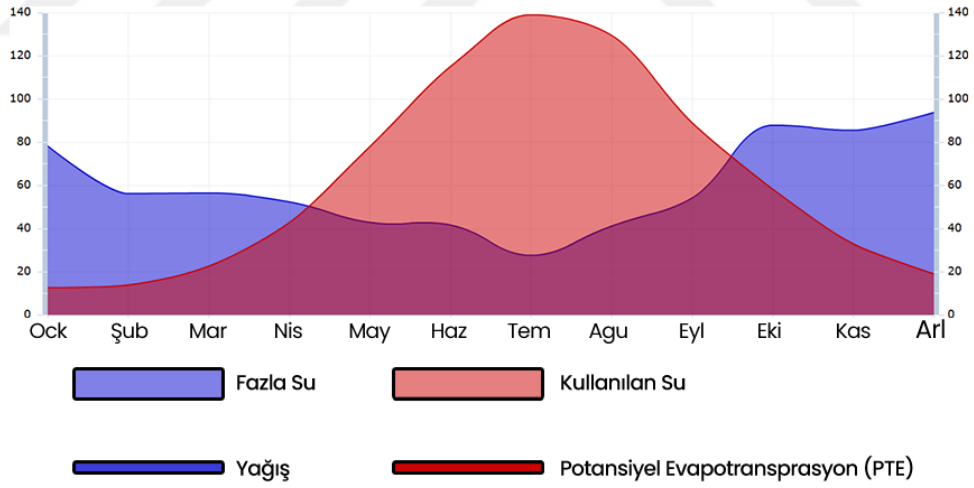
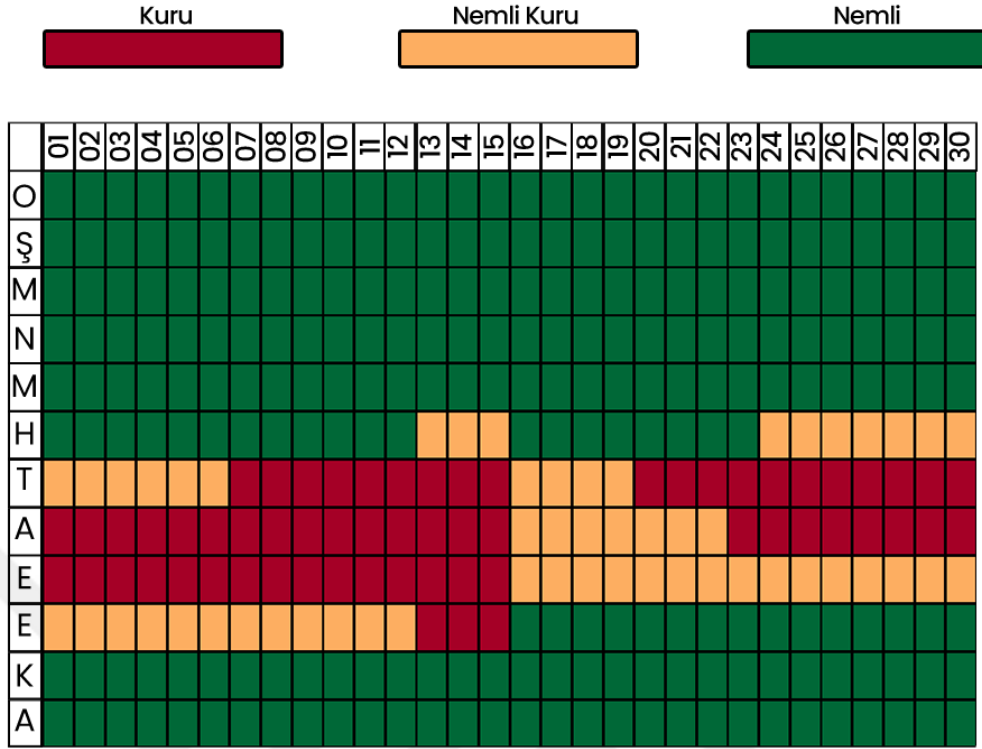
Tablo 3.1'e göre, Bafra Meteoroloji İstasyonu'nun uzun yıllar süren ölçümleri göz önüne alındığında, yıllık ortalama sıcaklığın 13.8°C, yıllık ortalama yağışın ise 717.5 mm olduğu görülmektedir. Toprak kontrol kesiti (50 cm toprak derinliği) sıcaklığı aylık ortalama sıcaklıktan hesaplanmış olup, toprak sıcaklığı 5°C'nin altına düşmemektedir. Ocak ayının 1'i ile Nisan ayının 3'ü arasında 5°C ile 8°C derece arasında seyreden toprak sıcaklığı, Nisan'ın 3'ünden sonra 8°C'nin üzerine çıkmaktadır (Şekil 3.3). Model sonucuna göre toprak sıcaklık rejimi Mesic olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Bafra ilçesi Newhall modeline göre aylara göre toprak sıcaklık dağılımı

Ayrıca Bafra Meteoroloji İstasyonu'nun uzun yıllar ölçümlerine göre, yıllık toplam yağışı 717.5 mm olup, Thornthwaite metoduna göre hesaplanan yıllık toplam evapotranspirasyon miktarı ise 752.31 mm'dir. Sonbahar aylarında yağışların başlaması ile birlikte toprak 16 Ekim'de nemli duruma geçmiş ve bu durum haliyle 36 kış ve bahar aylarında da devam ederek 12 Haziran tarihine kadar devam etmiş; 12 Haziran-15 Ekim tarihleri arasında toprak neminde farklılıklar meydana gelmiş olup, “kuru-nemli”, “kuru” ve “nemli” arasında değişmiştir. Bafra'da toprak 245 gün “nemli”, 54 gün “kuru-nemli”, 66 gün ise “kuru” kalmıştır. Toprakta su fazlalığı (akış) Ekim ayı ortalarında başlamış ve Haziran ayının 12'sine kadar devam etmiştir. Bu günlerden sonra evapotranspirasyon ile harcanan su, yağış ile karşılanamamış ve su noksanlığı Temmuz ayında 138.96 mm ile en yüksek değere ulaşmıştır. Toprakta yıllık 78.13 mm su açığı bulunmaktadır (Şekil 3.4). İlçenin toprak nem rejimi sınıflaması Wet Tempustic olarak belirlenmiştir.

Bafra Toprak Nem Takvimi



Şekil 3.4. Çalışma alanı Newhall modeline göre aylara göre toprak nem bütçesi dağılımı

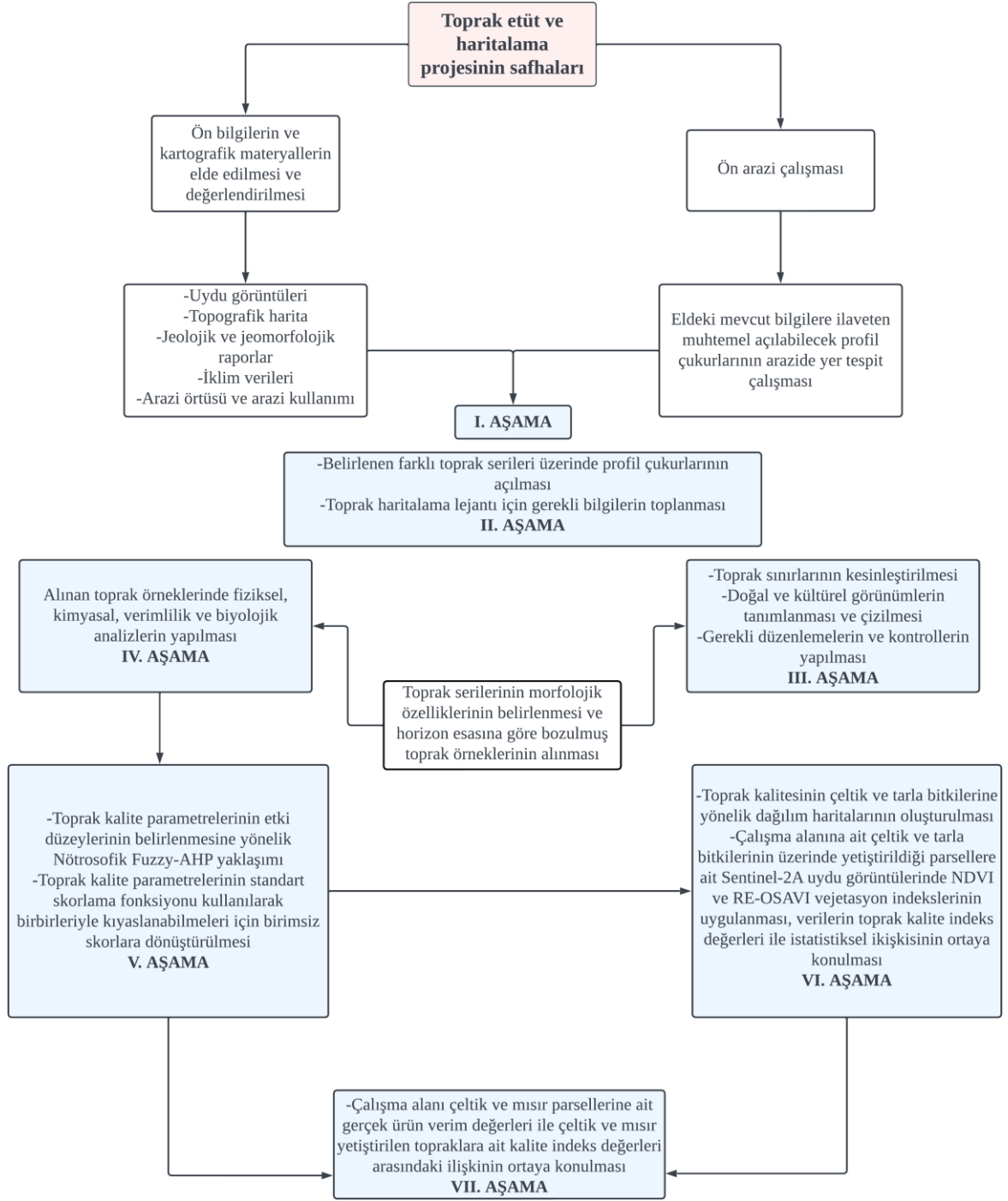
3.2. Yöntem

3.2.1. Detaylı toprak etüt ve haritalama çalışması

3.2.1.1. Büro ve ön arazi çalışması

Etüt ve haritalama çalışması akış diyagramı Şekil 3.5'te verilmiştir. İlk aşamada çalışma alanına ait ön veri ve bilgiler ile yardımcı kartografik materyaller temin edilmiş ve değerlendirmeye alınmıştır. Bu materyaller, alana ait iklim değerleri, uydu görüntüleri ve toprak haritasıdır. Sayısal Yükselti Modeli (SYM) kullanılarak çalışma alanında yayılım gösteren eğim ve yükselti haritaları üretilmiştir. Toplam arazi varlığı 23367 da olan çalışma alanında 2005 yılında yapılan detaylı toprak etüt ve haritalama çalışmaları sonucunda toplam 6 farklı toprak serisi tanımlanmıştır.

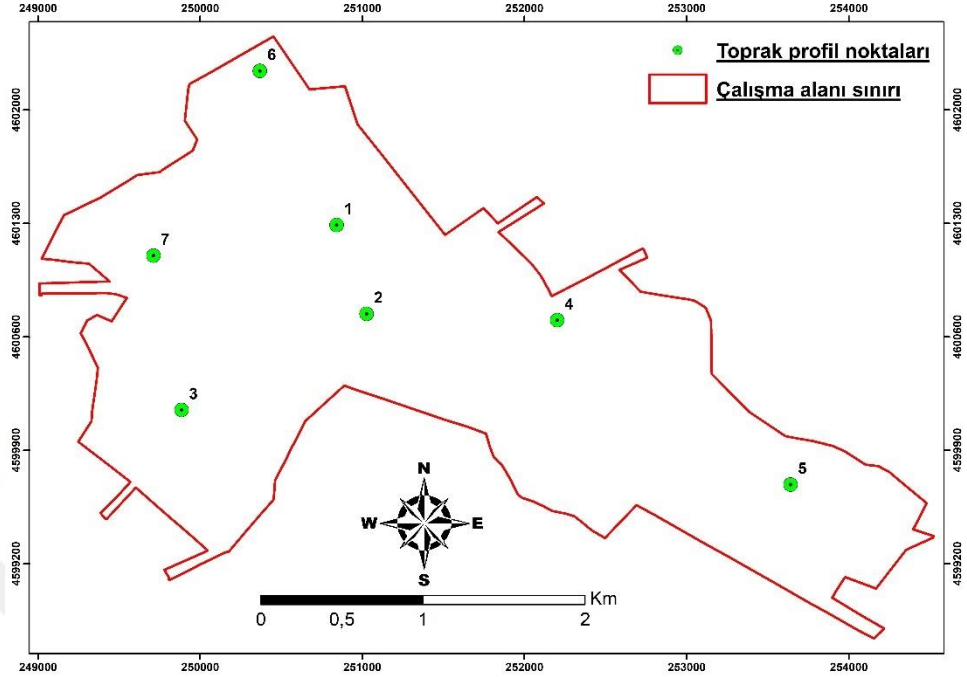




Şekil 3.5. Toprak etüt ve haritalama çalışmasının akış diyagramı

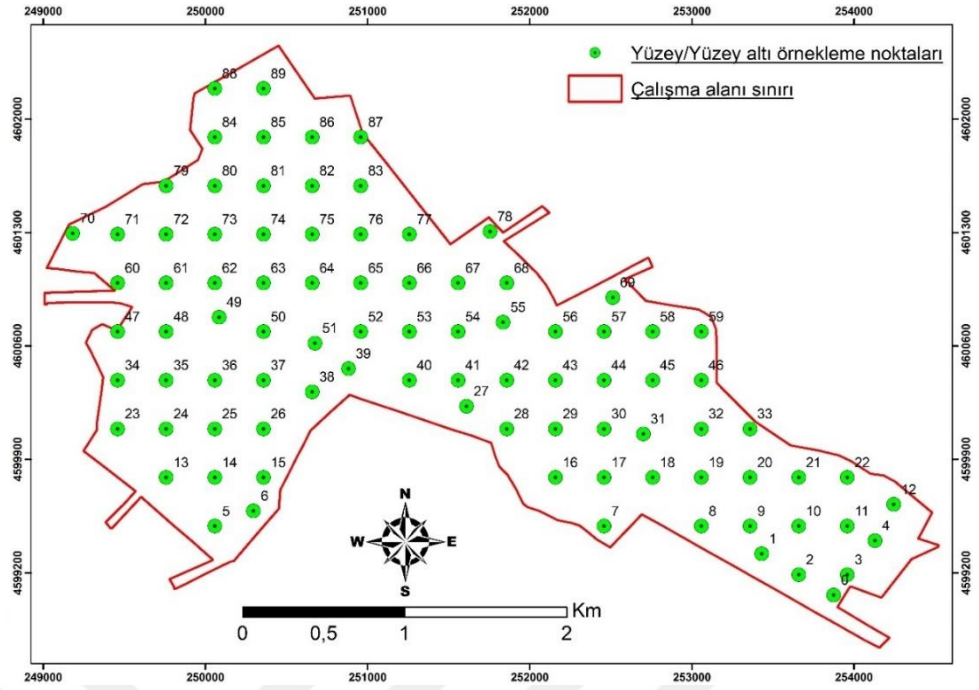
Çalışmada, Yeşil Küre Tarım İşletmesi'ne ait arazilerde geçen süreç de dikkate alınarak verilerin güncellenmesi amacıyla 2020 yılında yapılan saha çalışmaları sonucu, gerek 6 farklı seriye ait profil çalışması gerekse de bir adet farklı bir seri

olabilecek toprak çeşitliliği göz önüne alınarak alanda toplam 7 farklı profil çukur yeri belirlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Çalışma alanı sınırı ve toprak profil noktaları

Ayrıca oluşturulan seri bazlı güncel toprak haritasında yoğun tarımsal faaliyetler sonucu hızlı bir şekilde değişebilen verimlilik parametreleri ile diğer ana fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak kalite parametrelerinin yüzey ve yüzey altı dağılımlarının belirlenmesi amacıyla, 89 yüzey (0-20 cm) ve 90 yüzey altı (20-40 cm) olmak üzere toplam 179 adet örnekleme noktasının yeri ise 300 m aralıklarla grid yöntemiyle elde edilmiştir (Şekil 3.7). Toprak profil noktaları ve yüzey/yüzey altı örnekleme noktalarının belirlenmesinde ArcGIS 10.7 ortamından yararlanılmıştır.



Şekil 3.7. Çalışma alanı sınırı ve yüzey/yüzey altı örnekleme noktaları

3.2.2. Laboratuvar çalışması

Çalışmada, Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerinden 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten olmak üzere toplam 180 toprak örneği ile farklı toprak serilerine göre belirlenmiş toplam 7 farklı profil çukurundan alınan toprak örneklerinde gerçekleştirilen analizler aşağıda verilmiştir:

Fiziksel Analizler

Bünye (Tekstür): Hidrometre yöntemi kullanılarak (Bouyoucous, 1951).

Hacim ağırlığı: Kesek yöntemi kullanılarak (Blake ve Hartge, 1986).

Tarla kapasitesi: Seramik tabla üzerine yerleştirilerek örneklerin suyla doymuş toprak örneği üzerine 1/3 atm basınç uygulamak suretiyle belirlenmiştir (Richards, 1954).

Daimî solma kapasitesi: Seramik tabla üzerine yerleştirilen örneklerin suyla doymuş toprak örneği üzerine 15 atm basınç uygulamak suretiyle belirlenmiştir (Richards, 1954).

Bitkiye yarayışlı su miktarı: Örneklerin tarla kapasitesi ve daimî solma noktaları arasındaki farktan hareketle hesap yolu ile belirlenmiştir.

Hidrolik iletkenlik: Sabit su seviyeli hidrolik geçirgen setleri kullanarak belirlenmiştir (Klute ve Dirksen, 1986).

Kimyasal Analizler

Kasyon değişim kapasitesi: pH'sı 8.2'ye ayarlı sodyum asetat (NaOAc) ve 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) kullanılarak yapılmıştır (Rhoades, 1986).

Değişebilir kasyonlar: pH'sı 8.2'ye ayarlı sodyum asetat (NaOAc) kullanılarak yapılmıştır (Rhoades, 1986).

Kireç: Serbest karbonatların tayininde Scheibler kalsimetresi kullanılarak belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1993).

Toprak reaksiyonu (pH): Toprakların reaksiyonu, toprak/su karışım (1:2.5) oranında saturasyon ekstratında cam elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1992).

Elektriksel iletkenlik: Toprakların elektriksel iletkenlik değeri, toprak/su karışım (1:2.5) oranında saturasyon ekstratında kondaktivimetre aleti kullanılarak belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1992).

Organik madde: Walkley-Black yönteminin Jackson tarafından modifiye edilmiş şekli ile yapılmıştır (Jackson, 1958).

Verimlilik Analizleri

Yarayışlı Potasyum (K₂O): 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) ile ekstrakte edilen potasyumun analiz edilmesi ile belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1992).

Toplam azot: Mikro Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (Bremner, 1982).

Yarayışlı Fosfor (P₂O₅): Olsen metodu kullanılarak belirlenmiştir (Olsen, 1954).

Mikro besin elementler (Mn, Fe, Zn, Cu ve B): DTPA ile ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar, 1994; Lindsay ve Norvell, 1978).

Biyolojik Analizler

Toprak solunumu (CO₂): Isermeyer yöntemine göre belirlenmiştir (Page, 1982).

Metabolik katsayı (qCO_2): 0-20 ve 20-40 cm derinlikten alınan toprakların qCO_2 değerleri aşağıdaki formülden (Eş. 1) yararlanılarak hesaplanmıştır (Anderson ve Gray, 1991):

$$qCO_2 (\mu g CO_2/mg C_{mic})/d = (Mikrobiyal Solunum / C_{mic}) \quad (1)$$

Mikrobiyal Biyokütle Karbon (MBK): Substrat indirgenme yöntemine göre belirlenmiştir (Anderson ve Domsch, 1978).

3.2.3. Nötrosofik kümelere dayalı karar verme yöntemi

3.2.3.1. Nötrosofik bulanık kümeler

Gerçek hayatta var olan belirsiz, kesin olmayan, eksik ve tutarsız bilgileri temsil etmek amacıyla Smarandache tarafından geliştirilmiş nötrosofik kümeler, sezgisel bulanık kümelere kararsızlık üyelik fonksiyonu eklenerek ortaya çıkmıştır. Nötrosofik küme; klasik ve bulanık küme, sezgisel bulanık küme ve aralık değerli sezgisel bulanık küme kavramlarını genişleten daha genel bir kavramdır. Sezgisel bulanık küme ve aralık değerli sezgisel bulanık kümenin aksine nötrosofik bir kümede belirsizlik açık bir şekilde ifade edilir. Bu da nötrosofik kümenin gerçeğe daha yakın bir temsil ortaya koymasının önünü açar.

Diğer bulanık kümelerden farklı olarak bir nötrosofik küme $\langle T, I, F \rangle \in [0, 1]^3$ olmak üzere toplam 3 parametreyle temsil edilir. Burada $\langle T \rangle$ doğruluğun derecesi, $\langle I \rangle$ belirsizliğin derecesi ve $\langle F \rangle$ ise yanlışlığın derecesini ifade eder (Smarandache, 1995). Nötrosofik yaklaşım, ağ istihbaratı, karar verme, görüntü işleme ve uzman sistemler gibi farklı çalışma alanlarının belirsiz ve kesin olmayan verilerini modeller. Ancak bir nötrosofik setin gerçek bilimsel ve mühendislik alanlarına uygulanması çok daha zordur. Bu sebeple Wang vd., (2010), nötrosofik kümenin bir örneği olan Single Valued Neutrosophic Set (SNVS) ve Interval Neutrosophic Set (INS) kavramlarını önermiştir. SVNSS gerçek dünyada var olan belirsiz, kesin olmayan, tutarsız ve eksik bilgilerin ifade edilmesinde kullanılan bir kavram olup, belirsiz ve tutarsız bilgilerin işlenebilmesi için daha uygun bir yöntemdir (Raheja ve Dhadich, 2013).

Bilginin nötrosofik sayı ile temsil edildiği durumlarda yapılacak aritmetik işlemlerin nötrosofik mantık aritmetiği kullanılarak yapılması gerekmektedir. Buna

göre birbirinden bağımsız iki farklı nötrosifik küme için gerekli aritmetik işlemler aşağıda tanımlanmıştır:

Açıklama 1: Eğer $N_1 = (t_1, i_1, f_1)$ ve $N_2 = (t_2, i_2, f_2)$ tek değerli iki farklı nötrosifik sayı ise, N_1 ve N_2 'nin toplamı aşağıdaki eşitlikle (Eş. 2) tanımlanır:

$$N_1 + N_2 = (t_1 + t_2 - t_1 t_2, i_1 i_2, f_1 f_2) \quad (2)$$

Açıklama 2: Eğer $N_1 = (t_1, i_1, f_1)$ ve $N_2 = (t_2, i_2, f_2)$ tek değerli iki farklı nötrosifik sayı ise, N_1 ve N_2 'nin çarpımı aşağıdaki eşitlikle (Eş. 3) tanımlanır:

$$N_1 \times N_2 = (t_1 t_2, i_1 + i_2 - i_1 i_2, f_1 + f_2 - f_1 f_2) \quad (3)$$

Eğer $N_1 = (t_1, i_1, f_1)$, $N_2 = (t_2, i_2, f_2)$ ve $N_3 = (t_3, i_3, f_3)$ tek değerli üç farklı nötrosifik sayı ise, N_2 'nin N_1 'e bölümü aşağıdaki gibi (Eş. 4) ifade edilir:

$$N_2 / N_1 = (t_2 / t_1, (i_2 - i_1) / (1 - i_1), f_2 - (f_1 / (1 - f_1))) \quad (4)$$

Açıklama 3: $N_1 = (t_1, i_1, f_1)$ tek değerli bir nötrosifik sayı ve A herhangi bir pozitif reel sayı ise, N_1 ve A 'nın çarpımı eşitlik (5) kullanılarak aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$A > 0 \text{ için, } A \times N_1 = (1 - (1 - t_1)^A, i_1^A, f_1^A) \quad (5)$$

Nötrosifik sayılarda bölme işlemi, $N_1 = (t_1, i_1, f_1)$ tek değerli bir nötrosifik sayı ve A 'nın herhangi bir pozitif reel sayı olduğu durumda eşitlik (6) 'dan yararlanılarak aşağıdaki gibi tanımlanır (Radwan et al., 2016):

$$A > 0 \text{ için, } N_1 / A = (1 - (1 - t_1)^{1/A}, i_1^{1/A}, f_1^{1/A}) \quad (6)$$

Açıklama 4: N_1 tek değerli bir nötrosifik sayı olduğu durumda kriterlerin son ağırlıklarını sıralamak için aşağıdaki skor fonksiyonu (Eş. 7) kullanılır. Böylece her bir nötrosifik sayı tek bir tam sayıya dönüştürülür:

$$S(N_1) = (3t_1 + -2i_1 - f_1) / 4 \quad (7)$$

3.2.3.2. Nötrosofik Fuzzy-AHP (NF-AHP)

Bu tez çalışmasında, toprak kalite parametrelerine yönelik ağırlıkların hesaplanması için Radwan vd., (2016) tarafından önerilen ve 6 adımdan oluşan NF-AHP metodu uygulanmıştır. Bu metoda yönelik detaylı bilgiler literatürde birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Radwan vd., 2016; Kaya vd., 2022). NF-AHP metodunun adımları aşağıdaki gibidir:

1- Mevcut problem tanımlanarak karar verme probleminin kriter, alt kriter ve alternatifleri belirlenir.

2- Problem hiyerarşik olarak düzenlendikten sonra, karar vericilerin görüşlerine göre Tablo 3.2'deki ölçekten yararlanılarak $n \times n$ 'lik ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Radwan vd., 2016).

Tablo 3.2. Nötrosofik değerlere dayalı dilsel terim ve önem ağırlıkları

Dilsel Terim	Nötrosofik Küme	Dilsel Terim	Nötrosofik Karşılık Küme
Aşırı fazla önemli	(0.90, 0.10, 0.10)	Aşırı fazla önemsiz	(0.10, 0.90, 0.90)
Aşırı önemli	(0.85, 0.20, 0.15)	Aşırı önemsiz	(0.15, 0.80, 0.85)
Çok fazla önemliden aşırı önemliye	(0.80, 0.25, 0.20)	Aşırı önemsizden çok az önemliye	(0.20, 0.75, 0.80)
Çok fazla önemli	(0.75, 0.25, 0.25)	Çok az önemli	(0.25, 0.75, 0.75)
Çok önemli	(0.70, 0.30, 0.30)	Az önemli	(0.30, 0.70, 0.70)
Kısmen çok önemliden çok önemliye	(0.65, 0.30, 0.35)	Kısmen az önemliden az önemliye	(0.35, 0.70, 0.65)
Kısmen çok önemli	(0.60, 0.35, 0.40)	Kısmen az önemli	(0.40, 0.65, 0.60)
Kısmen eşit derece önemli	(0.55, 0.40, 0.45)	Kısmen eşit derece önemli	(0.45, 0.60, 0.55)
Eşit önemde	(0.50, 0.50, 0.50)	Eşit önemde	(0.50, 0.50, 0.50)

3- Bu aşamada, uzman görüşlerine göre değerlendirilmiş ikili karşılaştırma matrisinde tek bir karar verici oluşturmak için Nötrosofik Ağırlıklı Aritmetik Ortalama Toplam formülü için (Ye, 2014) eşitlik (8)'de verilen formülden yararlanılır:

$$1 - \prod_{k=1}^n (1 - T_{A_j}(x))^{w_j},$$

$$F_w(A_1, A_2, \dots, A_n) = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - I_{A_j}(x))^{w_j},$$

$$1 - \prod_{k=1}^n (1 - F_{A_j}(x))^{w_j}. \quad (8)$$

Burada; $w_j \in [0,1]$ ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ olmak üzere, $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, A_j ($j = 1, 2, \dots, n$)'nin ağırlık vektörüdür.

4- Dördüncü adımda tutarlı tercih ilişkilerini hesaplamak için Xu vd., (2014) tarafından önerilen Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio) (CR) uygulanmaktadır. Tutarlılık oranının hesaplanmasına yönelik detaylı bilgi sonraki sayfalarda verilmiştir.

5- Beşinci adımda kriterlerin öz ağırlıklarını belirlemek için normalleştirme işlemine başvurulur. Normalleştirme, matristeki her bir hücrenin ait olduğu sütunun toplam değerine bölünmesiyle gerçekleştirilir.

6- Kriterlerin nütrosifik ağırlıklarını elde etmek için normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisinde bulunan her bir satır toplamı alınır ve kriter sayısına bölünür. Kriterlerin nütrosifik ağırlıkları eşitlik (9)'dan yararlanılarak durulaştırılır:

$$S(N_1) = (3 + t_1 - 2i_1 - f_1)/4 \quad (9)$$

7- Son olarak, durulaştırılmış nütrosifik ağırlıklar normalleştirilir ve toplamaları 1'e eşit olmalıdır.

Geleneksel AHP metodunda Saaty (1977), her bir çarpımsal tercih ilişkisi arasındaki tutarlılık derecesini ölçen Consistency Ratio (CR) önermiştir. Tutarlılığı ölçmek için 2 farklı metot kullanılabilir. Bunlardan birincisi, her bir nütrosifik değerin Saaty (1990)'nin 1-9 skalasına göre karşılığı olan tam sayılara çevrilerek hesaplandığı tutarlılık oranıdır. Saaty (1980)'e göre bu oranın 0.1'in altında olması gerekmektedir. İkincisi ise Xu ve Liao (2014) tarafından önerilen ve nütrosifik mantığa uyan bir yöntemdir. Bu tez çalışmasında Xu ve Liao (2014) tarafından önerilen yöntemle tutarlılık oranı hesaplanmıştır.

$(T'_{xk}, I'_{xk}, F'_{xk})$ kabul edilebilir tutarlı bir nütrosifik tercih ilişkisine sahip olduğunda, tutarlılık oranının hesaplanması için uygulanan gerekli adımlar aşağıdaki gibi (Eş. 10, Eş. 11, Eş. 12, Eş. 13) olur:

1- Adım: $y=x+1$ olduğu durumda $k > x+1$ için, $N_{xk} = (T'_{xk}, I'_{xk}, F'_{xk})$:

$$T'_{xk} = \frac{k-x-1 \sqrt{T_{xy} * T_{yk} * T_{xk-1} * T_{k-1k}}}{k-x-1 \sqrt{T_{xy} * T_{yk} * T_{xk-1} * T_{k-1k}} + k-x-1 \sqrt{(1-T_{xy}) * (1-T_{yk}) * (1-T_{xk-1}) * (1-T_{k-1k})}} \quad (10)$$

$$I'_{xk} = \frac{k-x-1 \sqrt{I_{xy} * I_{yk} * I_{xk-1} * I_{k-1k}}}{k-x-1 \sqrt{I_{xy} * I_{yk} * I_{xk-1} * I_{k-1k}} + k-x-1 \sqrt{(1-I_{xy}) * (1-I_{yk}) * (1-I_{xk-1}) * (1-I_{k-1k})}} \quad (11)$$

$$F'_{xk} = \frac{k-x-1 \sqrt{F_{xy} * F_{yk} * F_{xk-1} * F_{k-1k}}}{k-x-1 \sqrt{F_{xy} * F_{yk} * F_{xk-1} * F_{k-1k}} + k-x-1 \sqrt{(1-F_{xy}) * (1-F_{yk}) * (1-F_{xk-1}) * (1-F_{k-1k})}} \quad (12)$$

2- Adım: $y = x+1$ olduğu durumda $k = x + 1$ ise, $N_{xk} = (T_{xk}, I_{xk}, F_{xk})$ olur.

3- Adım: $y = x+1$ olduğu durumda $k < x$ ise, $N_{xk} = (F'_{xk}, 1 - I'_{xk}, T'_{xk})$ olur.

$$CR = \frac{1}{2(n-1)(n-2)} \sum_{x=1}^n \sum_{k=1}^n (|T'_{xk} - T_{xk}| + |I'_{xk} - I_{xk}| + |F'_{xk} - F_{xk}|) \quad (13)$$

CR değerinin 0.1'den küçük olması gerekir.

3.2.4. Standart Skorlama Fonksiyonu (SSF)

Çalışmada, arazilerin tarımsal amaçlı toprak kalitesi yönünden değerlendirilmesi sürecinde yer alan farklı arazi ve toprak kalite parametreleri, tanımlanan her bir yüzey ve yüzey altı toprak örnekleri için hesaplanmıştır. Farklı parametre birimleri nedeniyle standart skorlama fonksiyonu (SSF) kullanılmış (Andrews vd., 2002; Karlen vd., 2013) ve her bir göstergeye toprak kalitesi üzerindeki etkilerine göre 0.1 ile 1.0 arasında değişen bir puan atanmıştır. Daha sonra göstergelerin değerleri doğrusal ve doğrusal olmayan puanlama yöntemleri kullanılarak puanlara aktarılmıştır. Model içerisinde genel olarak “daha fazla daha iyidir” (more is better), “daha az daha iyidir” (less is better) ve “orta nokta optimumdur” (midpoint is optimum) olmak üzere 3 farklı SSF kullanılmıştır (Karlen ve Stott, 1994, Masto vd., 2008). Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerinde çeltik bitkisine yönelik standart skorlama fonksiyonları ve toprak özelliklerine Tablo 3.3'te değinilirken, çalışma alanında yetiştirilen tarla bitkilerine yönelik standart skorlama fonksiyonları ve toprak özelliklerine ise Tablo 3.4'te değinilmiştir. Doğrusal olmayan ve doğrusal puanlama yöntemlerine ait formüller ise Eş. (14), Eş. (15) ve Eş. (16)'da verilmiştir.

Tablo 3.3. Çeltik bitkisine yönelik standart skorlama fonksiyonları ve toprak özellikleri

Özellikler	Fonksiyon	**SSF
Kum	LB	$Nf(x) = \begin{cases} 1 - 0.9 \times \frac{0.1}{\frac{x-L}{U-L} + 0.1} & x \leq L \\ 1 & L \leq x \leq U \\ 0.1 & x \geq U \end{cases} \quad (14)$
Silt	LB	
HA	LB	
SN	LB	
Eğim	LB	
Hİ	LB	
pH	LB	
EC	LB	
CaCO ₃	LB	
Na	LB	
qCO ₂	LB	
Kil	MB	$Pf(x) = \begin{cases} 0.9 \times \frac{0.1}{\frac{x-L}{U-L} + 0.1} & x \leq L \\ 0.1 & L \leq x \leq U \\ 0.9 & x \geq U \end{cases} \quad (15)$
AS	MB	
TK	MB	
BYS	MB	
OM	MB	
KDK	MB	
N	MB	
P	MB	
Ca	MB	
Mg	MB	
K	MB	
CO ₂	MB	
MBK	MB	
Fe	MB	
Cu	MB	
Mn	MB	
Zn	MB	

Burada; HA: Hacim ağırlığı, BYS: Bitkiye yararlı su kapasitesi, AS: Agregat stabilitesi, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, Hİ: Hidrolik iletkenlik, TN: Toplam azot, CO₂: Toprak solunumu, qCO₂: Metabolik katsayı, MBK: Mikrobiyal biyokütle karbon, LB: daha az daha iyidir, MB: daha fazla daha iyidir, x: göstergenin izleme değeri, L-U: sırasıyla alt ve üst eşik değerleri, L1-L2: optimum aralık grupları olarak belirlenen değerlerin alt sınırları ve U1-U2: optimum aralık grupları olarak belirlenen değerlerin üst sınırları olarak ifade edilmektedir (Zhang vd., 2011).

Tablo 3.4. Diğer tarım ürünlerine yönelik standart skorlama fonksiyonları ve toprak özellikleri

Özellikler	Fonksiyon	**SSF
Kum	LB	$Nf(x) = \begin{cases} 1 - 0.9 \times \frac{0.1}{\frac{x-L}{U-L} + 0.1} & x \leq L \\ 1 & L \leq x \leq U \\ 1 & x \geq U \end{cases}$ (14)
Silt	LB	
HA	LB	
SN	LB	
pH	LB	
EC	LB	
Na	LB	
qCO ₂	LB	
AS	MB	
Eğim	MB	$Pf(x) = \begin{cases} 0.9 \times \frac{0.1}{\frac{x-L}{U-L} + 0.1} & x \leq L \\ 1 & L \leq x \leq U \\ 1 & x \geq U \end{cases}$ (15)
TK	MB	
BYS	MB	
OM	MB	
KDK	MB	
N	MB	
P	MB	
Ca	MB	
Mg	MB	
K	MB	
CO ₂	MB	
MBK	MB	
Fe	MB	
Cu	MB	
Mn	MB	
Zn	MB	
Kil	OR	$Nf(x) = \begin{cases} 1 - 0.9 \times \frac{0.1}{\frac{x-L}{U-L} + 0.1} & x \leq L \\ 1 & L \leq x \leq U \\ 1 & x \geq U \end{cases}$
CaCO ₃	OR	
Hİ	OR	
		$Pf(x) = \begin{cases} 0.9 \times \frac{0.1}{\frac{x-L}{U-L} + 0.1} & x \leq L \\ 1 & L \leq x \leq U \\ 1 & x \geq U \end{cases}$ (16)

Burada; HA: Hacim ağırlığı, BYS: Bitkiye yarayırlı su kapasitesi, AS: Agregat stabilitesi, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, Hİ: Hidrolik iletkenlik, TN: Toplam azot, CO₂: Toprak solunumu, qCO₂: Metabolik katsayı, MBK: Mikrobiyal biyokütle karbon, LB: daha az daha iyidir, MB: daha fazla daha iyidir, OR: orta nokta optimumdur, x: göstergenin izleme değeri, L-U: sırasıyla alt ve üst eşik değerleri, L1-L2: optimum aralık grupları olarak belirlenen değerlerin alt sınırları ve U1-U2: optimum aralık grupları olarak belirlenen değerlerin üst sınırları olarak ifade edilmektedir (Zhang vd., 2011).

Nötrosofik Fuzzy-AHP ile ağırlıklandırılan parametreler SSF ile standartlaştırıldıktan sonra çeltik ve tarla bitkilerine yönelik toprak kalite indeks değerleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu tekniğe ait matematiksel eşitlik aşağıdaki (Eş. 17) gibidir:

$$TKİ = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i) \quad (17)$$

Burada; TKİ: Toprak kalite indeks puanı, W_i : i parametrenin ağırlık değeri, X_i : i parametresine ait alt kriter puanı, n : ele alınan parametrelerin toplam sayısıdır.

3.2.5. İstatistik ve jeo-istatistik analizleri

Çalışmada, araştırma alanına yönelik her bir yüzey (0-20 cm)/yüzey altı (20-40 cm) örnekleme noktasının fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik toprak özelliklerine ait laboratuvar analiz değerlerinin ortalama, en düşük değer, en yüksek değer, varyans, çarpıklık, basıklık ve standart sapma gibi tanımsal istatistikleri ve normal dağılıma uygunlukları SPSS 26 paket programında hesaplanmıştır.

Çeltik ve tarımı yapılan diğer tarla bitkilerine yönelik toprak kalite indeks değerlerinin konumsal dağılımlarını tahmin etmek amacıyla en çok kullanılan enterpolasyon yöntemlerinden olan Ters mesafe komşuluk benzerliği (IDW), radyal tabanlı fonksiyonlar (RBF) ve kriging gibi modellerden yararlanılmıştır. Literatürde birçok çalışmada kullanılan farklı enterpolasyon yöntemlerine de rastlanabilmektedir (Borges vd., 2016; Jarmołowski vd., 2021). Haritalama öncesi normal dağılım göstermeyen örneklerin özelliklerine uygun dönüşümleri tamamlanmış ve toplam 15 farklı model (Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW); 1, 2, 3, Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF); Thin Plate Spline (TPS), Completely Regularized Spline (CRS), Spline With Tension (SWT), Kriging; Ordinary (Doğal), Simple (Basit), Universal (Evrensel)) “ArcGIS 10.7 Geostatistical Analyst” aracı ile karşılaştırıldıktan sonra enterpolasyon dağılım haritaları üretilmiştir. Yöntemlerin karşılaştırılmasında ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi sorgulayabilmek için literatürde farklı karşılaştırma yöntemlerinin dikkate alındığı görülmektedir. Genel olarak en çok tercih edilen yöntemler ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama hata kareleri toplamı kökü (RMSE) yaklaşımlarıdır. Bu tez çalışmasında en düşük ortalama hata kareleri toplamı kökü (RMSE) değerini veren model en uygun model olarak değerlendirilmiştir. RMSE, aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (Eş. 18):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z_i^* - Z_i)^2}{n}} \quad (18)$$

Burada; Z_i : tahmin edilen değer, Z_i^* : ölçülen değer ve n ise örnek sayısını ifade etmektedir.

3.2.6. Vejetasyon indeksleri

Bu çalışmada, Yeşil Küre Tarım İşletmesine ait çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği tarım arazilerine yönelik farklı zaman serili Sentinel-2A uydu görüntülerinde klorofile duyarlı indekslerden olan NDVI ve RE-OSAVI vejetasyon indeksleri, ESA SNAP 8.0 aracı ve ArcGIS 10.7 ortamından faydalanılarak uygulanmıştır. Her iki indekse ait bilgiler aşağıda sunulmuştur:

3.2.6.1. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Bitkisel ürün fenolojisinin tanımlanmasında kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. NDVI bu yöntemler arasında en yaygın kullanılanıdır (Skakun vd., 2018; Matton vd., 2015). Uydu görüntülerinin ekolojideki, özellikle de Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) üzerindeki rolünün önemini vurgulayan pek çok çalışma yapılmıştır (Kerr ve Ostrovsky, 2003; Pettorelli vd., 2005). Nitekim, Sahararini vd., (2020) NDVI algoritmasının Sentinel-2 uydu verilerinde görüntü işleme, çeltik fenolojisinin belirlenmesi, çeltik hasat zamanının tahmini gibi prosesler için bir altlık olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. NDVI birçok ülkede çoğu ulusal ve uluslararası kuruluş tarafından ürün veriminin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. NDVI bitki topluluklarının mekânsal ve zamansal dağılımı, bitki biokütlesi, CO₂ akışları, mera kalitesi, çeşitli ekosistemlerdeki arazi bozulumu gibi konularda -1 ile +1 arasında değişen değerler ile bilgi vermektedir (Salinas-Zavala vd., 2002; Al-Bakri vd., 2004; Pettorelli vd., 2005; Jiang vd., 2021). Belirtilen skalada -1'e yaklaşan NDVI değerleri su kütlelerine karşılık gelirken, 0'a yaklaşan değerler çıplak araziler, kayalık alanlar, kum, kar ya da yerleşim alanlarının varlığına işaret etmektedir. 0.2 ile 0.4 arasında değişen NDVI değerleri, çalılık veya mera alanlarına karşılık gelirken bu değer +1'e yaklaşması ılıman bölgeler, tropik yağmur ormanları ya da sağlıklı ve yoğun bir bitki örtüsü içeren alanların varlığına işaret etmektedir. NDVI ile, elektro-manyetik spektrum üzerinde görünür bölge içerisinde kalan kırmızı dalga boyu enerjisinin bitkinin klorofili tarafından soğurulması ve bitki hücre yapısı tarafından yakın kızıl ötesi (Near Infrared) (NIR) enerjinin yansıtılması, biyokütlenin belirlenmesi, ürün gelişimi ve üretiminde meydana gelen değişikliklerin izlenmesi gibi konular hakkında kullanıcılara yardımcı olmaktadır.

Sentinel-2 uydu görüntüsünde NDVI, kırmızı (B4) ve yakın kızıl ötesi (B8) bantların kullanılması ile hesaplanmaktadır (Eş. 19).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (19)$$

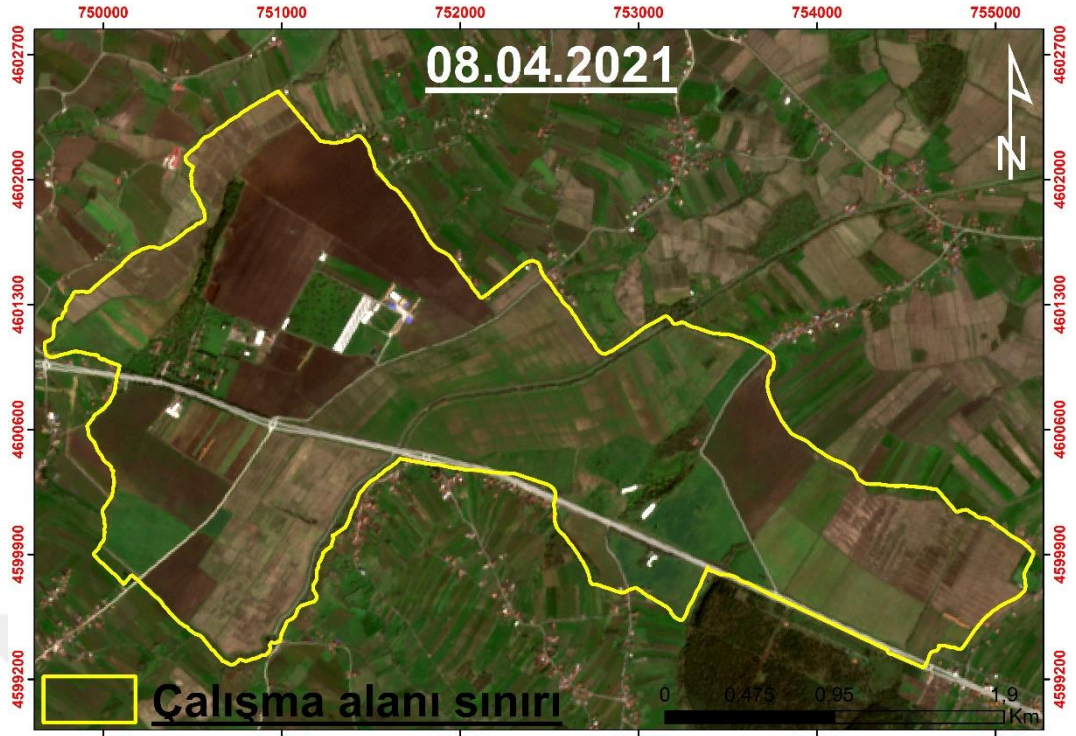
3.2.6.2. Optimize Edilmiş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (RE-OSAVI)

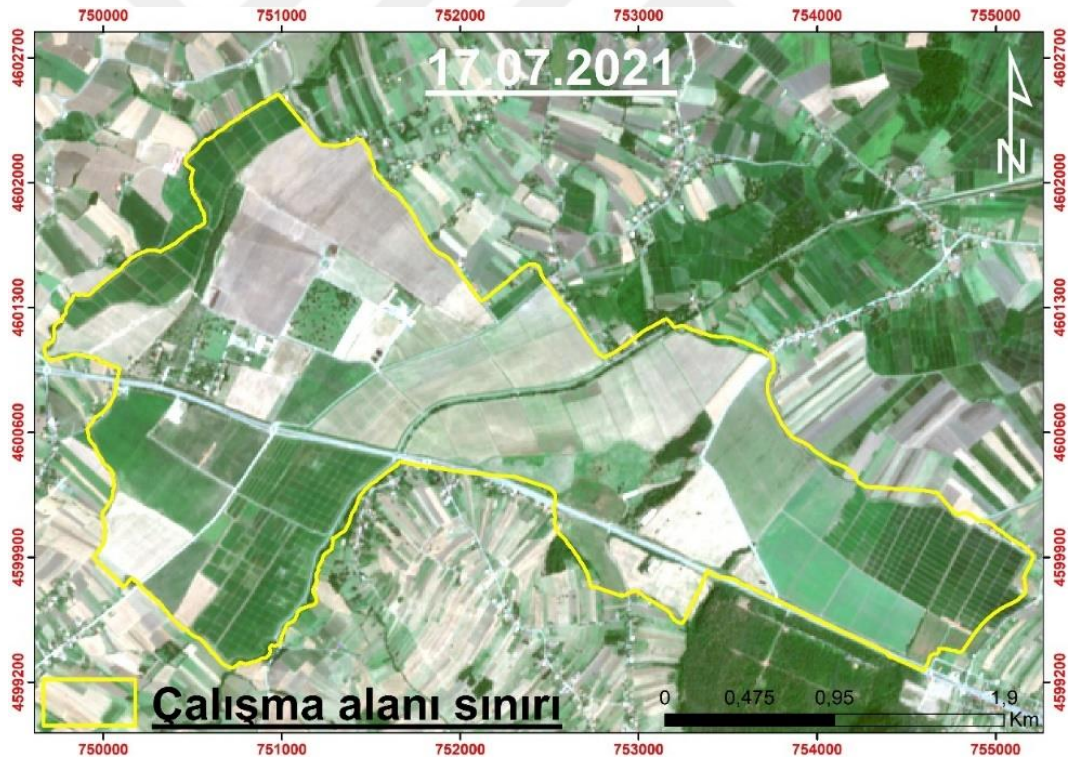
RE-OSAVI, Rondeaux vd., (1996) tarafından geliştirilen ve Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI) ailesinin güncellenmiş bir versiyonudur. Kırmızı dalga boyu spektral yansımaları üzerindeki alt kütlenin etkisini en aza indirmek ve yeşil alana daha duyarlı hale getirmek için kırmızı bant (670 nm) yerine kırmızı kenar (705 nm) bandının eklenmesiyle Optimize Edilmiş SAVI (OSAVI) modeli (RE-OSAVI) olarak güncellenmiştir. Bu indeksin özellikle bitkilerin vejetasyon yoğunluğunun düşük olduğu dönemlerde kullanılabileceği bildirilmiştir (Wu vd., 2008). RE-OSAVI aşağıdaki formül (Eş. 20) kullanılarak hesaplanmaktadır.

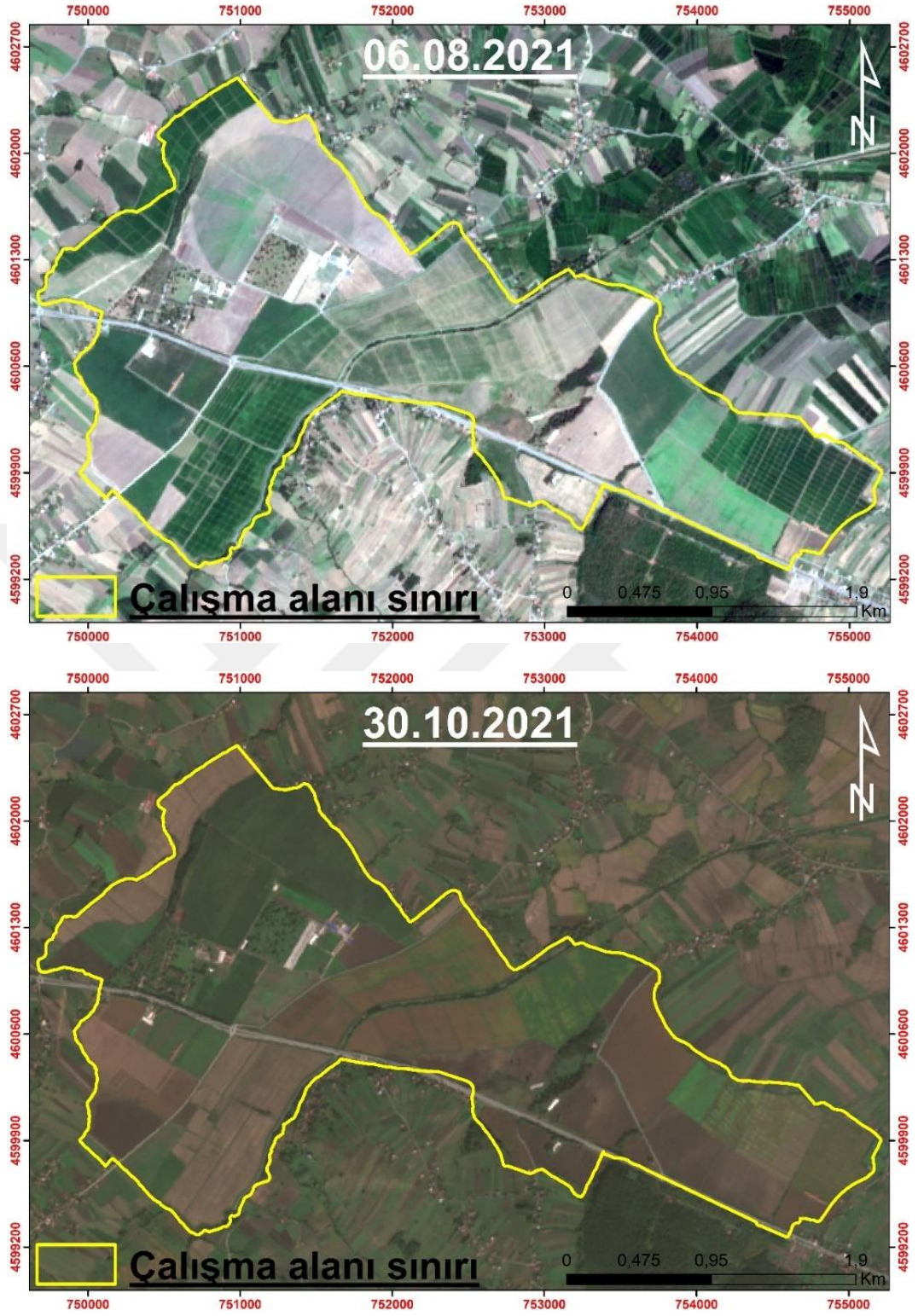
$$RE - OSAVI = (1 + 0.16) \times [(NIR - RE_{edge}) / (NIR + RE_{edge} + 0.16)] \quad (20)$$

3.2.7. CBS ortamında tematik haritaların üretilmesi ve mekânsal istatistik analizleri

Bu çalışmada, üzerinde çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine yönelik 2021 yılı tarihli Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntüleri (WGS84 datumlu) kullanılmıştır. Uydu görüntüleri, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) açık erişim merkezinden temin edilmiştir (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) (Şekil 3.8). Multi-spektral Sentinel-2A uydu görüntülerine ait 4 bant 10 m, 6 bant 20 m ve diğer 3 bant ise 60 m mekânsal çözünürlüğe sahiptir (Tablo 3.5).







Şekil 3.8. Çalışma alanına yönelik 2021 yılı tarihli Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntüleri

Tablo 3.5. Sentinel-2A uydu sensörünün özellikleri

Bant	Bant Adı	Dalga Boyu (nm)	Bant Genişliği (nm)	Mekânsal Çözünürlüğü (m)
B1	Kıyı aerosol	443	20	60
B2	Mavi	490	65	10
B3	Yeşil	560	35	10
B4	Kırmızı	665	30	10
B5	Vejetasyon kırmızı-kenar	705	15	20
B6	Vejetasyon kırmızı-kenar	740	15	20
B7	Vejetasyon kırmızı-kenar	783	20	20
B8	Kızıl ötesi	842	115	10
B8A	Vejetasyon kırmızı-kenar	865	20	20
B9	Su buharı	945	20	60
B10	Sirrus	1380	30	60
B11	Kısa dalga kızıl ötesi (SWIR) 1	1610	90	20
B12	SWIR2	2190	180	20

NDVI ve RE-OSAVI vejetasyon indeks değerleri her bir uydu görüntüsünden piksel bazlı olarak türetilmiş ve hem çeltik hem de tarla bitkilerine yönelik NDVI ve RE-OSAVI değerleri elde edilmiştir. Böylece, üzerinde çeltik ve tarla bitkileri tarımının yapıldığı arazilerde, her bir toprak örnekleme noktasının temsil edildiği indeks değerleri oluşturulmuştur. Bu amaca yönelik ESRI (2019) tarafından geliştirilmiş ArcGIS 10.7v. yazılımının Spatial Analysis uzantısında bulunan Zonal Statistics aracı kullanılarak farklı parseller için ayrılan indis değerleri çıkarılmış ve MS Excel'e aktarılmıştır. Daha sonra tüm indeks değerleri, çeltik ve tarla bitkilerine ait TKİ değerleri ile istatistiksel olarak karşılaştırılarak regresyon ilişkileri (r^2) belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çalışma alanı topraklarının morfolojik özellikleri, fiziksel, kimyasal ve verimlilik analiz sonuçları

Bu bölümde, saptanan toprak serilerinin morfolojik özellikleri ile fiziksel, kimyasal ve verimlilik analiz sonuçları ve profil içerisindeki dağılımlarını gösteren diyagramlar verilmiştir.

4.1.1. Kalaba Serisi (B)

Profil boyunca bünyenin killi ve kumlu killi olduğu görülmektedir. Toprakların alt katmanları yüzey toprağına göre daha yüksek bir pH'ya sahiptir ve pH'nın 7.73 ile 6.18 arasında değiştiğı görülmektedir. Yüzeyde toprağın organik madde içeriğı %4.92 iken, derinlere doğru bu değer %1.07'lere kadar düşmektedir. Topraklar tuzluluk bakımından sorunsuzdur. Profilde toprak rengi belirgin şekilde değişik tonlarda gridir. Profilde Bk horizonuna kadar herhangi bir kireç oluşumu gözlenmemiştir. Katyon değişim kapasiteleri 25.95-45.69 mek/100 gr arasında değişmektedir. Bk horizonundan aşağı katmanlara inildikçe kuvvetli kireç oluşumlarına rastlanılmaktadır. Toprakların morfolojik özellikleri aşağıda, fiziksel, kimyasal ve verimlilik analiz sonuçları ise sırasıyla Tablo 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Profil görünümü ise Şekil 4.1'de verilmiştir.

Profil no: 1	Koordinat: 4601290 m Kuzey-250842 Doğu
Sınıflandırma: Typic Calciustert	Fizyografya: Tepe üstü düzlük
Arazi Kullanımı: Kanola	Çevre arazi: Hafif dalgalı
Profil Eğim: %0-2	Denizden Yükseklik: 50 m
Drenaj: İyi	Ana Materyal: Marn
Erozyon: Yok	Yüzey Taşlılık: Yok
Tuzluluk: Yok	Profil İçi Taşlılık: Yok



<u>Horizon</u>	<u>Derinlik</u>	<u>Tanımlama</u>
Ap	0-12	Koyu gri 10 YR 4/1 (Kuru), çok koyu gri 10 YR 3/1 (Nemli); kumlu kil; orta kuvvetli ve orta iri granüler sütrüktür; kuru hafif sert, nemli gevşek, yaş iken az yapışkan ve az plastik; orta, seyrek, saçak kökler; kireçsiz; kesin, düz sınır.
Ad	12-31	Koyu gri 10 YR 4/1 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (Nemli); kil; küçük ve orta orta kuvvetli granüler strüktür; kuru sert, nemli sıkı, yaş iken yapışkan ve çok plastik; kireçsiz; belirli, dalgalı sınır.
Bss	31-58	Gri 10 YR 5/1 (Kuru), çok koyu gri 10 YR 3/1 (Nemli); kil; orta kuvvetli, orta yarı köşeli blok strüktür; yer yer bol ve küçük kayma yüzeyleri; kuru sert, nemli çok sıkı, yaş iken çok plastik; kireçsiz; belirli, dalgalı sınır.
Ck ₁	58-117	Gri 10 YR 5/1 (Kuru), koyu grimsi kahverengi 10 YR 4/2 (Nemli); kil; masif; kuru sert, nemli çok sıkı, yaş iken çok plastik; kireçli; geçişli, dalgalı sınır.
Ck ₂	117+	Gri 10 YR 6/1 (Kuru), koyu grimsi kahverengi 10 YR 4/2 (Nemli); kil; masif; kuru sert, nemli sıkı, yaş iken çok plastik; çok kireçli; marn ana materyal

Şekil 4.1. Kalaba serisi örnek profil görünümü

Tablo 4.1. Kalaba serisi fiziksel analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	HA (g/cm ³)	Bünye (%)			Sınıf
			Kil	Kum	Silt	
Ap	0-12	1.17	45.08	46.04	8.87	SC
Ad	12-31	1.30	49.91	22.08	28.01	C
Bss	31-58	1.34	55.90	15.91	28.19	C
C _{k1}	58-117	1.34	58.16	20.36	21.48	C
C _{k2}	117+	1.39	49.08	20.90	30.01	C

Tablo 4.2. Kalaba serisi kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (dS/m)	Kireç (%)	O.M (%)	KDK (mek/100 gr)
Ap	0-12	6.67	0.42	1.80	4.92	45.69
Ad	12-31	6.42	0.62	1.78	3.23	36.44
Bss	31-58	6.18	0.63	1.42	4.18	27.98
C _{k1}	58-117	7.52	0.55	14.48	0.68	28.11
C _{k2}	117+	7.73	0.54	20.85	1.07	25.95

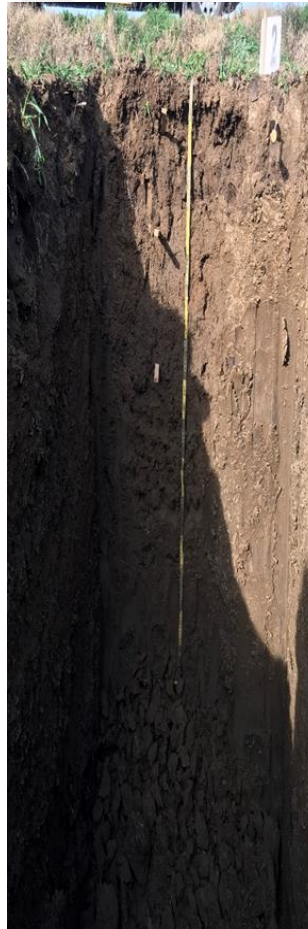
Tablo 4.3. Kalaba serisi verimlilik analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	K ₂ O (kg/da)	P ₂ O ₅ (kg/da)	N (%)	Değişebilir Katyonlar (mek/100 gr)			
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Ap	0-12	148.98	18.44	0.45	1.95	1.35	30.77	14.85
Ad	12-31	79.64	18.84	0.23	1.77	0.65	28.59	14.48
Bss	31-58	80.72	12.50	0.14	1.75	0.64	25.71	16.53
C _{k1}	58-117	75.04	27.04	0.09	2.51	0.59	43.10	18.99
C _{k2}	117+	60.44	11.24	0.07	2.88	0.46	38.51	23.25

4.1.2. Elifli Serisi (E)

Profil boyunca bünye siltli killi tın, siltli kil ve kil olmak üzere değişiklik göstermektedir. Toprakların alt katmanları yüzey toprağına göre daha yüksek pH'ya sahiptir ve pH değerlerinin 7.55 ile 7.11 arasında değiştiğı görölmektedir. Yüzeyde toprağın organik madde içeriğı %5.24 iken, derinlere doğru bu değerde azalma görölmekte ve %1.75'lere kadar düşmektedir. Topraklar tuzluluk bakımından sorunsuzdur. Toprak rengi belirgin şekilde değişik tonlarda grimsi ve sarımsı kahverengidir. Katyon değişim kapasiteleri 25.37-41.62 mek/100 gr arasında değişmektedir. Topraklar profil boyunca kireçsizdir. Toprakların morfolojik özellikleri aşağıda, fiziksel, kimyasal ve verimlilik analiz sonuçları ise sırasıyla Tablo 4.4, 4.5, 4.6'da verilmiştir. Profil görünümü ise Şekil 4.2'de verilmiştir.

Profil no: 2	Koordinat: 4600742 m Kuzey-251027 Doğı
Sınıflandırma: Typic Haplustept	Fizyografya: Taban
Arazi Kullanımı: Buğday	Çevre arazi: Ondüleli
Profil Eğim: %0-2	Denizden Yükseklik: 26 m
Drenaj: Zayıf	Ana Materyal: Bazalt
Erozyon: Yok	Yüzey Taşlılık: Yok
Tuzluluk: Yok	Profil İçi Taşlılık: Yok



<u>Horizon</u>	<u>Derinlik</u>	<u>Tanımlama</u>
Ap	0-11	Koyu grimsi kahverengi 10 YR 4/2 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (nemli); siltli killi tın; orta kuvvetli, orta ve iri granüler sütrüktür; kuru hafif sert, nemli gevşek, yaş iken yapışkan ve orta derecede plastik; az kireçli; kesin, düz sınır.
Bw1	11-40	Sarımsı kahverengi 10 YR 5/4 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (Nemli); siltli killi tın; orta kuvvetli, orta ve iri granüler yarı köşeli blok sütrüktür; kuru hafif sert, nemli gevşek, yaş iken yapışkan ve orta plastik; kök yoğunluğu fazla; az kireçli; orta boyutlu, çok taşlı; belirli, dalgalı sınır.
Bw2	40-70	Grimsi kahverengi 10 YR 5/2 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (Nemli); siltli kil; orta kuvvetli, orta yarı köşel blok sütrüktür; kuru sert, nemli sıkı, yaş iken fazla yapışkan ve fazla plastik; orta kireçli; belirli dalgalı sınır.
C	70+	Grimsi kahverengi 10 YR 5/2 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (Nemli); kil; masif; kuru sert, nemli sıkı, yaş iken fazla plastik; az kireçli.

Şekil 4.2. Elifli serisi örnek profil görünümü

Tablo 4.4. Elifli serisi fiziksel analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	HA (g/cm ³)	Bünye (%)			
			Kil	Kum	Silt	Sınıf
Ap	0-11	1.13	36.32	20.82	42.86	SiCL
Bw1	11-40	1.16	39.14	18.18	42.68	SiCL
Bw2	40-70	1.23	45.20	14.21	40.58	SiC
C	70+	-	47.35	16.03	36.62	C

Tablo 4.5. Elifli serisi kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (dS/m)	Kireç (%)	O.M (%)	KDK (mek/100 gr)
Ap	0-11	7.19	1.66	3.41	5.24	41.62
Bw1	11-40	7.11	2.04	3.97	4.23	25.37
Bw2	40-70	7.23	1.56	4.93	2.10	28.85
C	70+	7.55	0.81	3.97	1.75	27.35

Tablo 4.6. Elifli serisi verimlilik analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	K ₂ O (kg/da)	P ₂ O ₅ (kg/da)	N (%)	Değişebilir Katyonlar (mek/100 gr)			
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Ap	0-11	196.39	61.64	0.44	4.00	1.84	36.29	20.90
Bw1	11-40	49.58	38.58	0.43	3.79	0.45	48.97	12.79
Bw2	40-70	49.58	12.74	0.25	2.03	0.43	46.66	15.80
C	70+	49.13	10.09	0.18	2.90	0.41	36.57	24.50

4.1.3. Alaylı Serisi (A)

Profil boyunca bünyenin killi olduğu görülmektedir. Toprakların alt katmanları yüzey toprağına göre daha yüksek pH'ya sahiptir ve pH'nın 7.63 ile 7.41 arasında değiştiğı görülmektedir. Yüzeyde toprağın organik madde içeriğı %3.29 iken derinlere doğru bu değerde azalma görülmekte ve %0.60'lara düşmektedir. Topraklar tuzluluk bakımından sorunsuzdur. Toprak rengi belirgin şekilde değişik tonlarda gri ve grimsi kahverengidir. Katyon değişim kapasiteleri 23.83-37.37 mek/100 gr arasında değişmektedir. Yüzey toprağı kireçsiz sınıfta yer alıyorken derinlere doğru bu değer artmakta ve orta kireçli sınıf içerisine girmektedir. Toprakların morfolojik özellikleri aşağıda, fiziksel, kimyasal ve verimlilik analiz sonuçları ise sırasıyla Tablo 4.7, 4.8 ve 4.9'da verilmiştir. Profil görünümü ise Şekil 4.3'te verilmiştir.

Profil no: 3
Sınıflandırma: Leptic
Calciustert
Arazi Kullanımı: Soya
Profil Eğim: %6-12
Drenaj: Zayıf
Erozyon: Yok
Tuzluluk: Yok

Koordinat: 4600259 m Kuzey-250007 Doğu
Fizyografya: Yamaç
Çevre arazi: Hafif dalgalı
Denizden Yükseklik: 23 m
Ana Materyal: Marn
Yüzey Taşlılık: Yok
Profil İçi Taşlılık: Çok az



<u>Horizon</u>	<u>Derinlik</u>	<u>Tanımlama</u>
Ap	0-14	Çok koyu gri 10 YR 3/1 (Kuru), Çok koyu gri 10 YR 3/1 (Nemli); kil; iri, çok kuvvetli granüler strüktür; kuru sert, nemli çok sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; az kireçli; kesin, dalgalı sınır.
Bss	14-52	Koyu gri 10 YR 4/1 (Kuru), Çok koyu gri 10 YR 3/1 (Nemli); kil; orta ve iri, çok kuvvetli yarı köşeli blok sütrüktür; kuru sert, nemli çok sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; az kireçli; belirli dalgalı sınır.
BC	52-90	Koyu gri 10 YR 4/1 (Kuru), koyu grimsi kahverengi 10 YR 4/2 (Nemli); kil; iri, kuvvetli yarı köşeli blok sütrüktür; ve masif; kuru sert, nemli çok sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; çok kireçli; belirli dalgalı sınır.
Ck	90+	Grimsi kahverengi 10 YR 5/2 (Kuru), koyu grimsi kahverengi 10 YR 4/2 (Nemli); kil; masif kuru sert, nemli dağılgan, yaş iken kaygan ve fazla plastik; çok kireçli; marn ana materyal

Şekil 4.3. Alaylı serisi örnek profil görünümü

Tablo 4.7. Alaylı serisi fiziksel analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	HA (g/cm ³)	Bünye (%)			
			Kil	Kum	Silt	Sınıf
Ap	0-14	1.67	48.95	20.52	30.53	C
Bss	14-52	1.99	51.22	18.13	30.65	C
BC	52-90	1.75	52.96	21.02	26.02	C
C _k	90+	-	59.84	16.18	23.98	C

Tablo 4.8. Alaylı serisi kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (dS/m)	Kireç (%)	O.M (%)	KDK (mek/100 gr)
Ap	0-14	7.45	0.73	3.60	3.29	35.23
Bss	14-52	7.41	0.70	3.61	3.19	37.37
BC	52-90	7.59	0.66	20.01	1.03	23.83
C _k	90+	7.63	0.59	17.98	0.60	30.04

Tablo 4.9. Alaylı serisi verimlilik analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	K ₂ O (kg/da)	P ₂ O ₅ (kg/da)	N (%)	Değişebilir Katyonlar (mek/100 gr)			
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Ap	0-14	259.02	13.94	0.28	2.12	1.65	40.01	14.34
Bss	14-52	289.25	60.81	0.28	2.34	1.76	53.47	17.07
BC	52-90	46.75	20.99	0.11	1.32	0.28	34.76	22.93
C _k	90+	40.25	76.99	0.09	1.45	0.25	39.57	21.48

4.1.4. Yörükler Serisi (Y)

Yüzeyde kil içeriğinin fazla olmasıyla killi snıfta değerlendirilen bu profilde derinlere doğru silt içeriğinin artmasıyla bünye siltli killi tına dönüşmektedir. Toprakların alt katmanları yüzey toprağına göre daha düşük pH'ya sahiptir ve pH'nın 7.56 ile 7.26 arasında değiştiğı görülmektedir. Yüzeyde toprağın organik madde içeriğı %5.38 iken derinlere doğru bu değerde azalma görülmekte ve %0.99'lara kadar düşmektedir. Topraklar tuzluluk bakımından sorunsuzdur. Toprak rengi belirgin şekilde değişik tonlarda kahverengidir. Katyon değişim kapasiteleri 23.95-31.18 mek/100 gr arasında değişmektedir. Profil içerisinde yer alan horizonlarda %5'ten daha az kireç içeriğinin olması nedeniyle kirecsiz özellik görülmektedir. Toprakların morfolojik özellikleri aşağıda, fiziksel, kimyasal ve verimlilik analiz sonuçları ise sırasıyla Tablo 4.10, 4.11 ve 4.12'de verilmiştir. Profil görünümü ise Şekil 4.4'te verilmiştir.

Profil no: 4	Koordinat: 4600719 m Kuzey-252134 Doğu
Sınıflandırma: Veric Ustifluvent	Fizyografya: Dalgalı
Arazi Kullanımı: Anızlı	
(Yamaca doğru karpuz, tabana doğru fiğ)	Çevre arazi: Düzlük
Profil Eğim: %0-2	Denizden Yükseklik: 4 m
Drenaj: Yok	Ana Materyal: Kolüvyal
Erozyon: Yok	Yüzey Taşlılık: Az
Tuzluluk: Yok	Profil İçi Taşlılık: Yok



<u>Horizon</u>	<u>Derinlik</u>	<u>Tanımlama</u>
Ap	0-23	Koyu grimsi kahverengi 10 YR 4/2 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (Nemli); kil; kuvvetli, orta granület sütrüktür; kuru sert, nemli sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; az kireçli; kesin, dalgalı sınır.
A2	23-41	Grimsi kahverengi 10 YR 5/2 (Kuru), Koyu grimsi kahverengi 10 YR 4/2 (Nemli); kil; orta, orta garnüler strüktür; kuru sert, nemli sıkı, yaş iken kaygan ve plastik; az kireçli; belirli dalgalı sınır.
C ₁	41-81	Kahverengi 10 YR 5/3 (Kuru), Kahverengi 10 YR 4/3 (Nemli); killi tın; masif; kuru hafif sert, nemli sıkı, yaş iken yapışkan ve plastik; orta, seyrek, saçak kökleri; az kireçli; çok taşlı; geçişli dalgalı sınır.
C ₂	81+	Sarımsı kahverengi 10 YR 5/4 (Kuru), kahverengi 10 YR 4/3 (Nemli); siltli killi tın; masif, kuru hafif sert, nemli gevşek, yaş iken yapışkan ve orta derecede plastik; çok kireçli; kolluvial ana materyal

Şekil 4.4. Yörükler serisi örnek profil görünümü

Tablo 4.10. Yörükler serisi fiziksel analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	HA (g/cm ³)	Bünye (%)			
			Kil	Kum	Silt	Sınıf
Ap	0-23	1.52	42.71	24.36	32.93	C
A2	23-41	1.49	40.17	24.82	35.01	C
C ₁	41-81	-	30.75	36.62	32.63	CL
C ₂	81+	-	39.97	18.22	41.81	SiCL

Tablo 4.11. Yörükler serisi kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (dS/m)	Kireç (%)	O.M (%)	KDK (mek/100 gr)
Ap	0-23	7.28	0.76	2.34	5.38	29.81
A2	23-41	7.26	1.09	1.22	2.20	31.18
C ₁	41-81	7.52	0.62	3.28	1.21	23.95
C ₂	81+	7.56	0.68	4.41	0.99	24.32

Tablo 4.12. Yörükler serisi verimlilik analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	K ₂ O (kg/da)	P ₂ O ₅ (kg/da)	N (%)	Değişebilir Katyonlar (mek/100 gr)			
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Ap	0-23	294.39	79.11	0.39	2.73	2.06	35.97	20.44
A2	23-41	35.37	17.06	0.24	1.58	0.25	36.40	13.37
C ₁	41-81	28.10	5.81	0.11	0.98	0.20	32.81	23.11
C ₂	81+	29.80	25.57	0.18	0.73	0.21	46.65	19.19

4.1.5. Kalaba-2 Serisi (Ba)

Profil boyunca bünyenin killi olduğu görülmektedir. Toprakların alt katmanları yüzey toprağına göre daha yüksek pH'ya sahiptir ve pH'nın 8.03 ile 6.36 arasında değiştiğı görülmektedir. Yüzeyde toprağın organik madde içeriğı %3.38 iken derinlere doğru bu değerde azalma görülmekte ve %0.68'lere kadar düşmektedir. Topraklar tuzluluk bakımından sorunsuzdur. Toprak rengi belirgin şekilde değişik tonlarda gri ve grimsi kahverengidir. Katyon değişim kapasiteleri 26.23-35.45 mek/100 gr arasında değişmektedir. Tüm toprak profili boyunca kireç miktarının az olduğu görülmektedir. Toprakların morfolojik özellikleri aşağıda, fiziksel, kimyasal ve verimlilik analiz sonuçları ise sırasıyla Tablo 4.13, 4.14 ve 4.15'te verilmiştir. Profil görünümü ise Şekil 4.5'te verilmiştir.

Profil no: 5	Koordinat: 4599559 m Kuzey-253507 Doğu
Sınıflandırma: Typic Haplustert	Fizyografya: Tepe üstü düzlük
Arazi Kullanımı: Karpuz	Çevre arazi: Dalgalı
Profil Eğim: %0-2	Denizden Yükseklik: 14 m
Drenaj: Yok	Ana Materyal: Bazaltik
Erozyon: Yok	Yüzey Taşlılık: Yok
Tuzluluk: Yok	Profil İçi Taşlılık: Yok



<u>Horizon</u>	<u>Derinlik</u>	<u>Tanımlama</u>
Ap	0-30	Koyu gri 10 YR 4/1 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (Nemli); kil; kuvvetli, orta ve iri granüler sütrüktür, kuru çok sert, nemli çok sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; az kireçli; kesin, dalgalı sınır.
A2	30-59	Koyu gri 10 YR 4/1 (Kuru), çok koyu gri 10 YR 3/1 (Nemli); kil; kuvvetli, orta ve iri granüler sütrüktür, kuru sert, nemli çok sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; belirli dalgalı sınır.
Bss ₁	59-81	Koyu gri 10 YR 4/1 (Kuru), çok koyu gri 10 YR 3/1 (Nemli); kil; kuvvetli, orta yarı köşeli blok sütrüktür; kuru çok sert, nemli çok sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; az kireçli; kayma yüzeyleri; belirli dalgalı sınır.
Bss ₂	81-131	Koyu gri 10 YR 4/1 (Kuru), çok koyu gri 10 YR 3/1 (Nemli); kil; kuvvetli, orta yarı köşeli blok sütrüktür; kuru çok sert, nemli çok sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; az kireçli; kayma yüzeyleri; belirli dalgalı sınır.
Ck	131+	Koyu gri 10 YR 4/1 (Kuru), çok koyu gri 10 YR 3/1 (Nemli); kil; masif; kuru çok sert, nemli çok sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; çok kireçli.

Şekil 4.5. Kalaba-2 serisi örnek profil görünümü

Tablo 4.13. Kalaba-2 serisi fiziksel analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	HA (g/cm ³)	Bünye (%)			Sınıf
			Kil	Kum	Silt	
Ap	0-30	1.52	55.55	16.07	28.38	C
A2	30-59	1.64	58.70	12.50	28.80	C
Bss1	59-88	1.44	56.47	39.62	3.91	C
Bss2	88-131	1.61	67.79	16.33	15.87	C
Ck	131+	-	75.27	20.25	4.48	C

Tablo 4.14. Kalaba-2 serisi kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (dS/m)	Kireç (%)	O.M (%)	KDK (mek/100 gr)
Ap	0-30	6.55	0.67	0.83	3.38	26.63
A2	30-59	6.36	0.73	0.86	1.55	35.45
Bss1	59-88	6.54	0.76	0.60	1.27	27.32
Bss2	88-131	7.67	0.74	3.03	1.05	26.23
Ck	131+	8.03	0.65	15.71	0.68	29.06

Tablo 4.15. Kalaba-2 serisi verimlilik analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	K ₂ O (kg/da)	P ₂ O ₅ (kg/da)	N (%)	Değişebilir Katyonlar (mek/100 gr)			
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Ap	0-30	105.79	4.74	0.43	1.38	0.74	24.56	20.03
A2	30-59	48.28	22.30	0.22	1.56	0.31	19.56	27.47
Bss1	59-88	35.58	11.53	0.15	1.84	0.26	20.74	28.14
Bss2	88-131	45.32	22.21	0.09	2.79	0.30	27.71	36.32
Ck	131+	41.70	9.65	0.07	1.33	0.28	33.57	31.71

4.1.6. Osmanbeyli Serisi (O)

Profil boyunca bünyenin killi, kumlu killi ve killi tınlı olduğu görülmektedir. Profil boyunca toprak pH'sı değişkenlik göstermektedir ve pH'nın genel olarak 6.6 ile 6.89 arasında değiştiği görülmektedir. Yüzeyde toprağın organik madde içeriği %4.16 iken derinlere doğru bu değerde azalma görülmekte ve %0.95'lere kadar düşmektedir. Topraklar tuzluluk bakımından sorunsuzdur. Toprak rengi belirgin şekilde değişik tonlarda kahverengidir. Katyon değişim kapasiteleri 19.85-25.77 mek/100 gr arasında değişmektedir. Toprakların morfolojik özellikleri aşağıda, fiziksel, kimyasal ve verimlilik analiz sonuçları ise sırasıyla Tablo 4.16, 4.17 ve 4.18'de verilmiştir. Profil görünümü ise Şekil 4.6'da verilmiştir.

Profil no: 6	Koordinat: 4602181 m Kuzey-250407 Doğu
Sınıflandırma: Typic Halustept	Fizyografya: Taban
Arazi Kullanımı: Kanola	Çevre arazi: Yamaç
Profil Eğim: %0-2	Denizden Yükseklik: 28 m
Drenaj: Orta	Ana Materyal: Kolüvyal
Erozyon: Yok	Yüzey Taşlılık: Az
Tuzluluk: Yok	Profil İçi Taşlılık: Az



<u>Horizon</u>	<u>Derinlik</u>	<u>Tanımlama</u>
Ap	0-15	Koyu grimsi kahverengi 10 YR 4/2 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (Nemli); kil; kuvvetli, orta granüler sütrüktür; kuru sert, nemli sıkı, yaş iken kaygan ve plastik; az kireçli; kesin, düz sınır.
A2	15-38	Grimsi kahverengi 10 YR 5/2 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (Nemli); kil; orta, orta granüler sütrüktür; kuru sert, nemli dağılgan, yaş iken kaygan ve plastik; az kireçli; belirli dalgalı sınır.
Bw	38-76	Koyu grimsi kahverengi 10 YR 4/2 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (Nemli); kil; kuvvetli, orta yarı köşekli blok sütrüktür; kuru sert, nemli dağılgan, yaş iken kaygan ve fazla plastik; az kireçli; belirli dalgalı sınır.
C1	76-115	Koyu grimsi kahverengi 10 YR 4/2 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (Nemli); kumlu kil; masif, kuru hafif sert, nemli sıkı, yaş iken yapışkan ve plastik; az kireçli; dalgalı, geçişli sınır.
C2	115+	Sarımsı kahverengi 10 YR 5/4 (Kuru), koyu sarımsı kahverengi 10 YR 4/4 (Nemli); killi tın; masif, kuru hafif sert, nemli gevşek, yaş iken az yapışkan ve plastik değil; az kireçli.

Şekil 4.6. Osmanbeyli serisi örnek profil görünümü

Tablo 4.16. Osmanbeyli serisi fiziksel analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	HA (g/cm ³)	Bünye (%)			
			Kil	Kum	Silt	Sınıf
Ap	0-15	1.66	43.98	21.45	34.57	C
A2	15-38	1.60	43.71	30.78	25.51	C
Bw	38-76	1.72	41.46	32.88	25.66	C
C1	76-115	-	37.48	49.66	12.86	SC
C2	115+	-	39.04	42.31	18.64	CL

Tablo 4.17. Osmanbeyli serisi kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (dS/m)	Kireç (%)	O.M (%)	KDK (mek/100 gr)
Ap	0-15	6.83	0.48	1.43	4.16	25.77
A2	15-38	6.79	0.49	0.80	1.76	23.45
Bw	38-76	6.6	0.81	1.03	1.07	20.77
C1	76-115	6.69	0.63	1.24	0.95	21.35
C2	115+	6.89	0.37	1.64	1.80	19.85

Tablo 4.18. Osmanbeyli serisi verimlilik analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	K ₂ O (kg/da)	P ₂ O ₅ (kg/da)	N (%)	Değişebilir Katyonlar (mek/100 gr)			
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Ap	0-15	541.63	88.60	0.27	1.69	3.47	20.39	14.46
A2	15-38	129.16	50.93	0.14	1.25	0.86	19.57	13.66
Bw	38-76	34.96	70.51	0.10	0.80	0.22	21.94	11.70
C1	76-115	30.86	27.81	0.10	0.87	0.19	18.52	14.96
C2	115+	23.87	12.08	0.07	0.93	0.15	18.94	13.48

4.1.7. Karaköy Serisi (K)

Profil boyunca bünye killi ve siltli killi olarak dağılmıştır. Toprakların alt katmanları yüzey toprağına göre daha yüksek pH'ya sahiptir ve pH'nın 7.74 ile 6.66 arasında değıştiğı görölmektedir. Yüzeyde toprağın organik madde içeriğı %5.46 iken derinlere doğru bu değerde azalma görölmekte ve %1.33'lere kadar düşmektedir. Topraklar tuzluluk bakımından sorunsuzdur. Toprak rengi belirgin şekilde değışik tonlarda gri ve kahverengidir. Katyon değışim kapasiteleri 23.53-49.79 mek/100 gr arasında değışmektedir. Profilde üst katmanlarda kireç oranı az iken, aşığı katmanlara doğru inildikçe bu oranın arttığı görölmektedir. Toprakların morfolojik özellikleri aşığıda, fiziksel, kimyasal ve verimlilik analiz sonuçları ise sırasıyla Tablo 4.19, 4.20 ve 4.21'de verilmiştir. Profil görünümü ise Şekil 4.7'de verilmiştir.

Profil no: 7	Koordinat: 4601112 m Kuzey-249712 m Doğı
Sınıflandırma: Vertic	Fizyografya: Tepelik
Calciustept	Çevre arazi: Dalgalı
Arazi Kullanımı: Ağıçlık	Denizden Yükseklik: 36 m
Profil Eğim: %0-2	Ana Materyal: Marn
Drenaj: Zayıf	Yüzey Taşlılık: Az
Erozyon: Yok	Profil İçi Taşlılık: Az
Tuzluluk: Yok	



<u>Horizon</u>	<u>Derinlik</u>	<u>Tanımlama</u>
A	0-13	Çok koyu gri 10 YR 3/1 (Kuru), çok koyu grimsi kahverengi 10 YR 3/2 (Nemli); kil; kuvvetli, orta ve iri granüler sütrüktür; kuru sert, nemli çok sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; orta, seyrek, kalın ve saçak kökler; orta kireçli; belirli dalgalı sınır.
Bw	13-39	Çok koyu gri 10 YR 3/1 (Kuru), çok koyu gri 10 YR 3/1 (Nemli); kil; kuvvetli, orta ve iri yarı köşeli blok sütrüktür; kuru sert, nemli çok sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; orta, seyrek, saçak kökler; az kireçli; belirli dalgalı sınır.
BCss	39-84	Çok koyu gri 10 YR 3/1 (Kuru), çok koyu gri 10 YR 3/1 (Nemli); siltli kil; masif, kuru hafif sert, nemli sıkı, yaş iken yapışkan ve plastik; orta, seyrek, saçak kökler; orta kireçli; belirli dalgalı sınır.
Ckss	84+	Grimsi kahverengi 10 YR 5/2 (Kuru), sarımsı kahverengi 10 YR 5/4 (Nemli); kil; masif kuru sert, nemli çok sıkı, yaş iken kaygan ve fazla plastik; orta kireçli; yoğun kireç taşları; marn ana materyal

Şekil 4.7. Karaköy serisi örnek profil görünümü

Tablo 4.19. Karaköy serisi fiziksel analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	HA (g/cm ³)	Bünye (%)			
			Kil	Kum	Silt	Sınıf
A	0-13	1.36	49.29	26.81	23.90	C
Bw	13-39	1.34	58.89	18.75	22.36	C
BC	39-84	1.56	42.51	16.86	40.63	SiC
Ckss	84+	-	53.00	13.97	33.03	C

Tablo 4.20. Karaköy serisi kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (dS/m)	Kireç (%)	O.M (%)	KDK (mek/100 gr)
A	0-13	7.23	0.61	6.41	5.46	49.79
Bw	13-39	6.66	0.56	1.51	3.87	45.21
BC	39-84	7.64	0.41	10.62	1.58	32.18
Ckss	84+	7.74	0.56	11.71	1.33	23.53

Tablo 4.21. Karaköy serisi verimlilik analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	K ₂ O (kg/da)	P ₂ O ₅ (kg/da)	N (%)	Değişebilir Katyonlar (mek/100 gr)			
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
A	0-13	114.90	21.88	0.29	0.90	50.28	21.07	21.07
Bw	13-39	81.45	16.59	0.27	0.65	31.43	22.51	22.51
BC	39-84	30.78	18.83	0.10	0.21	51.40	17.51	17.51
Ckss	84+	21.74	15.83	0.04	0.15	40.25	23.42	23.42

4.2. Araştırma Alanı Topraklarının Toprak Taksonomisine ve FAO/ISRIC Göre Sınıflandırılması

Çalışma alanı toprakları, arazide yapılan morfolojik çalışmaların yanı sıra laboratuvar analiz sonuçları da dikkate alınarak Yedinci Yaklaşım veya Toprak Taksonomisine (Soil Survey Staff, 2014) göre 3 ordo, 4 alt ordo, 7 büyük grup ve 7 alt grup içerisinde yerleştirilmiştir (Tablo 4.22). Araştırma alanında yer alan toprakların rutubet rejimleri ustic, sıcaklık rejimleri ise mesictir. Toprakların toprak taksonomisine göre sınıflandırılması, toprakların pedogenetik özellikleri ile üst tanı horizonları (epipedon) ve bunların altında bulunan yüzey altı tanı horizonları ve özelliklerine göre yapılmıştır. Toprakların oluşum süreci sonrasında oluşan bazı yüzey üstü ve yüzey altı tanı horizonları saptanmış ve toprak taksonomisine göre alan içerisinde açılan 7 adet profil örneğinin 1 tanesi genç olması nedeniyle Entisol, 3 tanesi Inceptisol ve 3 tanesi de yoğun kil birikimi ve vertikal özellik göstermesi nedeniyle Vertisol ordosu içerisinde sınıflandırılmıştır. Bu ordolar içerisinde %58.67 (450.447

ha) ile Inceptisoller en fazla alan kaplarken (Tablo 4.22), bunu sırasıyla % 29.8 (228.795 ha) ile Inceptisoller ve % 11.53 (88.494 ha) ile Entisoller izlemektedir. FAO/WRB (2014) göre ise Fulvisol, Cambisol ve Vertisol şeklinde sınıflandırılmıştır.

Yörükler serisi, akarsuların getirmiş olduğu ince sediment materyal üzerinde oluşmuş topraklardır. Bu serilere ait topraklar henüz herhangi bir tanı horizonunun oluşması için yeterli pedogenetik sürecin geçmemiş olması nedeniyle Entisol ordosuna, fluventik özellikler göstermesi ve fluvent toprak nem rejimine sahip olmasından dolayı ise seriler ustifluvent büyük grubuna dahil edilmiştir. Seri toprakları büyük grubun tüm özelliklerini içermeleri nedeniyle Typic ustifluvent alt grubunda sınıflandırılmışlardır. FAO/WRB (2014) sınıflama sistemine göre ise Clayic Fluvisol olarak sınıflandırılmışlardır.

Elifli, Osmanbeyli ve Karaköy serileri içerdikleri tanı horizonu ile (cambic), Entisollerden daha ileri bir toprak oluşumu göstermeleri nedeniyle Inceptisol ordosuna ve toprak nem rejiminin ustic olması sonucu ise Ustept alt ordosuna yerleştirilmişlerdir. Osmanbeyli ve Elifli serileri 100 cm derinlik içerisinde bir fragipan veya duripan içermemeleri ve aynı derinlik içerisinde calcic veya petrocalcic horizonlarının olmaması neden ile Haplustept büyük grubuna, Karaköy Serisi ise Calciustept büyük grubuna dahil edilmiştir. Karaköy serisi Vertic Calciustept olarak, Elifli ve Osmanbeyli serileri ise seri topraklarının büyük grubun tüm özelliklerini içermesi nedeniyle Typic Haplustept alt grubunda sınıflandırılmıştır. FAO/WRB (2014) sınıflama sistemine göre ise Haplic Cambisol, Calcaric Cambisol olarak sınıflandırılmıştır.

Kalaba-2, Alaylı ve Kalaba Serilerine ait topraklarda şişme özelliğindeki killerin miktarının çok fazla olmaları (profil boyunca % 50 ve daha fazla), kurak mevsimlerde yüzeyden derinlere uzanan çatlaklara sahip olmaları ve profil içerisinde yer yer kayma yüzeylerinin görülmesi nedeni ile Vertisol ordosuna yerleştirilmiştir. Seri toprakları toprak nem rejiminin ustic olması nedeni ile Ustert alt ordosu, Kalaba-2 hariç diğer iki seriye ait topraklar da zayıf vertisol gelişimi nedeni ile Haplustert büyük grubu, Kalaba-2 serisi ise 100 m derinlik içerisinde calsic horizon içermesi nedeniyle Calciustert büyük grubu altında sınıflandırılmışlardır. Alt gruplarda ise Kalaba-2 ve Kalaba serilerine ait topraklar büyük grubun tüm özelliklerini içermeleri nedeniyle Typic Haplustert ve Typic Calciustert alt grubu, Alaylı serisi ise 100 cm derinlik

içerisinde densic bir kat içermesi nedeniyle Leptic Calciustert olarak sınıflandırılmıştır. Bu seriler FAO/WRB (2014) sınıflama sistemine göre ise Haplic Vertisol, Calcaric Vertisol ve Leptic Vertisol olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 4.22. Çalışma alanı topraklarının Toprak Taksonomisi (Nachtergaele, 2001) ve FAO'ya (2014) göre sınıflandırılması ve alansal dağılımları

Seri Adı	Toprak Taksonomisi (Nachtergaele, 2001)				FAO /WRB (2014)	Alan	
	Ordo	Alt Ordo	Büyük Grup	Alt Grup		Ha	%
Yörükler	Entisol	Fluvent	Ustifluvent	Veric Ustifluvent	Clayic Fluvisol	88.49	11.53
Elifli			Haplustept	Typic Haplustept	Haplic Cambisol	95.94	12.50
Osmanbeyli	Inceptisol	Ustept	Haplustept	Typic Haplustept	Haplic Cambisol	57.00	7.42
Karaköy			Calciustept	Vertic Calciustept	Calcaric Cambisol	297.5	38.75
Kalaba-2			Haplustert	Typic Haplustert	Haplic Vertisol	65.12	8.48
Alaylı	Vertisol	Ustert	Calciustert	Leptic Calciustert	Leptic Calciustert	74.07	9.65
Kalaba			Calciustert	Typic Calciustert	Calcaric Vertisol	89.61	11.67

Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerinin bulunduğu Bafra Ovası, Kızılırmak Nehri'nin getirdiği zengin alüvyon toprakların oluşturduğu geniş bir delta ovasıdır. Bafra Ovası Karadeniz Bölgesi'nin en büyük ova düzlüğüdür. Kızılırmak, denize yakın kısımlarda birçok göl oluşturmuştur. Tarım İşletmesi'nin bulunduğu bölge holosene ait yeni alüvyon depozitlerce kaplanmıştır. Merkez işletmede bu alüvyonların aşındırması ve aşınan materyali taşınması sonucu ortaya çıkan yüksek araziler bulunmaktadır (MTA, 1974). Ayrıca, Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğüne alanın 2005 yılında yapılan toprak haritalama çalışmasına vertisol, mollisol ve entisol olarak sınıflandırılan serilere yönelik 2021 yılında yapılan güncelleme çalışmasında toprak profillerine bir seri daha eklenmiş ve mollisol olarak sınıflandırılan Yörükler serisi yoğun tarımsal uygulamalar sonucu mollic özelliğini kaybetmesi nedeniyle entisol ordosuna dahil edilmiştir.

Farklı özelliklere sahip toprakların analiz sonuçları da dikkate alınarak gerekli düzeltmeler yapıldıktan ve arazi sınırları kesinleştirildikten sonra alanın 1:25.000 ölçekli temel toprak haritası ve raporu hazırlanmıştır (Şekil 4.8). Seri bazında yürütülen toprak etüt ve haritalama çalışmalarında haritalama ünitesi olarak belirlenmiş olan toprak serileri ve bunların fazları kullanılmıştır (Tablo 4.23). Toprakların fazlara ayrılmasında gözetilen eğim, drenaj, derinlik ve üst toprak tekstürü gibi faktörler için de yine Soil Survey Staff (1993) çalışmasından yararlanılmıştır.

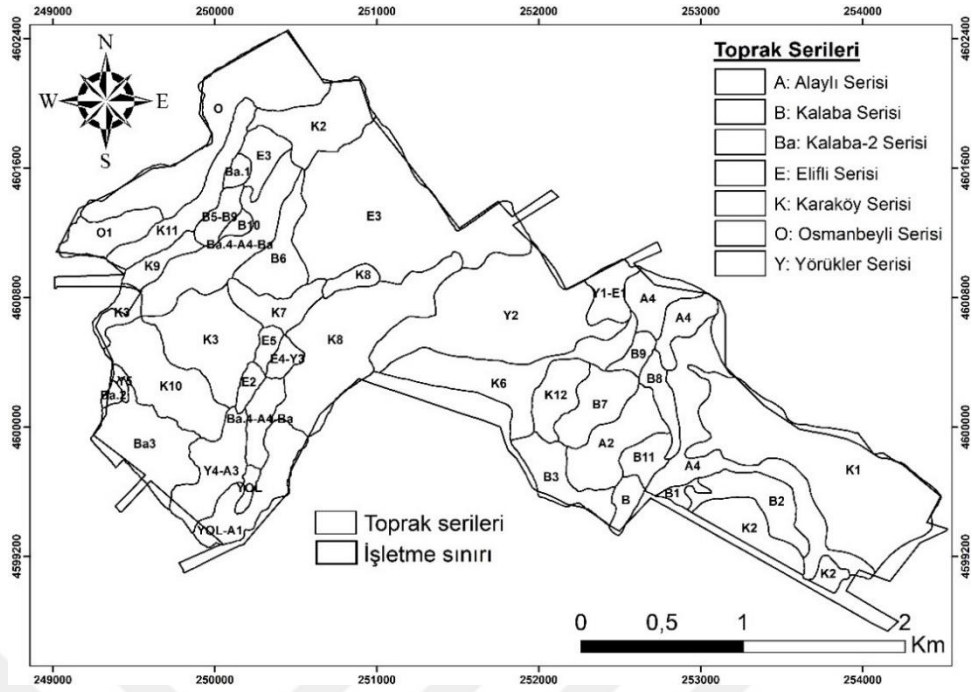


Tablo 4.23. Çalışma alanının haritalama birimleri, serileri ve fazları

Seri İsimleri	Sembol	Haritalama Birimi	Serilere ait fazlar
Kalaba	B	B11	Kalaba kumlu killi, düz düze yakın, çok sığ, yetersiz drenaj
Kalaba	B	B7	Kalaba kumlu killi, orta eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Kalaba	B	B8	Kalaba kumlu killi, orta eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Kalaba	B	B9	Kalaba kumlu killi, hafif eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Karaköy	K	K11	Karaköy killi, düz düze yakın, çok sığ, orta drenaj
Karaköy	K	K12	Karaköy killi, düz düze yakın, çok sığ, yetersiz drenaj
YOL	YOL	YOL	YOL
Alaylı	A	YOL-A1	Alaylı killi, hafif eğimli, çok sığ, yetersiz drenaj
Kalaba-2	Ba	Ba.2	Kalaba-2 killi, orta eğimli, sığ, yetersiz drenaj
Kalaba-2	Ba	Ba.4-A4	Kalaba-2 killi, düz düze yakın, sığ, yetersiz drenaj
Kalaba-2	Ba	Ba3	Kalaba-2 killi, düz düze yakın, sığ, yetersiz drenaj
Elifli	E	E2	Elifli siltli killi tın, düz düze yakın, çok sığ, yetersiz drenaj
Elifli	E	E4-Y3	Elifli siltli killi tın, düz düze yakın, çok sığ, iyi drenaj
Elifli	E	E5	Elifli siltli killi tın, dik eğim, çok sığ, iyi drenaj
Karaköy	K	K10	Karaköy killi, dik eğim, çok sığ, iyi drenaj
Karaköy	K	K3	Karaköy killi, düz düze yakın, çok sığ, fena drenaj
Karaköy	K	K3	Karaköy killi, düz düze yakın, çok sığ, iyi drenaj
Karaköy	K	K6	Karaköy killi, düz düze yakın, çok sığ, fena drenaj
Karaköy	K	K7	Karaköy killi, orta eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Karaköy	K	K8	Karaköy killi, hafif eğimli, çok sığ, yetersiz drenaj
Karaköy	K	K8	Karaköy killi, hafif eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Karaköy	K	K9	Karaköy killi, hafif eğimli, çok sığ, yetersiz drenaj
Yörükler	Y	Y1-E1	Yörükler killi, hafif eğimli, sığ, yetersiz drenaj
Yörükler	Y	Y2	Yörükler killi, düz düze yakın, sığ, iyi drenaj
Yörükler	Y	Y4-A3	Yörükler killi, düz düze yakın, sığ, iyi drenaj
Yörükler	Y	Y5	Yörükler killi, düz düze yakın, sığ, iyi drenaj
Alaylı	A	A2	Alaylı killi, hafif eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Alaylı	A	A4	Alaylı killi, düz düze yakın, çok sığ, iyi drenaj
Alaylı	A	A4	Alaylı killi, düz düze yakın, çok sığ, iyi drenaj
Alaylı	A	A4	Alaylı killi, düz düze yakın, çok sığ, yetersiz drenaj

Tablo 4.23. Çalışma alanının haritalama birimleri, serileri ve fazları (Devamı)

Seri İsimleri	Sembol	Haritalama Birimi	Serilere ait fazlar
Kalaba	B	B10	Kalaba kumlu killi, düz düze yakın, çok sığ, iyi drenaj
Kalaba	B	B5-B9	Kalaba kumlu killi, hafif eğimli, çok sığ, yetersiz drenaj
Kalaba	B	B6	Kalaba kumlu killi, düz düze yakın, çok sığ, yetersiz drenaj
Kalaba-2	Ba	Ba.1	Kalaba kumlu killi tını, düz düze yakın, sığ, iyi drenaj
Kalaba-2	Ba	Ba.4	Kalaba kumlu killi tını, hafif eğimli, sığ, iyi drenaj
Elifli	E	E3	Elifli siltli killi tın, hafif eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Elifli	E	E3	Elifli siltli killi tın, hafif eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Karaköy	K	K2	Karaköy killi, hafif eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Karaköy	K	K2	Karaköy killi, hafif eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Karaköy	K	K2	Karaköy killi, hafif eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Kalaba	B	B1	Kalaba kumlu killi tını, hafif eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Kalaba	B	B2	Kalaba kumlu killi tını, orta eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Kalaba	B	B3	Kalaba kumlu killi tını, hafif eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Karaköy	K	K1	Karaköy killi, düz düze yakın, çok sığ, orta drenaj
Osmanbeyli	O	O1	Osmanbeyli killi, orta eğimli, çok sığ, iyi drenaj
Osmanbeyli	O	O2	Osmanbeyli killi, dik eğim, çok sığ, iyi drenaj
Kalaba	B	B12	Kalaba kumlu killi tını, dik eğim, çok sığ, iyi drenaj



Şekil 4.8. Çalışma alanına ait güncelleştirilmiş toprak haritası

4.2. Yüzey ve Yüzey Altı Topraklarının Biyo-fizikokimyasal Özellikleri

Çalışma alanına ait yüzey ve yüzey altı derinliğindeki toprakların fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik toprak kalite parametrelerine yönelik tanımlayıcı istatistikleri sırasıyla Tablo 4.24 ve Tablo 4.25'te verilmiştir.

0-20 cm derinlikteki toprakların fiziksel kalite parametrelerinden tekstür dağılımı içerisinde kil %27.90-%68.90, kum %8.25-%55.41 ve silt miktarları %16.70-%44.61 arasında değişkenlik göstermektedir. Hacim ağırlığı değerleri $1.17-1.50 \text{ gr cm}^{-3}$ arasında değişmekteyken, hidrolik iletkenlik, eğim ve agregat stabilitesi değerleri ise sırasıyla 0.13-9.59 mm/sa, %1-11 ve %27.17-80.45 arasında farklılık göstermektedir. Topraklar genel olarak killi bir bünyeye sahip olup, hidrolik iletkenlikleri düşüktür. Benzer şekilde Sarı ve Sağlam, (2018) yürütmüş oldukları bir çalışmalarında, topraklarda fazla miktarda bulunan kil indikatörünün, hidrolik iletkenlik ile arasında negatif bir korelasyon ilişkisi bulunduğunu rapor etmiştir. Toprağın diğer fiziksel kalite parametrelerinden olan bitkiye yarıyışlı su kapasitesi, tarla kapasitesi ve solma noktasına ait değerler ise sırasıyla %7.87-12.40, %19.67-41.50 ve %11.80-29.10 arasında değişmektedir.

Toprakların kimyasal kalite parametrelerinden olan toprak reaksiyonu, orta asit (5.68) ve orta alkalın (7.96) arasında değişen değerlere sahiptir. Tercan vd., (2022) Karadeniz bölgesi topraklarının kalitesini çok kriterli karar verme yöntemleri ve coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanarak belirledikleri bir çalışmada, toprak örneklerinin pH değerlerinin kuvvetli asit (3.98) ile hafif alkali (7.92) arasında değişkenlik gösterdiğini tespit etmişlerdir. EC değerlerine göre çalışma alanına ait 0-20 cm derinlikteki topraklar tuzsuz olarak sınıflandırılmıştır. Benzer şekilde Özkutlu vd., (2016), Orta Karadeniz Bölgesi topraklarının birtakım fizikokimyasal özelliklerini inceledikleri bir çalışmada, bölge topraklarının büyük çoğunluğunu tuzsuz olarak sınıflandırmışlardır. Çalışma alanı topraklarının kireç değerleri %0.38 ile %18.87 arasında değişmektedir. Çalışma alanına ait organik madde değerlerinin %1 ile %8 arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Göl vd., (2017) yaptıkları bir çalışmalarında, Karadeniz Bölgesi topraklarının organik madde içeriğinin arazi kullanım türlerine göre farklılık gösterebileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle organik maddenin özellikle yüzey topraklarında (0-20 cm), oldukça geniş bir yelpazede değişkenlik gösterdiğini ifade etmişlerdir. Çalışma alanı toprakların verimlilik parametrelerinden olan kalsiyum, magnezyum ve potasyum sırasıyla 14.98-49.74 mek/100gr, 3.03-21.41 mek/100gr ve 0.09-6.07 mek/100 gr arasında değişmektedir. Toplam azot ve fosfor ise %0.05-%0.68 ve 0.46-25.21 ppm arasında değişkenlik göstermektedir. Mikro elementlerden demir, mangan, bakır ve çinko ise sırasıyla 0.16-5.94 ppm, 0.05-17.76 ppm, 0.02-1.66 ppm ve 0.12-3.96 ppm arasında değerler almaktadır. Çalışma alanı topraklarının katyon değişim kapasiteleri yüksek olup, değerler 40.79 mek/100gr ve 47.43 mek/100gr arasında değişkenlik göstermektedir. Kızılkaya vd., (2004), KDK'nın çalışma alanı topraklarında fazla olmasının nedeninin, yüksek kil yüzdesi ve organik madde ile ilişkili olabileceğini rapor etmişlerdir.

Toprakların biyolojik kalite parametrelerinden olan CO₂, qCO₂ ve MBK değerleri sırasıyla 0.22-0.53 mg/gr, 0.00-0.02 ve 18.48-85.26 mg/gr arasında farklılık göstermektedir.

Normal dağılımda basıklık katsayısı “0” kabul edilir. Pozitif değerler sivrilik, negatif değerler ise basıklığı gösterir. Analiz edilen veri setinde normal dağılımda önemli farklılıklar yok ise basıklığın -1 ile +1 arasında değişmesi beklenir. Simetrik dağılımın sağa veya sola yönelmesi çarpıklık olarak tanımlanmaktadır. Normal

dağılımda çarpıklık katsayısı, benzerlik katsayısına benzer olarak ‘‘0’’ kabul edilir. Negatif değerler sağa, pozitif değerler ise sola çarpıklığı gösterir. 0-20 cm toprak derinliğine yönelik tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.24’e göre değerlendirildiğinde kil, silt, kum, eğim, hacim ağırlığı, bitkiye yararlı su kapasitesi, tarla kapasitesi, solma noktası, hidrolik iletkenlik, EC, kireç, potasyum, mangan, CO₂ ve qCO₂ normal dağılımdan ayrılarak sivri bir yapı göstermektedir (Basıklık>1). En yüksek basıklık değeri 0-20 cm derinlikteki topraklar için 22.65 ile potasyumdan, en düşük basıklık değeri ise -0.75 ile bakırdan elde edilmiştir. 0-20 cm toprak derinliğine yönelik kalite parametrelerinin çarpıklığı incelendiği zaman ise kum, hacim ağırlığı, eğim, hidrolik iletkenlik, EC, kireç, potasyum, mangan, CO₂ ve MBK indikatörlerinin sola çarpık olduğu belirlenmiştir. En yüksek çarpıklık değeri 0-20 cm derinlikteki topraklar için 3.87 ile potasyumdan, en düşük çarpıklık değeri ise -1.12 ile tarla kapasitesinden elde edilmiştir.

Zhou vd., (2010) ve Mulla ve McBratney, (2000) VK değerinin toprak özelliklerindeki değişkenliğin açıklanmasında önemli bir unsur olduğuna dikkat çekmişlerdir. Wilding, Bouma ve Goss (1994), Mulla ve McBratney (2000) ve Sağlam (2013), %15’ten daha az olan değişkenlik katsayısının düşük değişkenli olarak sınıflandırılabilceğini, %15-30 arasındaki değişkenlik katsayısının orta seviye değişkenli ve %30’dan fazla olan değişkenlik katsayısının ise yüksek değişkenli olarak sınıflandırılabilceğini belirtmişlerdir. Hacim ağırlığı, bitkiye yararlı su kapasitesi, tarla kapasitesi, qCO₂ ve pH’nın 0-20 cm derinliğindeki topraklar için düşük VK değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Diğer yandan silt, agregat stabilitesi, kalsiyum, CO₂ ve toplam azotun VK değerlerinin orta seviyede olduğu belirlenmiştir. Toprağın fiziksel kalite parametrelerinden olan hidrolik iletkenlik ve kumun, kimyasal toprak kalite parametrelerinden EC, kireç ve organik maddenin, verimlilik parametrelerinden potasyum, fosfor, demir, mangan, bakır ve çinkonun, son olarak ise toprak biyolojik kalite parametrelerinden olan MBK’nin yüksek değişkenlik katsayısına sahip olduğu tespit edilmiştir. Wilding, Bouma ve Goss (1994), Sağlam vd., (2015), Karaca vd., (2021), statik toprak özelliklerinden olan tekstür, mineraloji, toprak kalınlığı ve toprak renginin, dinamik toprak özelliklerinden olan su içeriği, hidrolik iletkenlik, redoks potansiyeli, biyolojik aktivite, değişebilir katyonlar ve organik madde gibi toprak parametrelerine göre daha düşük bir VK değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Araştırma alanı topraklarının organik madde değerleri, arazi kullanımındaki farklılıklara atfedilebilecek yüksek bir değişkenlik ($VK > \%30$) sergilemiştir (Göl vd., 2017). Literatürdeki benzer çalışmalarda VK değerlerinin farklılık gösterebileceğine rastlanmaktadır. Örneğin Liu vd., (2014), Jincang Orman Çiftliği'nde yürüttükleri bir çalışmalarında, yüzey toprağında bulunan toprak organik maddesinin düşük değişkenli olduğunu ($VK < \%10$) rapor etmişlerdir. Dadgar vd., (2014) Tahran'ın kuzeydoğusundaki Damavand meralarında yürüttükleri bir çalışmalarında, toprak organik maddesinin (0-30 cm) yüksek değişkenlik gösterdiğini ($VK = \%50$) belirtmişlerdir. Tercan vd., (2022) yarı nemli bölgelerin CaCO_3 değerlerindeki değişkenliğinin yüksek olmasının en önemli nedenini, karbonat üretmeyen volkanik kayaların varlığı ve çalışma alanının jeolojik deseni içerisindeki kireçli karbonatın dağılım farklılığının yanı sıra, yoğun yağış etkisi ile kaba bünyeli topraklarda yıkanma sonucu meydana gelen kalsifikasyon olayı olarak görmüşlerdir. Solma noktası ve kil indikatörlerinin düşük VK değerine sahip olduğu görülmüştür. Magnezyumun ise orta seviye bir VK değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.24. 0-20 cm (yüzey) topraklarının fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri

Parametreler	Ort.	Std sapma	VK (%)	Varyans	Min	Max	Çarpıklık	Basıklık
Fiziksel parametreler								
Kil (%)	47.93	7.00	14.60	49.04	27.90	68.90	-0.44	1.19
Silt (%)	31.78	4.84	15.23	23.42	16.70	44.61	-0.23	1.39
Kum (%)	20.29	7.58	37.36	57.51	8.25	55.41	2.06	7.40
HA (gr cm ⁻³)	1.28	0.05	3.91	0.00	1.17	1.50	1.09	2.38
BYS (%)	9.82	0.80	8.15	0.64	7.87	12.40	0.86	1.88
AS (%)	49.08	11.88	24.21	141.27	27.17	80.45	0.18	-0.51
TK (%)	32.19	3.16	9.82	10.01	19.67	41.50	-1.12	3.50
SN (%)	22.37	3.23	14.44	10.41	11.80	29.10	-0.83	1.10
Hİ (mm/sa)	3.07	1.94	63.19	3.75	0.13	9.59	1.55	2.34
Eğim (%)	2.89	2.14	74.05	4.58	1.0	11.0	1.47	2.44
Kimyasal Parametreler								
pH (1:2.5)	7.21	0.52	7.21	0.27	5.68	7.96	-0.83	0.20
EC (dS m ⁻¹)	0.43	0.30	69.77	0.09	0.12	1.87	2.39	6.51
CaCO ₃ (%)	3.22	2.91	90.37	8.48	0.38	18.87	3.08	12.28
OM (%)	3.46	1.43	41.33	2.04	1.00	8.00	0.62	0.26
KDK (mek/100gr)	44.45	1.15	2.59	1.33	40.79	47.43	-0.13	0.97
Verimlilik Parametreleri								
Ca (mek/100gr)	30.50	7.43	24.36	55.17	14.98	49.74	-0.12	-0.29
Mg (mek/100gr)	12.27	3.91	31.87	15.28	3.03	21.41	-0.27	-0.59
K (mek/100gr)	0.80	0.78	97.50	0.61	0.09	6.07	3.87	22.65
Na (mek/100 gr)	0.78	0.30	38.46	0.09	0.12	1.22	0.53	0.66
TN (%)	0.31	0.10	32.26	0.01	0.05	0.68	0.24	1.65
P (mg kg ⁻¹)	8.06	5.37	66.63	28.85	0.46	25.21	0.97	0.80
Fe (ppm)	2.45	1.44	58.78	2.08	0.16	5.94	0.61	-0.62
Mn (ppm)	2.50	2.87	114.80	8.26	0.05	17.76	2.59	9.44
Cu (ppm)	0.61	0.44	72.13	0.20	0.02	1.66	0.64	-0.75
Zn (ppm)	1.32	0.95	71.97	0.91	0.12	3.96	0.67	-0.35
Biyolojik Parametreler								
CO ₂ (mg/gr)	0.32	0.07	21.88	0.00	0.22	0.53	1.45	1.74
qCO ₂	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-1.05	12.40
MBK (mg/gr)	40.63	15.97	39.31	255.11	18.48	85.26	1.18	0.54

Burada; HA: Hacim ağırlığı, BYS: Bitkiye yarıyışlı su kapasitesi, AS: Agregat stabilitesi, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, Hİ: Hidrolik iletkenlik, TN: Toplam azot, CO₂: Toprak solunumu, qCO₂: Metabolik katsayı ve MBK: Mikrobiyal biyokütle karbonu ifade etmektedir.

Çalışma alanına ait 20-40 cm derinlikteki toprakların fiziksel parametrelerinden tekstür dağılımı içerisinde kil %17.34 ile %62.01, kum %7.36 ile %74.56, silt ise %8.10 ile %43.75 arasında değişkenlik göstermektedir. Tercan vd., (2022) yaptıkları bir çalışmada benzer tekstür dağılım yüzdelelerini elde etmişlerdir. Araştırmacılar, çalışma alanı topraklarının kil içeriklerinin %14.14 ile %68.81 arasında, silt içeriklerinin %10.63 ile %41.19 arasında ve kum içeriklerinin ise %19.12 ile %69.90

arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Toprağın diğer fiziksel parametrelerinden olan eęim, hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik ve agregat stabilitesinin minimum ve maksimum değerleri ise sırasıyla %1-11, 1.19-1.58 gr cm⁻³, 0.37-14.10 mm/sa ve %27.54-80.30 olarak değişmektedir. Topraklar killi bir bünnyeye sahip olup, genel olarak dūřuk hacim ağırlığına sahiptir. Obia vd., (2018) killi topraklarda yapmış oldukları bir çalışmalarında, araştırma alanı topraklarının hacim ağırlığı değerlerinin dūřuk olduğunu bildirmişlerdir. Araştırma alanı topraklarının agregat stabilitesi değerleri genel olarak yūksektir. Bu durum, çalışma alanına ait toprakların kil oranlarının fazla olması ve organik maddenin yapıştırıcı özelliği ile agregatlaşmayı arttırmaları ile açıklanabilir (Gale et al., 2000). Haynes ve Swift, (1990) ve Chenu vd., (2000) agregat stabilitesini etkileyen etmenler arasında kilin doğrudan katkı sağlayan bir etmen olduğuna dikkat çekmişlerdir. Agregat stabilitesi değerleri, toprakların kil ve organik madde içeriği ile yakından ilişkilidir (Chenu vd., 2000). Bitkiye yararlılı su kapasitesi, tarla kapasitesi ve solma noktasının minimum ve maksimum değerleri ise sırasıyla %6.39-10.76, %13.99-38.10 ve %6.65-28.43 arasında değişmektedir.

Toprağın önemli kimyasal parametrelerinden olan organik madde değerleri %0.23 ile %4.92 arasında değişkenlik göstermektedir. Toprakların reaksiyonu, orta asit (6.05) ve orta alkalın (8.11) arasında farklılık göstermektedir. Tūm topraklar tuzsuz olup, kireç miktarları %0.37 ve %37.07 arasında değişmektedir. Tercan vd., (2022) yūrūttükleri bir çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Araştırmacılar, minimum ve maksimum EC değerleri 0.16 ve 1.37 dS m⁻¹ olan çalışma alanı topraklarını tuzsuz olarak sınıflandırmışlardır. Araştırma alanı topraklarının CaCO₃ değerlerinin %0.23 ile %43.84 arasında değiştiğini, organik madde miktarlarının ise %1.06 ile %6.14 arasında farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir. Toprakların verimlilik parametrelerinden olan kalsiyum, magnezyum ve potasyum sırasıyla 14.78-50.28 mek/100gr, 3.48-24.08 mek/100gr ve 0.06-1.97 mek/100 gr arasında değişmektedir. Toprakların azot içeriği fazla olup, %0.08 ile %0.43 arasında değişkenlik göstermekteyken, fosforun ise 0.46-20.24 ppm arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca mikro besin elementlerden demir, mangan, bakır ve çinko sırasıyla 0.34-7.38 ppm, 0.14-30.12 ppm, 0.03-2.40 ppm ve 0.10-3.93 ppm arasında değerler almaktadır. Dempster vd., (2012) ve Ye vd., (2019) topraklarda kil miktarının artması ile toplam azot miktarının da arttığını rapor etmişlerdir. Topraklar

genel olarak yüksek katyon değişim kapasitesine sahip olup, minimum ve maksimum KDK değerleri 39.84 mek/100gr ve 51.49 mek/100 gr arasında değişmektedir. Bimantara vd., (2022) nemli iklim koşullarında bazı toprak parametrelerinin mevsimsel değişkenliklerini inceledikleri bir çalışmada benzer değerler elde etmişlerdir. Araştırmacılar, alışma alanı topraklarının KDK değerlerini minimum 39.0 mek/100gr ve maksimum 54 mek/100gr arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Usowicz ve Lipiec (2021), bölgesel ölçekte toprakların bazı fizikokimyasal özelliklerini inceledikleri bir çalışmalarında, katyon değişim kapasitesi ve kil indikatörleri arasında pozitif bir korelasyon ilişkisinin bulunduğunu gözlemlemişlerdir.

Biyolojik kalite parametrelerinden olan CO₂, qCO₂ ve MBK değerleri sırasıyla 0.23-0.58 mg/gr, 0.00-0.02 ve 19.96-83.68 mg/gr arasında farklılık göstermektedir.

20-40 cm derinliğindeki toprakların tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.25'e göre değerlendirildiğinde kil, silt, kum, hacim ağırlığı, bitkiye yararılışlı su kapasitesi, tarla kapasitesi, solma noktası, hidrolik iletkenlik, eğim, EC, kireç, mangan, qCO₂, CO₂ ve potasyumun normal dağılımdan ayrılarak sivri bir yapı gösterdiği görülmektedir (Basıklık >1). Bu topraklar için en yüksek basıklık değeri 22.65 ile potasyumdan elde edilirken, en düşük basıklık değeri ise -0.75 ile bakırdan elde edilmiştir. Toprakların kimyasal parametrelerinden olan kireç 35.97 ile en yüksek basıklık değerine sahipken, organik madde -0.60 ile en düşük basıklık değerine sahiptir. Bu derinlikteki toprakların kalite parametrelerine yönelik arpıklık değerlerine göz attığımızda kum, hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik, eğim, EC, kireç, potasyum, mangan, CO₂ ve MBK indikatörlerinin sola çarpık olduğu görülmektedir. En yüksek arpıklık değeri 5.34 ile kireç indikatörüne ait iken, en düşük arpıklık değeri -2.06 ile tarla kapasitesine aittir.

Toprak kalite parametrelerinin VK değerleri incelendiğini zaman hacim ağırlığı, bitkiye yararılışlı su kapasitesi, tarla kapasitesi, qCO₂ ve pH'nın 20-40 cm toprak derinliği için düşük değişkenlik değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Diğer yandan silt, agregat stabilitesi, kalsiyum, CO₂ ve toplam azotun VK değerlerinin orta seviyede olduğu belirlenmiştir. Hidrolik iletkenlik, EC, kireç, organik madde, potasyum, fosfor, demir, mangan, bakır, inko, MBK ve kum parametrelerinin ise yüksek VK değerlerine sahip olduğu gözlemlemiştir. Solma noktası ve kil

indikatörlerinin VK değerlerinin düşük olduğu görülmüştür. Magnezyumun ise orta seviye bir VK değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.25. 20-40 cm (yüzey altı) topraklarının fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri

Parametreler	Ort.	Std sapma	VK (%)	Varyans	Min	Max	Çarpıklık	Basıklık
Fiziksel parametreler								
Kil (%)	48.98	7.62	15.56	58.01	17.34	62.01	-1.40	3.19
Silt (%)	30.72	6.18	20.12	38.25	8.10	43.75	-0.90	1.70
Kum (%)	20.31	9.76	48.06	95.32	7.36	74.56	3.23	13.69
HA (gr cm ⁻³)	1.30	0.07	5.38	0.01	1.19	1.58	1.74	3.66
BYS (%)	9.50	0.69	7.26	0.47	6.39	10.76	-1.33	4.49
AS (%)	52.90	11.67	22.06	136.27	27.54	80.30	-0.16	-0.58
TK (%)	31.96	4.03	12.61	16.27	13.99	38.10	-2.06	5.90
SN (%)	22.46	3.95	17.59	15.61	6.65	28.43	-1.41	2.76
Hİ (mm/sa)	2.33	1.79	76.82	3.22	0.37	14.10	4.41	25.32
Eğim (%)	2.89	2.14	74.05	4.58	1.0	11.0	1.47	2.44
Kimyasal Parametreler								
pH (1:2.5)	7.28	0.49	6.73	0.25	6.05	8.11	-0.54	-0.45
EC (dS m ⁻¹)	0.41	0.21	51.22	0.04	0.14	1.09	1.31	1.52
CaCO ₃ (%)	3.46	4.52	130.64	20.40	0.37	37.07	5.34	35.97
OM (%)	2.55	1.11	43.53	1.24	0.23	4.92	-0.01	-0.60
KDK (mek/100gr)	44.41	1.52	3.42	2.31	39.84	51.49	0.97	5.67
Verimlilik Parametreleri								
Ca (mek/100gr)	29.96	7.13	23.80	50.80	14.78	50.28	0.29	0.27
Mg (mek/100gr)	12.92	4.72	36.53	22.32	3.48	24.08	0.33	-0.34
K (mek/100gr)	0.52	0.41	78.85	0.17	0.06	1.97	1.40	2.22
Na (mek/100 gr)	0.79	0.33	42.07	0.11	0.09	1.60	-0.30	-0.74
TN (%)	0.27	0.08	29.63	0.01	0.08	0.43	-0.30	-0.33
P (mg kg ⁻¹)	5.92	4.35	73.48	18.91	0.46	20.24	1.36	1.55
Fe (ppm)	2.63	1.47	55.89	2.17	0.34	7.38	0.69	-0.15
Mn (ppm)	3.26	4.60	141.10	21.21	0.14	30.12	3.62	16.00
Cu (ppm)	0.66	0.51	77.27	0.26	0.03	2.40	1.09	1.14
Zn (ppm)	1.06	0.81	76.42	0.65	0.10	3.93	1.12	1.04
Biyolojik Parametreler								
CO ₂ (mg/gr)	0.31	0.06	19.35	0.00	0.23	0.58	2.36	6.54
qCO ₂	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.68	28.42
MBK (mg/gr)	31.97	12.68	39.66	160.78	19.96	83.68	1.95	3.67

Burada; HA: Hacim ağırlığı, BYS: Bitkiye yararışlı su kapasitesi, AS: Agregat stabilitesi, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, Hİ: Hidrolik iletkenlik, TN: Toplam azot, CO₂: Toprak solunumu, qCO₂: Metabolik katsayı ve MBK: Mikrobiyal biyokütle karbonu ifade etmektedir.

4.3. Çalışma alanı yüzey ve yüzey altı topraklarının biyo-fizikokimyasal ve verimlilik özelliklerinin alansal dağılımları

4.3.1. Toprakların fiziksel özelliklerine ait alansal dağılımları

Çalışma alanı içerisinde alınan 89 adet yüzey (0-20 cm) ve 89 adet yüzey altı (20-40 cm) toprak örneğinin fiziksel özelliklerine ait en uygun enterpolasyon yönteminin belirlenmesinde kullanılan RMSE değerleri sırasıyla Tablo 4.26 ve Tablo 4.27’de verilmiştir.

Yüzey topraklarının silt, kil, agregat stabilitesi (AS) ve hidrolik iletkenlik (Hİ) özellikleri için Simple (Basit) Kriging’in Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu, tarla kapasitesi (TK) ve bitkiye yararlı su kapasitesi (BYS) için Simple (Basit) Kriging’in Exponential (Üssel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu, eğim özelliğine yönelik dağılım haritasının oluşturulmasında kullanılacak en uygun modelin Radyal Tabanlı Fonksiyona (RBF) ait Spline With Tension (SWT) semivariogram modelinin olduğu ve son olarak Simple (Basit) Kriging’e ait Gaussian semivariogram modelinin solma noktasına (SN) yönelik dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılacak en uygun model olduğu tespit edilmiştir.

Yüzey altı topraklarının silt, hidrolik iletkenlik (Hİ) ve tarla kapasitesi (TK) özellikleri için Simple (Basit) Kriging’in Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken, kum ve agregat stabilitesi (AS) için Simple (Basit) Kriging’in Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu, kil için Simple (Basit) Kriging’e ait Exponential (Üssel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu, eğim özelliğine yönelik dağılım haritasının oluşturulmasında kullanılacak en uygun modelin Radyal Tabanlı Fonksiyona (RBF) ait Spline With Tension (SWT) semivariogram modelinin olduğu ve son olarak solma noktasının (SN) dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılacak en uygun modelin ise Radyal Tabanlı Fonksiyona (RBF) ait Spline With Tension (SWT) semivariogram modelinin olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.26. Yüzey (0-20 cm) topraklarına yönelik fiziksel özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

Dağılım modelleri		RMSE değerleri (%)									
		Silt	Kum	Kil	AS	HA	Hİ	TK	SN	BYS	Eğim
IDW	1	4.9406	<u>7.2218</u>	6.5195	11.6617	0.0442	1.9166	2.8500	2.9189	0.8263	1.8609
	2	4.9400	7.2797	6.4950	11.6924	0.0432	1.9410	2.8175	2.8693	0.8461	1.8604
	3	4.9820	7.3533	6.5140	11.8264	0.0427	1.9785	2.8007	2.8390	0.8711	1.8609
RBF	CRS	4.9223	7.4333	6.4956	11.7253	0.0421	1.9610	2.8095	2.8282	0.8724	1.8602
	SWT	4.9008	7.3237	6.4544	11.6291	0.0421	1.9469	2.7938	2.8249	0.8583	<u>1.8418</u>
	TPS	5.5936	8.4973	7.2012	13.9810	0.0467	2.1231	3.1743	3.1157	1.0389	2.2920
Krigingg	Ordinary	Gaussian	4.8986	7.4511	6.5135	11.5202	0.0431	1.9695	2.8434	2.8699	1.8537
		Exponential	4.9017	7.3085	6.4372	11.5376	0.0422	1.9696	2.8112	2.8287	1.8549
		Spherical	4.8623	7.4249	6.4439	11.5624	0.0429	1.9678	2.8167	2.8679	1.8537
	Simple	Gaussian	<u>4.7952</u>	7.2589	6.2988	11.3389	0.0418	1.9152	2.7310	<u>2.7539</u>	1.8534
		Exponential	4.7937	7.2462	6.3105	11.4022	<u>0.0418</u>	1.9156	<u>2.7224</u>	2.7704	<u>0.7962</u>
		Spherical	4.7792	7.2436	<u>6.2786</u>	<u>11.3260</u>	0.0422	<u>1.9120</u>	2.7348	0.7545	1.8698
	Universal	Gaussian	4.8986	7.4511	6.5135	11.5202	0.0431	1.9695	2.8434	2.8699	1.8635
		Exponential	4.9017	7.3085	6.4372	11.5376	0.0422	1.9696	2.8112	2.8287	1.8627
		Spherical	4.8623	7.4249	6.4439	11.5624	0.0429	1.9678	2.8167	2.8679	1.8625

Burada; SWT: Spline With Tension (ince eğrisel), CRS: Completely Regularized Spline (düzenlenmiş eğrisel), TPS: Thin Plate Spline, IDW: Ters Mesafe Ağırlıklandırması, RBF: Radyal Tabanlı Fonksiyon, HA: Hacim ağırlığı, BYS: Bitkiye yarayışlı su kapasitesi, AS: Agregat stabilitesi, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası ve Hİ: Hidrolik iletkenliği ifade etmektedir.

Tablo 4.27. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarına yönelik fiziksel özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

Dağılım modelleri			RMSE değerleri (%)									
			Silt	Kum	Kil	AS	HA	Hİ	TK	SN	BYS	Eğim
IDW	1		6.1117	9.4121	6.9184	11.3545	0.0475	1.7357	3.6633	3.6042	0.6787	1.8609
	2		6.1432	9.5158	6.8189	11.4443	0.0477	1.7983	3.6156	3.5332	0.6930	1.8604
	3		6.2106	9.6856	6.8042	11.6272	0.0483	1.8640	3.6116	3.5094	0.7084	1.8609
RBF	CRS		6.1559	9.8899	6.8501	11.7026	0.0486	1.9408	3.6467	3.5184	0.7212	1.8602
	SWT		6.0838	9.6684	6.7904	11.5573	0.0479	1.8710	3.6098	3.5009	0.7045	1.8418
	TPS		7.1307	11.9893	8.0203	13.6650	0.0556	2.5320	4.2730	4.0410	0.8749	2.2920
Krigingg	Ordinary	Gaussian	6.0877	9.3396	6.7937	11.5016	0.0483	1.7389	3.6050	3.5155	1.8537	1.8537
		Exponential	6.0974	9.4947	6.7972	11.5153	0.0482	1.8531	3.6137	3.4982	1.8549	1.8549
		Spherical	6.0907	9.3958	6.7582	11.5009	0.0474	1.7869	3.5898	3.4915	1.8537	1.8537
	Simple	Gaussian	6.0161	9.3111	6.7004	11.2524	0.0457	1.7297	3.5437	3.4803	1.8534	1.8534
		Exponential	6.0090	9.3328	6.6998	11.2713	0.0458	1.7697	3.5437	3.4730	1.8637	1.8637
		Spherical	6.0170	9.2568	6.7140	11.2287	0.0457	1.7408	3.5452	3.4835	1.8698	1.8698
	Universal	Gaussian	6.0877	9.3396	6.7937	11.5016	0.0483	1.7389	3.6050	3.5155	1.8635	1.8635
		Exponential	6.0974	9.4947	6.7972	11.5153	0.0482	1.8531	3.6137	3.4982	1.8627	1.8627
		Spherical	6.0907	9.3958	6.7582	11.5009	0.0474	1.7869	3.5898	3.4915	1.8625	1.8625

Burada; SWT: Spline With Tension (ince eğrisel), CRS: Completely Regularized Spline (düzenlenmiş eğrisel), TPS: Thin Plate Spline, IDW: Ters Mesafe Ağırlıklandırması, RBF: Radyal Tabanlı Fonksiyon, HA: Hacim ağırlığı, BYS: Bitkiye yarayırlı su kapasitesi, AS: Agregat stabilitesi, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası ve Hİ: Hidrolik iletkenliği ifade etmektedir.

4.3.1.1. Toprakların tekstür dağılım özellikleri

Sürdürülebilir bir üretim için tarımsal faaliyetlerin planlanması (Hillel, 2013), yetiştirilecek mahsule uygun bir gelişme ortamının oluşturulması, bitki besin elementlerinin elverişliliği, suyun infiltrasyonu ve toprak içerisindeki hareketinde mühim bir rol oynayan toprak tanecikleri arasındaki adhezyon ve kohezyon kuvvetlerine olan etkileri gibi (White, 2005) çeşitli rolleri açısından toprak tekstürünün önemi yadsınamayacak derecede önemlidir.

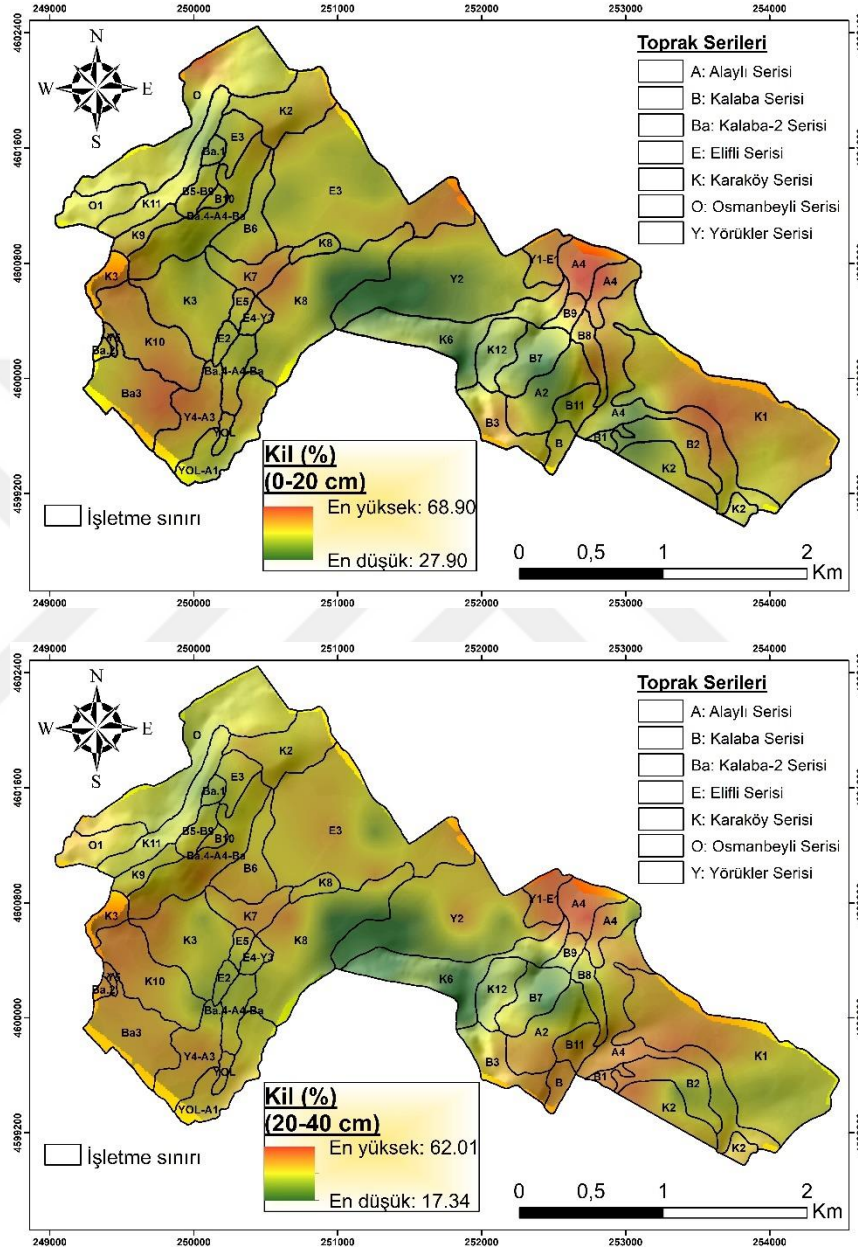
Toprak kalitesinin en önemli göstergelerinden biri olarak bilinen (Blanco-Canqui ve Lal, 2008) kil mineralojisi toprak sisteminin önemli bir bileşeni olup, bir toprağın kil mineralojisi hakkında bilgi sahibi olmak, gübre yönetim uygulamaları ve sürdürülebilir toprak yönetiminin sağlanması bakımından önem arz eder. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) topraklarına ait kil miktarları %27.90 ile %68.90 arasında değişiklik gösterirken, yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait kil miktarlarının ise %17.34 ile %62.01 arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma alanı yüzey ve yüzey altı topraklarının kil miktarlarının alan içerisindeki oransal dağılımları Tablo 4.28’de verilmiştir. Bu tabloya göre yüzey toprak örneklerinin %85.39’u yüksek ve çok yüksek kil oranına sahipken; yüzey altı toprak örneklerinin %88.89’unun yüksek ve çok yüksek, %2.22’sinin ise düşük ve çok düşük kil oranına sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 4.28. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının kil dağılımları

Toprak özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Yüzey (0-20 cm)		Yüzey altı (0-40 cm)	
			Örnek sayısı	%	Örnek sayısı	%
Kil (%)	< 10	Çok düşük	0	0.00	0	0.00
	10-25	Düşük	0	0.00	2	2.22
	25-40	Orta	13	14.61	8	8.89
	40-50	Yüksek	43	48.31	34	37.78
	>50	Çok yüksek	33	37.08	46	51.11

Çalışma alanı yüzey toprak örneklerinde kil oranlarının dağılım haritalarının oluşturulmasında 6.2786 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging’ e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.26), yüzey altı toprak örneklerinde kil oranlarının dağılım haritalarının

oluşturulmasında ise 6.6998 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Exponential (üsnel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.27). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait kil miktarlarının alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının % kil dağılım haritaları

Şekil 4.9'a göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait kil değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği

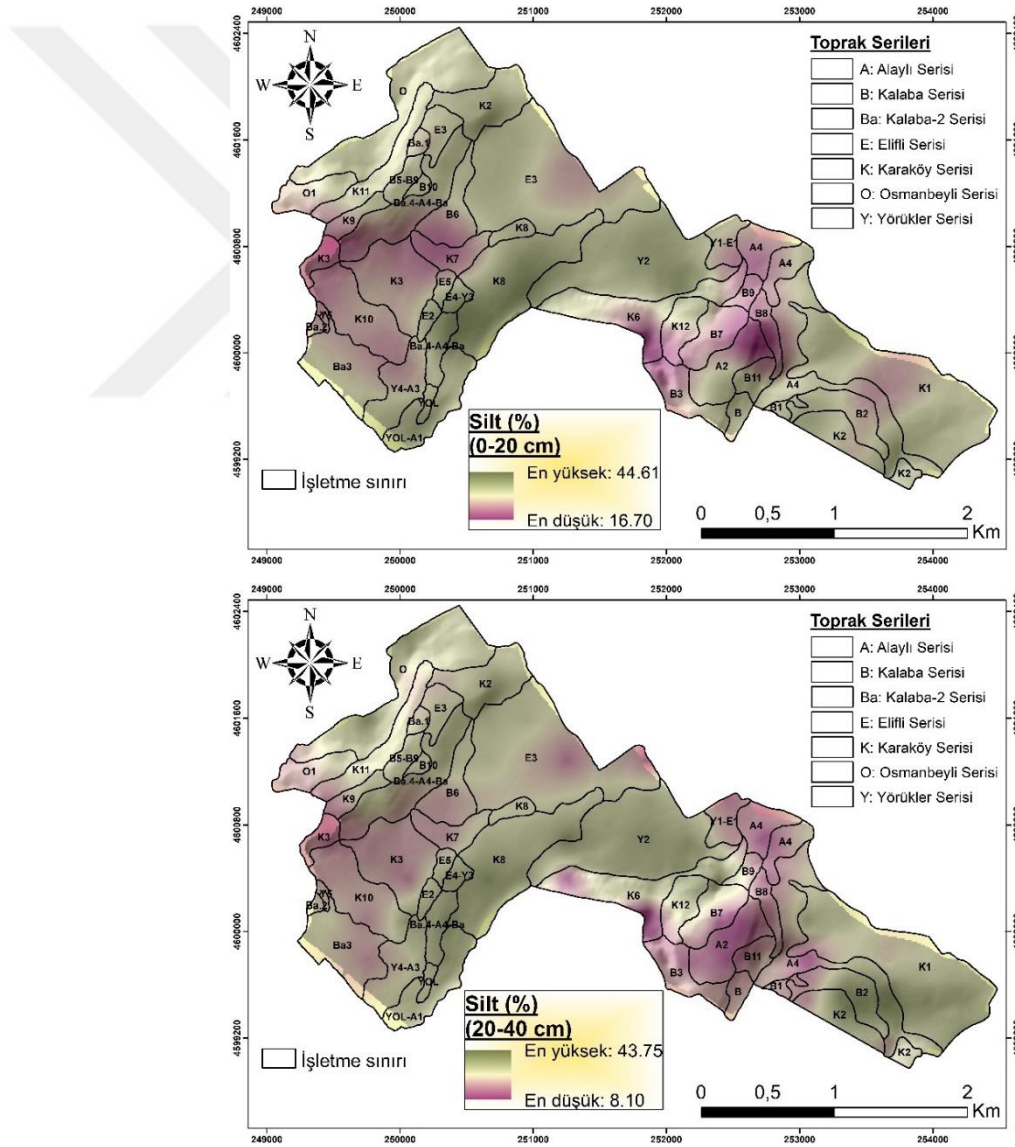
görülürken; merkeze yakın güney doğu kesimlerinde yer alan Yörükler serisine ait Y2 haritalama birimi, Kalaba serisine ait B7 haritalama birimi ve Karaköy serisine ait K6, K12 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait kil değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının Alaylı serisine ait A4 haritalama birimi ile Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; merkeze yakın güney doğu kesimlerinde yer alan Kalaba serisine ait B7 haritalama birimi ile Karaköy serisine ait K6, K12 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Önemli toprak fiziksel özelliklerinden biri olan toprak tekstürü içerisinde yer alan silt, kum ve kil oranına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) topraklarına ait silt miktarları %16.70 ile %44.61 arasında değişiklik gösterirken, yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait silt miktarlarının ise %8.10 ile %43.75 arasında farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanı yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine silt değerlerinin çalışma alanı içerisindeki oransal dağılımları Tablo 4.29'da verilmiştir. Bu tabloya göre yüzey toprak örneklerinin %4.49'u yüksek ve çok yüksek, %5.62'si ise düşük ve çok düşük silt oranına sahipken; yüzey altı toprak örneklerinin %2.22'sinin yüksek ve çok yüksek, %15.55'inin ise düşük ve çok düşük silt oranına sahip olduğu görülmektedir. Çalışma alanı yüzey toprak örneklerinde silt oranlarının dağılım haritalarının oluşturulmasında 4.7952 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.26), yüzey altı toprak örneklerinde silt oranlarının dağılım haritalarının oluşturulmasında ise 6.0090 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Exponential (Üssel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.27).

Tablo 4.29. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının silt dağılımları

Toprak özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Yüzey (0-20 cm)		Yüzey altı (20-40 cm)	
			Örnek sayısı	%	Örnek sayısı	%
Silt (%)	< 10	Çok düşük	0	0.00	1	1.11
	10-25	Düşük	5	5.62	13	14.44
	25-40	Orta	80	89.89	74	82.22
	40-50	Yüksek	4	4.49	2	2.22
	>50	Çok yüksek	0	0.00	0	0.00

Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait silt miktarlarının alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının silt (%) dağılım haritaları

Şekil 4.10'a göre, yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait silt değerleri, çalışma alanının merkeze yakın kuzey doğu kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K8, Kalaba ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimlerinde, Elifli ve Yörükler serilerine ait E4-Y3 haritalama birimlerine doğru artan bir eğilim gösterirken; çalışma alanının merkeze yakın batı ve doğu kesimlerinde bulunan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimi, Kalaba serisine ait B3, B7, B8 ve B9 haritalama birimleri ile Karaköy serisine ait K6 ve K12 haritalama birimleri ve çalışma alanının kuzey doğusunda yer alan Karaköy serisine ait K7 haritalama birimi ile Kalaba serisine ait B6 haritalama birimlerinde azalan bir eğilim göstermektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait silt değerleri ise genellikle çalışma alanının güneybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K2 ile Kalaba serisine ait B2 haritalama birimlerinde artan bir eğilim gösterirken; Alaylı serisine ait A4 haritalama birimi, Kalaba serisine ait B3, B7, B8 ve B9 haritalama birimleri ile Karaköy serisine ait K6 ve K12 haritalama birimleri ve çalışma alanının kuzey doğusunda yer alan Karaköy serisine ait K7 haritalama birimi ile Kalaba serisine ait B6 haritalama birimlerinde azalan bir eğilim göstermektedir.

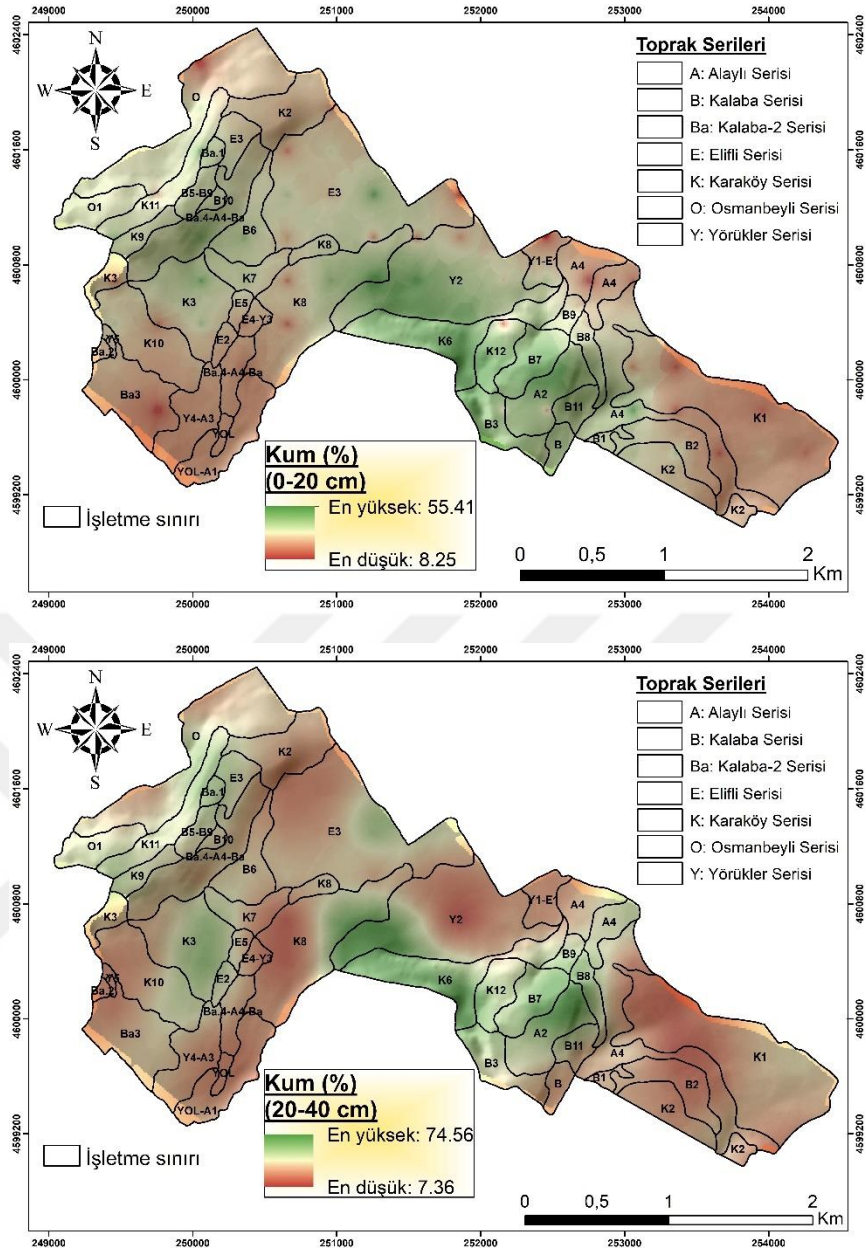
Düşük kil, organik madde, besin ve su içeriğine sahip olması nedeniyle kumlu topraklar verimsiz topraklar olarak nitelendirilmektedir. Kumlu toprakların fiziksel özellikleri (hacim ağırlığı, gözeneklilik vb.), tanecik boyutu, kil tipi, doğal süreçler (biyolojik aktivite) veya antropojenik (toprak işleme) nedenlerle büyük ölçüde değişime uğrar (Bruand vd., 2005). Kumlu topraklar genellikle yüksek hidrolik iletkenlik, gaz geçirgenliği ve özgül ısıya sahip olmakla beraber, düşük tarla kapasitesi, sürekli solma noktası, organik karbon konsantrasyonu ve katyon değişim kapasitesine sahiptir. Kumlu topraklarda mahsul verimliliğini korumaya yönelik inorganik ve organik gübrelerin kullanımı ile sulamanın önemi büyüktür (Saffigna vd., 1977; Kraft vd., 2012). Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) topraklarına ait kum miktarları %8.25 ile %55.41 arasında değişiklik gösterirken, yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait kum miktarlarının ise %7.36 ile %74.56 arasında farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanı yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin kum değerlerinin çalışma alanı içerisindeki oransal dağılımları Tablo 4.30'da verilmiştir. Bu tabloya göre yüzey toprak örneklerinin %2.25'i yüksek ve çok yüksek, %83.15'i ise düşük ve çok düşük kum oranına sahipken; yüzey altı toprak örneklerinin %2.22'sinin yüksek ve çok

yüksek, %78.89'unun ise düşük ve çok düşük kum oranına sahip olduğu görülmektedir. Çalışma alanı yüzey toprak örneklerinde kum oranlarının dağılım haritalarının oluşturulmasında 7.2218 RMSE değeri ile IDW'nin 1. kuvvetinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.26), yüzey altı toprak örneklerinde kum oranlarının dağılım haritalarının oluşturulmasında ise 9.2568 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.27).

Tablo 4.30. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının kum dağılımları

Toprak özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Yüzey (0-20 cm)		Yüzey altı (20-40 cm)	
			Örnek sayısı	%	Örnek sayısı	%
Kum (%)	< 10	Çok düşük	3	3.37	2	2.22
	10-25	Düşük	71	79.78	69	76.67
	25-40	Orta	13	14.61	16	17.78
	40-50	Yüksek	0	0.00	0	0.00
	>50	Çok yüksek	2	2.25	2	2.22

Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait kum miktarlarının alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının kum (%) dağılım haritaları

Şekil 4.11'deki verilere göre, yüzey (0-20 cm) toprak örneklerinin çoğunlukla Kalaba serisine ait B7 haritalama birimi ile Karaköy serisine ait K6 ve K12 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği gözlenir. Ancak, çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimleri ile çalışma alanının kuzeybatı kesimlerinde yer alan haritalama birimleri hariç diğer kesimlerinde azalan yönde bir özellik göstermektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerinin ise genellikle çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde bulunan Kalaba serisine ait B7 haritalama birimi ile Karaköy serisine ait K6 ve K12 haritalama birimlerinde artan

yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Bununla birlikte, çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K8 haritalama birimi ile çalışma alanının güney doğusunda yer alan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimi ve Kalaba serisine ait B2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik göstermektedir.

4.3.1.2. Toprakların hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik ve agregat stabilitesi dağılım özellikleri

Hacim ağırlığı, kompaksiyon ve toprağın diğer birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliği ile ilişkili olan önemli bir faktörü olarak kabul edilir. Bir toprağın hacim ağırlığı, toprağın strüktürel koşullarına göre değişkenlik gösteren dinamik bir özelliktir. Hacim ağırlığı genel olarak, organik madde içeriği, gözeneklilik ve sıkışmadaki değişkenliklere bağlı olup, profil derinliği ile birlikte bir artış göstermektedir (Chaudhari vd., 2013).

Toprakta suyun akışını ve çözünmüş besin maddelerinin taşınmasını kontrol eden temel faktörlerden biri olan hidrolik iletkenlik, yüzeysel akış ve infiltrasyon kapasitesi gibi toprakta suyun akışına etki eden faktörlerin tanımlanmasında, sulama ve drenaj sistemlerinin tasarlanması ve modellenmesinde göz önünde bulundurulması önemli bir parametredir (Bagarello vd., 2005). Toprağın hidrolik özellikleri genel olarak toprak tekstüründen, hacim ağırlığından, toprak strüktüründen ve organik madde içeriğinden etkilenir (Bagarello ve Sgroi, 2007; Petersen vd., 2008).

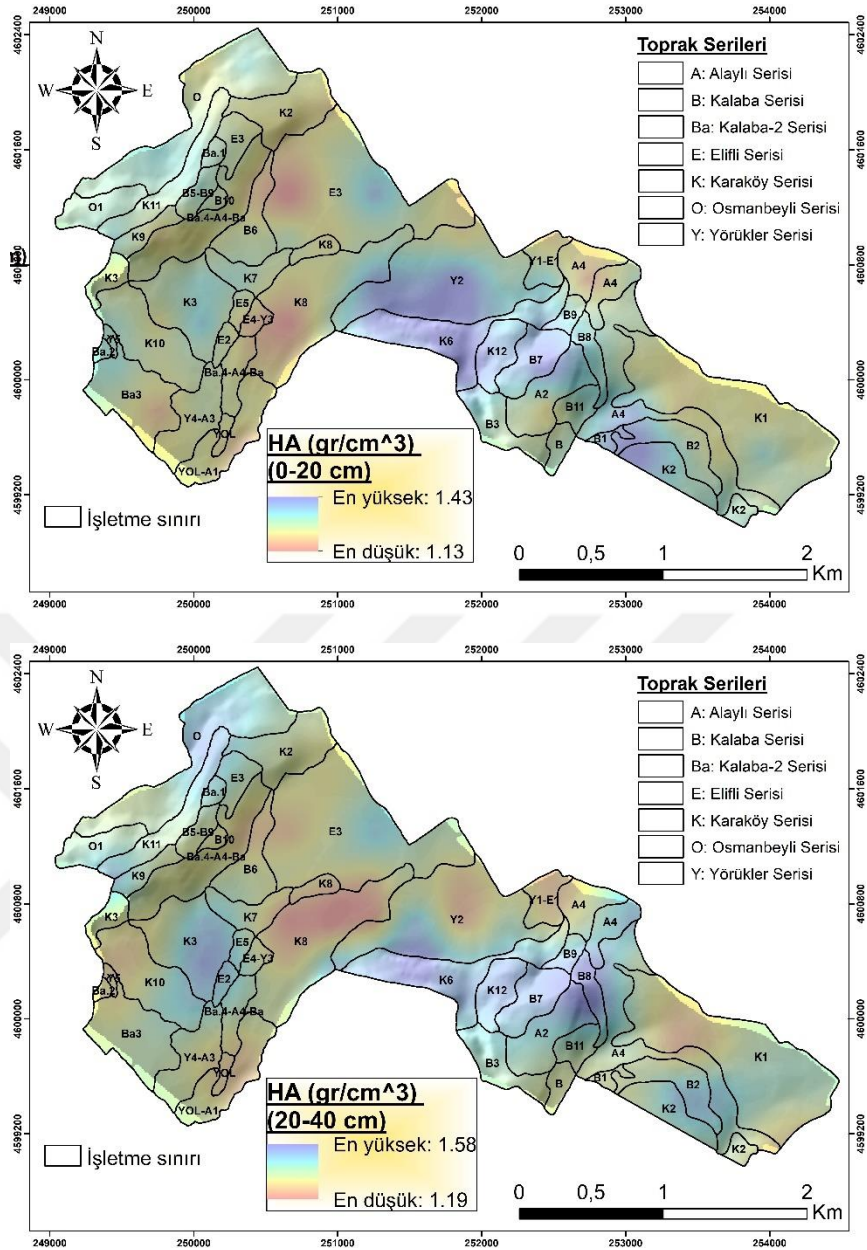
Agregat stabilitesi ise, infiltrasyon, toprağın havalanması ve kök penetrasyon direnci gibi farklı fiziksel özelliklerin sürdürülebilmesinde doğrudan ve dolaylı olarak çok önemli bir rol oynar (Nimmo, 2004; Turgut ve Köse, 2016; Xue vd., 2019). Buna ek olarak, agregat stabilitesinin, suyun topraktaki hareketi ve tutulma kapasitesi, erozyon, biyolojik aktivite ve mahsul gelişimi üzerindeki etkisi de göz ardı edilmemelidir (Am'ezketa, 1999). Bu nedenle, farklı mekânsal ölçeklerde toprak agregatlarının dinamik değişkenliklerini tam olarak anlayabilmek uygun bir arazi yönetimi için gereklidir (Zhang ve Horn, 2001).

Çalışma alanı yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik ve agregat stabilitesi değerlerinin çalışma alanı içerisindeki oransal dağılımları Tablo 4.31'de verilmiştir.

Tablo 4.31. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik ve agregat stabilitesi dağılımları

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Yüzey (0-20 cm)		Yüzey (20-40 cm)	
		Örnek Sayısı	%	Örnek Sayısı	%
HA (gr/cm ³)	1.0-1.20	2	2.25	1	1.11
	1.2-1.4	83	93.26	83	92.22
	1.4-1.6	4	4.49	6	6.67
	1.6-1.8	0	0.00	0	0.00
	>1.8	0	0.00	0	0.00
Hİ (mm/h)	< 1.25 (Çok yavaş)	6	6.74	0	0.00
	1.25-5.0 (Yavaş)	68	76.40	88	97.78
	5.0-20.0 (Orta yavaş)	15	16.85	2	2.22
	20.0-62.5 (Orta)	0	0.00	0	0.00
	62.50-250.0 (Orta hızlı)	0	0.00	0	0.00
	> 250.0 (Çok hızlı)	0	0.00	0	0.00
AS (%)	< 10 (çok düşük)	0	0.00	0	0.00
	10-20 (düşük)	0	0.00	0	0.00
	20-30 (orta)	5	5.62	1	1.11
	> 30 (yüksek)	84	94.38	89	98.89

Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) topraklarına ait hacim ağırlığı değerleri %1.13 ile %1.43 arasında değişiklik gösterirken, yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait hacim ağırlığı değerlerinin ise %1.19 ile %1.58 arasında farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanı yüzey toprak örneklerinde hacim ağırlığı değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 0.0418 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.26), yüzey altı toprak örneklerinde hacim ağırlığı değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 0.0457 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.27). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait hacim ağırlığı değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.12'de verilmiştir.

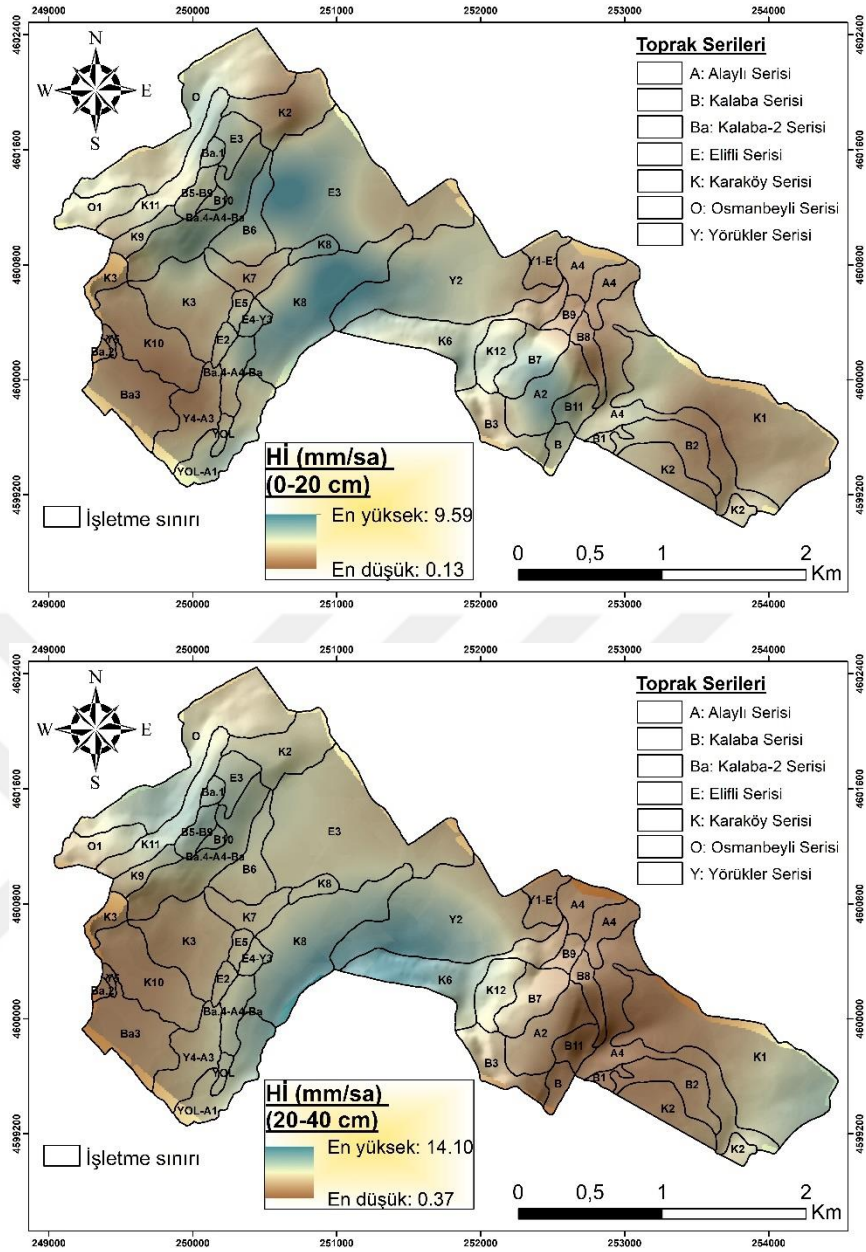


Şekil 4.12. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının hacim ağırlığı (HA) (gr/cm³) dağılım haritaları

Şekil 4.12'ye göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait HA değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Yörükler serisine ait Y2 haritalama birimi, Karaköy serisine ait K6 haritalama birimi, Kalaba serisine ait B7 haritalama birimi ve Kalaba serisine ait B2 ve Karaköy serisine ait K2 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K8 haritalama birimi ile çalışma alanının kuzey doğusunda yer alan Elifli serisine ait E3

haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait HA değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Kalaba serisine ait B7 ve B8 haritalama birimleri ile Karaköy serisine ait K6 ve K12 haritalama birimleri ve çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K3 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K8 haritalama biriminin azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı yüzey topraklarına ait hidrolik iletkenlik değerleri 0.13 mm/sa ile 9.59 mm/sa arasında değişiklik gösterirken, yüzey altı topraklarına ait hidrolik iletkenlik değerlerinin ise 0.37 mm/sa ile 14.10 mm/sa arasında farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanı yüzey toprak örneklerinde hidrolik iletkenlik değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında 1.9120 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.26), yüzey altı toprak örneklerinde hidrolik iletkenlik değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 1.7297 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.27). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait hidrolik iletkenlik değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.13'te verilmiştir.

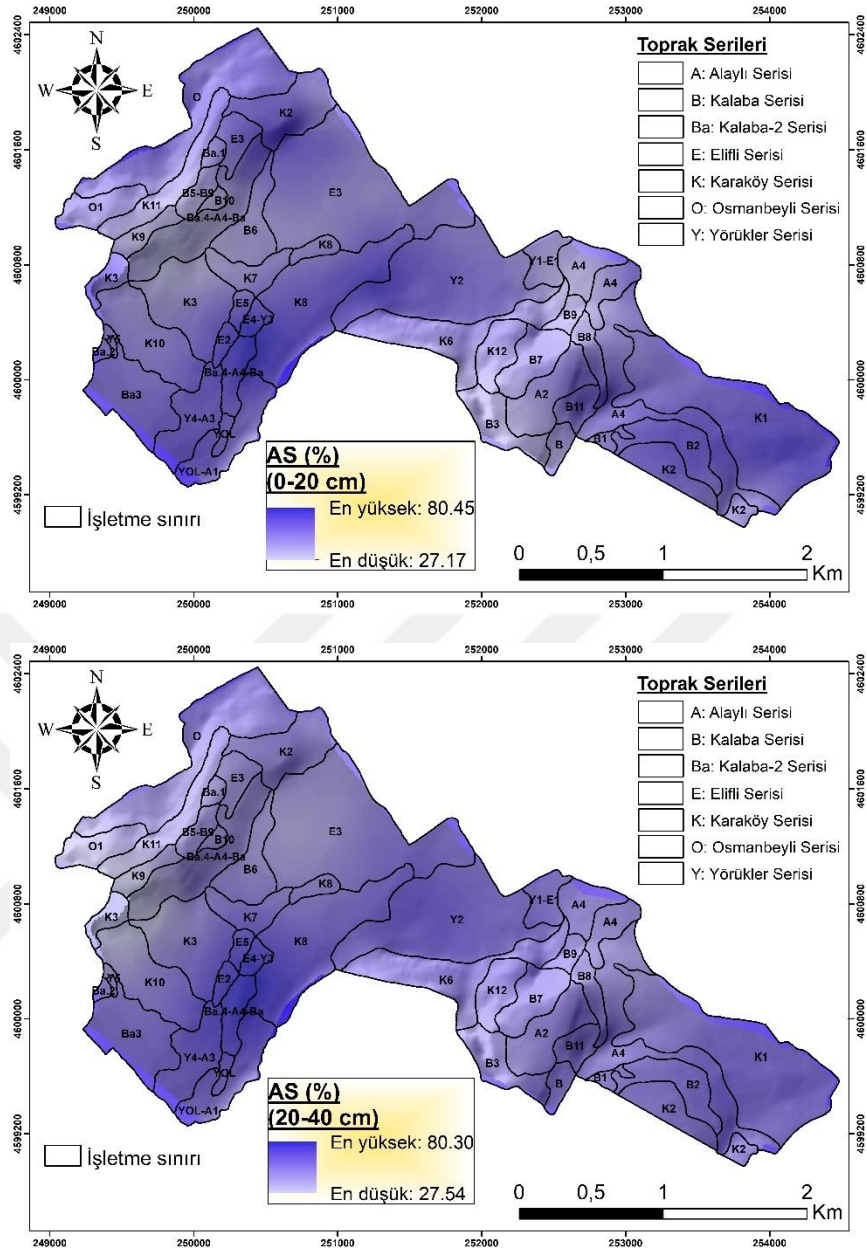


Şekil 4.13. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının hidrolik iletkenlik (Hİ) (mm/sa) dağılım haritaları

Şekil 4.13'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait Hİ değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K8 haritalama birimi ile merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Kalaba serisine ait B7, Alaylı serisine ait A2 ve çalışma alanının kuzey doğusunda bulunan Elifli serisine ait E3 ile Kalaba serisine ait B6 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde yer alan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3

haritalama birimleri ile Karaköy serisine ait K10 haritalama birimi, çalışma alanının kuzey doğusunda yer alan Karaköy serisine ait K2 haritalama birimi ve çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimi ile Kalaba serisine ait B2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait Hİ değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesiminde bulunan Yörükler serisine ait Y2 ile Karaköy serisine ait K6 haritalama birimleri ve merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine K8 haritalama birimi ile çalışma alanının kuzeyinde yer alan Kalaba serisine ait Ba.1 ile B5-B9 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güney doğu ve güneybatı kesimlerinde bulunan Kalaba serisine ait B, B1, B8, B9, B11 haritalama birimleri, Alaylı serisine ait A4 haritalama birimi ile Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 haritalama birimleri ve çalışma alanının kuzeybatısında bulunan Kalaba-2 serisine ait Ba.2 ve Ba3 haritalama birimleri ile Yörükler serisine ait Y5 ve Karaköy serisine ait K10 haritalama biriminin azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı yüzey topraklarına ait agregat stabilitesi değerleri %27.17 ile %80.45 arasında değişiklik gösterirken, yüzey altı topraklarına ait agregat stabilitesi değerlerinin ise %27.54 ile %80.30 arasında farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanı yüzey toprak örneklerinde agregat stabilitesi değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında 11.3260 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.26), yüzey altı toprak örneklerinde agregat stabilitesi değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 11.2287 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.27). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait agregat stabilitesi değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının agregat stabilitesi (AS) (%) dağılım haritaları

Şekil 4.14'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait AS değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde bulunan Yörükler ve Elifli serilerine ait E4-Y3 haritalama birimleri, çalışma alanının güneyinde bulunan Kalaba serisine ait B2 ile Karaköy serisine ait K1 haritalama birimleri ve çalışma alanının kuzeyinde bulunan Osmanbeyli serisine ait O haritalama biriminin artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Kalaba serisine ait B5-B9, B10 ve Ba.4-A4-Ba haritalama

birimleri ile çalışma alanının merkeze yakın güney doğusunda bulunan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimi, Kalaba serisine ait B9 haritalama birimi ile çalışma alanının merkezinin yakın güney kısmında yer alan Karaköy serisine ait K6 ve K12 ile Kalaba serisine ait B3 ve B7 haritalama birimleri ve çalışma alanının batısında yer alan Osmanbeyli serisine ait O1 haritalama birimi ile Karaköy serisine ait K11 haritalama biriminin azalan yönde bir özellik gösterdiği tespit edilmiştir.

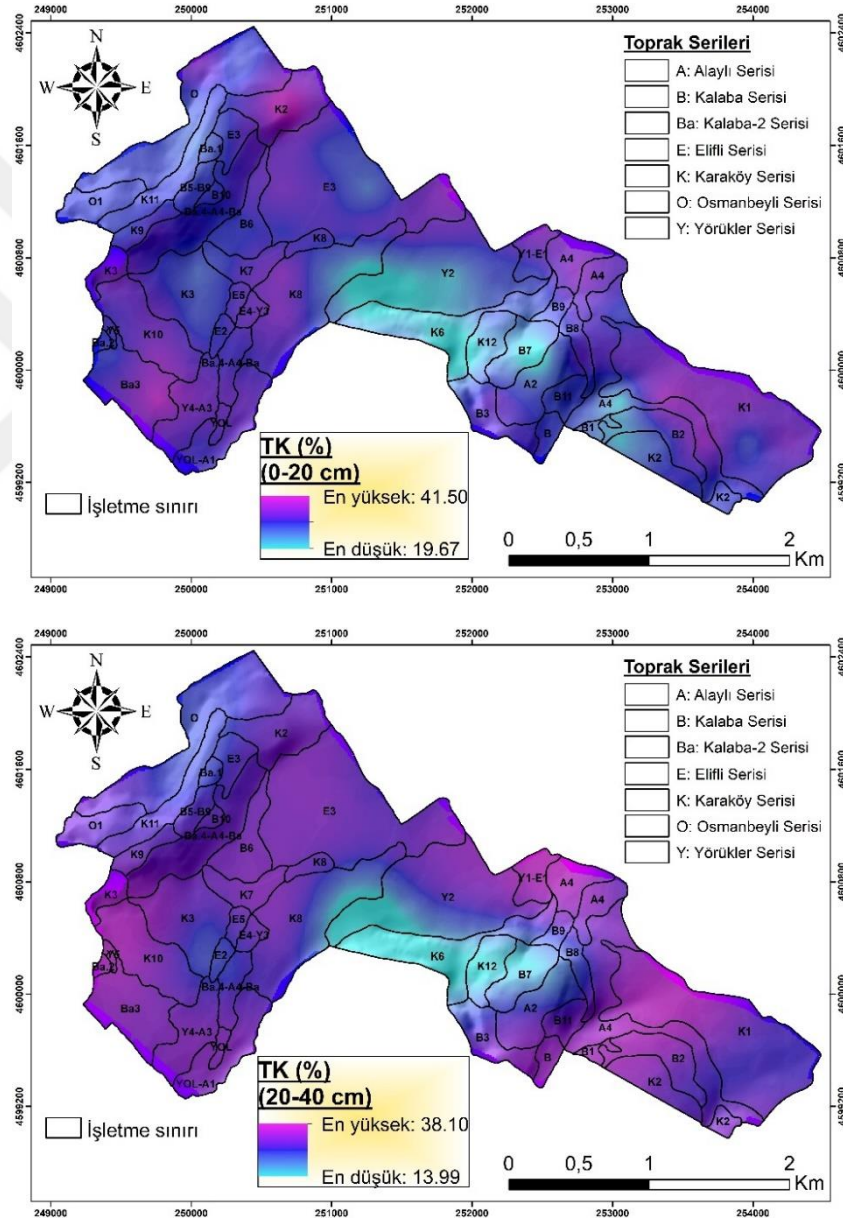
Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait AS değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının kuzeybatısında bulunan Elifli ve Yörükler serilerine ait E4-Y3 haritalama birimleri ile Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkezine yakın güney kısmında yer alan Karaköy serisine ait K3 ve K10 haritalama birimleri ile çalışma alanının kuzey doğusunda bulunan Elifli serisine ait E3 haritalama birimi ve Karaköy serisine ait K8 haritalama biriminin azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

4.3.1.3. Toprakların tarla kapasitesi, solma noktası ve bitkiye yarayışlı su dağılım özellikleri

Tarla kapasitesi ve solma noktası, su ve çözünmüş madde taşınımının modellenmesi (Rab vd., 2011), en iyi sulama zamanı ve miktarının hesaplanması (JafarNejadi vd., 2012), topraktaki su miktarının belirlenmesi ve biyofiziksel modellerin oluşturulması gibi birçok alanda önemli bir rol oynayan hidrolik özelliklerdendir (Gülser ve Candemir, 2014). Tarla kapasitesi, toprak suyla doymuş hale getirildikten iki veya üç gün sonra toprak taneciklerinin yerçekimine karşı tuttuğu su miktarı olarak tanımlanır. Solma noktası ise, bitkilerin topraktan artık suyu çekemediği ve bu nedenle solduğu andaki toprakta tutulan su içeriği olarak tanımlanır. Bitkiye yarayışlı su kapasitesi (BYS) ise, tarla kapasitesi ve solma noktası arasında toprağın tutabildiği su miktarı olarak tanımlanır. Toprak-su dengesinin hesaplanması, kuraklık tespiti, ekim zamanının belirlenmesi ve sulama projelerinin uygulanmasında BYS parametresinden yararlanılmaktadır.

Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) topraklarına ait tarla kapasitesi değerleri %19.67 ile %41.50 arasında değişiklik gösterirken, yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait tarla kapasitesi değerinin ise %13.99 ile %38.90 arasında farklılık gösterdiği

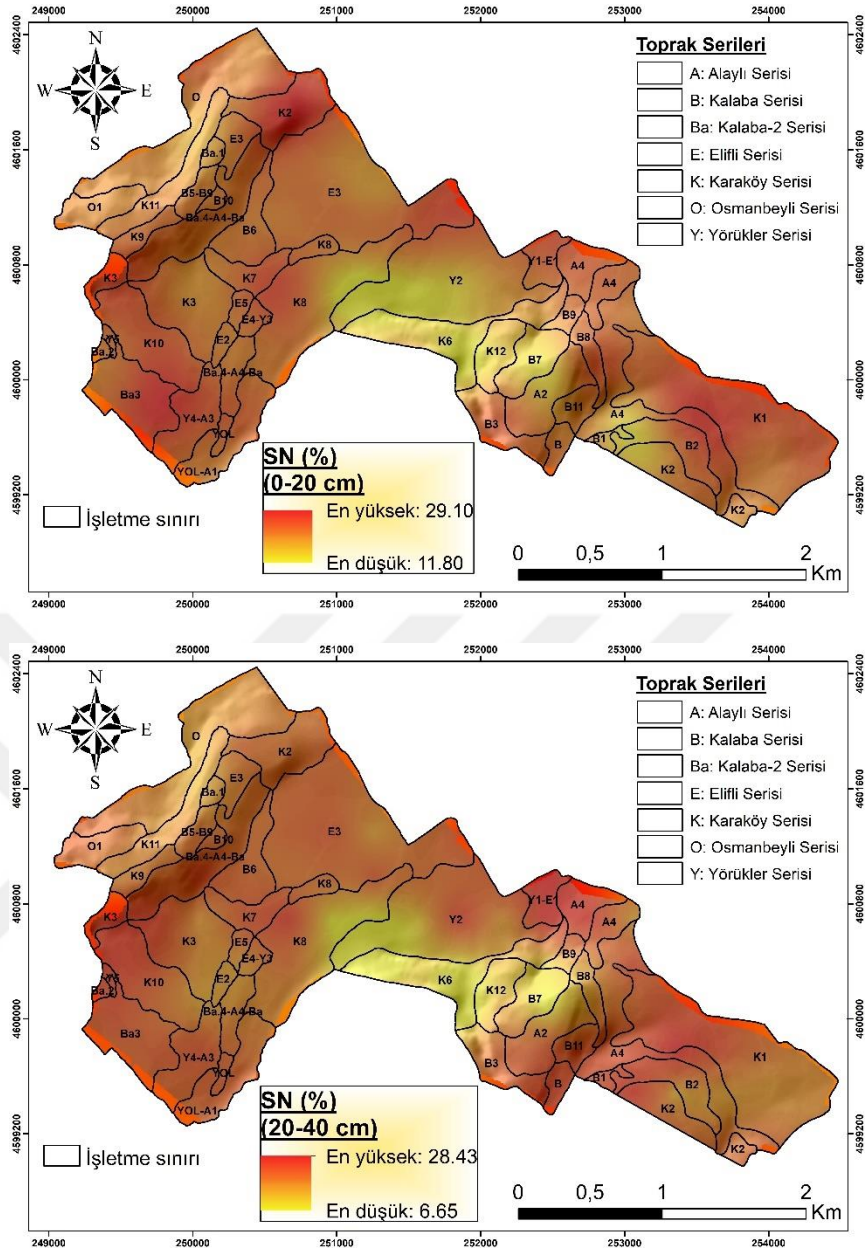
gözlemlenmiştir. Çalışma alanı yüzey toprak örneklerinde tarla kapasitesi değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 2.7224 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Exponential (Üssel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.25), yüzey altı toprak örneklerinde tarla kapasitesi değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 3.5437 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.26). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait tarla kapasitesi değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.15. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının tarla kapasitesi (TK) (%) dağılım haritaları

Şekil 4.15'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait TK değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının kuzey doğu kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K2, güneybatısında yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba3 haritalama birimi ve çalışma alanının doğusunda yer alan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Yörükler serisine ait Y2, Karaköy serisine ait K6, K12 ve çalışma alanının güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B1, Alaylı serisine ait A4 ve Karaköy serisine ait K2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait TK değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının güneybatısında bulunan Kalaba serisine ait Ba.2 ve Ba3 haritalama birimleri ile Yörükler serisine ait Y5 ve Karaköy serisine ait K10 haritalama birimleri ile çalışma alanının merkeze yakın güney doğu kesimlerinde yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 ile Alaylı serisine ait A4 haritalama birimleri ve çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1 ve Kalaba serisine ait B2 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K6, K12 ile Kalaba serisine ait B7 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) topraklarına ait solma noktası değerleri %11.80 ile %29.10 arasında değişiklik gösterirken, yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait solma noktası değerlerinin ise %6.65 ile %28.43 arasında farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanı yüzey toprak örneklerinde solma noktası değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 2.7539 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.26), yüzey altı toprak örneklerinde solma noktası değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında ise 3.4730 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Exponential (Üssel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.27). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait solma noktası değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.16'da verilmiştir.

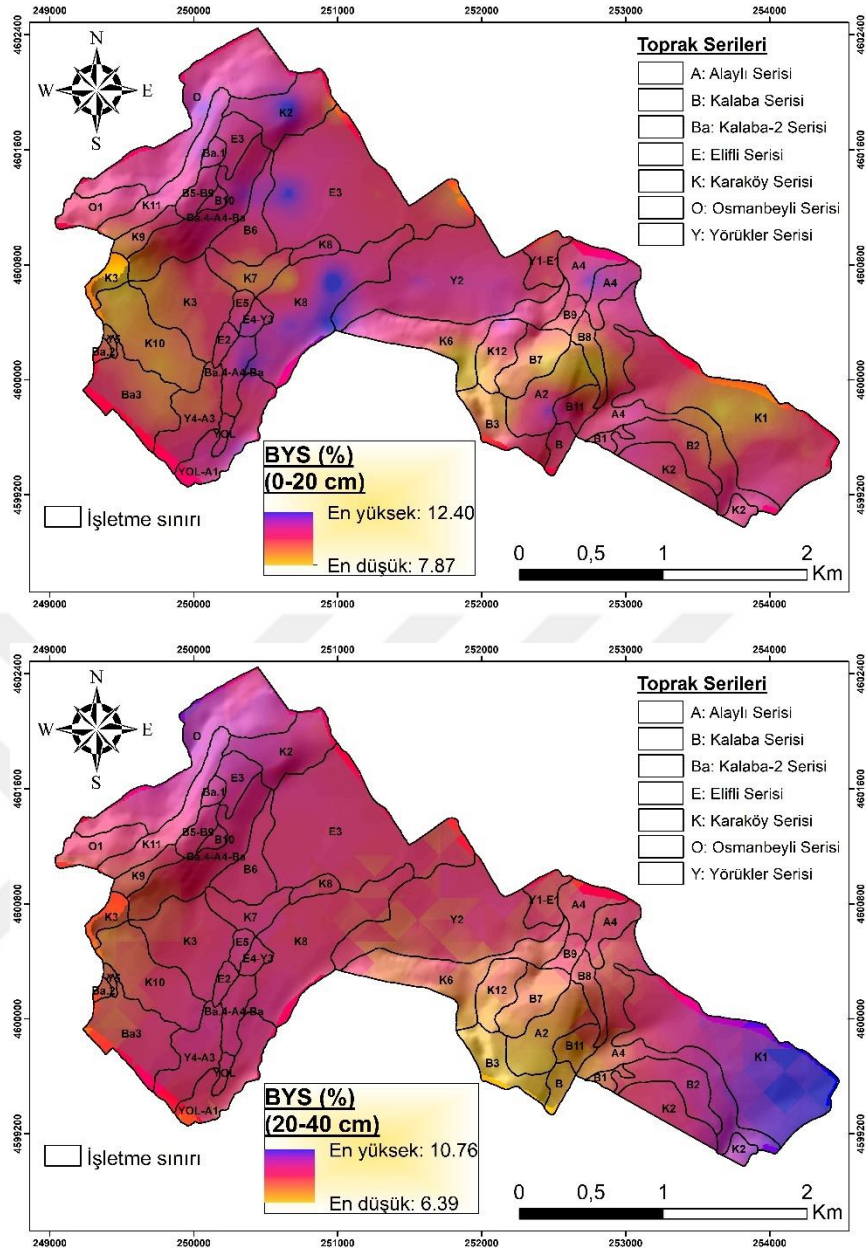


Şekil 4.16. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının solma noktası (SN) (%) dağılım haritaları

Şekil 4.16'ya göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait SN değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının batısında bulunan Karaköy serisine ait K3, K10 haritalama birimleri ile çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K8 ile çalışma alanının kuzey doğusunda yer alan Karaköy serisine ait K2 haritalama birimi ve yine çalışma alanının merkeze yakın güneybatısında yer alan Kalaba serisine ait B3 haritalama birimi ile çalışma alanının güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B2 ile Karaköy serisine ait K1 haritalama

birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Yörükler serisine ait Y2, Karaköy serisine ait K6, K12, Kalaba serisine ait B7, Alaylı serisine ait A2 ve çalışma alanının güneyinde yer alan Alaylı serisine ait A4, Kalaba serisine ait B1 ile Karaköy serisine ait K2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait SN değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının batısında bulunan Karaköy serisine ait K3, K10 haritalama birimleri, Kalaba serisine ait Ba.2 ve Yörükler serisine ait Y5 haritalama birimleri ile çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine K8, çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Yörükler serisine ait Y2 haritalama birimi ile çalışma alanının merkeze yakın güney doğu kesimlerinde yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 haritalama birimleri, Alaylı serisine ait A4 haritalama birimi ve çalışma alanının güneyinde yer alan Alaylı serisine ait A2, A4, Kalaba serisine ait B, B1, B2, B3, B11 ve Karaköy serisine ait K1 ve K2 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K6, K12 ile Kalaba serisine ait B7 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı yüzey topraklarına ait BYS değerleri %7.87 ile %12.40 arasında değişiklik gösterirken, yüzey altı topraklarına ait BYS değerinin ise %6.39 ile %10.76 arasında farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) toprak örneklerinde BYS değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında 0.7962 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Exponential (Üssel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.26), yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerinde BYS değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 0.6712 RMSE değeri ile Universal (Evrensel) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.27). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait BYS değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının bitkiye yararışlı su (BYS) (%) dağılım haritaları

Şekil 4.17'ye göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait BYS değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanı merkezinin yakın kuzeybatı kesimlerinde bulunan Karaköy K8 haritalama birimi, çalışma alanının kuzeyinde yer alan Karaköy serisine ait K2 ile Elifli serisine ait E3 haritalama birimi ve yine çalışma alanının merkezinin doğusunda yer alan Alaylı serisine ait A4 ve çalışma alanının güneybatısında yer alan Alaylı serisine ait haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde yer alan Karaköy

serisine ait K7, çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K3, K10 ve çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K6, K12 ile Kalaba serisine ait B3 ve çalışma alanının güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B7, B8, Alaylı serisine ait A2 haritalama birimleri ile çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait BYS değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının en doğusunda yer alan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimi ile çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Osmanbeyli serisine ait O haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının güneybatı kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K12, Kalaba serisine ait B, B3, B11 ve Alaylı serisine ait A2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

4.3.1.4. Toprakların eğim özellikleri

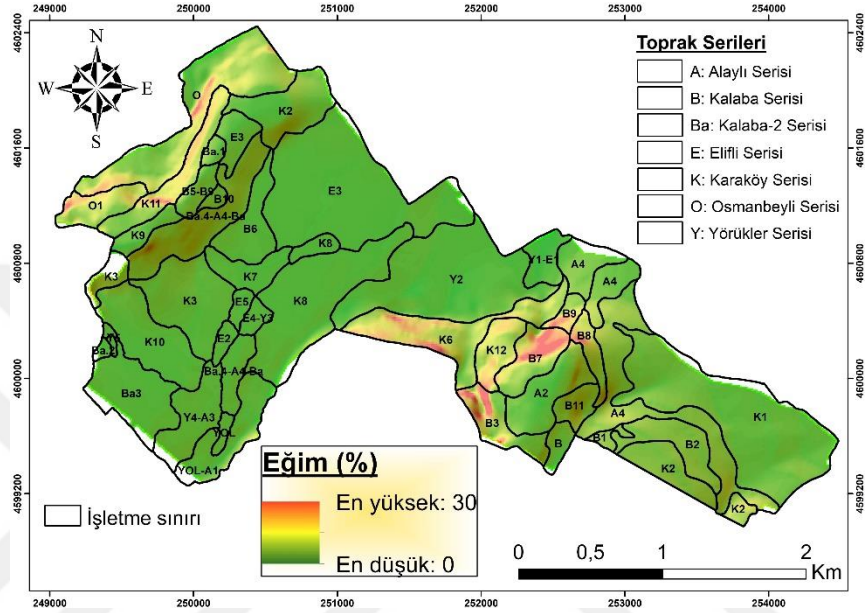
Toprak taneciklerinin ve toprak organik maddesinin topraktaki dağılımını ve miktarını etkileyen ve erozyon süreçlerini de kontrol eden doğal bir etmen olan topografya (Ziadat ve Taimeh, 2013), toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik parametrelerinin kalitesine etki eder (Farmanullah, 2013). Nitekim Nejad ve Nejad (1997), topografyanın toprak oluşumundaki etkisine dikkat çekerek, özellikle eğim parametresinin kalsifikasyon, mineralizasyon ve toprağın çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde doğrudan ve dolaylı bir etkisi olduğunu gözlemlemişlerdir. Eğim parametresinin toprağın fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması, toprağın bitki besin element içeriği hakkında bilgi sağlamak ve uygun yönetim stratejilerini tasarlamak açısından değerlidir.

Çalışma alanı topraklarına ait eğim değerlerinin çalışma alanı içerisindeki oransal dağılımları Tablo 4.32’de verilmiştir.

Tablo 4.32. Çalışma alanı topraklarının eğim değerlerinin (%) oransal dağılımları

Toprak Özelliği	Eğim Sınıfları	Örnek Sayısı	%
Eğim (%)	0-2 (Düz)	31	34.44
	2-4 (Hafif eğimli)	28	31.11
	4-6 (Orta eğimli)	20	22.22
	6-12 (Dik arazi)	11	12.22
	>12 (Çok dik arazi)	0	0

Çalışma alanı topraklarına ait eğim değerlerinin %1 ile %11 arasında farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanı toprak örneklerinde eğim değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 1.8418 RMSE değeri ile RBF'nin Spline with Tension semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.26). Çalışma alanı toprak örneklerine ait eğim değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren harita Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18. Çalışma alanı topraklarının eğim (%) dağılım haritası

Şekil 4.18'e göre çalışma alanı toprak örneklerine ait eğim değerlerinin çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K6, K12 haritalama birimleri ve Kalaba serisine ait B7 haritalama birimi, çalışma alanının güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B8, B9 haritalama birimleri, çalışma alanının kuzeyinde yer alan Osmanbeyli serisine ait O ve O1 haritalama birimleri, Karaköy serisine ait K9, K11 haritalama birimleri, Kalaba-2 serisine ait Ba.1, B5-B9, B10 haritalama birimleri ile Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimi, çalışma alanının güneybatısında bulunan Kalaba serisine ait B, B3 ve B11 haritalama birimleri, çalışma alanının güneyinde bulunan Kalaba serisine ait B1, B2 haritalama birimleri, Alaylı serisine ait A4 haritalama birimi, Kalaba serisine ait B2 haritalama birimi ile Karaköy serisine ait K2 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatısında bulunan Yörükler serisine ait Y2 haritalama birimi, çalışma alanının merkeze yakın güney

doğusunda yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 haritalama birimi, çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimi, çalışma alanının kuzeyinde yer alan Karaköy serisine ait K2 haritalama birimi ile Elifli serisine ait E3 haritalama birimleri, çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatısında yer alan Kalaba serisine ait B6 haritalama birimi ile Karaköy serisine ait K7, K8 haritalama birimleri, çalışma alanının batısında yer alan Karaköy serisine ait K3, K10, Kalaba-2 serisine ait Ba.2, Ba3 haritalama birimleri, Elifli serisine ait E2, E5 haritalama birimleri, Yörükler serisine ait Y5 haritalama birimi, Elifli ve Yörükler serilerine ait E4-Y3 haritalama birimi, Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3 haritalama birimi ile Kalaba ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

4.3.2. Toprakların kimyasal özelliklerine ait alansal dağılımları

Çalışma alanı içerisinde alınan 89 adet yüzey (0-20 cm) ve 89 adet yüzey altı (20-40 cm) toprak örneğinin kimyasal özelliklerine ait en uygun enterpolasyon yönteminin belirlenmesinde kullanılan RMSE değerleri sırasıyla Tablo 4.33 ve Tablo 4.34'te verilmiştir.

Yüzey topraklarının organik madde (OM) özelliği için IDW'nin 3. kuvvetinin, pH özelliği için Simple (Basit) Kriging'in Spherical (Küresel) semivariogram modelinin, electrical conductivity (EC) özelliği için RBF'nin Thin Plate Spline (TPS) modelinin, katyon değişim kapasitesi (KDK) özelliği için Simple (Basit) Kriging'in Gaussian semivariogram modelinin ve son olarak kalsiyum karbonat (CaCO_3) özelliği için ise RBF'nin Spline With Tension (SWT) modelinin dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılacak en uygun modeller olduğu tespit edilmiştir.

Yüzey altı topraklarının organik madde (OM) özelliği için Simple (Basit) Kriging'in Gaussian semivariogram modelinin, pH özelliği için Simple (Basit) Kriging'e ait Exponential (Üssel) semivariogram modelinin, electrical conductivity (EC) özelliği için Simple (Basit) Kriging'in Spherical (Küresel) semivariogram modelinin, katyon değişim kapasitesi (KDK) özelliği için Simple (Basit) Kriging'in Gaussian semivariogram modelinin ve son olarak kalsiyum karbonat (CaCO_3) özelliği için ise Simple (Basit) Kriging'e ait Exponential (Üssel) semivariogram modelinin dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılacak en uygun modeller olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.33. Yüzey (0-20 cm) topraklarına ait kimyasal özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

Dağılım modelleri			RMSE değerleri (%)				
			OM	pH	EC	KDK	CaCO ₃
IDW	1		1.2454	0.4782	0.0951	1.1557	2.8208
	2		1.2258	0.4690	0.0953	1.1696	2.8028
	3		1.2190	0.4623	0.0972	1.1869	2.8130
RBF	CRS		1.2326	0.4593	0.0960	1.2049	2.7641
	SWT		1.2308	0.4615	0.0950	1.1876	2.7640
	TPS		1.3519	0.4736	0.1093	1.4012	3.1049
Krigingg	Ordinary	Gaussian	1.2411	0.4531	0.0975	1.2150	2.8252
		Exponential	1.2357	0.4645	0.0964	1.2147	2.8300
		Spherical	1.2359	0.4504	0.0964	1.2120	2.8068
	Simple	Gaussian	1.2246	0.4528	0.0957	1.1494	2.7861
		Exponential	1.2222	0.4593	0.0957	1.5112	2.7890
		Spherical	1.2216	0.4486	0.0957	1.1455	2.7679
	Universal	Gaussian	1.2411	0.4531	0.0975	1.2150	2.8252
		Exponential	1.2357	0.4645	0.0964	1.2147	2.8300
		Spherical	1.2359	0.4504	0.0964	1.2120	2.8068

Burada; SWT: Spline With Tension (ince eğrisel), CRS: Completely Regularized Spline (düzenlenmiş eğrisel), TPS: Thin Plate Spline, K: Küresel, G: Üssel, G: Gaussian, IDW: Ters Mesafe Ağırlıklandırması, RBF: Radyal Tabanlı Fonksiyon, OM: Organik Madde, EC: Electrical Conductivity, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi ve CaCO₃: Kalsiyum Karbonatı ifade etmektedir.

Tablo 4.34. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait kimyasal özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

Dağılım modelleri			RMSE değerleri (%)				
			OM	pH	EC	KDK	CaCO ₃
IDW	1		1.0055	0.4303	0.1923	1.1158	4.5502
	2		0.9757	0.4278	0.1862	1.1100	4.6324
	3		0.9700	0.4279	0.1838	1.1202	4.7551
RBF	CRS		0.9680	0.4266	0.1790	1.1390	4.7973
	SWT		0.9644	0.4252	0.1791	1.1178	4.6873
	TPS		1.1861	0.4725	0.2051	1.4338	6.0070
Krigingg	Ordinary	Gaussian	0.9714	0.4236	0.1822	1.0891	4.5058
		Exponential	0.9647	0.4238	0.1795	1.0937	4.5280
		Spherical	0.9902	0.4232	0.1824	1.0920	4.5098
	Simple	Gaussian	0.9342	0.4251	0.1764	1.0848	4.4638
		Exponential	0.9464	0.4196	0.1780	1.0907	4.4553
		Spherical	0.9374	0.4227	0.1718	1.0852	4.4616
	Universal	Gaussian	0.9714	0.4236	0.1822	1.0891	4.5058
		Exponential	0.9647	0.4238	0.1795	1.0937	4.5280
		Spherical	0.9902	0.4232	0.1824	1.0920	4.5098

4.3.2.1. Toprakların pH, EC ve CaCO₃ dağılım özellikleri

Toprak pH'sı, standart toprak analizlerinde gerçekleştirilen en rutin ve bilgilendirici ölçümlerden biridir. Tarımsal üretim faaliyetlerinde toprak pH'sının yeri çok önemlidir. Bitkilerin büyümesi için gerekli olan besin elementlerinin konsantrasyonu toprak pH'sı tarafından kontrol edilir. Mevcut besin elementi miktarı, topraktaki ağır metallerin çözünmesi, mikroorganizmaların aktivitesi, bitki büyümesi ve biyokütle verimi hakkında bilgi sağlaması dolayısı ile pH'yı "ana toprak değişkeni" olarak tanımlamak yanlış bir ifade olmaz (Jones, 2002).

Toprak tuzluluğu, deprem ya da büyük ölçekli heyelanlar kadar dramatik ve zararlı olmasa da kesinlikle ciddi bir çevresel tehlike arz eder. Tuzluluk, uygun toprak ve su yönetiminin sağlanamayışı nedeniyle hem kuru hem de sulu tarım yapılan alanlarda mahsul verimi ve tarımsal üretim üzerinde olumsuz bir etkiye neden olur. Tuzluluk ayrıca, dispersiyon, toprak erozyonu ve diğer mühendislik sorunları gibi önemli toprak degradasyonlarına sebebiyet verir (Metternicht ve Zinck, 2003).

Kalsiyum karbonatın (CaCO₃) toprak oluşumuyla beraber toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerinde önemli bir rol oynadığı yaygın olarak kabul edilmektedir (Mermut ve Arnaud, 1981; Najafian vd., 2012; Zasoński ve Skiba, 1988). Kalsiyum karbonat, diğer toprak bileşenlerine göre (organik madde) daha kararlı bir yapıya sahiptir (Bockheim ve Douglass, 2006; Catoni vd., 2012). Yüksek CaCO₃ içeriği, pH değerleri, mikro ve makro besin elementlerinin mevcudiyeti (Deshmukh, 2012; Ismail, 1991), toprakların tamponlama özelliği, katyon değişim kapasitesi ve ayrıca baz doygunluğuna etki eder (Deshmukh, 2012; Ferreira vd., 2016; Ismail, 1991; Marschner, 1995; Wilford vd., 2015). Ayrıca gözeneklilik, hidrolik iletkenlik, permeabilite, organik karbon üretimi, agregatların oluşumu ve karbon stabilizasyonu gibi toprak özellikleri kalsiyum karbonat tarafından yönetilir (Fernández-Ugalde vd., 2011; Wilford vd., 2015; Wanic vd., 2017; Mazurek vd., 2018). Tane boyutu dağılımı açısından ise, kalsiyum karbonat bakımından zengin topraklarda kil ve silt fraksiyonları hâkim konumdadır (Ismail, 1991).

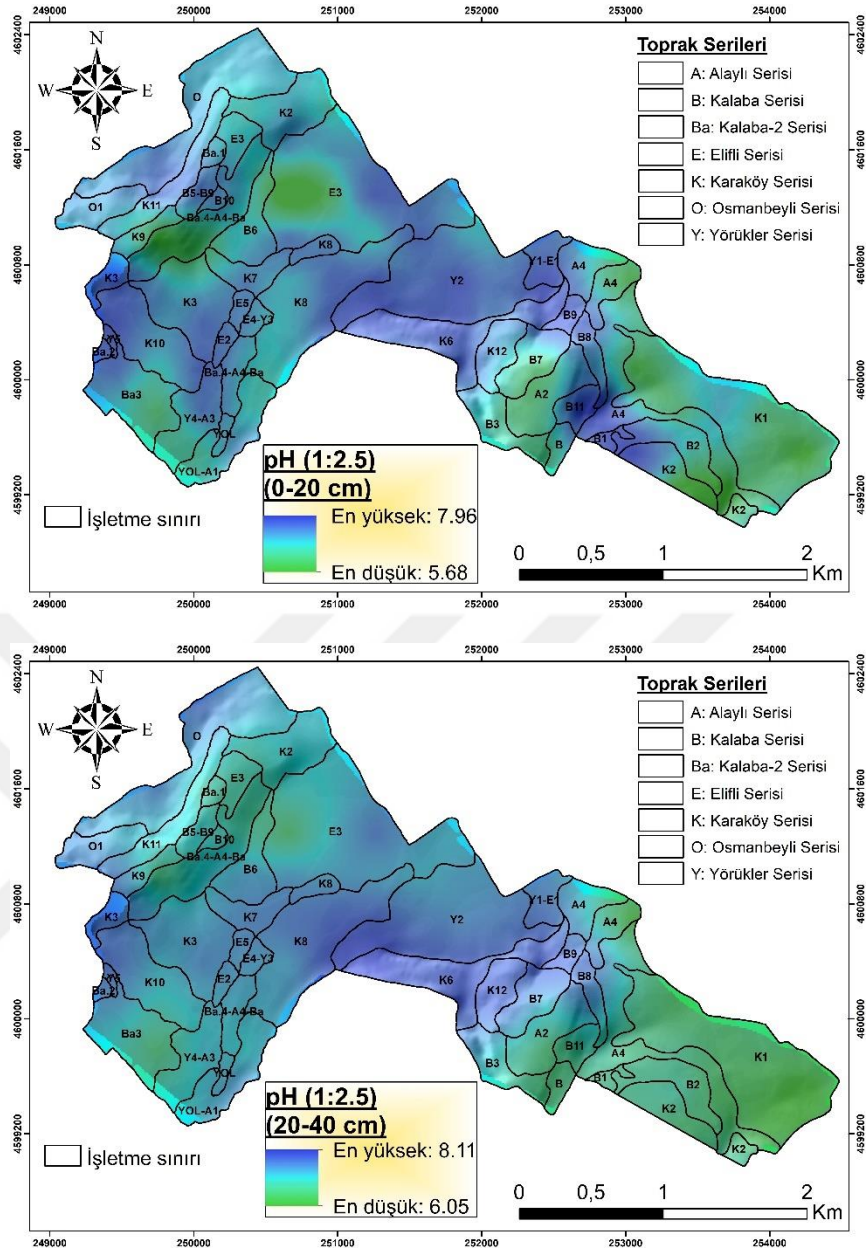
Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait pH, EC (dS/m) ve CaCO₃ (%) değerlerinin çalışma alanı içerisindeki oransal dağılımları Tablo 4.35'te verilmiştir.

Tablo 4.35. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının pH, EC ve CaCO₃ dağılımları

Toprak özelliği	Sınır değeri	Açıklama	Yüzey (0-20 cm)		Yüzey altı (20-40 cm)	
			Örnek sayısı	%	Örnek sayısı	%
pH	<5.1	Kuvvetli asit	0	0.00	0	0.00
	5.2-6.0	Orta asit	2	2.22	0	0.00
	6.1-6.5	Hafif asit	6	6.67	9	10
	6.6-7.3	Nötr	21	17.78	15	16.67
	7.4-8.4	Orta alkali	60	66.67	64	71.11
	>8.4	Kuvvetli alkali	0	0.00	2	2.22
EC (dS/m)	<0.98	Tuzsuz	84	94.44	87	96.67
	0.98-1.71	Çok hafif tuzlu	4	4.44	3	3.33
	1.71-3.16	Hafif tuzlu	1	1.11	0	0.00
	3.16-6.07	Tuzlu	0	0.00	0	0.00
	>6.07	Çok tuzlu	0	0.00	0	0.00
CaCO ₃ (%)	0-2.0	Kireçsiz	32	35.56	36	40
	2.0-4.0	Az kireçli	37	41.11	35	38.89
	4.0-8.0	Orta kireçli	16	17.78	14	15.56
	8.0-15.0	Kireçli	3	3.33	3	3.33
	15.0-50.0	Çok kireçli	1	1.11	2	2.22
	>50	Çok fazla kireçli	0	0.00	0	0.00

Bu tabloya göre yüzey toprak örneklerinin %2.22'sinin orta asit, %66.67'sinin ise orta alkali özellikte olduğu görülürken; yüzey altı toprak örneklerinin %73.33'ünün orta alkali ve kuvvetli alkali özellikte olduğu görülmektedir. Yine Tablo 4.34'e bakıldığında yüzey topraklarının %94.44'ü ve yüzey altı topraklarının ise tamamının tuzsuz olduğu görülmektedir. Son olarak yüzey toprak örneklerinin %76.67'si kireçsiz ve az kireçli, %1.11'i ise çok kireçliyken; yüzey altı toprak örneklerinin %78.89'unun kireçsiz ve az kireçli, %2.22'sinin ise çok kireçli toprak sınıfına girdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde pH değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 0.4486 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.33), yüzey altı toprak örneklerinde pH değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 0.4196 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Exponential (Üssel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.34). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait pH değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.19'da verilmiştir.

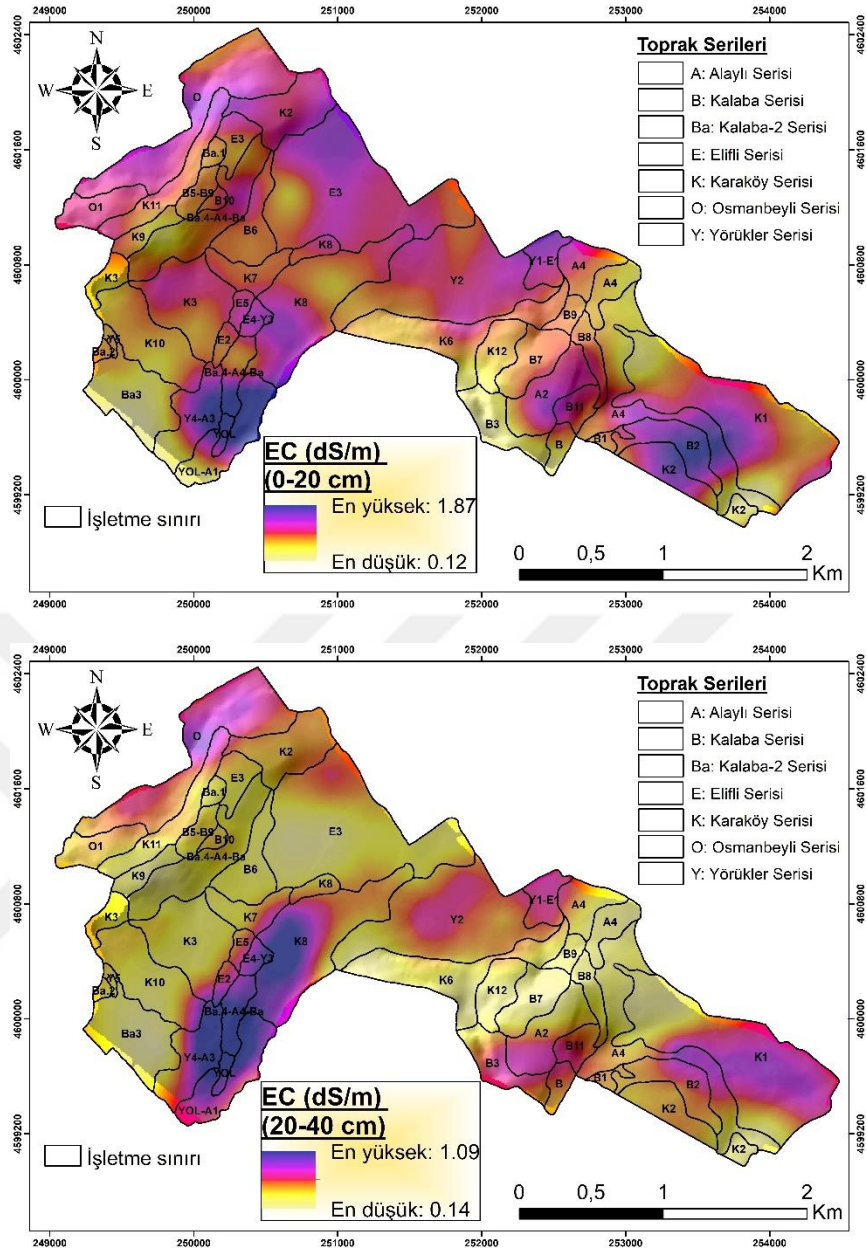


Şekil 4.19. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının pH dağılım haritaları

Şekil 4.19'a göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait pH değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesiminde yer alan Yörükler serisine ait Y2 ile Karaköy serisine K6, çalışma alanının güney doğu kesimlerinde yer alan Kalaba serisine ait B8, B9 ile Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 haritalama birimleri, çalışma alanının güneyinde bulunan Kalaba serisine ait B1, B11, Alaylı serisine ait A4 haritalama birimi, çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K3, K5, K7, K10, Yörükler serisine ait Y5, Elifli serisine ait E2, E5, Kalaba serisine ait Ba.2, Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3 ile Kalaba-2,

Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba ve çalışma alanının kuzeyinde yer alan Kalaba serisine ait B5-B9 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının güney doğusunda yer alan Alaylı serisine ait A4, çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1, K2, çalışma alanının güneybatısında yer alan Kalaba serisine ait B3, B7 ve Alaylı serisine ait A2 haritalama birimleri ile çalışma alanının kuzeyinde yer alan Elifli serisine ait E3, Karaköy serisine ait K9, çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba3 ve Alaylı serisine ait Yol-A1 haritalama birimlerinin azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait pH değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının güneybatı kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K6, K12, Yörükler serisine ait Y2, çalışma alanının güney doğusunda yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 ile Kalaba serisine ait B7, B8 ve B9 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının güneybatı kesimlerinde bulunan Kalaba serisine ait B, B3, B11, Alaylı serisine A2, çalışma alanının güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B1, B2, Karaköy serisine ait K1, K2, çalışma alanının güney doğusunda yer alan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimi, çalışma alanının kuzeyinde yer alan Elifli serisine ait E3, Yörükler serisine ait Y9 ve çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba3 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde EC değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında 0.1093 RMSE değeri ile RBF'nin Thin Plate Spline (TPS) modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.33), yüzey altı toprak örneklerinde EC değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 0.1718 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.34). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait EC değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.20'de verilmiştir.

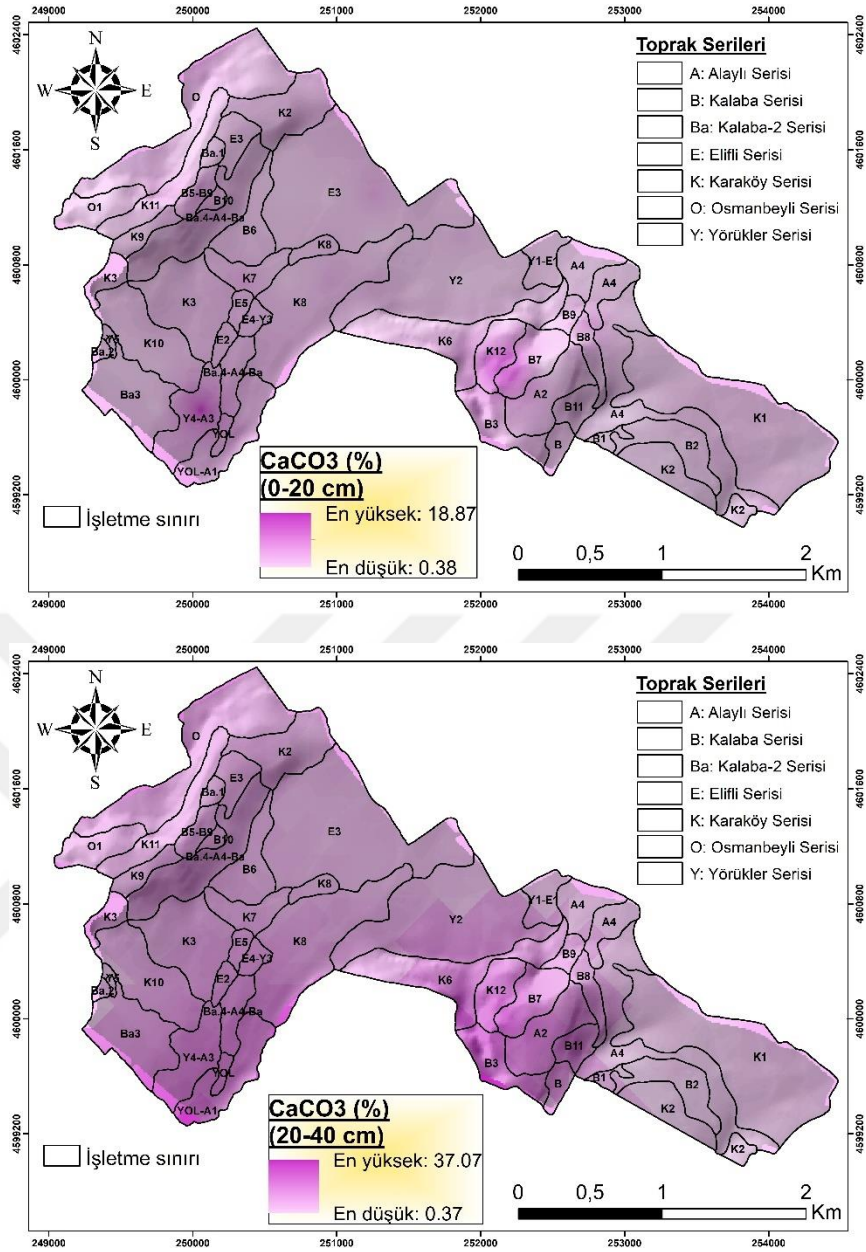


Şekil 4.20. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının EC (dS/m) dağılım haritaları

Şekil 4.20'ye göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait EC değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının güneybatı kesimlerinde yer alan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3 haritalama birimleri ile çalışma alanının güneybatısında yer alan Karaköy serisine ait K2 ve Kalaba serisine ait B2 haritalama birimlerinin artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K2, çalışma alanının kuzeybatısında bulunan Kalaba-2 serisine ait Ba3, Alaylı serisine ait Yol-A1, Karaköy serisine ait K3, K9, K10, Elifli serisine ait E2,

Çalışma alanının kuzeyinde bulunan Elifli serisine ait E3, Kalaba-2 serisine ait Ba.1, alışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K6, K12, Kalaba serisine ait B, B3 ve çalışma alanının güney doğusunda bulunan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimlerinin azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait EC değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3, Yol, Karaköy serisine ait K8, Elifli ve Yörükler serilerine ait E4-Y3, Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinden güneybatı kesimlerine doğru olan alanda yer alan Karaköy serisine ait K6, K12, Kalaba serisine ait B7, B8, B9, Alaylı serisine ait A4, alışma alanının güneyinde bulunan Kalaba serisine ait B1, Karaköy serisine ait K2, alışma alanının kuzeyinde yer alan Elifli serisine ait E3, Karaköy serisine ait K8, alışma alanının kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K9, ve Kalaba serisine ait Ba3 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde CaCO_3 değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında 2.7640 RMSE değeri ile RBF'nin Spline With Tension (SWT) modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.33), yüzey altı toprak örneklerinde CaCO_3 değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 4.4553 RMSE değeri ile Ordinary (Doğal) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.34). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait CaCO_3 değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının CaCO₃ (%) dağılım haritaları

Şekil 4.21'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait CaCO₃ değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3, Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba, çalışma alanının kuzeyinde yer alan Kalaba serisine ait B5-B9, B10 ile Karaköy serisine ait K11 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın Yörükler serisine ait Y2, kuzeyinde yer alan Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba, Karaköy serisine ait K8 ile çalışma alanının güneyinde yer

alan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimlerinin azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait CaCO_3 değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K6, K12, Alaylı serisine ait A2 ve Kalaba serisine ait B3, B7 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba.2, Yörükler serisine ait Y5, çalışma alanının güneyinde bulunan Karaköy serisine ait K1, K2, Alaylı serisine ait A4, Kalaba serisine ait B2, çalışma alanının güney doğusunda yer alan Alaylı serisine ait A4 ile Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

4.3.2.2. Toprakların OM ve KDK dağılım özellikleri

Toprak organik maddesi (OM), hümik maddeler gibi özgül maddelerden ve diğer organik bileşiklerden ve onların birbirleriyle ve toprağın mineral kısmı ile olan etkileşim ürünlerinden oluşan kompleks bir karışım olarak tanımlanır. OM, toprağın fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerini etkileyen hayati önemdeki bir toprak bileşenidir (Aydinalp ve Marinova, 2003). Toprak organik maddesinde, organik karbon miktarının diğer çevresel sistemlere göre en az üç katı kadar fazla miktarda olması, onu dinamik bir karbon rezervuarı haline getirir (Smith, 2004; Schmidt vd., 2011). Mevcut araştırmalara göre, toprak organik maddesinin büyük bir kısmı mikroorganizma ve bitki kalıntılarından ve salgılarından kaynaklanır (Liang vd., 2019; Akcura vd., 2019; Tauqeer vd., 2022a). Toprak organik maddesinin bir yandan sürdürülebilir mahsul üretimi, toprak kalitesinin iyileştirilmesi, ağır metal kontaminasyonunun etkisinin kontrol edilmesi gibi çeşitli süreçlerde önemli bir rol oynaması, onu toprak kalitesi ve sağlığı için kilit bir faktör yapar (Polyakov ve Lal, 2004; Demirag Turan vd., 2019; Tauqeer vd., 2022a, b). Öte yandan ise organik maddenin ayrışması ile açığa çıkan karbon oksitlenerek atmosfere CO_2 akışını artırır. Bu durumda bir tarafta toprak yapısı bozulurken diğer taraftan atmosfere salınan sera gazları nedeniyle iklim değişimleri kaçınılmaz olmaktadır (Ortaş, 2018).

Kasyon değişim kapasitesi (KDK), toprağın değişebilir kasyonları tutma kapasitesidir (Saidi, 2012). KDK doğal bir toprak özelliği olup, toprak kalitesinin temel bir göstergesi olarak kabul edilir (Khaledian vd., 2017). KDK'nın, toprak pH'sı, organik karbon ve tanecik boyut dağılımı gibi çeşitli toprak özelliklerinden

etkilenebilir olması (Mukherjee ve Zimmerman, 2013; Sulieman vd., 2018; Mishra vd., 2019; Adam vd., 2021), katyon değişim kapasitesini toprak kalitesini belirlemeye yönelik yaygın olarak kullanılan bir toprak kalite parametresi yapar (Brevik, 2009). Farklı arazi kullanımlarında toprak kalitesi ve sürdürülebilir arazi yönetiminin tahmininde KDK'nın önemi birçok yazar tarafından rapor edilmiştir (Pulido vd., 2017; Zuber vd., 2017; Valle ve Carrasco, 2018; Juhos vd., 2019; Zeraatpisheh vd., 2020b; Mendes vd., 2021).

Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait OM ve KDK değerlerinin çalışma alanı içerisindeki oransal dağılımları Tablo 4.36'da verilmiştir.

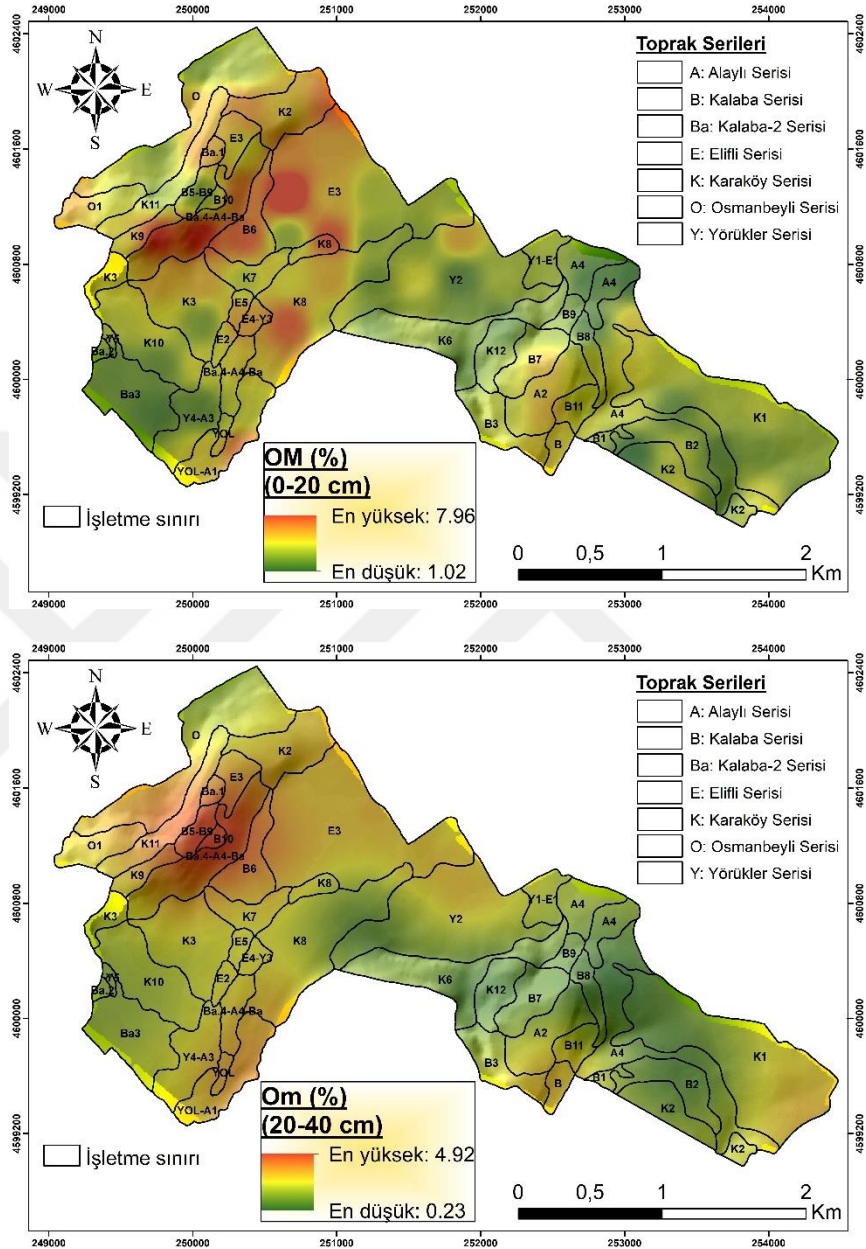
Tablo 4.36. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının OM ve KDK dağılımları

Toprak Özelliği	Sınıf	Tanım	Yüzey		Yüzey altı	
			Örnek	%	Örnek	%
OM (%)	< 0.70	Çok aşırı düşük	0	0.00	4	4.44
	0.71-1.0	Çok düşük	1	1.12	4	4.44
	1.01-1.70	Düşük	6	6.74	14	15.56
	1.71-3.00	Orta	27	30.34	35	38.89
	3.01-5.15	Yüksek	44	49.44	33	36.67
	> 5.15	Çok yüksek	11	12.36	0	0.00
KDK (mek/100 gr)	< 6	Çok düşük	0	0.00	0	0.00
	6-12	Düşük	0	0.00	0	0.00
	12-25	Orta	0	0.00	0	0.00
	25-40	Yüksek	0	0.00	1	1.11
	> 40	Çok yüksek	89	100	89	98.89

Tablo 4.34'e göre yüzey toprak örneklerinin %1.12'sinin aşırı düşük organik madde içerdiği, %61.80'sinin ise yüksek organik madde içeriğine sahip olduğu görülürken; yüzey altı toprak örneklerinin %8.88'inin aşırı düşük organik madde içerdiği ve %36.67'sinin ise yüksek organik madde içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Yine bu tabloya bakıldığında yüzey ve yüzey altı topraklarının tamamının katyon değişim kapasitesinin yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde OM değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 1.2190 RMSE değeri ile IDW'nin 2. kuvvetinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.33), yüzey altı toprak örneklerinde OM değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 0.9342 RMSE değeri ile Simple

(Basit) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.34). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait OM değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.22'de verilmiştir.

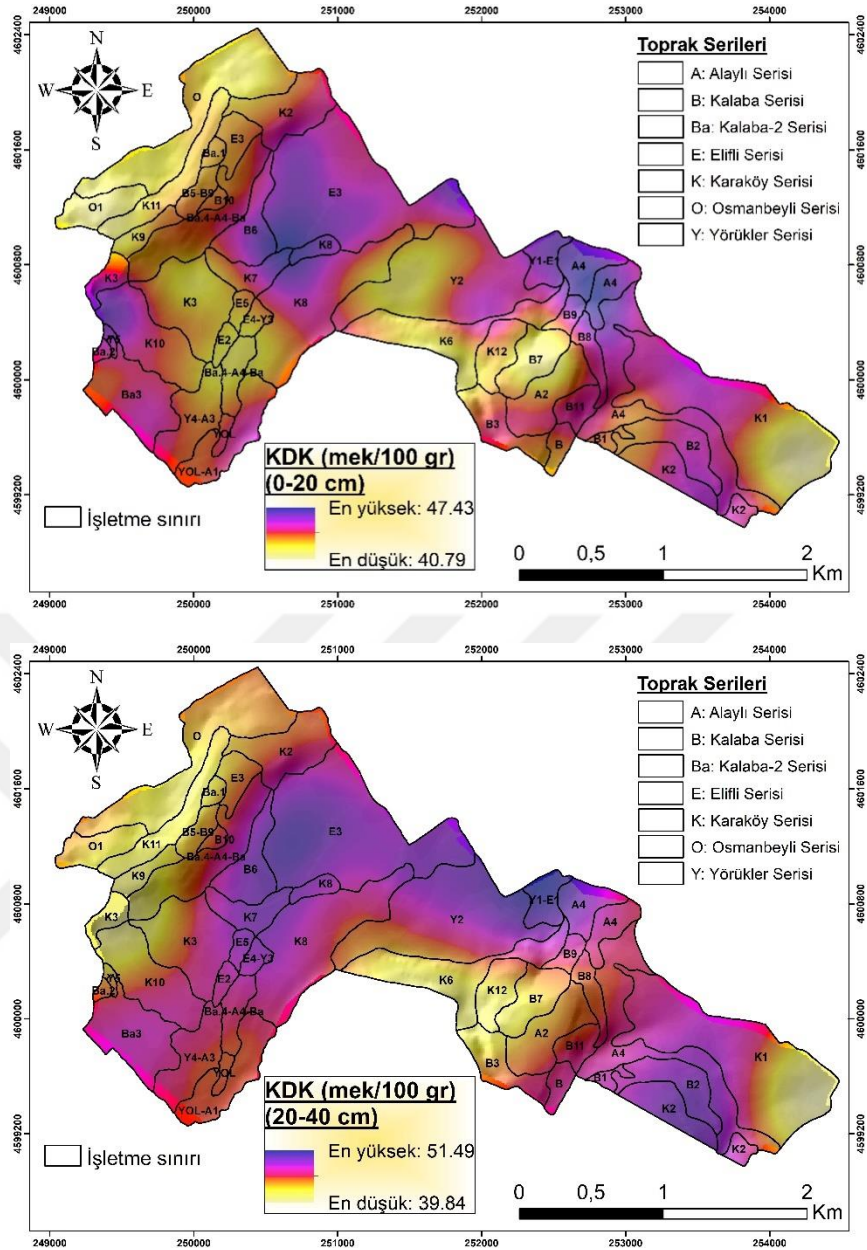


Şekil 4.22. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının OM (%) dağılım haritaları

Şekil 4.22'ye göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait OM değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K8, K9, çalışma alanının kuzeyinde bulunan Elifli serisine ait E3, Karaköy serisine ait K8, Kalaba serisine ait B6 ile Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama

birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzeyinde yer alan Osmanbeyli serisine ait O, kuzeybatısında yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba3, Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3, merkeze yakun güney doğu kesimlerinde bulunan Yörükler serisine ait Y2, Karaköy serisine ait K6, K12, güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B8, B9 ile Karaköy serisine ait K2 ve çalışma alanının güney doğusunda yer alan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait OM değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının kuzeyinde yer alan Kalaba serisine ait B5-B9, B10, Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde Yörükler serisine ait Y2, Karaköy serisine ait K6, K12, çalışma alanının güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B2, B7, B8, B9 ile Karaköy serisine ait K2 ve güney doğusunda bulunan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde KDK değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında 1.1494 RMSE değeri ile RBF'ye ait Spline With Tension (SWT) modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.33), yüzey altı toprak örneklerinde KDK değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 1.0848 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.34). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait KDK değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.23'te verilmiştir.



Şekil 4.23. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının KDK (mek/100 gr) dağılım haritaları

Şekil 4.23'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait KDK değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının güney doğusunda yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-A1, Alaylı serisine ait A4, çalışma alanının kuzeyinde yer alan Karaköy serisine ait K8, Kalaba serisine ait B6, Elifli serisine ait E3 ve çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Yörükler serisine ait Y5 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba ile güneyinde yer alan Kalaba serisine ait

B7 ve Karaköy serisine ait K1 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait KDK değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K2, Kalaba serisine ait B2, kuzeyinde bulunan Elifli serisine ait E3, Kalaba serisine ait B6, güney doğusunda bulunan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K3 ile güneyinde bulunan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

4.3.3. Toprakların verimlilik özelliklerine ait alansal dağılımları

Çalışma alanı içerisinde alınan 90 adet yüzey (0-20 cm) ve 90 adet yüzey altı (20-40 cm) toprak örneğinin verimlilik özelliklerine ait en uygun enterpolasyon yönteminin belirlenmesinde kullanılan RMSE değerleri sırasıyla Tablo 4.37 ve Tablo 4.38’de verilmiştir.

Yüzey topraklarının (0-20 cm) azot (N), magnezyum (Mg), demir (Fe) ve çinko (Zn) özellikleri için Simple (Basit) Kriging’in Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu, potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) için Universal (Evrensel) Kriging’e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu, fosfor (P) için Simple (Basit) Kriging’e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu, sodyum (Na) için IDW’nin 1. Kuvvetinin en uygun model olduğu, bakır (Cu) için Ordinary (Doğal) Kriging’e ait Exponential (Üssel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu ve son olarak manganın (Mn) dağılım haritasının oluşturulmasında kullanılacak en uygun modelin ise Ordinary (Doğal) Kriging’e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin olduğu tespit edilmiştir.

Yüzey altı topraklarının (20-40 cm) potasyum (K) ve magnezyum (Mg) özellikleri için Simple (Basit) Kriging’in Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu, sodyum (Na) ve mangan (Mn) için Universal Kriging’e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu, azot (N) için Simple (Basit) Kriging’e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu, kalsiyum (Ca) için IDW’nin 1. Kuvvetinin en uygun model olduğu, çinko (Zn) için Ordinary (Doğal) Kriging’e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun

model olduğu, fosfor (P) için Universal (Evrensel) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu, bakır (Cu) için Radyal Tabanlı Fonksiyona (RBF) ait Thin Plate Spline (TPS) semivariogram modelinin en uygun model olduğu ve son olarak demirin (Fe) dağılım haritasının oluşturulmasında kullanılacak en uygun modelin ise Radyal Tabanlı Fonksiyona (RBF) ait Completely Regularized Spline (CRS) semivariogram modelinin olduğu tespit edilmiştir.



Tablo 4.37. Yüzey (0-20 cm) topraklarına ait verimlilik özelliklerinin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

Dağılım modelleri			RMSE değerleri (%)									
			N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
IDW	1		0.0989	5.0163	0.7553	5.9455	4.0240	0.2797	0.4131	1.3941	2.4975	0.8782
	2		0.0996	4.9724	0.7608	5.9212	4.0737	0.2818	0.4051	1.3923	2.3740	0.8732
	3		0.1012	4.9880	0.7715	5.9432	4.1501	0.2863	0.4020	1.4008	2.2907	0.8774
RBF	CRS		0.1019	5.0754	0.7834	6.0301	4.1785	0.2910	0.4004	1.3959	2.0922	0.8867
	SWT		0.1004	4.9744	0.7751	5.9670	4.1189	0.2853	0.3992	1.3909	2.1165	0.8717
	TPS		0.1200	6.2605	0.8974	7.2225	4.9482	0.3536	0.4558	1.5922	2.3765	1.0526
Krigingg	Ordinary	Gaussian	0.0987	4.9763	0.7562	5.8903	4.0062	0.2846	0.4002	1.3784	2.2938	0.8644
		Exponential	0.0989	5.0335	0.7562	5.9204	4.0150	0.2837	0.3976	1.3801	2.3192	0.8728
		Spherical	0.0985	4.9567	0.7560	5.8949	4.0145	0.2856	0.4017	1.3766	2.2490	0.8639
	Simple	Gaussian	0.0970	4.9372	0.7460	5.9070	3.8907	0.2798	0.3984	1.3729	2.4166	0.8643
		Exponential	0.0980	5.0002	0.7541	5.9382	3.8909	0.2817	0.4026	1.3761	2.4167	0.8711
		Spherical	0.0969	4.9441	0.7468	5.9048	3.8887	0.2797	0.4060	1.3705	2.4069	0.8612
	Universal	Gaussian	0.0987	4.9763	0.7562	5.8903	4.0062	0.2846	0.4002	1.3784	2.2938	0.8644
		Exponential	0.0989	5.0335	0.7562	5.9204	4.0150	0.2837	0.3976	1.3801	2.3192	0.8728
		Spherical	0.0985	4.9567	0.7556	5.8949	4.0145	0.2856	0.4017	1.3766	2.2490	0.8639

Burada; SWT: Spline With Tension (ince eğrisel), CRS: Completely Regularized Spline (düzenlenmiş eğrisel), TPS: Thin Plate Spline, IDW: Ters Mesafe Ağırlıklandırması ve RBF: Radyal Tabanlı Fonksiyonu ifade etmektedir.

Tablo 4.38. Yüzey altı 20-40 cm) topraklarına ait verimlilik özelliklerinin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

Dağılım modelleri			RMSE değerleri (%)									
			N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
IDW	1		0.0681	4.1295	0.3862	5.7997	4.6448	0.3288	0.4829	1.3813	4.2049	0.7133
	2		0.0661	4.0865	0.3856	5.8169	4.6333	0.3362	0.4764	1.3674	4.0547	0.7069
	3		0.0655	4.0987	0.3883	5.8805	4.6706	0.3460	0.4727	1.3629	3.9744	0.7134
RBF	CRS		0.0649	4.2036	0.3916	5.9369	4.6720	0.3509	0.4597	1.3409	3.9131	0.7257
	SWT		0.0649	4.1188	0.3905	5.8734	4.6397	0.3415	0.4562	1.3409	3.9134	0.7115
	TPS		0.0736	5.2467	0.4355	6.7745	5.4127	0.4188	0.4496	1.5456	4.8315	0.9008
Krigingg	Ordinary	Gaussian	0.0645	4.0475	0.3895	5.8332	4.6275	0.3222	0.4695	1.3792	3.8913	0.6999
		Exponential	0.0648	4.0631	0.3876	5.8196	4.6380	0.3283	0.4711	1.3826	3.8952	0.7103
		Spherical	0.0649	4.0449	0.3886	5.8265	4.6203	0.3271	0.4687	1.3753	3.9507	0.7037
	Simple	Gaussian	0.0639	4.0582	0.3853	5.8668	4.5623	0.3232	0.4540	1.3513	4.2059	0.7004
		Exponential	0.0644	4.0717	0.3840	5.8673	4.5687	0.3240	0.4588	1.3505	4.1116	0.7222
		Spherical	0.0643	4.0687	0.3840	5.8528	4.5543	0.3241	0.4533	1.3448	4.1822	0.7081
	Universal	Gaussian	0.0645	4.0475	0.3895	5.8332	4.6275	0.3222	0.4695	1.3792	3.8913	0.6999
		Exponential	0.0648	4.0631	0.3876	5.8196	4.6380	0.3283	0.4711	1.3826	3.8952	0.7103
		Spherical	0.0649	4.0449	0.3886	5.8265	4.6203	0.3271	0.4687	1.3753	3.9507	0.7037

Burada; SWT: Spline With Tension (ince eğrisel), CRS: Completely Regularized Spline (düzenlenmiş eğrisel), TPS: Thin Plate Spline, IDW: Ters Mesafe Ağırlıklandırması ve RBF: Radyal Tabanlı Fonksiyonu ifade etmektedir.

4.3.3.1. Toprakların azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn) dağılım özellikleri

Küresel olarak azot ve fosfor, bitki büyümesi için önemli sınırlayıcı faktörlerdendir (Elser vd., 2007; Vitousek vd., 2010; Hou vd., 2020). Azot, bitki amino ve nükleik asitlerinin temel bir bileşeni olup, klorofil ve hatta tüm insan ve hayvan popülasyonunun protein yapıtaşıdır. Karbon ve oksijenden sonra N, bitkilerde en çok bulunan ikinci elementtir. Azot yalnızca organik azotun inorganik azota mineralize edilmesiyle bitkiler tarafından alınabilir forma dönüşür (Ashton vd., 2010). Bitki dokularındaki N konsantrasyonu, mahsulün gelişme ve büyüme evreleri sırasında değişkenlik gösterir ve tipik olarak genç dokularda azot konsantrasyonu daha yüksekken, olgun veya yaşlı materyallerde azot konsantrasyonu daha düşüktür (Rueter ve Robinson, 1986). Fosfor (P), çoğu tarımsal ekosistemde mahsul gelişimi için önemli bir besin elementi olup, çeşitli fizyolojik ve biyo-kimyasal süreçler için vazgeçilmez bir besin elementidir (Richardson vd., 2011). Sonuç olarak, fosfor elementinin mevcudiyeti, mahsul gelişimini kontrol eden önemli bir parametredir (Wyngaard vd., 2016). Fosforun toprakta yavaş difüze olması ve fazla fikse edilmesi özelliği onu benzersiz kılan özelliklerindendir. Bütün bunlar fosforun bitki büyümesi için önemli bir sınırlayıcı faktör olabileceği anlamına gelmektedir.

Potasyum (K), bitkiler için önemli bir makro besin elementi olup, mahsul verimi ve kalitesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar (Qiu vd., 2014). Temel besin elementlerinden biri olan potasyumun rezervleri fazladır yer kabuğunun yaklaşık %2.1 - %2.3'ünü oluşturur (Zorb vd., 2014). Potasyum, biyotik ve abiyotik streslere karşı bitkinin dirençli olması, azot ve fosforun yetiştirilen ürün tarafından emilimi ve kullanımı gibi bitkinin fizyolojik ve metabolik süreçlerinde çeşitli yararlı rollere sahiptir.

Magnezyum (Mg) bitkiler için çok önemli bir başka besin elementidir. Mg, klorofil oluşumuna katılmakla birlikte kloroplastın da yapısında yer alır. Magnezyum, eksikliği aşırı gübreleme ve sulama ile seyreden, tarımda üretim ve kalitenin düşmesine neden olan bir bitki besin elementidir. Kalsiyum (Ca), hücre duvarlarının güçlendirilmesinde etkili bir besin elementidir. Sürgün ucu ve kök ucu gibi büyüme noktalarının gelişimi için son derece önemlidir. Büyüme uçlarının sert ve kırılğan

olmasını önleyerek hücre duvarının esneme ve genişlemesine yardımcı olur. Bunun yanında, toprakta genellikle bitki ihtiyacını karşılamaya yetecek düzeyde kalsiyum bulunur. Buna karşılık, asit karakterli, şiddetli yıkanmaya maruz kalan hafif bünyeli topraklarda ve bazı faktörlerin etkisiyle kalsiyum noksanlığı ortaya çıkabilir.

Demir (Fe), solunum zincirinde ve klorofil sentezinde, uygun bir kloroplast yapısının oluşturulmasında ve yeterli enzim ve protein aktivitesinin korunmasında yer alan ve bitkiler için mutlak gerekli bir mikro besin elementidir (Rout ve Sahoo, 2015). Toprakta yaygın bulunan demir formu, az çözünürlükteki Fe^{+3} iyonudur (Schulte ve Kelling, 2004). Belirli koşullar altında Fe^{2+} formu daha iyi çözünürlük gösterir ve bitkiler tarafından emilimi daha kolaydır (Briat, 2005). Mangan (Mn), neredeyse tüm canlı organizmalar için temel bir element olup, biyolojik reaksiyonlarda bir enzim kofaktörü veya katalitik aktiviteye sahip bir metal olarak hareket eder (Andresen vd., 2018). Bitkilerde Mn, büyüme ve çoğalma için gerekli olan 17 temel elementten biridir. Bitkiler mangana ufak miktarlarda ihtiyaç duysa da sonuçta bitki büyümesi ve gelişimi için diğer besinler kadar kritik bir öneme sahiptir.

Sodyum (Na), çoğu bitkide fizyolojik işlev için kullanılmaz ve yüksek konsantrasyonları bitkiler için toksik olabilir (Pardo ve Quintero, 2002; Marschner, 2011; Maathuis, 2014). Toprak çözeltisindeki yüksek Na^{+} seviyeleri, bitkideki mevcut su miktarını, kök penetrasyonunu ve fide çıkışını azaltır, bunun yanında ozmotik stresi artırır ve bitkiler üzerinde belirli beslenme dengesizliklerine neden olarak mahsulde kalite ve verim kaybına neden olur.

Ağır metal kontaminasyonu, endüstriyel prosesler, evsel ve endüstriyel atıkların bertarafı ve tarımsal uygulamalar gibi çeşitli sebeplerden kaynaklanır. Çinko (Zn), nikel (Ni), bakır (Cu), kobalt (Co), vanadyum (V) ve krom (Cr) her ne kadar toksik elementler olsalar da eser elementler olarak toprakta önemli bir rol oynarlar. Topraklar için potansiyel tehlikeleri olan ağır metaller kadmiyum (Cd), krom (Cr), kurşun (Pb), çinko (Zn) ve bakırdır (Cu). Ağır metaller arasında en yaygın olan toprak kirleticilerinden biri bakır elementidir. Cu, yaşam için gerekli eser bir elementtir ancak yüksek dozları insanlar için toksik olabilir (Griffiths ve Philippot, 2013). Bakır biyolojik olarak parçalanamaz, toprakta birikir ve en nihayetinde tehlikeli konsantrasyon seviyelerine ulaşır (Nirel ve Pasquini, 2010). Bununla birlikte, yüksek bakır konsantrasyonları toprakta toksik bir etkiye sahip olup, biyolojik aktivitenin

azalması ve dane kaybı da dahil olmak üzere bir dizi olumsuz etkiye neden olabilir. Çinko (Zn), bitkiler, hayvanlar ve de insanlar için az ama kritik miktarlarda gerekli olan temel bir mikro besin elementidir. Yüzlerce enzimi içeren geniş bir makromolekül yelpazesinin yapısı ve işlevi için gereklidir.

Çalışma alanı yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe ve Cu değerlerinin çalışma alanı içerisindeki oransal dağılımları Tablo 4.39'da verilmiştir.

Tablo 4.39. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe ve Cu dağılımları

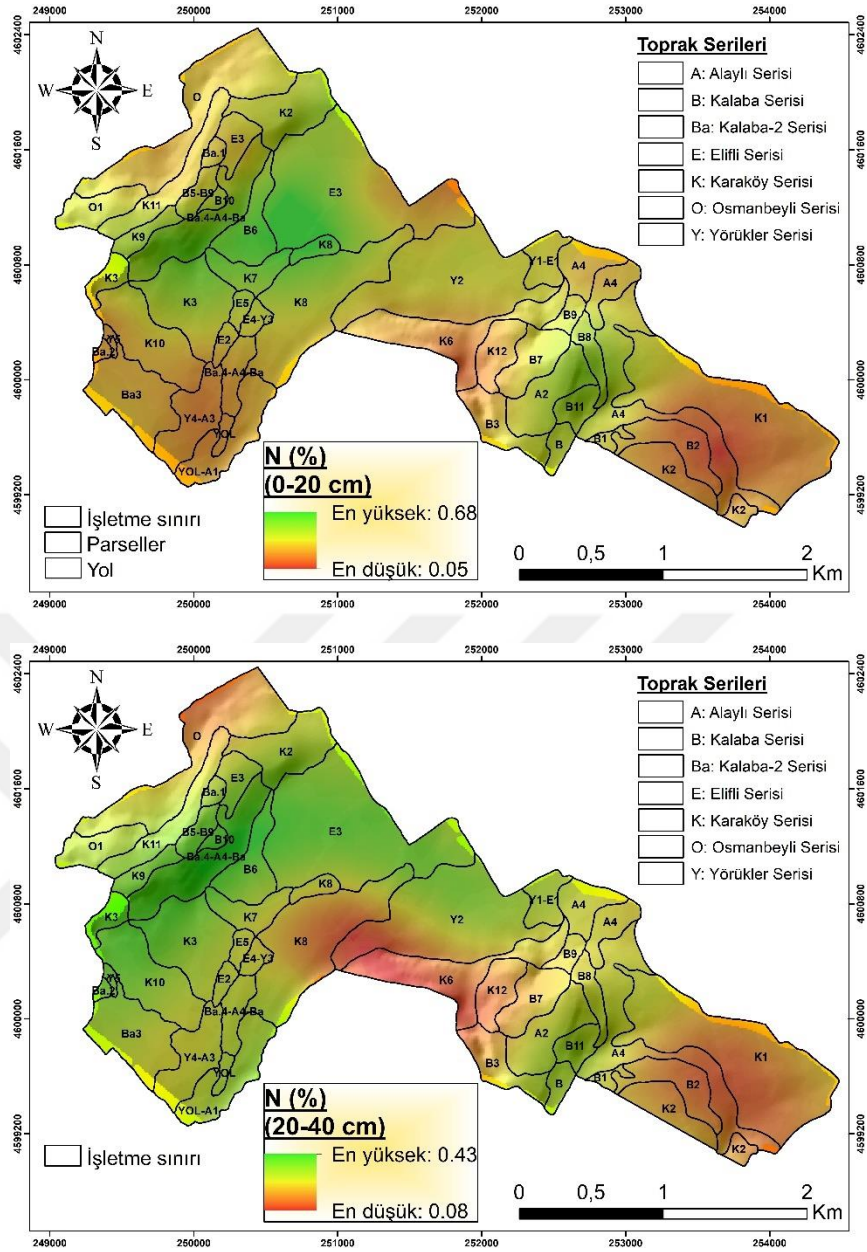
Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Yüzey (0-20 cm)		Yüzey (20-40 cm)	
		Örnek Sayısı	%	Örnek Sayısı	%
N (%)	<0.045	0	0	0	0
	0.045-0.09	2	2.25	1	1.11
	0.09-0.17	5	5.62	7	7.78
	0.17-0.32	35	39.33	57	63.33
	>0.32	47	52.81	25	27.78
P (ppm)	<2.5	13	14.61	18	20
	2.5-8.0	37	41.57	50	55.56
	8.0-25	38	42.70	22	24.44
	25-80	1	1.12	0	0
	>80	0	0	0	0
K (mek/100 gr)	<0.13	0	0	0	0
	0.13-0.28	0	0	1	1.11
	0.28-0.74	48	53.93	72	80
	0.74-2.56	41	46.07	17	18.89
	>2.56	0	0	0	0
Ca (mek/100 gr)	<1.19	0	0	0	0
	1.19-5.75	0	0	0	0
	5.75-17.5	4	4.49	3	3.33
	17.5-50.0	85	95.51	86	95.56
	>50.0	0	0	1	1.11
Mg (mek/100 gr)	<0.42	0	0	0	0
	0.42-1.33	0	0	0	0
	1.33-4.0	2	2.25	1	1.11
	4.0-12.5	43	48.31	47	52.22
	>12.5	44	49.44	42	46.67

Tablo 4.39. Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe ve Cu dağılımları (Devamı)

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Yüzey (0-20 cm)		Yüzey (20-40 cm)	
		Örnek Sayısı	%	Örnek Sayısı	%
Mn (ppm)	<4	72	80.90	70	7.78
	4-14	16	17.98	17	18.89
	14-50	1	1.12	3	3.33
	50-170	0	0	0	0
	>170	0	0	0	0
Zn (ppm)	<0.2	2	2.25	5	5.56
	0.2-0.7	33	37.08	32	35.56
	0.7-2.4	42	47.19	47	52.22
	2.4-8.0	12	13.48	6	6.67
	>8.0	0	0	0	0
Fe (ppm)	<0.2	1	1.12	0	0
	0.2-4.5	2	2.25	76	84.44
	>4.5	86	96.63	14	15.56
Cu (ppm)	<0.2	16	17.98	3	3.33
	>0.2	73	82.02	87	96.67

Çalışma alanı yüzey (0-20 cm) topraklarına ait N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe ve Cu değerleri sırasıyla %0.05-%0.68, 0.46-20.21 ppm, 0.35-1.90 mek/100 gr, 14.98-49.74 mek/100 gr, 3.03-21.41 mek/100 gr, 0.05-17.76 ppm, 0.12-3.96 ppm, 0.16-5.94 ppm ve 0.02-1.66 ppm arasında değişiklik gösterirken, yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe ve Cu değerlerinin ise sırasıyla %0.08-%0.43, 0.46-20.24 ppm, 0.27-1.97 mek/100 gr, 14.78-50.28 mek/100 gr, 3.48-24.08 mek/100 gr, 0.14-30.12 ppm, 0.1-3.93 ppm, 0.34-7.38 ppm ve 0.03-2.4 ppm arasında farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde azot değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 0.0969 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.37), yüzey altı toprak örneklerinde azot değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 0.0639 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.38). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait azot değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.24'te verilmiştir.

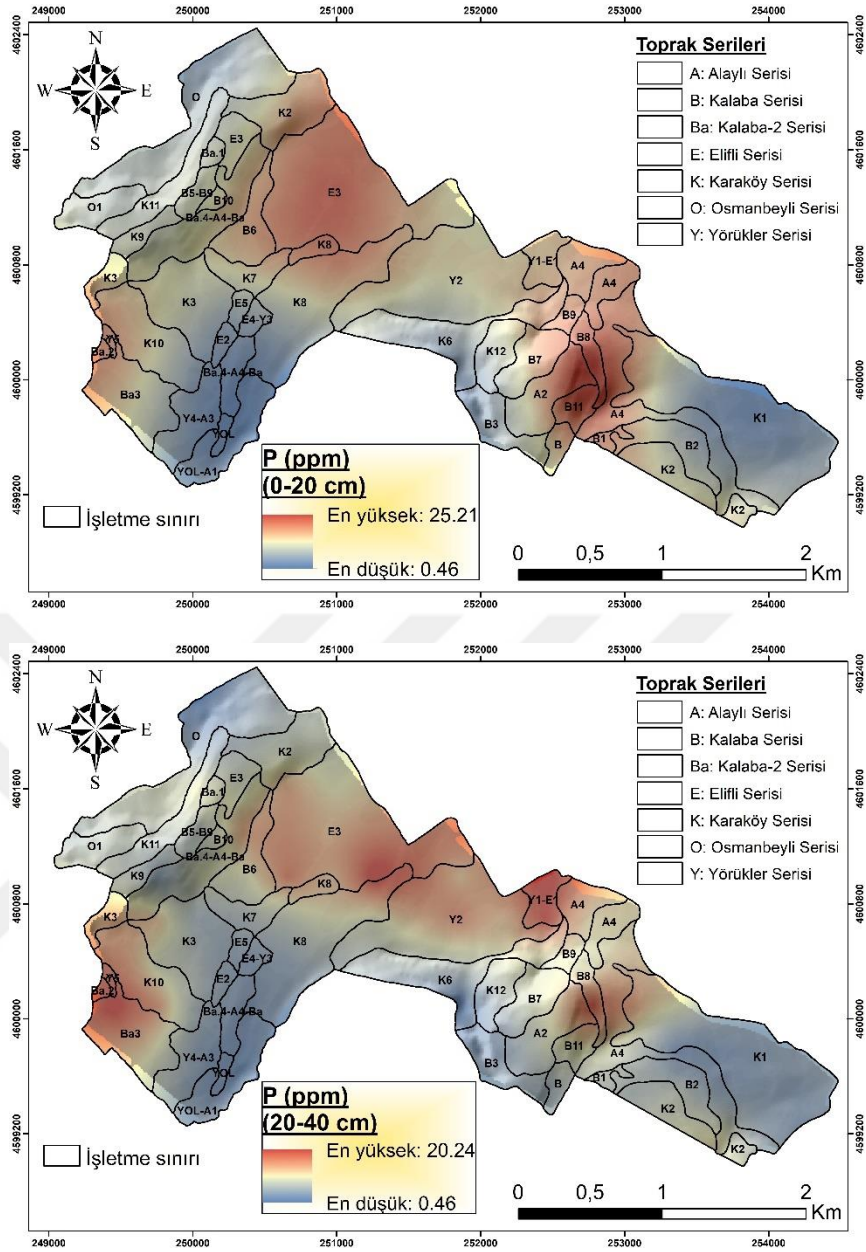


Şekil 4.24. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının N (%) dağılım haritaları

Şekil 4.24'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait N değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının kuzeyinde yer alan Kalaba serisine ait B6, Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba, Karaköy serisine ait K3, K7, K8, çalışma alanının güneybatısında yer alan Alaylı serisine ait A2 ile Kalaba serisine ait B ve B11 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K6, K12, güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B2 haritalama birimi ile Karaköy serisine ait K1 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey

altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait N değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının merkeze yakın Yörükler serisine ait Y2, güneybatısında yer alan Alaylı serisine ait A2, Kalaba serisine ait B, B11, kuzeybatısında yer alan Yol, Alaylı serisine ait Yol-A1, Karaköy serisine ait K3, K9, K10, Yörükler serisine ait Y5, Kalaba-2 serisine ait Ba.2, güneybatı kesimlerinde yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1, çalışma alanının kuzeyinde yer alan Elifli serisine ait E3, Kalaba serisine ait B6,B5-B9, B10 ile Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K6, K12, merkeze yakın kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K8, kuzeyinde yer alan Osmanbeyli serisine ait O ile güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B2 ve Karaköy serisine ait K1 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde fosfor değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 4.9372 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.37), yüzey altı toprak örneklerinde fosfor değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 4.0449 RMSE değeri ile Universal (Evrensel) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.38). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait fosfor değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının P (ppm) dağılım haritaları

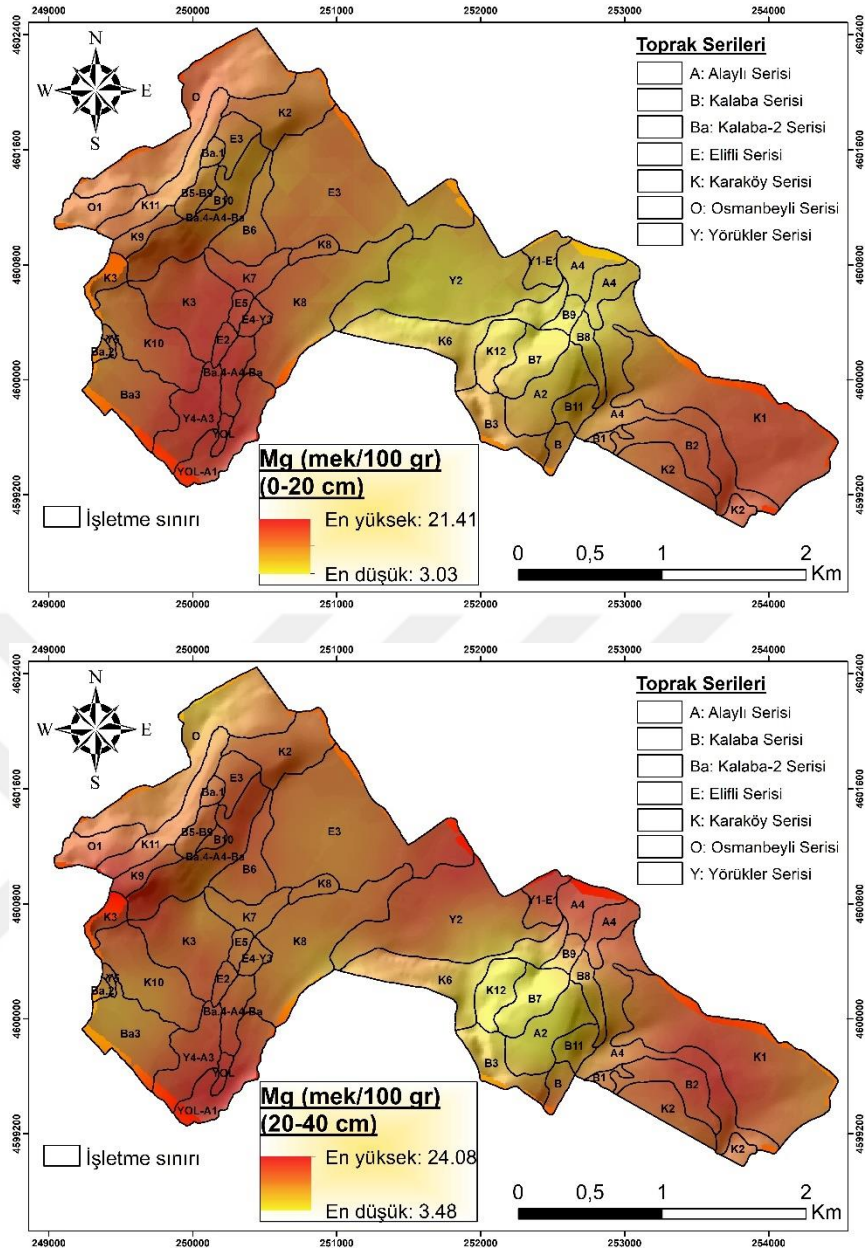
Şekil 4.25'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait P değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının kuzeyinde yer alan Elifli serisine ait E3, Karaköy serisine ait K8, kuzeybatısında yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba.2, Yörükler serisine ait Y5, güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B8, B11, Alaylı serisine ait A4 ve güneybatısında yer alan Alaylı serisine ait A2 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzeyinde yer alan Osmanbeyli serisine ait O, kuzeybatısında yer alan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3, Elifli

serisine ait E2, E5 ile Yol haritalama birimi, Alaylı haritalama birimine ait Yol-A1, Elifli ve Yörükler serilerine ait E4-Y3, Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba, merkeze yakın güneybatı kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K6, K12, Kalaba serisine ait B3 ve güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait P değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba3, Ba.2, Yörükler serisine ait Y5, Karaköy serisine ait K3, K10, kuzeyinde yer alan Elifli serisine ait E3, merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Yörükler serisine ait Y2, güney doğu kesimlerinde yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 ve güneyinde bulunan Kalaba serisine ait B8 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzeyinde yer alan Osmanbeyli serisine ait O, kuzeybatısında yer alan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3, Elifli serisine ait E2, E5 ile Yol haritalama birimi, Alaylı haritalama birimine ait Yol-A1, Elifli ve Yörükler serilerine ait E4-Y3, Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba, merkeze yakın güneybatı kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K6, K12, Kalaba serisine ait B3 ve güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde potasyum değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 0.7562 RMSE değeri ile Universal (Evrensel) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.37), yüzey altı toprak örneklerinde potasyum değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 0.3840 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.38). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait potasyum değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.26'da verilmiştir.

(20-40 cm) toprak örneklerine ait K değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının kuzeyinde yer alan K2, K11, Elifli serisine ait E3, Kalaba serisine ait B5-B9, B10, Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K8, merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Yörükler serisine ait Y2, Karaköy serisine ait K6, K12, Kalaba serisine ait B7, güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B8, B9, güney doğusunda yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1, Alaylı serisine ait A4 ve çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde magnezyum değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 3.8887 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.37), yüzey altı toprak örneklerinde magnezyum değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 4.5543 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.38). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait magnezyum değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.27'de verilmiştir.

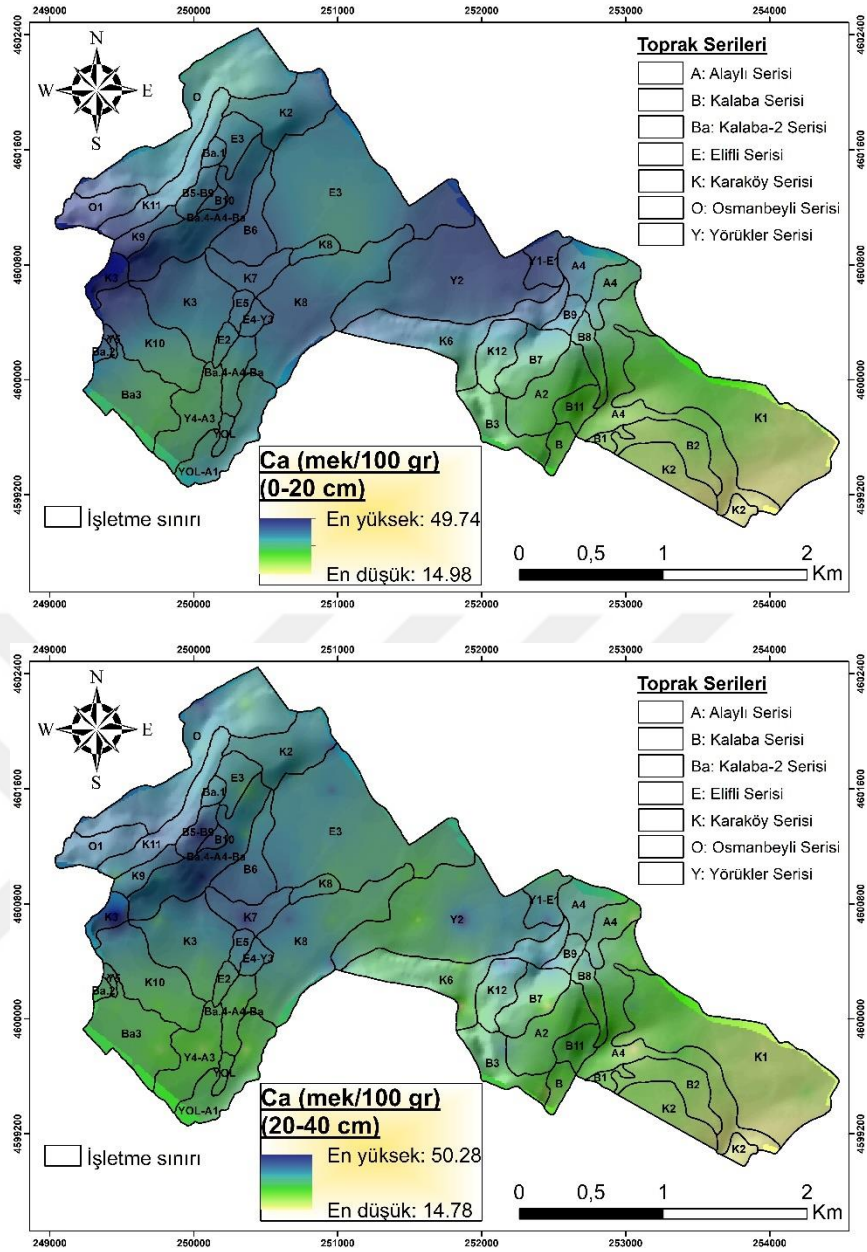


Şekil 4.27. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Mg (mek/100 gr) dağılım haritaları

Şekil 4.27'ye göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait Mg değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1, K2, kuzeybatı kesimlerinde yer alan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3, Elifli serisine ait E5, E2, Elifli ve Yörükler serilerine ait E4-Y3, Kalaba ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Yörükler serisine ait Y2, Karaköy serisine ait K6, K12, güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B7, B8, B9 ile

güney doğusunda yer alan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait Mg değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının merkeze yakın güneybatısında yer alan Yörükler serisine ait Y2, güney doğusunda yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1, Alaylı serisine ait A4, güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1, K2, Kalaba serisine ait B2, kuzeybatısında yer alan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3, Osmanbeyli serisine ait O1, Karaköy serisine ait K3, K9, kuzeyinde yer alan Kalaba serisine ait B10 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K12, Kalaba serisine ait B3, B7, B11 ve Alaylı serisine ait A2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde kalsiyum değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 5.8903 RMSE değeri ile Universal (Evrensel) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.37), yüzey altı toprak örneklerinde kalsiyum değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 5.7997 RMSE değeri ile IDW'nin 1.kuvvetinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.38). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait kalsiyum değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.28'de verilmiştir.

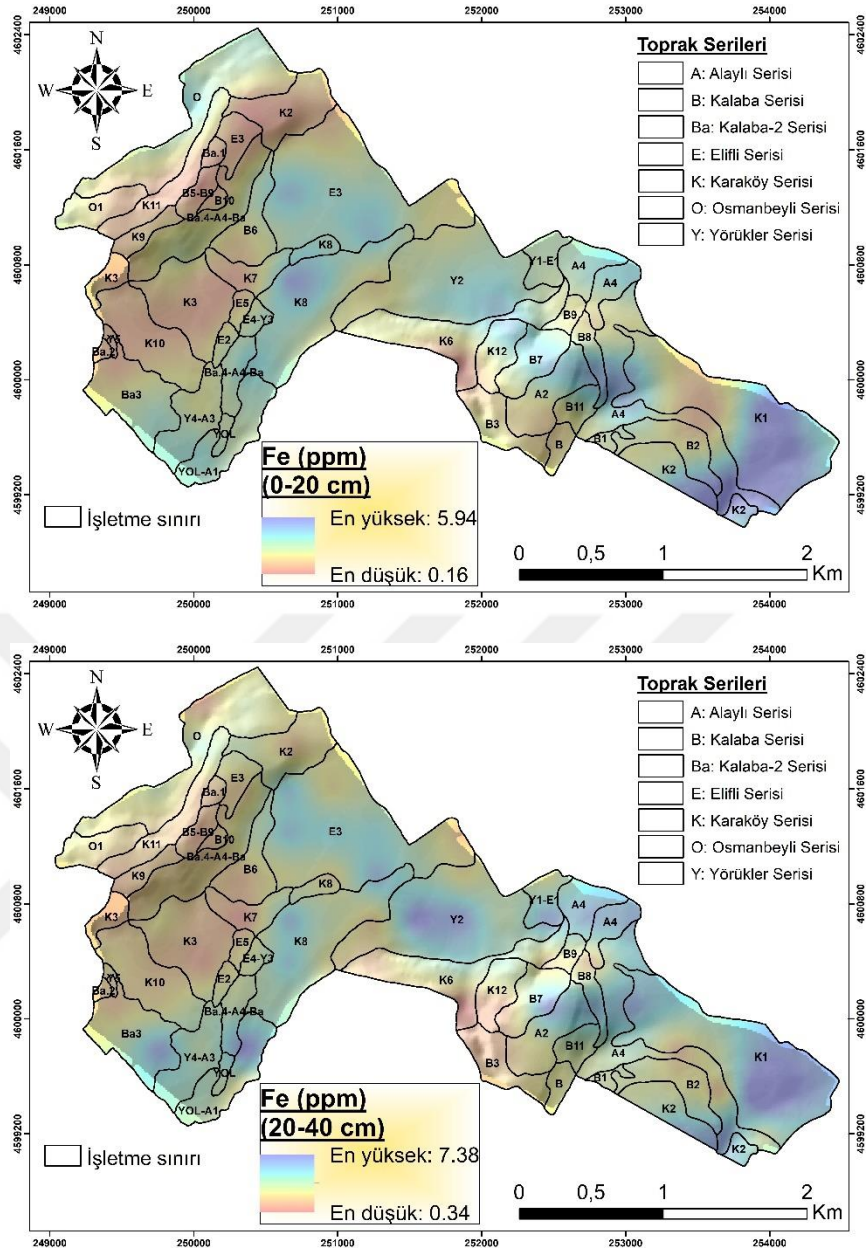


Şekil 4.28. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Ca (mek/100 gr) dağılım haritaları

Şekil 4.28'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait Ca değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının merkeze yakın kuzeybatısında yer alan Yörükler serisine ait Y2, güney doğusunda yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1, kuzeybatısında yer alan Osmanbeyli serisine ait O1 ile Karaköy serisine ait K3 ve K9 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1 ve K2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine

ait Ca değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K3, kuzeyinde yer alan Karaköy serisine ait K7, Kalaba serisine ait B5-B9, merkeze yakın güneybatısında yer alan Yörükler serisine ait Y2 haritalama birimi ile güney doğusunda yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1 ve K2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde demir değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 1.3705 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.37), yüzey altı toprak örneklerinde demir değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 1.3409 RMSE değeri ile RBF'nin Completely Regularized Spline (CRS) modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.38). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait demir değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar şekil 4.29'da verilmiştir.

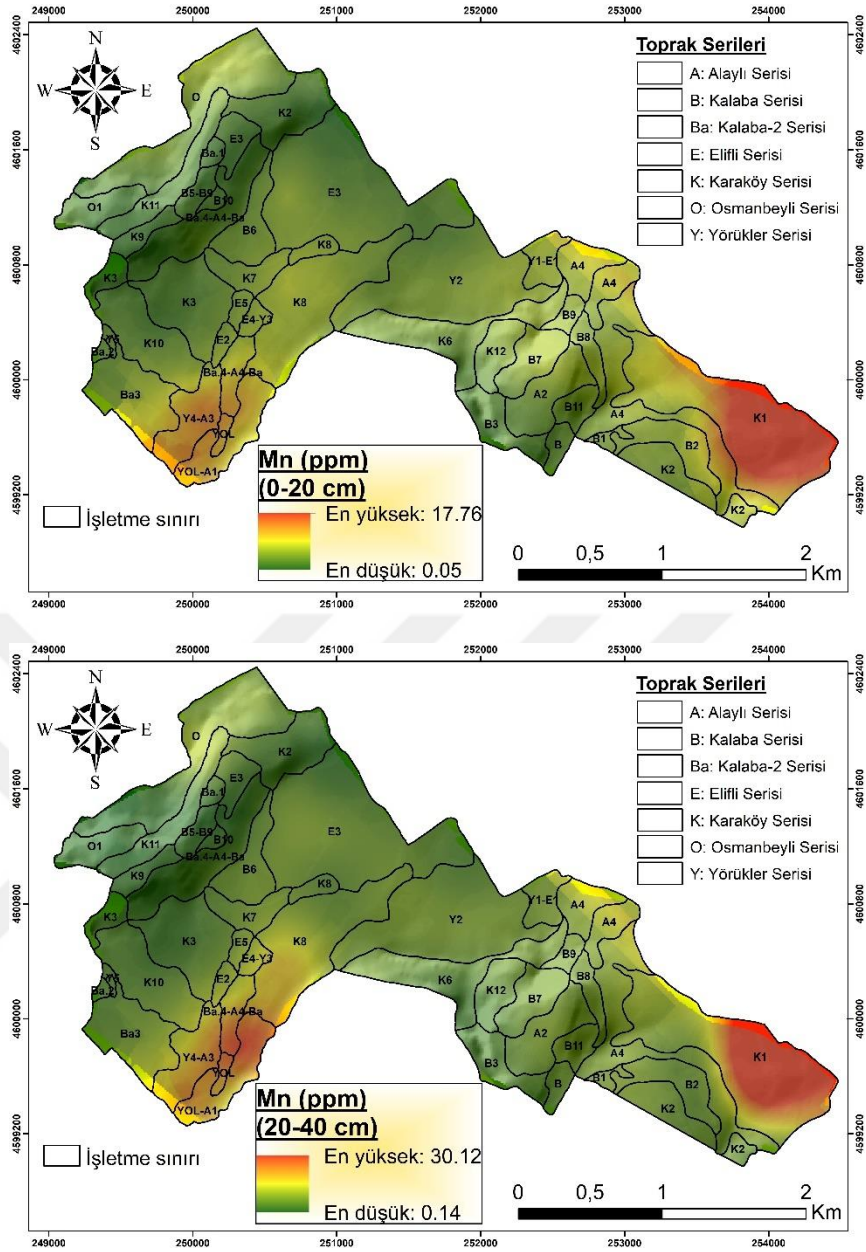


Şekil 4.29. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Fe (ppm) dağılım haritaları

Şekil 4.29'a göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait Fe değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının kuzeyinde yer alan Karaköy serisine ait K8, güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1 ile Kalaba serisine ait B8 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K6, kuzeyinde yer alan Karaköy serisine ait K2, K7, K11, Elifli serisine ait E3, Kalaba serisine ait B5-B9 ile kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K3 ve K10 haritalama birimlerinde azalan

yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait Fe değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1, K2, Kalaba serisine ait B7, güney doğusunda bulunan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1, Alaylı serisine ait A4, merkeze yakın güneybatısında yer alan Yörükler serisine ait Y2, kuzeyinde yer alan Kalaba ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba ile kuzeybatısında yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba3 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatısında bulunan Karaköy serisine ait K6, K12, kuzeyinde bulunan Karaköy serisine ait K7, Kalaba serisine ait B5-B9 ve kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K3 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde mangan değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 2.2490 RMSE değeri ile Ordinary (Doğal) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.37), yüzey altı toprak örneklerinde mangan değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 3.8913 RMSE değeri ile Universal (Evrensel) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.38). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait mangan değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.30'da verilmiştir.

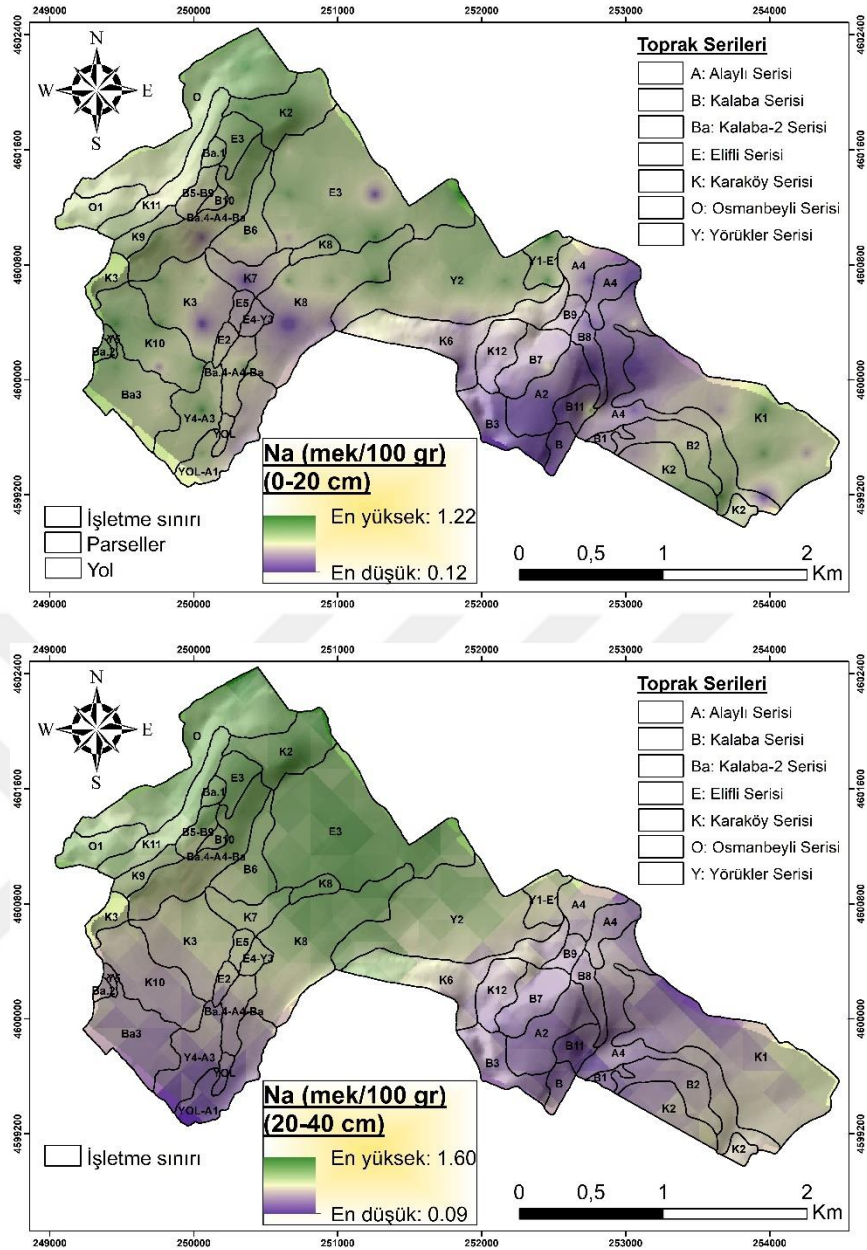


Şekil 4.30. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Mn (ppm) dağılım haritaları

Şekil 4.30'a göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait Mn değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1, kuzeyinde yer alan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Kalaba serisine ait B3, kuzeybatı kesimlerinde yer alan Osmanbeyli serisine ait O11, Karaköy serisine ait K11, K9, kuzeyinde yer alan Kalaba serisine ait B5-B9, Kalaba-2 serisine ait Ba.1, Elifli serisine ait E3 ve kuzey

doğusunda yer alan Karaköy serisine ait K2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait Mn değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1, kuzeybatısında yer alan Yörükler-Alaylı serilerine ait Y4-A3, Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatısında yer alan Kalaba serisine ait B3, Karaköy serisine ait K12, kuzeybatısında yer alan Osmanbeyli serisine ait O1, Kalaba-2 serisine ait Ba3, Karaköy serisine ait K9, K11 ve çalışma alanının kuzeyinde yer alan Kalaba serisine ait B5-B9 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde sodyum değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 2.2797 RMSE değeri ile IDW'nin 1. Kuvvetinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.37), yüzey altı toprak örneklerinde sodyum değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 0.3222 RMSE değeri ile Universal (Evrensel) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.38). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait m sodyum değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.31'de verilmiştir.

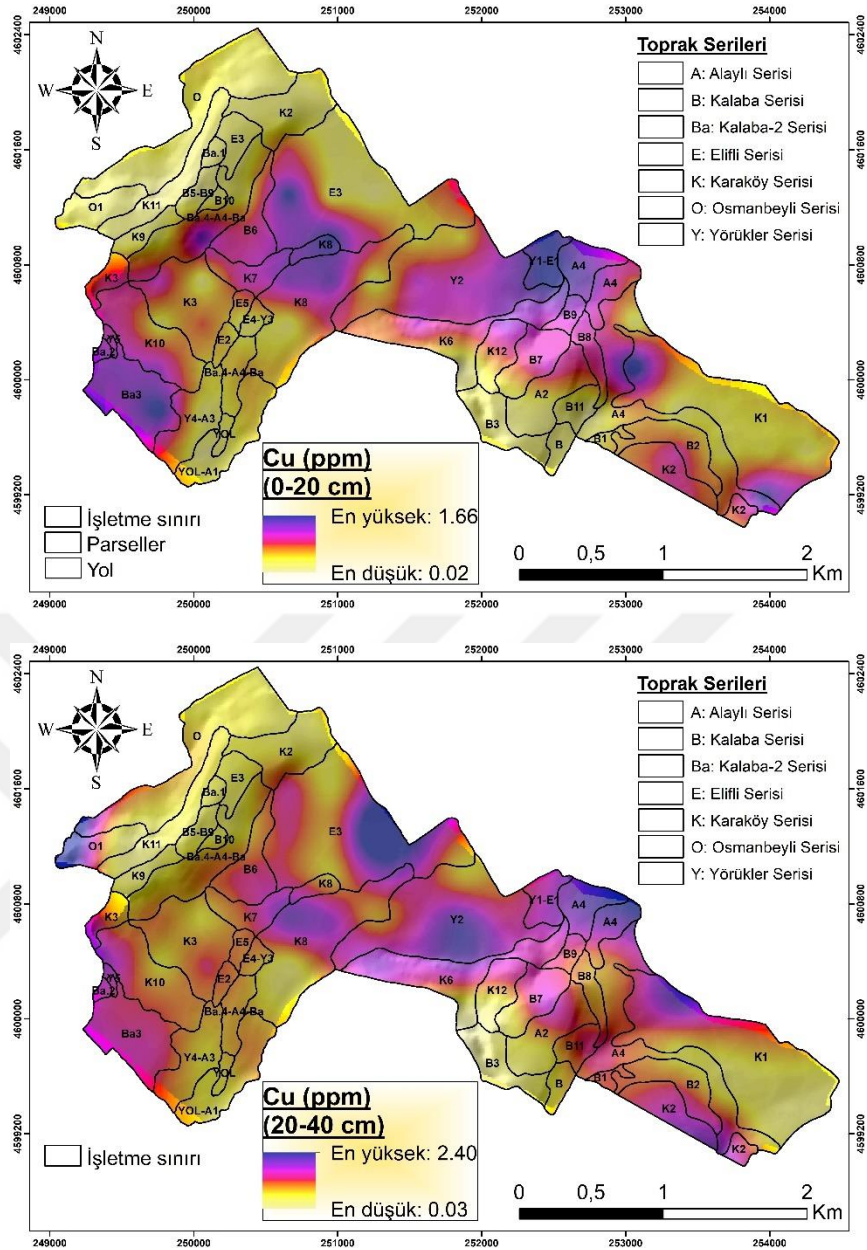


Şekil 4.31. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Na (mek/100 gr) dağılım haritaları

Şekil 4.31'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait Na değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının kuzeyinde yer alan Osmanbeyli serisine ait O haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Kalaba serisine ait B3 ve Alaylı serisine ait A2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait Na değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının kuzeyinde yer alan Elifli serisine ait E3, Osmanbeyli

serisine ait O haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Alaylı serisinde yer alan Yol-A1, güneybatısında yer alan Alaylı serisine ait A2 ve Kalaba serisine ait B1, B11 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde bakır değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 0.3976 RMSE değeri ile Ordinary (Doğal) Kriging'e ait Exponential (Üssel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.37), yüzey altı toprak örneklerinde bakır değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 0.4496 RMSE değeri ile RBF'nin Thin Plate Spline (TPS) modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.38). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait bakır değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.32'de verilmiştir.

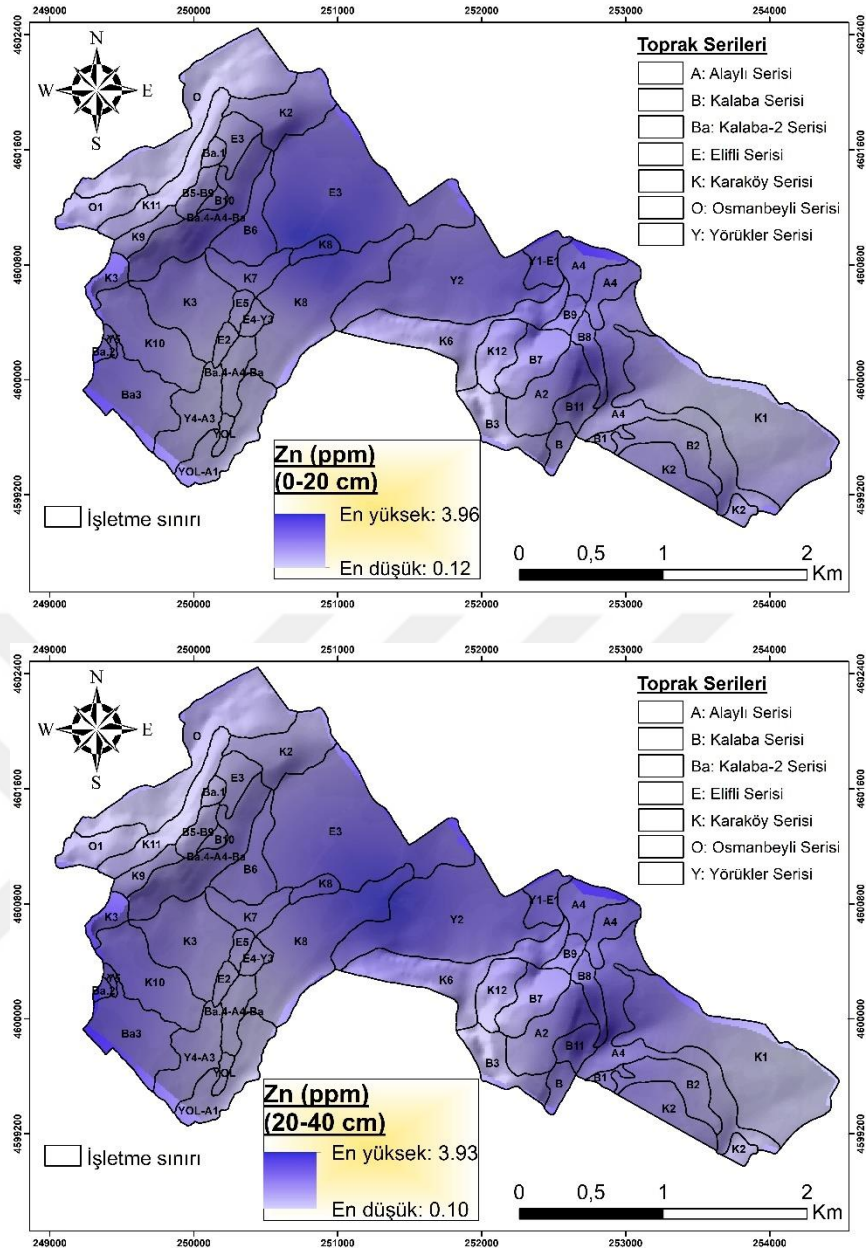


Şekil 4.32. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Cu (ppm) dağılım haritaları

Şekil 4.32'ye göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait Cu değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba3, kuzeyinde yer alan Karaköy serisine ait K8, güney doğusunda yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 ve Alaylı serisine ait A4 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Elifli ve Yörükler serisine ait E4-Y3 ile güneybatısında yer alan Kalaba serisine ait B4 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı

(20-40 cm) toprak örneklerine ait Cu değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Osmanbeyli serisine ait O1, kuzeyinde yer alan Elifli serisine ait E3, Karaköy serisine ait K8, güney doğusunda yer alan Alaylı serisine ait A4 ve güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K2 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K6, K12, kuzeybatısında yer alan Elifli-Yörükler serilerine ait E4-Y3 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde çinko değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 0.8612 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.37), yüzey altı toprak örneklerinde çinko değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 0.6999 RMSE değeri ile Ordinary (Doğal) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.38). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait çinko değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.33'te verilmiştir.



Şekil 4.33. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının Zn (ppm) dağılım haritaları

Şekil 4.33'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait Zn değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının kuzeyinde yer alan Karaköy serisine ait K8, Elifli serisine ait E3, çalışma alanının güneyinde yer alan Kalaba serisine ait B7, B9 ve güney doğusunda yer alan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatısında bulunan Karaköy serisine ait K1, Kalaba serisine ait B2, kuzeybatı kesimlerinde bulunan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3, Elifli serisine ait E2, E5, Elifli ve

Yörükler serilerine ait E4-Y3 ve Kalaba ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait Zn değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının kuzeybatı kesimlerinde yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba3, Ba.2, kuzeyinde yer alan Karaköy serisine ait K8, Elifli serisine ait E3, merkeze yakın güneybatı kesimlerinde bulunan Yörükler serisine ait Y2, güneyinde bulunan Kalaba serisine ait B8, B9 ve güney doğusunda bulunan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatısında bulunan Karaköy serisine ait K1, K2, Alaylı serisine ait A2, Kalaba serisine ait B2, kuzeybatı kesimlerinde bulunan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3, Elifli serisine ait E2, E5, Elifli ve Yörükler serilerine ait E4-Y3, Kalaba ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba, güney kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K2 ve kuzey kesimlerinde bulunan Osmanbeyli serisine ait O haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

4.3.4. Toprakların biyolojik özelliklerine ait alansal dağılımları

Çalışma alanı içerisinde alınan 90 adet yüzey (0-20 cm) ve 90 adet yüzey altı (20-40 cm) toprak örneğinin fiziksel özelliklerine ait en uygun enterpolasyon yönteminin belirlenmesinde kullanılan RMSE değerleri sırasıyla Tablo 4.40 ve Tablo 4.41’de verilmiştir.

Yüzey topraklarının (0-20 cm) Mikrobiyal biyokütle karbon (MBK) özelliği için Simple (Basit) Kriging’in Exponential (Üssel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu, toprak solunumu (CO₂) için Ordinary (Doğal) Kriging’in Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu ve son olarak Simple (Basit) Kriging’e ait Gaussian semivariogram modelinin metabolik katsayı (qCO₂) parametresine yönelik dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılacak en uygun model olduğu tespit edilmiştir.

Yüzey altı topraklarının (20-40 cm) Mikrobiyal biyokütle karbon (MBK) özelliği için RBF’nin Spline With Tension (SWT) modelinin en uygun model olduğu, toprak solunumu (CO₂) için Ordinary (Doğal) Kriging’in Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu ve son olarak Simple (Basit) Kriging’e ait Spherical (Küresel) semivariogram modelinin metabolik katsayı (qCO₂) parametresine yönelik

dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılacak en uygun model olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.40. Yüzey (0-20 cm) topraklarına ait biyolojik özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

Dağılım modelleri			RMSE değerleri (%)		
			MBK	CO ₂	qCO ₂
IDW		1	7.1374	0.0718	0.0025
		2	7.1264	0.0737	0.0025
		3	7.1798	0.0759	0.0026
RBF		CRS	7.1558	0.0783	0.0026
		SWT	7.0914	0.0758	0.0026
		TPS	8.1207	0.0949	0.0030
Krigingg	Ordinary	Gaussian	7.1045	0.0702	0.0025
		Exponential	7.1148	0.0708	0.0025
		Spherical	7.1225	0.0704	0.0025
	Simple	Gaussian	7.0940	0.0697	0.0025
		Exponential	7.0717	0.0697	0.0025
		Spherical	7.0793	0.0697	0.0025
	Universal	Gaussian	7.1045	0.0702	0.0025
		Exponential	7.1148	0.0708	0.0025
		Spherical	7.1225	0.0704	0.0025

Burada; SWT: Spline With Tension (İnce eğrisel), CRS: Completely Regularized Spline (düzenlenmiş eğrisel), TPS: Thin Plate Spline, K: Küresel, G: Üssel, G: Gaussian, IDW: Ters Mesafe Ağırlıklandırması ve RBF: Radyal Tabanlı Fonksiyon olarak ifade edilmektedir.

Tablo 4.41. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait biyolojik özelliklerin enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

Dağılım modelleri		RMSE değerleri (%)			
		MBK	CO ₂	qCO ₂	
IDW	1	3.8642	0.0335	3.4912	
	2	3.8730	0.0339	2.7365	
	3	3.9091	0.0346	2.2339	
RBF	CRS	3.8524	0.0352	1.2884	
	SWT	3.8418	0.0346	7.8655	
	TPS	4.0620	0.0411	4.2556	
Krigingg	Ordinary	Gaussian	4.0162	0.0330	1.7415
		Exponential	3.8648	0.0330	9.6449
		Spherical	3.9968	0.0330	8.0479
	Simple	Gaussian	3.8133	0.0323	3.5447
		Exponential	3.8133	0.0323	2.3548
		Spherical	3.8033	0.0323	1.5230
	Universal	Gaussian	4.0162	0.0330	1.7415
		Exponential	3.8633	0.0330	9.6449
		Spherical	3.9968	0.0330	8.0479

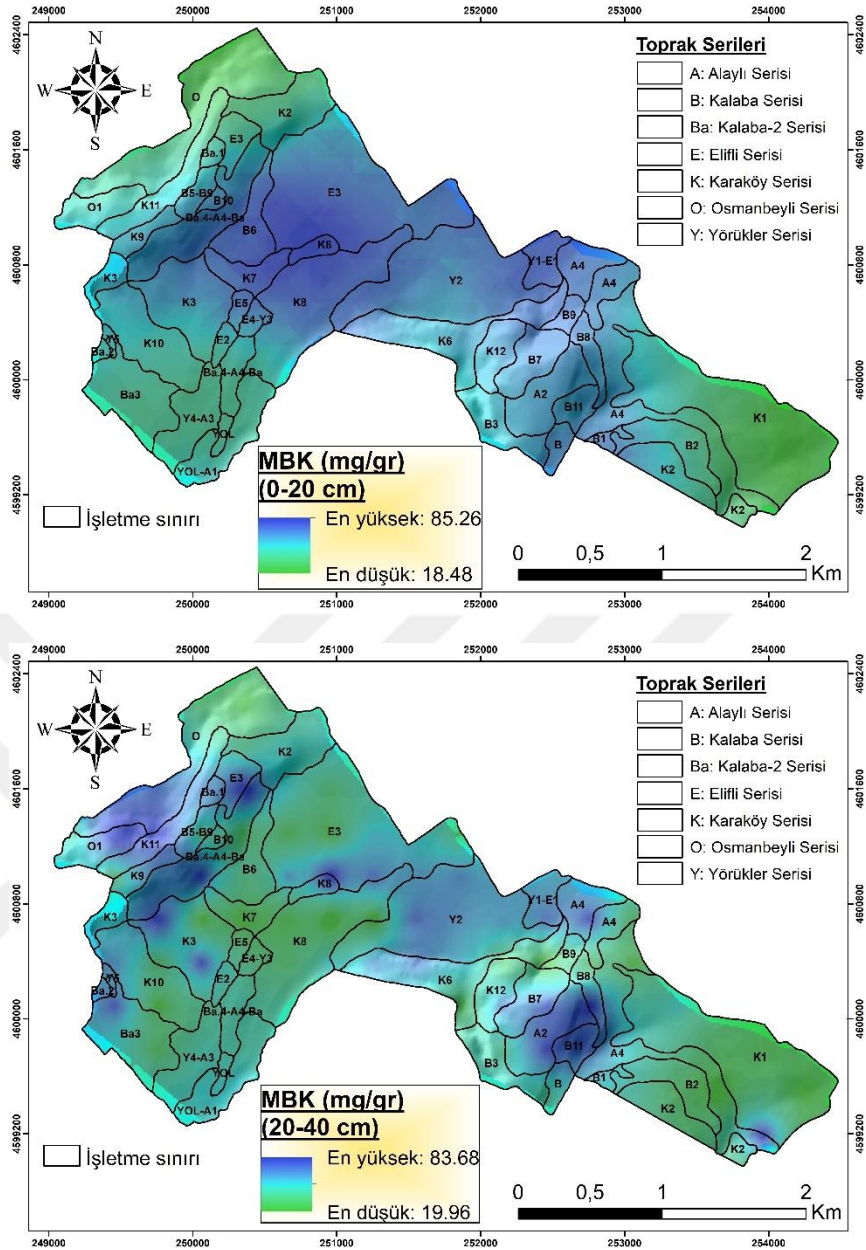
4.3.4.1. Toprakların Mikrobiyal Biyokütle Karbon (MBK), Toprak solunumu (CO₂) ve Metabolik katsayı (qCO₂) dağılım özellikleri

Toprak mikrobiyal biyokütlesi (karbon ve azot) toprak agregasyonunu arttırmada, C ve N dönüşümüyle birlikte besin döngüsünü de teşvik etmede önemli bir rol oynar (Mader vd., 2002; Zuber ve Villamil, 2016; Zhang vd., 2017). Sadece organik karbon döngüsünü sağlamakla kalmaz, aynı zamanda da bitki besin elementleri için bir depo görevi görür (Mader vd., 2002; Zhang vd., 2017). Ayrıca MBK, ekili alan yönetimi uygulamalarında meydana gelen değişikliklere de hızlı yanıt verir. Toprak ortamındaki değişikliklere karşı MBK'nın yüksek duyarlı olması, onun toprak karbon stabilitesinde meydana gelebilecek değişikliklere yönelik bir uyarıcı sistem olmasına hizmet eder (Kallenbach ve Grandy, 2011).

Genellikle toprak solunumu olarak adlandırılan toprak içerisindeki CO₂ akışı, karasal ekosistemlere yönelik küresel karbon döngüsü (Raich ve Schlesinger, 1992; Schlesinger ve Andrews, 2000; Ryan ve Law, 2005) ve küresel karbon bütçesi yaklaşımının önemli bir bileşenidir (Valentini vd., 2000; Barford vd., 2001; Schimel vd., 2001). Genel olarak toprak solunum oranları, uzamsal ve zamansal ölçekte toprak sıcaklığı ile ilişkilidir (Raich ve Potter, 1995; Risk vd., 2002).

Metabolik katsayı (qCO₂), enerji optimizasyon hipotezi ile ilgili olup, çevresel stresin ortaya konulmasında kullanılan bir indikatördür ve çevresel değişimlere karşı çok hassastır (Anderson ve Domsch, 1986). qCO₂, topraktaki ana karbon akışı olan heterotrofik solunumu kontrol etmek için önemli bir göstergedir. Bu gösterge, tarımsal uygulamalar ve çevresel faktörler de dahil olmak üzere birçok faktörden etkilenir. qCO₂, toprak solunumu ve MBK verileri kullanılarak kolayca ölçülebilir (de Andrade Barbosa vd., 2019).

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde MBK değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 7.0717 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'in Exponential (Üssel) semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.41), yüzey altı toprak örneklerinde MBK değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 3.8418 RMSE değeri ile RBF'nin Spline With Tension (SWT) modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.42). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait MBK değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.34'te verilmiştir.

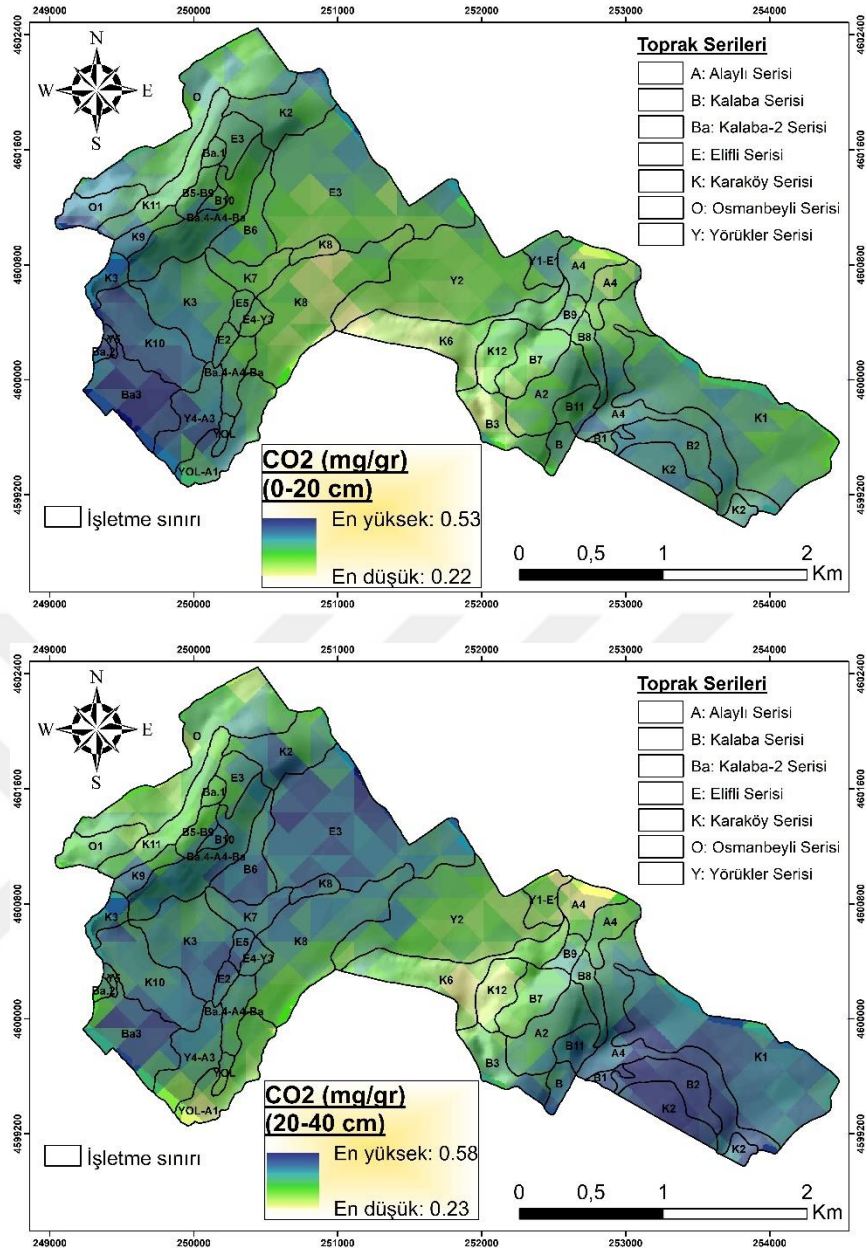


Şekil 4.34. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının MBK (mg/gr) dağılım haritaları

Şekil 4.34'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait MBK değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının kuzeyinde yer alan Karaköy serisine ait K7, K8, Elifli serisine ait E3, güneybatı kesimlerinde bulunan Kalaba serisine ait B, B1, güney doğu kesimlerinde bulunan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 ve Alaylı serisine ait A4 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzey kesimlerinde yer alan Osmanbeyli serisine ait O, güney kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K1 ve K2 haritalama birimlerinde azalan yönde bir

özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait MBK değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının kuzeybatı kesimlerinde yer alan Osmanbeyli serisine ait O1, Karaköy serisine ait K11, Kalaba-2 serisine ait Ba.2, kuzey kesimlerinde yer alan Elifli serisine ait E3, Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba, güney kesimlerinde yer alan Kalaba serisine ait B7, güneybatı kesimlerinde yer alan Alaylı serisine ait A2, Kalaba serisine ait B11, güney doğu kesimlerinde bulunan Alaylı serisine ait A4, Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 ve güney kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K2 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzeyinde yer alan Osmanbeyli serisine ait O, güney kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K1, K2, Kalaba serisine ait B2, B9, merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K7, K8 ve kuzeybatı kesimlerinde yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba3 ve Karaköy serisine ait K10 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde CO₂ değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 0.0702 RMSE değeri ile Ordinary (Doğal) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.41), yüzey altı toprak örneklerinde CO₂ değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 0.0330 RMSE değeri ile Ordinary (Doğal) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.42). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait CO₂ değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.35'te verilmiştir.

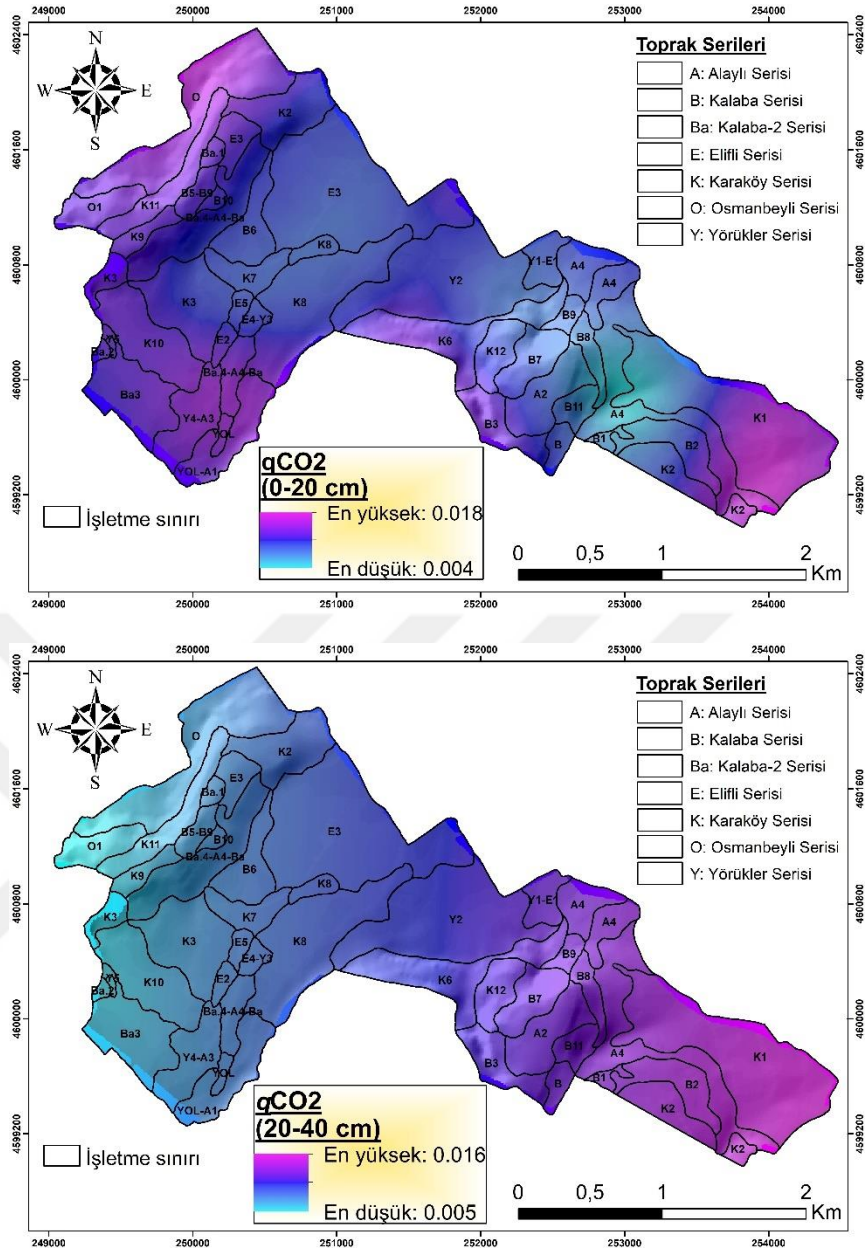


Şekil 4.35. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının CO₂ (mg/gr) dağılım haritaları

Şekil 4.35'e göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait CO₂ değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba.2, Ba3, Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3, Yörükler serisine ait Y5, Karaköy serisine ait K3, K9, K10, Osmanbeyli serisine ait O1, güneybatı kesimlerinde yer alan Kalaba serisine ait B1 ve güney doğu kesimlerinde yer alan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Kalaba

serisine ait B3, merkeze yakın güney doğu kesimlerinde bulunan Alaylı serisine ait A4 ve merkeze yakın kuzeybatı kesimlerinde bulunan K8 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait CO₂ değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1, K2, Kalaba serisine ait B2, B8, B9, Alaylı serisine ait A4, güneybatı kesimlerinde yer alan Kalaba serisine ait B, B11, kuzeybatı kesimlerinde yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba3, Karaköy serisine ait K3, K9, kuzey kesimlerinde yer alan Elifli serisine ait E2, Kalaba serisine ait B6 ve Karaköy serisine ait K8, K2 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K6, K12 ve güney doğu kesimlerinde yer alan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yüzey toprak örneklerinde qCO_2 değerlerinin alansal dağılım haritasının oluşturulmasında 0.0025 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Gaussian semivariogram modelinin en uygun model olduğu belirlenirken (Tablo 4.41), yüzey altı toprak örneklerinde qCO_2 değerlerinin dağılım haritasının oluşturulmasında ise 1.5230 RMSE değeri ile Simple (Basit) Kriging'e ait Spherical (Küresel) modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.42). Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerine ait qCO_2 değerlerinin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.36'da verilmiştir.



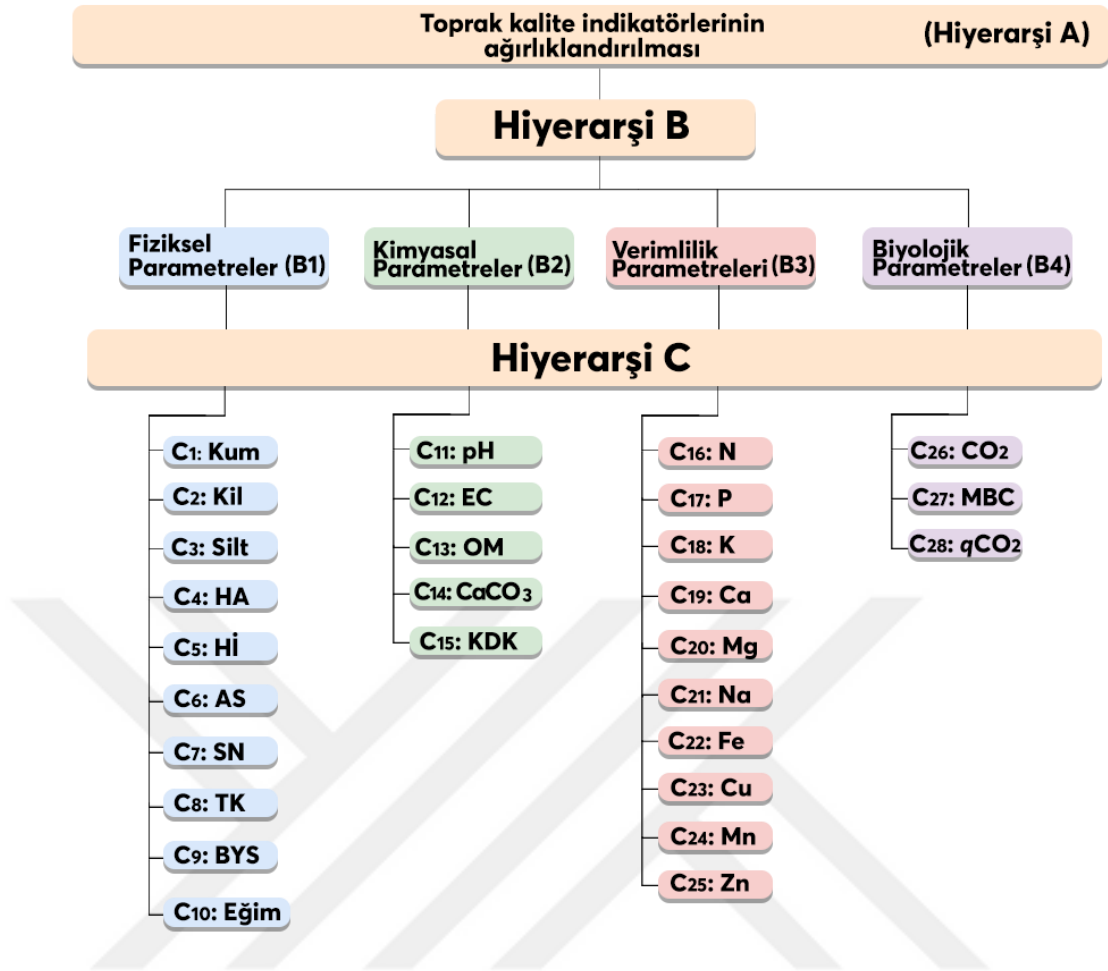
Şekil 4.36. Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) topraklarının qCO_2 dağılım haritaları

Şekil 4.36'ya göre yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait qCO_2 değerlerinin çoğunluklu olarak çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1, K2, kuzey kesimlerinde yer alan Osmanbeyli serisine ait O, kuzeybatı kesimlerinde yer alan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3, Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının güneybatı kesimlerinde yer alan Kalaba serisine ait B1, B8, B11, Alaylı serisine ait A4, kuzey kesimlerinde bulunan Karaköy serisine ait K7, K8 ve Elifli serisine ait E3 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği

görülmektedir. Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait qCO_2 değerlerinin ise çoğunlukla çalışma alanının güney kesimlerinde yer alan Karaköy serisine ait K1, K2, Kalaba serisine ait B2, B8, güneybatı kesimlerinde yer alan Kalaba serisine ait B, B1, B11, Alaylı serisine ait A4 ve güney doğu kesimlerinde yer alan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimlerinde artan yönde bir özellik gösterdiği görülürken; çalışma alanının kuzeybatı kesimlerinde yer alan Kalaba-2 serisine ait Ba.2, Ba3, Karaköy serisine ait K3, K10 ve Yörükler serisine ait Y5 haritalama birimlerinde azalan yönde bir özellik gösterdiği görülmektedir.

4.4. Nötrosifik Fuzzy-AHP Yöntemi Kullanılarak Toprak Kalite Parametrelerinin Ağırlıklandırılması

Bu çalışmada, toprak kalite indeksini belirlemeye yönelik NF-AHP diyagramının hiyerarşik yapısı (Şekil 4.37) ve her bir toprak kalite parametresine yönelik kriter ağırlıklarına ilişkin bilgiler aşağıdaki bölümde verilmiştir.



Şekil 4.37. Toprak kalite indeksinin belirlenmesinde kullanılan NF-AHP diyagramına ait hiyerarşik model

4.4.1. Ana toprak kalite parametrelerinin ağırlıklandırılması

Bu tez çalışmasında, fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik toprak özelliklerine ait toplam 28 parametre toprak kalite indeksini belirlemek üzere seçilmiştir. Toprak kalitesinin çalışma alanı içerisindeki dağılımının değişkenlik göstermesinin, gübreleme, erozyon ve yetiştirilen bitki türünün çeşidi gibi yönetim uygulamalarındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Bu noktada, fiziksel ve kimyasal parametrelerin toprak oluşumu ve çevre koşullarından etkilenen kalıtsal doğal toprak kalite parametreleri olarak adlandırılmaları, neden en yüksek ağırlık değerlerine (0.4045, 0.2086) sahip olduklarını açıklar niteliktedir. Buna ek olarak, toprak tekstürü, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, dispersiyon oranı ve bitkiye yarıyışlı su kapasitesi gibi doğrudan veya dolaylı olarak bitki büyümesine ya da arazi degradasyonu ve çölleşmeye olan etkilerinden dolayı, fiziksel toprak kalite

parametresi, en yüksek ağırlık değerine sahip ana toprak kalite parametresi olmuştur. Dinamik faktörlerden olan verimlilik ve biyolojik toprak kalite parametrelerine ait ağırlık değerleri sırasıyla 0.1981 ve 0.1888 olarak belirlenmiş olup, en düşük önem derecelerine sahip ana toprak kalite parametreleri olarak belirlenmiştir. Bunun yanında, eşitlik (13) kullanılarak ana toprak kalite parametrelerine yönelik belirlenmiş olan CR'nin 0.1'den düşük bir değere sahip olması (0.000), toprak kalite parametrelerine ait ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğunu göstermiştir. Ana toprak kalite parametrelerine ait nütrosifik, durulaştırılmış ve normalleştirilmiş ağırlık değerleri Tablo 4.42'de verilmiştir.

Tablo 4.42. Ana toprak kalite parametrelerine ait nütrosifik, durulaştırılmış ve normalleştirilmiş ağırlık değerleri

Parametreler	Nütrosifik ağırlıklar	Durulaştırılmış ağırlıklar	Normalleştirilmiş ağırlıklar
Fiziksel	(0.890, 0.110, 0.110)	0.890	0.4045
Kimyasal	(0.451, 0.533, 0.549)	0.459	0.2086
Verimlilik	(0.436, 0.564, 0.564)	0.436	0.1981
Biyolojik	(0.422, 0.591, 0.578)	0.415	0.1888

Bayram, (2019) toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin doğru tespitinin, topraktaki mevcut bitki besin element seviyelerinin belirlenmesi ve yetiştirilecek bitki çeşidine yönelik eksik besin maddelerinin takviye edilmesinde önemli olduğunu ve bu özelliklerin verim ve kaliteyi artıran temel faktörler olduğunu belirtmiştir. Toprak verimliliği ve kalitesi denildiğinde akla ilk olarak kimyasal ve verimlilik toprak özellikleri gelse de toprağın fiziksel özellikleri toprağın kimyasal içerik açısından ideal bir seviyede değilse, verimlilik ve bitki gelişimi önemli ölçüde etkilenmektedir (Alaboz vd., 2021). Tarımsal üretim faaliyetlerinde yetiştirilecek bir bitkinin toprakta iyi gelişebilmesi, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak, bitkilerin besin ihtiyaçlarının tespit edilmesi açısından önem arz etmektedir. Sağlam vd., (2013) toprak kimyası ve verimliliğine yönelik araştırmaların genel amacının, bitki gelişiminde ana bir etmen olan toprağın kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlarının temellerini anlamak ile, toprak ve çevre kalitesindeki sürdürülebilirliğin sağlanması olduğunun altını çizmiştir. Sürdürülebilir bir tarımsal üretimdeki en önemli unsur, toprağa zarar vermeyecek yöntemlerin kullanılarak

verimliliğinin arttırılmasının sağlanmasıdır. Akça vd., (2015) bunun ancak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişikliğe neden olabilecek süreçleri takip etmekle ve karşılaşılabilecek herhangi bir probleme karşı önlem almakla mümkün olabileceğini bildirmişlerdir. Tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik kullanılan en yaygın metot, bitki besin maddelerinin, bitkiler tarafından bozunuma uğramış toprağa yeniden döndürüldüğü yöntemdir. Çimrin vd., (2006) herhangi bir bitki besin elementinin eksikliğinin veya fazlalığının, bitkiler tarafından diğer besin elementlerinin alınmasına engel olduğunu ve bu durumun verim ve kaliteyi olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca, toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile besin elementleri arasındaki ilişki hakkında toprak etüt çalışmaları sonucunda bilgi sahibi olunması, hazırlanacak gübreleme programlarından maksimum faydanın sağlanması açısından önemli olacaktır.

Birçok araştırmacı, toprak biyolojik kalite parametrelerinin iyileştirilmesinin toprak organik maddesi, toprak pH'sı, kireç, mikrobiyal aktivite, mikrobiyal çeşitlilik ve mikroorganizma popülasyonu gibi organik materyal uygulamaları ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir (Van Bruggen ve Semenov, 2000; Liu ve Ristaino, 2003; Girvan vd., 2004; Grayston vd., 2004). Bu durum, biyolojik toprak kalite parametresinin neden en düşük ağırlığa sahip olduğunu açıklar niteliktedir. Benzer şekilde Alaboz vd., (2021) yürütmüş oldukları bir çalışmalarında en yüksek normalleştirilmiş ağırlık değerini fiziksel toprak kalite parametresi için elde ederlerken (0.3103), toprak biyolojik kalite parametresini en düşük normalleştirilmiş ağırlık değerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir (0.2018). Ana toprak kalite parametrelerine yönelik ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.43'te verilmiştir.

Tablo 4.43. Toprakların ana kalite parametrelerine ait nütrosifik ikili karşılaştırma matrisi

	Fiziksel			Kimyasal			Verimlilik			Biyolojik		
Fiziksel	0.50	0.50	0.50	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10
Kimyasal	0.10	0.90	0.90	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.55	0.40	0.45
Verimlilik	0.10	0.90	0.90	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Biyolojik	0.10	0.90	0.90	0.45	0.60	0.55	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

4.4.2. Fiziksel toprak kalite parametrelerinin ağırlıklandırılması

Tablo 4.44'e göre en yüksek normalleştirilmiş ağırlık değeri 0.1845 ile eğim parametresi için bulunurken 0.0213 ağırlık puanıyla kum, en düşük normalleştirilmiş ağırlık değerine sahip toprak kalite parametresi olarak tespit edilmiştir. Eş. 13 kullanılarak belirlenmiş CR değeri, fiziksel toprak kalite parametrelerine yönelik oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğunu göstermiştir (0.059).

Tablo 4.44. Fiziksel toprak kalite parametrelerine ait nütrosifik, durulaştırılmış ve normalleştirilmiş ağırlık değerleri

Parametreler	Nütrosifik ağırlıklar	Durulaştırılmış ağırlıklar	Normalleştirilmiş ağırlıklar
Eğim	(0.886, 0.114, 0.114)	0.886	0.1845
AS	(0.509, 0.442, 0.486)	0.535	0.1113
Kil	(0.504, 0.460, 0.496)	0.522	0.1087
Hİ	(0.484, 0.480, 0.506)	0.505	0.1051
BYS	(0.473, 0.499, 0.516)	0.490	0.1020
TK	(0.468, 0.520, 0.527)	0.475	0.0990
SN	(0.457, 0.554, 0.543)	0.452	0.0940
Silt	(0.441, 0.587, 0.559)	0.427	0.0889
HA	(0.429, 0.612, 0.571)	0.409	0.0851
Kum	(0.102, 0.898, 0.898)	0.102	0.0213

Burada; AS: Agregat stabilitesi, Hİ: Hidrolik iletkenlik, BYS: Bitkiye yarayışlı su kapasitesi, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası ve HA: Hacim ağırlığını ifade etmektedir.

Toprak özelliklerindeki yersel değişiklikler, toprağı oluşturan etmenlerden biri olan topografik özellikler tarafından belirlenir (Brubaker vd., 1993). Yükselti, eğim ve konum gibi faktörlerle ifade edilen topografya, belirli bir bölgenin iklimsel durumunun belirlenmesinde büyük bir rol oynar. Topografik özelliklerdeki varyasyonlar, toprak özelliklerinin yersel mekansal çeşitlilikleri hakkında bilgi verir. Örneğin, belirli bir bölgedeki toprağın kalitesi, o bölgenin topografyası ve eğim gradyanlarındaki farklılıklar nedeniyle değişkenlik gösterir (Mekuria vd., 2007). Eğimi yüksek olan arazilerde erozyonun da etkisiyle alt yamaçlara oranla daha düşük besin konstrasyonuna sahip topraklar yer alır. Gregorich vd., (1998) bir çalışmalarında, yüksek eğimli arazilerde toprakların organik karbon kayıplarına maruz kaldığını, hafif eğimli ya da çöküntü alanlarındaki toprakların da organik karbon birikimlerine maruz kaldıklarını gözlemlemişlerdir. Yine eğim derecesinin, topraktaki besin elementlerinin elverişliliğinin üzerinde de önemli bir etkiye sahip olması (Fu vd., 2004), neden eğimin

bu tez çalışmasında fiziksel toprak kalite parametreleri arasında en yüksek normalize edilmiş ağırlığa sahip (0.1845) parametre olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Topraklar hidrolojik döngüde kilit bir rol oynamaktadır (Blum, 2005). Eğimin yüksek olduğu dik yamaç arazilerde, bitki örtüsünün de zayıf olmasıyla birlikte tutulan su miktarı, eğimin az olduğu bölge topraklarına göre daha azdır. Nitekim Salazar vd., (2002) yapmış oldukları bir çalışmalarında, dik yamaçlarda eğimin artmasıyla beraber yüzey akışının da arttığını, bu sebeple de eğimin az olduğu arazi topraklarının, eğimin yüksek olduğu arazi topraklarına nazaran daha yüksek su içeriğine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Dünyanın en önemli üç tahıl ürünü arasında yer alan çeltiğin, küresel gıda ihtiyacını karşılamasındaki rolü büyüktür. Suyu doymuş koşullarda (5-10 cm su tabakası) yetiştirilen çeltik bitkisine olan talep, artan dünya nüfusuyla beraber artış göstermektedir. Çeltik, su stresine karşı çok hassas bir bitkidir. Çeltik üretiminde yeteri kadar suyun sağlanamaması durumu, çeltik veriminin düşmesine neden olarak gıda güvenliğinde bir tehdit oluşturacaktır. Bu durumda suyun toprakta tutulması çeltik bitkisinin yetiştirilmesinde önemli bir kriter olup, eğimi yüksek arazilerde yüzey akışının fazlalığı ve bitki besin elementlerinin de beraberindeki taşınımı, eğim parametresinin neden fiziksel toprak kalite parametreleri arasında en yüksek normalize edilmiş ağırlığa sahip (0.1845) parametre olduğunu açıklayan bir başka kanıt niteliğindedir.

Toprak, uygun tohum yatağının hazırlanması, bitki kök sisteminin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi ve işlevlerini düzgün bir şekilde yerine getirebilmesi için gerekli şartların sağlandığı bir büyüme ortamıdır. Bu tür bir toprak, sadece bitki büyümesi için gerekli olan bitki besin elementlerini sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda bitkinin işlevlerini yerine getirebilmesine yönelik mevcut bir hava-su düzeninin de devamlılığını sağlar. Bu da ancak toprak iyi bir strüktüre ve agregat gelişimine sahip olduğunda mümkündür. Bitki besin elementlerinin alınabilirliği, yetersiz kök gelişimi, topraktaki suyun eksikliği veya fazlalığı, havasız toprak koşulları veya toprak sıkışması gibi faktörlere bağlı olarak kısıtlanmaktadır. Bütün bu sınırlayıcı faktörler uygun olmayan toprak strüktürünün varlığına işaret olduğu gibi, aynı zamanda bitkisel üretimi de sınırlayıcı etmenler olduklarından, toprakta sürdürülebilirliğin bir parametresi olarak ele alınmaları gerekmektedir. Toprak strüktürü, kum, kil ve silt gibi tek tek tanecikleri ifade eder. Agregat ise, yan yana sıkıca dizilmiş birçok tek tek

taneciğin bir araya gelmesiyle oluşmuş ikincil yapı birimleri olarak tanımlanmaktadır. Toprak strüktürü açısından agregat oluşumu, kümelenmiş parçacıkların çimentolanması veya çeşitli yapıştırıcı maddelerle bağlanmasını gerektirmektedir (Sarker vd., 2018; Six vd., 2002). Kil tipi ve miktarı, toprak organik maddesi, toprağın CaCO_3 içeriği, katyon değişim kapasitesi, kolloidal demir ve alüminyum oksitler, mikroorganizmalar, ıslanma-kuruma ve donma-çözülme olayları ve toprak işleme gibi faktörlerin, agregat stabilitesi üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Six vd., (2000) göre, topraktaki agregat boyutunun dağılımı ve dayanıklılığı, toprak kalitesinin bir göstergesi olarak görülmektedir. Agregatlaşma, toprakta iyi bir strüktürün oluşmasını teşvik ederek kaliteli bir hava-su dengesini sağlar ve böylece bitki kök gelişimi için uygun bir toprak ortamının oluşabilmesine yardımcı olur. Agregat stabilitesinin değeri, erozyon derecesini de gösteren kritik bir faktördür (Nciizah ve Wakindiki, 2014). Wang vd., (2011) agregasyonun, toprakların üretkenlik potansiyelleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Çimlenme için uygun bir tohum yatağının varlığı, hidrolik iletkenlik, bitki kök gelişimi ve solunumu, topraktaki gazların transformasyonu ve bitki gelişimi açısından agregatlaşmanın rolü yadsınamaz derecede önemlidir. Ayrıca suya dayanıklı agregatların varlığının yüksek olması, toprak degradasyonunun ana faktörlerinden biri olan toprak erozyonunu da engeller. Legout vd., (2005) ve Yakupoğlu vd., (2015) agregat stabilitesinin, toprakların erozyona eğilimini belirleyen önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Üçüncü en yüksek ağırlığa sahip fiziksel toprak kalite parametresi olan kil içeriğinin, mikrobiyal biyokütle ve aktivitenin belirlenmesinde önemli bir rol aldığı bilinmektedir (McCulley ve Burke, 2004). Yüksek kil içeriğine sahip toprakların toprak organik karbonunun stabilizasyonunu sağlayarak daha yüksek mikrobiyal biyokütle değerleri vermesi, tarımsal açısından önemlidir (Schimel vd., 1994).

Fiziksel toprak kalite parametreleri arasında en düşük normalize edilmiş ağırlığa sahip (0.064) parametrenin neden kum olduğu literatürde daha önce yapılmış çalışmalara bakarak anlaşılabilir. Polyakov ve Lal, (2004) ve Van Asperen vd., (2014), zayıf agregat stabilitesi, düşük solma noktası, katyon değişim kapasitesi ve organik karbon konsantrasyonuna sahip olması nedeniyle kumlu toprakların, üzerinde yetiştirilen bitkilerin sürdürülebilirliği için organik ve inorganik gübreler ile birlikte sulamaya da ihtiyaç duyduğunu belirtmişlerdir (Goyal vd., 1999; Uzoma vd., 2011;

Kraft vd., 2012). Benzer şekilde Baiamonte vd., (2019) kumlu toprakların zayıf bir strüktür ile karakterize edildiğini, ayrıca zayıf su tutma ve yüksek permeabilite ile beraber toprak sıkışmasına karşı da hassasiyetinin fazla olduğunu belirtmişlerdir. Fiziksel toprak kalite parametrelerine yönelik ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.45’te verilmiştir.



Tablo 4.45. Toprakların fiziksel kalite parametrelerine ait nütrosöfık ikili karşılaştırma matrisi

	Eğim	AS	Kil	Hİ	BYS	TK	SN	Silt	HA	Kum
Eğim	0.50 0.50 0.50	0.10 0.90 0.90	0.45 0.60 0.55	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.90 0.10 0.10
AS	0.90 0.10 0.10	0.50 0.50 0.50	0.90 0.10 0.10	0.90 0.10 0.10	0.90 0.10 0.10	0.90 0.10 0.10	0.90 0.10 0.10	0.90 0.10 0.10	0.90 0.10 0.10	0.90 0.10 0.10
Kil	0.55 0.40 0.45	0.10 0.90 0.90	0.50 0.50 0.50	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.90 0.10 0.10
Hİ	0.45 0.60 0.55	0.10 0.90 0.90	0.45 0.60 0.55	0.50 0.50 0.50	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.90 0.10 0.10
BYS	0.45 0.60 0.55	0.10 0.90 0.90	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.50 0.50 0.50	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.90 0.10 0.10
TK	0.45 0.60 0.55	0.10 0.90 0.90	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.50 0.50 0.50	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.90 0.10 0.10
SN	0.45 0.60 0.55	0.10 0.90 0.90	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.50 0.50 0.50	0.55 0.40 0.45	0.55 0.40 0.45	0.90 0.10 0.10
Silt	0.45 0.60 0.55	0.10 0.90 0.90	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.50 0.50 0.50	0.55 0.40 0.45	0.90 0.10 0.10
HA	0.45 0.60 0.55	0.10 0.90 0.90	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.45 0.60 0.55	0.50 0.50 0.50	0.90 0.10 0.10
Kum	0.10 0.90 0.90	0.10 0.90 0.90	0.10 0.90 0.90	0.10 0.90 0.90	0.10 0.90 0.90	0.10 0.90 0.90	0.10 0.90 0.90	0.10 0.90 0.90	0.10 0.90 0.90	0.50 0.50 0.50

Burada; AS: Agregat stabilitesi, Hİ: Hidrolik iletkenlik, BYS: Bitkiye yarıyışlı su kapasitesi, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, HA: Hacim ağırlığını ifade etmektedir.

4.4.3. Kimyasal toprak kalite parametrelerinin ağırlıklandırılması

Tablo 4.46'ya göre en yüksek normalleştirilmiş ağırlık değeri 0.285 ile organik madde için bulunurken, 0.105 ağırlık puanıyla EC ise en düşük normalleştirilmiş ağırlık değerine sahip toprak kalite parametresi olarak tespit edilmiştir. 0.001 CR değeriyle kimyasal toprak kalite parametrelerine ait ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu, eşitlik (13) kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 4.46. Kimyasal toprak kalite parametrelerine ait nütrosifik, durulaştırılmış ve normalleştirilmiş ağırlık değerleri

Parametreler	Nütrosifik ağırlıklar	Durulaştırılmış ağırlıklar	Normalleştirilmiş ağırlıklar
OM	(0.705, 0.282, 0.295)	0.711	0.285
pH	(0.590, 0.398, 0.410)	0.596	0.238
KDK	(0.520, 0.484, 0.480)	0.518	0.207
CaCO ₃	(0.416, 0.592, 0.584)	0.412	0.165
EC	(0.271, 0.743, 0.729)	0.264	0.105

Burada; OM: Organik madde, pH: Toprak reaksiyonu, KDK: Katyon değişim kapasitesi, CaCO₃: Kireç, EC: Elektriksel kondüktiviteyi ifade etmektedir.

Brady ve Weil, (2007) organik maddenin, besin elementlerini depolamak, su ve hava dengesini sağlamak, suyun toprakta tutulmasını artırarak bitki köklerinin alımını kolaylaştırmak gibi olumlu etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle, toprak kalitesinin ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için gerekli olan toprak organik maddesi, en önemli toprak kalite parametrelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Yapılan birçok çalışma (Olorunfemi vd., 2018; Volungevičius vd., 2019), organik maddenin ayrışması ve toprağın fiziksel ve kimyasal koşullarının iyileşmesi arasında pozitif bir korelasyon ilişkisi olduğunu göstermiştir. Lewandowski vd., (1999) suyun infiltre edilmesini kolaylaştırdığı ve bitki köklerinin hareketine olanak sağladığı gerekçesiyle, yüksek organik madde ve biyolojik aktiviteye sahip kararlı agregatların toprakların verimliliğinde önemli bir etmen olduğunu belirtmişlerdir. Organik madde, fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini ve ilgili mekanizmalarını olumlu yönde etkiler (Demirag Turan vd., 2019). Bu nedenle organik madde, toprak kalitesinin değerlendirmesinde en sık kullanılan gösterge olarak karşımıza çıkmaktadır (Yao vd., 2013). Organik madde, bitki ıslahı ve toprakların korunması açısından toprağın fiziksel özelliklerini önemli ölçüde iyileştirmektedir. Toprağın biyolojik özelliklerini iyileştirme, toprağa bitki besin elementi sağlama, toprak strüktürünü

iyileştirme, toprağa yüksek agregat stabilitesi ve düşük hacim ağırlığı kazandırmak gibi özelliklere sahip olması bakımından toprak kalitesinin yönetildiği sistemlerde organik madde, en önemli kimyasal toprak kalite parametresi olarak kabul edilmektedir (Arshad vd., 2002; Acosta-Martínez vd., 2003; Pritchett vd., 2011). Literatürde birçok araştırmacı da toprak organik maddesi ve agregatlaşmanın, suyun infiltrasyonu, hidrolik iletkenlik ve toprak sıkışması gibi toprak özellikleri ile arasında güçlü bir ilişkinin bulunduğunu rapor etmişlerdir (Chaney ve Swift, 1984; Whitbread vd., 2000; Kavdır vd., 2005). İkinci en yüksek ağırlığa sahip kimyasal toprak kalite parametresi olan pH, bitki büyümesi için gerekli besin elementlerinin elverişliliğine etki eder (Schoenholtz vd., 2000).

Çalışma alanı yüzey/yüzey altı topraklarının tuzsuz olması, kimyasal toprak kalite parametreleri arasında neden en düşük normalize edilmiş ağırlığa sahip parametrenin EC (0.105) parametresi olduğunu açıklar niteliktedir. Tuzluluk hem topraklar hem de üzerinde yetiştirilen bitkilerin gelişimi açısından olumsuz bir etkiye sahip olduğu için verimliliğin azalmasına neden olur (Yılmaz vd., 2011). Toprak tuzluluğu, bitki transpirasyonu ve solunumunu, kök gelişimini ve buna bağlı olarak bitki kökleri tarafından suyun alınımını azaltıcı yönde bir etkide bulunur. Yüksek EC değerleri bitkide NO_3^- alımını azaltarak protein sentezinin azalmasına ve sonuç olarak bitkide hormonal bozukluklara ve fotosentez hızının yavaşlamasına neden olur. Güneş vd., (2010) tuzlu topraklarda yetiştirilen bir bitkinin gövde gelişim sürecinin, kök gelişim sürecine oranla daha uzun bir zaman aldığını rapor etmişlerdir. Tuzluluğa bağlı olarak baş gösteren bu gövde gelişimindeki gerilemenin nedenini, yaprakların su içeriklerinin değişmesi olarak değerlendirmişlerdir. Toprak suyundaki fazla tuz konsantrasyonunun ozmotik basıncın artmasına neden olarak bitkilerin topraktaki sudan faydalanmalarını sınırlandırdığını ve bununla ilişkili olarak bitki gelişiminin negatif yönde etkilendiğini rapor etmişlerdir. Kimyasal toprak kalite parametrelerine yönelik ikili karşılaştırma matrisi ise Tablo 4.47’de verilmiştir.

Tablo 4.47. Toprakların kimyasal kalite parametrelerine ait nötrosofik ikili karşılaştırma matrisi

	pH			EC			OM			CaCO ₃			KDK		
pH	0.50	0.50	0.50	0.90	0.10	0.10	0.25	0.75	0.75	0.60	0.35	0.40	0.70	0.30	0.30
EC	0.10	0.90	0.90	0.50	0.50	0.50	0.10	0.90	0.90	0.45	0.60	0.55	0.30	0.70	0.70
OM	0.75	0.25	0.25	0.90	0.10	0.10	0.50	0.50	0.50	0.65	0.30	0.35	0.55	0.40	0.45
CaCO ₃	0.40	0.65	0.60	0.55	0.40	0.45	0.35	0.70	0.65	0.50	0.50	0.50	0.35	0.70	0.65
KDK	0.35	0.70	0.65	0.70	0.30	0.30	0.45	0.60	0.55	0.65	0.30	0.35	0.50	0.50	0.50

Burada; pH: Toprak reaksiyonu, EC: Elektriksel kondüktivite, OM: Organik madde, CaCO₃: Kireç, KDK: Katyon değişim kapasitesini ifade etmektedir.

4.4.4. Verimlilik toprak kalite parametrelerinin ağırlıklandırılması

Tablo 4.48'e göre en yüksek normalleştirilmiş ağırlık değeri 0.165 ile azot için bulunurken, 0.048 ağırlık puanıyla sodyum ise en düşük normalleştirilmiş ağırlık değerine sahip toprak kalite parametresi olarak tespit edilmiştir. Buna ek olarak, eşitlik (13) kullanılarak hesaplanmış CR değeri (0.006), verimlilik toprak kalite parametrelerine yönelik oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğunu göstermiştir.

Tablo 4.48. Verimlilik toprak kalite parametrelerine ait nötrosofik, durulaştırılmış ve normalleştirilmiş ağırlık değerleri

Parametreler	Nötrosofik ağırlıklar	Durulaştırılmış ağırlıklar	Normalleştirilmiş ağırlıklar
Azot	(0.860, 0.133, 0.129)	0.866	0.165
Fosfor	(0.834, 0.162, 0.166)	0.836	0.159
Potasyum	(0.801, 0.172, 0.170)	0.822	0.157
Kalsiyum	(0.481, 0.432, 0.434)	0.545	0.104
Çinko	(0.459, 0.460, 0.452)	0.522	0.099
Magnezyum	(0.403, 0.536, 0.535)	0.449	0.086
Mangan	(0.326, 0.615, 0.614)	0.371	0.071
Demir	(0.257, 0.683, 0.694)	0.299	0.057
Bakır	(0.235, 0.702, 0.714)	0.279	0.053
Sodyum	(0.222, 0.736, 0.733)	0.254	0.048

Aygün vd., (2004) bitkisel bir üretim için en verimli besin elementlerinin sırasıyla azot, fosfor ve potasyum olduğunu belirtmişlerdir. Benzer sonuçları, Alaboz vd., (2021) arpa verim tahimini yapay zekâ ve toprak kalite indekslerini bütünleştirerek belirlemeye çalıştıkları bir araştırmalarında elde etmişlerdir. Çalışmada kullanılan verimlilik toprak kalite parametrelerinden olan azot, fosfor ve potasyum gibi makro elementlerin mikro elementlere nazaran daha yüksek ağırlık değerlerine sahip oldukları araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir. Bu durumun,

topraktaki makro besin elementi eksikliğinin mikro besin elementi eksikliğine göre toprak kalitesi ve verimliliği üzerine olan etkisinin daha fazla olmasından ileri geldiği araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Azot, organik bileşiklerde protein, amino asit, amid, nükleik asit ve klorofil olarak bulunması nedeniyle toprakta en fazla ihtiyaç duyulan bitki besin elementi olarak görülmektedir. Fageria vd., (2009) ve Gruber ve Galloway, (2008) azotun bitkilerce alımının sınırlı olduğunu ve bu nedenle bitki büyümesini kontrol eden en etkin besin elementi olduğunu belirtmişlerdir. Çünkü gerek toprak ana materyalinde ve gerekse de ana materyalden gelen inorganik ana materyalde azot bulunmaz. Azotun kaynağı direkt olarak atmosferin kendisidir. Bunun dışında azot, hidrosferde ve canlılarda yüksek oranda bulunmaktadır. Toprakta bulunan azotun kaynağı organik maddedir ve genellikle Türkiye toprakları, organik madde içeriği açısından fakirdir. Bitkiler azottan, organik maddenin zamanla ayrışması sonucunda yararlanmaktadır (Kantarıcı, 2000; Boşgelmez vd., 2001). Bitkilerin topraktan alacakları azotun, bitkinin ihtiyacına uygun form ve miktarda olup olmadığı da önem arz etmektedir. Azot, yıldan yıla yenilenmesi gereken bir besin elementi olduğundan azotlu gübreler, diğer gübreler içerisinde ticari açıdan en büyük paya sahip olan gübrelerdir (Polat vd., 2013, 2018a).

Sodyumun neden en düşük normalize edilmiş değere (0.048) sahip olduğu literatürde yapılmış birçok çalışma ile açıklanabilir. Navarro-Cerrillo vd., (2009) tuzlu ve sodyumlu topraklarda bitki verimliliğinin sınırlandığını rapor etmişlerdir. Al-Busaidi vd., (2003) yüksek miktardaki sodyumun varlığının, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile bitki büyümesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca Makoi ve Verplancke, (2010) sodyumlu toprakların dünyada en fazla çözünebilir tuzların bulunduğu (Na_2SO_4 ve NaCl) topraklar olduğunu belirterek ciddi çevresel sorunlara yol açabileceğini bildirmişlerdir. Tejada vd., (2006) toprak tuzunda meydana gelen bir artışın, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi ve permeabilite gibi toprak özelliklerini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Ayrıca tarım topraklarında sodyumun birikimi, pH, doymuş hidrolik iletkenlik, değişebilir sodyum yüzdesi ve mevcut su içeriği gibi toprağın çeşitli fizikokimyasal parametreleri üzerinde de olumsuz etkilere neden olmaktadır (Al-Busaidi vd., 2003). Verimlilik toprak kalite parametrelerine yönelik ikili karşılaştırma matrisi ise Tablo 4.49'da verilmiştir.

Tablo 4.49. Toprakların verimlilik kalite parametrelerine ait nütrosifik ikili karşılaştırma matrisi

	N			P			K			Ca			Mg			Fe			Mn			Cu			Zn			Na		
N	0.50	0.50	0.50	0.15	0.80	0.85	0.60	0.35	0.40	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10
P	0.85	0.20	0.15	0.50	0.50	0.50	0.75	0.25	0.25	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10
K	0.40	0.65	0.60	0.25	0.75	0.75	0.50	0.50	0.50	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10
Ca	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.50	0.50	0.50	0.60	0.35	0.40	0.85	0.20	0.15	0.60	0.35	0.40	0.80	0.25	0.20	0.65	0.30	0.35	0.75	0.25	0.25
Mg	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.40	0.65	0.60	0.50	0.50	0.50	0.85	0.20	0.15	0.60	0.35	0.40	0.80	0.25	0.20	0.65	0.30	0.35	0.75	0.25	0.25
Fe	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.15	0.80	0.85	0.15	0.80	0.85	0.50	0.50	0.50	0.30	0.70	0.70	0.45	0.60	0.55	0.35	0.70	0.65	0.45	0.60	0.55
Mn	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.40	0.65	0.60	0.40	0.65	0.60	0.70	0.30	0.30	0.50	0.50	0.50	0.75	0.25	0.25	0.60	0.35	0.40	0.70	0.30	0.30
Cu	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.20	0.75	0.80	0.20	0.75	0.80	0.55	0.40	0.45	0.25	0.75	0.75	0.50	0.50	0.50	0.40	0.65	0.60	0.45	0.60	0.55
Zn	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.35	0.70	0.65	0.35	0.70	0.65	0.65	0.30	0.35	0.40	0.65	0.60	0.60	0.35	0.40	0.50	0.50	0.50	0.65	0.30	0.35
Na	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.10	0.90	0.90	0.25	0.75	0.75	0.25	0.75	0.75	0.55	0.40	0.45	0.30	0.70	0.70	0.55	0.40	0.45	0.35	0.70	0.65	0.50	0.50	0.50

4.4.5. Biyolojik toprak kalite parametrelerinin ağırlıklandırılması

Tablo 4.50'ye göre en yüksek normalleştirilmiş ağırlık değeri 0.417 ile metabolik biyokütle karbon için bulunurken, 0.249 ağırlık puanıyla qCO_2 ise en düşük normalleştirilmiş ağırlık değerine sahip toprak kalite parametresi olarak tespit edilmiştir. Bunun yanında, eşitlik (13) kullanılarak biyolojik toprak kalite parametrelerine yönelik belirlenmiş olan CR'nin 0.1'den düşük bir değere sahip olması (0.000), toprak kalite parametrelerine ait ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğunu göstermiştir.

Tablo 4.50. Biyolojik toprak kalite parametrelerine ait nütrosifik, durulaştırılmış ve normalleştirilmiş ağırlık değerleri

Parametreler	Nütrosifik ağırlıklar	Durulaştırılmış ağırlıklar	Normalleştirilmiş ağırlıklar
MBK	(0.712, 0.269, 0.288)	0.722	0.417
CO_2	(0.575, 0.422, 0.425)	0.576	0.333
qCO_2	(0.441, 0.578, 0.559)	0.431	0.249

Burada; MBK: Mikrobiyal biyokütle karbon, CO_2 : Toprak solunumu, qCO_2 : Metabolik katsayıyı ifade etmektedir.

Toprak mikrobiyal biyokütlesi terimi, yani toprak organik maddesinin canlı olan kısmı, bir toprakta bulunan mikrobiyal topluluğun tanımlanması amacıyla kullanılmaktadır (Brookes, 1995). Mikroorganizmaların ekosistemin işleyişindeki önemli rolü, toprak mikrobiyal biyokütlesinin belirlenmesine olan ilginin artmasına neden olmuştur (Azam vd., 2003). MBK'nin toprak işleyişindeki önemi birçok araştırmacı tarafından çeşitli çalışmalarda ele alınmıştır (Dalal, 1998; Stockdale ve Brookes, 2006). Mikrobiyal biyokütle karbonun neden en yüksek ağırlık değerine sahip olduğu, toprak yönetim uygulamalarından kaynaklanabilecek herhangi bir değişikliğe, diğer biyolojik toprak kalite parametrelerine nazaran çok daha hızlı tepki veren bir çeşit erken uyarı sistemi olması ile açıklanabilir (Powlson ve Jenkinson, 1976). Bu nedenle mikrobiyal biyokütle karbon, arazi kullanımı ve ilgili toprak koşullarında uzun vadeli değişikliklere neden olan etmenleri anlamak ve tahmin etmek amacı ile kullanılan önemli bir toprak kalite indikatörüdür (Sharma vd., 2004). MBK'nin toprak agregatlaşmasını artırmada, karbon ve azot transformasyonları ve besin döngüsünün devamlılığının sağlanmasında önemli bir rol aldığı literatürde

birçok çalışmacı tarafından ortaya konmuştur (Mäder vd., 2002; Zuber ve Villamil, 2016; Zhang vd., 2017). İkinci en yüksek ağırlığa sahip biyolojik toprak kalite parametresi olan toprak solunumu (CO_2), topraktaki organik maddenin mineralleşmesi sonucu açığa çıkan CO_2 'nin de ölçümü ile beraber topraktaki solunum hızı olarak tanımlanmaktadır (Pell vd., 2006; Dilly ve Zyakun, 2008; Creamer vd., 2014). Toprak solunumu, kil, pH, organik karbon ve azot gibi birçok toprak özelliğinden etkilenir (Stefanowicz vd., 2008; Iqbal vd., 2010; Ramirez vd., 2010; Balogh vd., 2011; Wang vd., 2013). Toprak solunumu toprak verimliliği ile ilişkili olup, toprak kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametredir (Niemeyer vd., 2012; Romero-Freire vd., 2016). Ferreras vd., (2006), topraktaki organik maddenin toprak solunumunu arttırdığını bildirmiştir. Toprağa eklenen organik karbonun mikroorganizmalar tarafından kullanılması sonucu CO_2 çıkışının serbest bırakıldığı daha önceki çalışmalarda da belirtilmiştir (Ågren Görán ve Bosatta, 1988; Fierer vd., 2005; Yuste vd., 2007). Metabolik katsayı ($q\text{CO}_2$), mikrobiyal aktiviteyi veya mikrobiyal topluluğun mevcut substratı kullanma verimliliğini gösteren önemli bir kriterdir. Metabolik katsayı, toprak mikroorganizmalarının ekofizyolojik durumunu izlemek için kullanılan bir parametredir (Anderson ve Domsch, 1993, 2010). Metabolik katsayı değerinin bitki besin elementlerinden olan karbon, azot, fosfor ve toprak organik maddesine bağlı olarak değişkenlik göstermesi, metabolik katsayı değerinin neden en düşük ağırlığa sahip olduğunu (0.249) açıklar niteliktedir (Spohn, 2014; Spohn ve Chodak, 2015). Biyolojik toprak kalite parametrelerine yönelik ikili karşılaştırma matrisi ise Tablo 4.51'de verilmiştir.

Tablo 4.51. Toprakların biyolojik kalite parametrelerine ait nütrosifik ikili karşılaştırma matrisi

	MBK			CO_2			$q\text{CO}_2$		
MBK	0.50	0.50	0.50	0.60	0.35	0.40	0.75	0.25	0.25
CO_2	0.40	0.65	0.60	0.50	0.50	0.50	0.60	0.35	0.40
$q\text{CO}_2$	0.25	0.75	0.75	0.40	0.65	0.60	0.50	0.50	0.50

Burada; MBK: Mikrobiyal biyokütle karbon, CO_2 : Toprak solunumu, $q\text{CO}_2$: Metabolik katsayıyı ifade etmektedir.

4.5. Toprak kalite indeksinin (TKİ) değerlendirilmesi

Bu tez çalışmasında, toprak kalite indeksinin belirlenmesine yönelik fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik toprak kalite parametrelerine ait toplam 28 farklı toprak kalite indikatörü kullanılmıştır. Toprak kalite parametrelerinin ağırlıklandırılmasında ilk olarak NF-AHP yaklaşımından yararlanılmıştır. Bu adımda, tutarlı bir nütrosifik ilişkisinin kurulduğu ($CR < 0.1$) ikili karşılaştırma matrisi her bir toprak kalite parametresine yönelik oluşturulduktan sonra ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında NF-AHP ile ağırlıklandırılan yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik toprak kalite parametreleri standart skorlama fonksiyonu ile standardize edilerek toprak kalite indeks değerleri elde edilmiştir.

NF-AHP ile hesaplanan toprak kalite indikatörlerine ait toplam ağırlık değerleri Tablo 4.52’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, en yüksek değerin 0.4045 ağırlık puanıyla fiziksel toprak kalite parametresine (B1) ait olduğu görülürken, 0.1888 ağırlık puanıyla biyolojik toprak kalite parametresinin (B4) ise en düşük ağırlık değerine sahip toprak kalite parametresi olduğu görülmektedir. Buna ek olarak en yüksek ağırlığa sahip indikatörlerin fiziksel (B1), kimyasal (B2), verimlilik (B3) ve biyolojik (B4) toprak kalite parametreleri için sırasıyla eğim, organik madde, azot ve MBK indikatörleri olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.52. NF-AHP ile hesaplanmış toprak kalite indikatörlerine ait toplam ağırlık değerleri

Hiyerarşi (C) / İndikatörler	Hiyerarşi B				Toplam Ağırlıklar $\sum B_i \times C_i$
	(B1)	(B2)	(B3)	(B4)	
	Fiziksel	Kimyasal	Verimlilik	Biyolojik	
	0.4045	0.2086	0.1981	0.1888	
Eğim	0.1845				0.0746
AS	0.1113				0.0450
Kil	0.1087				0.0440
Hİ	0.1051				0.0425
BYS	0.1020				0.0413
TK	0.0990				0.0400
SN	0.0940				0.0380
Silt	0.0889				0.0360
HA	0.0851				0.0344
Kum	0.0213				0.0086
OM		0.285			0.0595
pH		0.238			0.0496
KDK		0.207			0.0432
CaCO ₃		0.165			0.0344
EC		0.105			0.0219
Azot			0.165		0.0327
Fosfor			0.159		0.0315
Potasyum			0.157		0.0311
Kalsiyum			0.104		0.0206
Çinko			0.099		0.0196
Magnezyum			0.086		0.0170
Mangan			0.071		0.0141
Demir			0.057		0.0113
Bakır			0.053		0.0105
Sodyum			0.048		0.0095
MBK				0.417	0.0787
CO ₂				0.333	0.0629
qCO ₂				0.249	0.0470
Total	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Burada; HA: Hacim ağırlığı, BYS: Bitkiye yarayışlı su kapasitesi, AS: Agregat stabilitesi, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, Hİ: Hidrolik iletkenlik, TN: Toplam azot, CO₂: Toprak solunumu, qCO₂: Metabolik katsayı, MBK: Mikrobiyal biyokütle karbonu ifade etmektedir.

4.6. Yüzey ve yüzey altı toprak kalite indeks (TKİ) değerlerinin çeltik ve diğer tarım ürünlerine yönelik konumsal dağılımları

NF-AHP ile ağırlıklandırılan yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik toprak kalite parametreleri standart skorlama fonksiyonu yöntemi ile normalize edilerek doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri elde edilmiştir. Bu tez çalışmasında, çeltik ve tarımı yapılan diğer tarla bitkilerine ait toprak kalite indeks değerlerinin konumsal dağılımlarını tahmin etmek amacıyla toplam 15 farklı istatistiksel model kullanılmıştır.

4.6.1. Toprak kalite indeksinin çeltik bitkisi için dağılımı

Çeltik bitkisine yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan en uygun toprak kalite indeksini veren her bir modele ait RMSE değerleri, yüzey (0-20 cm) toprak kalite parametreleri için ayrı ayrı belirlenmiştir (Tablo 4.53).

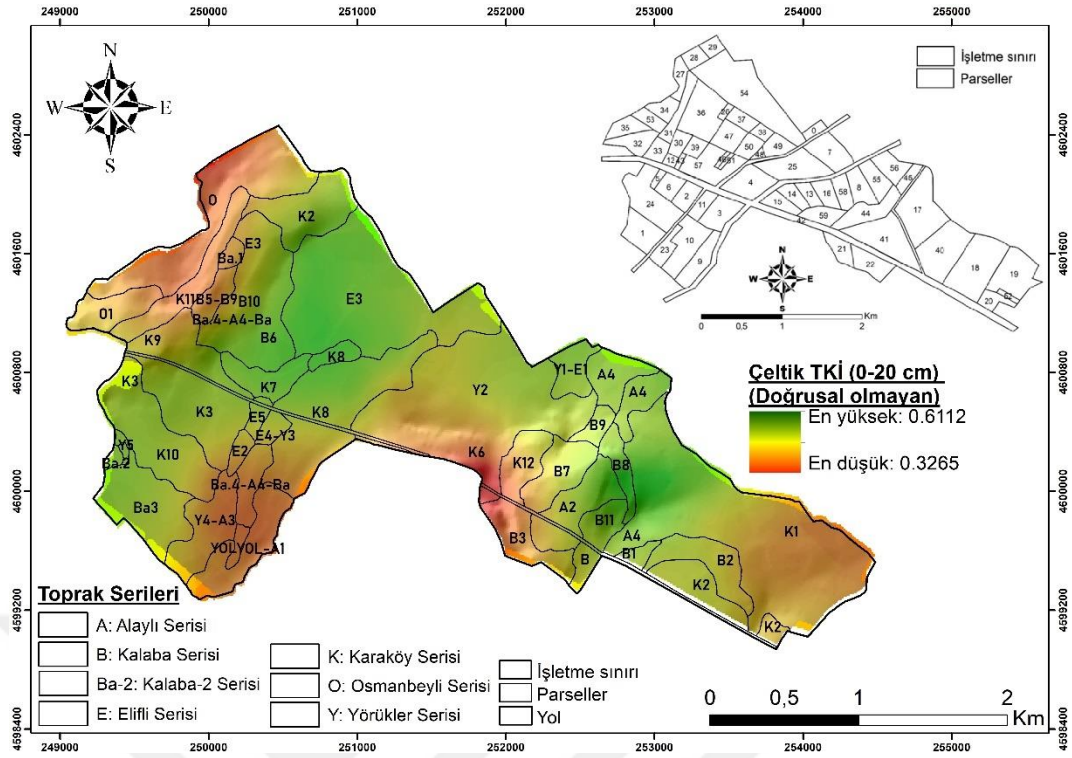
Tablo 4.53. Yüzey (0-20 cm) topraklarının çeltik bitkisine yönelik enterpolasyon yöntemlerine ait ortalama hata kareleri toplamı kökü (RMSE) değerleri

Dağılım modelleri			RMSE değerleri (%)	
			TKİ (Doğrusal)	TKİ (Doğrusal olmayan)
IDW		1	0.0475	0.0539
		2	0.0465	0.0527
		3	0.0461	0.0524
RBF		CRS	0.0459	0.0522
		SWT	0.0458	0.0519
		TPS	0.0498	0.0611
Krigingg	Ordinary	Spherical	0.0462	0.0518
		Exponential	0.0465	0.0522
		Gaussian	0.0465	0.0517
	Simple	Spherical	0.0462	0.0521
		Exponential	0.0468	0.0529
		Gaussian	0.0465	0.0519
	Universal	Spherical	0.0463	0.0518
		Exponential	0.0465	0.0522
		Gaussian	0.0465	0.0519

Burada; IDW: Ters mesafe ağırlıklandırma, RBF: Radyal tabanlı fonksiyon, CRS: Tamamen düzenli spline, SWT: Gergin spline, TPS: İnce plaka spline şeklinde ifade edilmektedir.

Çalışma alanında yetiştirilen çeltik bitkisine yönelik yüzey (0-20 cm) toprak örneklerinde en uygun doğrusal toprak kalite indeks dağılımını veren modelin 0.0458 RMSE değeri ile Radyal Tabanlı Fonksiyon’a ait Spline With Tension (SWT) olduğu tespit edilirken, doğrusal olmayan toprak kalite indeks dağılımını veren en uygun modelin ise 0.0517 RMSE değeri ile Doğal (Ordinary) Kriging’e ait Gaussian model olduğu belirlenmiştir. Yüzey (0-20 cm) topraklarının çeltik bitkisine yönelik doğrusal toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası Şekil 4.38’de verilirken; çeltik bitkisine yönelik doğrusal olmayan toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası ise Şekil 4.39’da verilmiştir.

Şekil 4.38. Yüzey (0-20 cm) topraklarının çeltik bitkisine yönelik doğrusal toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası



Şekil 4.39. Yüzey (0-20 cm) topraklarının çeltik bitkisine yönelik doğrusal olmayan toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası

Çalışma alanı içerisinde çeltik bitkisine yönelik yüzey (0-20 cm) topraklarının doğrusal toprak kalite indeks değerleri göz önünde bulundurulduğunda çeltik tarımı için uygun olmayan alanların genellikle çalışma alanının kuzeyinde yayılım gösteren Kalaba serisine ait B5-B9 haritalama birimi, Osmanbeyli serisine ait O haritalama birimi ile Karaköy serisine ait K11 haritalama birimleri, çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Yörükler ve Alaylı serilerine ait Y4-A3 haritalama birimi ile Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimleri ve çalışma alanının merkeze yakın güneybatısında yer alan Karaköy serisine ait K6 haritalama birimleri olduğu belirlenirken; çeltik bitkisine ait yüzey (0-20 cm) topraklarının doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerlerine bakıldığı zaman çeltik tarımı için uygun olmayan alanların genellikle çalışma alanının kuzeyinde yayılım gösteren Kalaba serisine ait B5-B9 haritalama birimi, Osmanbeyli serisine ait O haritalama birimi ile Karaköy serisine ait K11 haritalama birimleri ile çalışma alanının merkeze yakın güneybatısında yer alan Karaköy serisine ait K6 haritalama birimi ile Kalaba serisine ait B3 haritalama birimlerinin olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, çalışma alanına ait

topografik özelliklerin (eğim, toprak derinliği) uygun olmayan alanları oluşturmamasından kaynaklandığı gözlemlenmiştir.

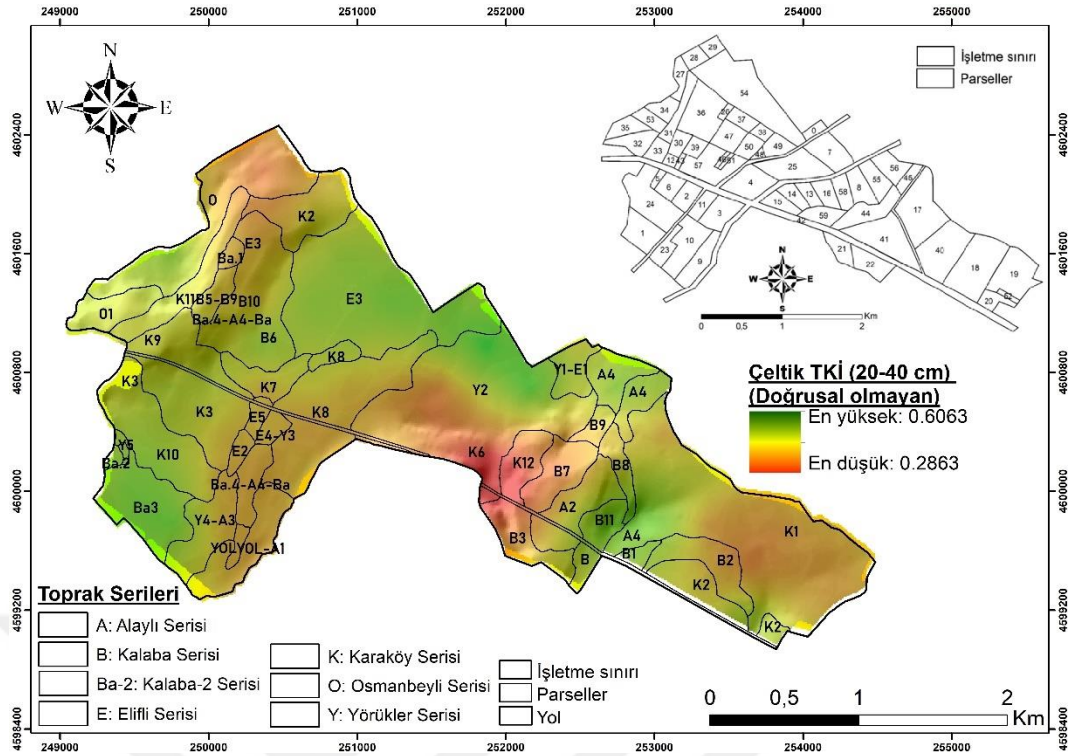
Çeltik yetiştirilen parsellere yönelik 2021 yılına ait ortalama verim değerleri ile yüzey topraklarının (0-20 cm) kalite indeks değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Buna göre en yüksek ortalama verim değerinin 836 kg/da ile Karaköy serisine ait K3 haritalama birimli 2 ve 6 nolu parsellere yönelik topraklara ait olduğu belirlenirken; bu topraklara ait doğrusal ve doğrusal olmayan kalite indeks değerlerinin ise sırasıyla 0.6257 ve 0.6112 olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, 27 numaralı parselde yer alan, haritalama birimi O sembolüyle temsil edilen Osmanbeyli serisine ait toprakların 351 kg/da ile en düşük ortalama verim değerine sahip olduğu gözlemlenmiş olup; doğrusal kalite indeksi bu topraklar için 0.3158 olarak belirlenirken, doğrusal olmayan kalite indeks değeri ise 0.3265 olarak belirlenmiştir.

Çeltik bitkisine yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan en uygun toprak kalite indeksini veren her bir modele ait RMSE değerleri, yüzey altı (20-40 cm) toprak kalite parametreleri için ayrı ayrı belirlenmiştir (Tablo 4.54).

Tablo 4.54. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının çeltik bitkisine yönelik enterpolasyon yöntemlerine ait ortalama hata kareleri toplamı kökü (RMSE) değerleri

Dağılım modelleri			RMSE değerleri (%)	
			TKİ (Doğrusal)	TKİ (Doğrusal olmayan)
IDW		1	0.0486	0.0437
		2	0.0466	0.0421
		3	0.0457	0.0415
RBF		CRS	0.0447	0.0408
		SWT	0.0447	0.0408
		TPS	0.0513	0.0480
Krigingg	Ordinary	Spherical	0.0445	0.0409
		Exponential	0.0448	0.0407
		Gaussian	0.0446	0.0406
	Simple	Spherical	0.0444	0.0408
		Exponential	0.0447	0.0408
		Gaussian	0.0453	0.0408
	Universal	Spherical	0.0445	0.0409
		Exponential	0.0448	0.0407
		Gaussian	0.0446	0.0407

Burada; IDW: Ters mesafe ağırlıklandırma, RBF: Radyal tabanlı fonksiyon, CRS: Tamamen düzenli spline, SWT: Gergin spline, TPS: İnce plaka spline şeklinde ifade edilmektedir.



Şekil 4.41. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının çeltik bitkisine yönelik doğrusal olmayan toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası

Çalışma alanı içerisinde çeltik bitkisine yönelik yüzey altı (20-40 cm) topraklarının doğrusal toprak kalite indeks değerleri göz önünde bulundurulduğunda çeltik tarımı için uygun olmayan alanların genellikle çalışma alanının kuzeyinde yayılım gösteren Osmanbeyli serisine ait O haritalama birimi ile çalışma alanının merkeze yakın güneybatısında yayılım gösteren Karaköy serisine ait K6 ve K12 haritalama birimleri ile yine çalışma alanının merkeze yakın güneybatı kesimlerinde yayılım gösteren Kalaba serisine ait B3 haritalama birimleri olduğu belirlenmiştir. Çeltik bitkisine ait yüzey altı (20-40 cm) topraklarının doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri için de aynı durumun geçerli olduğu tespit edilmiştir. Yine bu durumun, özellikle eğim derecesindeki yükselti ve toprak sıklığı gibi faktörlerin uygun olmayan alanları oluşturmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Toprak kalite indeksinin tarla bitkileri için dağılımı

Çalışma alanı arazilerinde yetiştirilen tarla bitkilerine yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan en uygun toprak kalite indeksini veren her bir modele ait RMSE

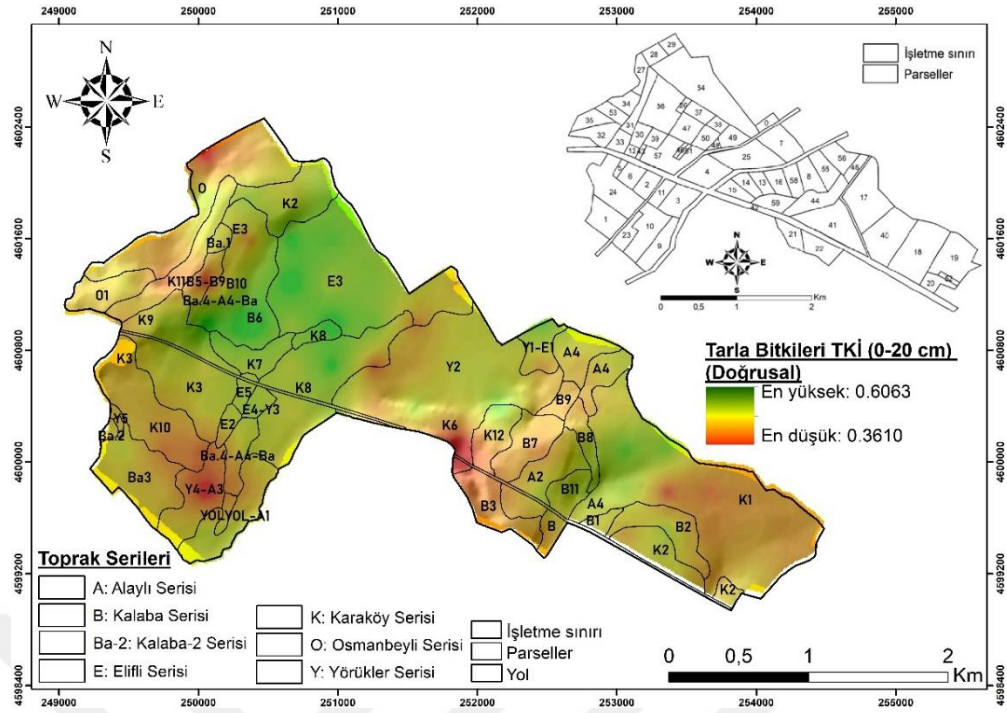
değerleri, yüzey (0-20 cm) toprak kalite parametreleri için ayrı ayrı belirlenmiştir (Tablo 4.55).

Tablo 4.55. Yüzey (0-20 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik enterpolasyon yöntemlerine ait ortalama hata kareleri toplamı kökü (RMSE) değerleri

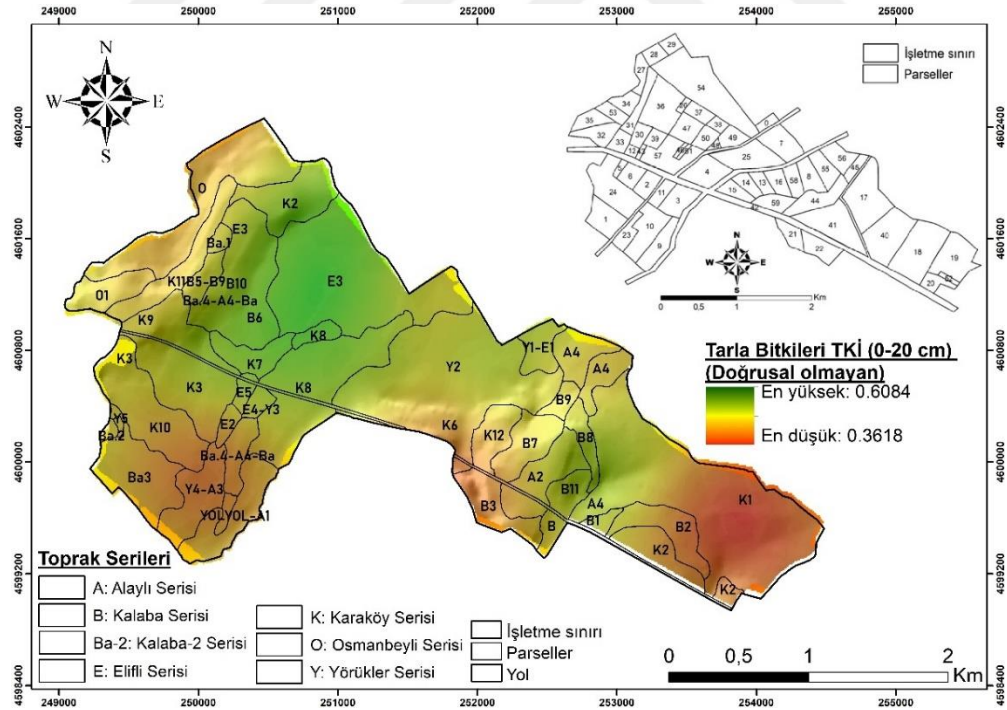
Dağılım modelleri		RMSE değerleri (%)	
		TKİ (Doğrusal)	TKİ (Doğrusal olmayan)
IDW	1	0.0488	0.0472
	2	0.0488	0.0466
	3	0.0491	0.0467
RBF	CRS	0.0493	0.0469
	SWT	0.0489	0.0465
	TPS	0.0513	0.0530
Krigingg	Ordinary	Spherical	0.0486
		Exponential	0.0490
		Gaussian	0.0486
	Simple	Spherical	0.0484
		Exponential	0.0488
		Gaussian	0.0458
	Universal	Spherical	0.0486
		Exponential	0.0490
		Gaussian	0.0486

Burada; IDW: Ters mesafe ağırlıklandırma, RBF: Radyal tabanlı fonksiyon, CRS: Tamamen düzenli spline, SWT: Gergin spline, TPS: İnce plaka spline şeklinde ifade edilmektedir.

Çalışma alanında yetiştirilen diğer tarım ürünlerine yönelik yüzey (0-20 cm) toprak örneklerinde en uygun doğrusal toprak kalite indeks dağılımını veren modelin 0.0484 RMSE değeri ile Simple (Basit) Krigingg'e ait Küresel (Spherical) model olduğu tespit edilirken, doğrusal olmayan toprak kalite indeks dağılımını veren en uygun modelin ise 0.0458 RMSE değeri ile Simple (Basit) Krigingg'e ait Gaussian model olduğu belirlenmiştir. Yüzey (0-20 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik doğrusal toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası Şekil 4.42'de verilirken; tarla bitkilerine yönelik doğrusal olmayan toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası ise Şekil 4.43'te verilmiştir.



Şekil 4.42. Yüzey (0-20 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik doğrusal toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası



Şekil 4.43. Yüzey (0-20 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik doğrusal olmayan toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası

Çalışma alanı içerisinde tarla bitkilerine yönelik yüzey (0-20 cm) topraklarının doğrusal toprak kalite indeks değerleri göz önünde bulundurulduğunda tarla bitkileri için uygun olmayan alanların genellikle çalışma alanının kuzeyinde yayılım gösteren Osmanbeyli serisine ait O haritalama birimi, çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Yörükler-Alaylı serilerine ait Y4-A3 ile Kalaba-2-Alaylı serilerine ait Ba4.A4-Ba haritalama birimleri, çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimi ve çalışma alanının güneybatısında yer alan Kalaba serisine ait B3 haritalama birimleri olduğu belirlenmiştir. Tarla bitkilerine ait yüzey (0-20 cm) topraklarının doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri için de aynı durumun geçerli olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun, çalışma alanına ait topografik özelliklerin (eğim, toprak derinliği) tarla bitkilerine yönelik uygun olmayan alanları oluşturmaktan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Mısır (silajlık) yetiştiriciliğinin yapıldığı parsellere yönelik 2021 yılına ait ortalama verim değerleri ile yüzey topraklarının (0-20 cm) kalite indeks değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Buna göre en yüksek ortalama verim değerinin 5000 kg/da ile Elifli serisine ait E2 haritalama birimli 11 nolu parsele yönelik topraklara ait olduğu belirlenirken; bu topraklara ait doğrusal ve doğrusal olmayan kalite indeks değerlerinin ise sırasıyla 0.6063 ve 0.6084 olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, 8 numaralı parselde yer alan, haritalama birimi Y2 olan Yörükler serisine ait toprakların 3855 kg/da ile en düşük ortalama verim değerine sahip olduğu gözlemlenmiş olup; doğrusal kalite indeksi bu topraklar için 0.3610 olarak belirlenirken, doğrusal olmayan kalite indeks değeri ise 0.3618 olarak belirlenmiştir.

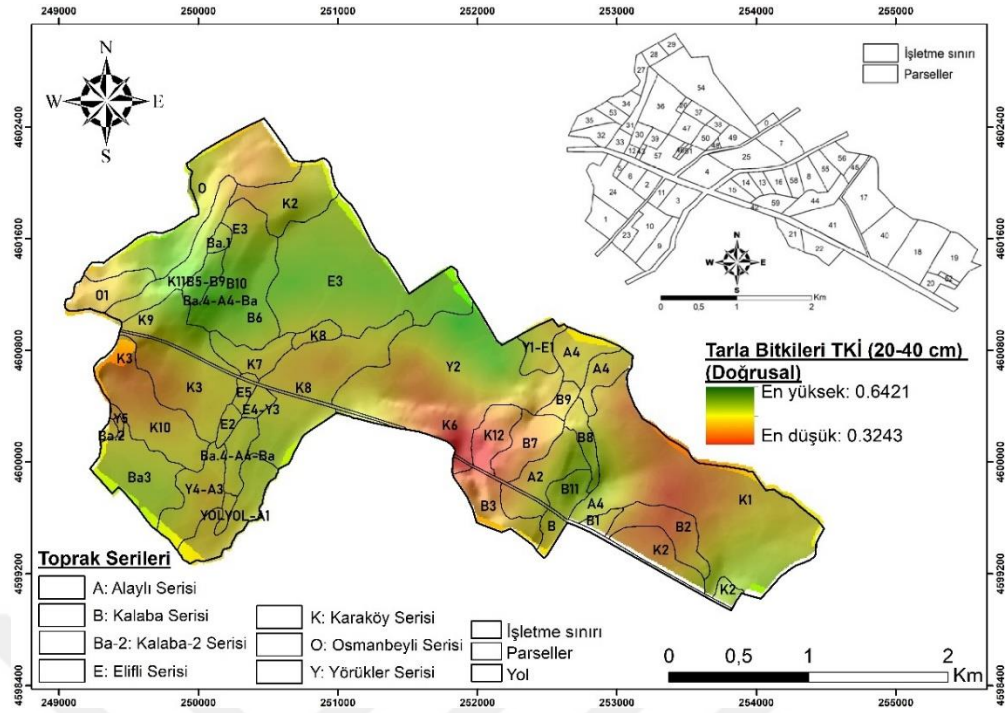
Diğer tarımı yapılan tarla bitkilerine yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan en uygun toprak kalite indeksini veren her bir modele ait RMSE değerleri, yüzey altı (20-40 cm) toprak kalite parametreleri için ayrı ayrı belirlenmiştir (Tablo 4.56).

Tablo 4.56. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının diğer tarım ürünlerine yönelik enterpolasyon yöntemlerine ait ortalama hata kareleri toplamı kökü (RMSE) değerleri

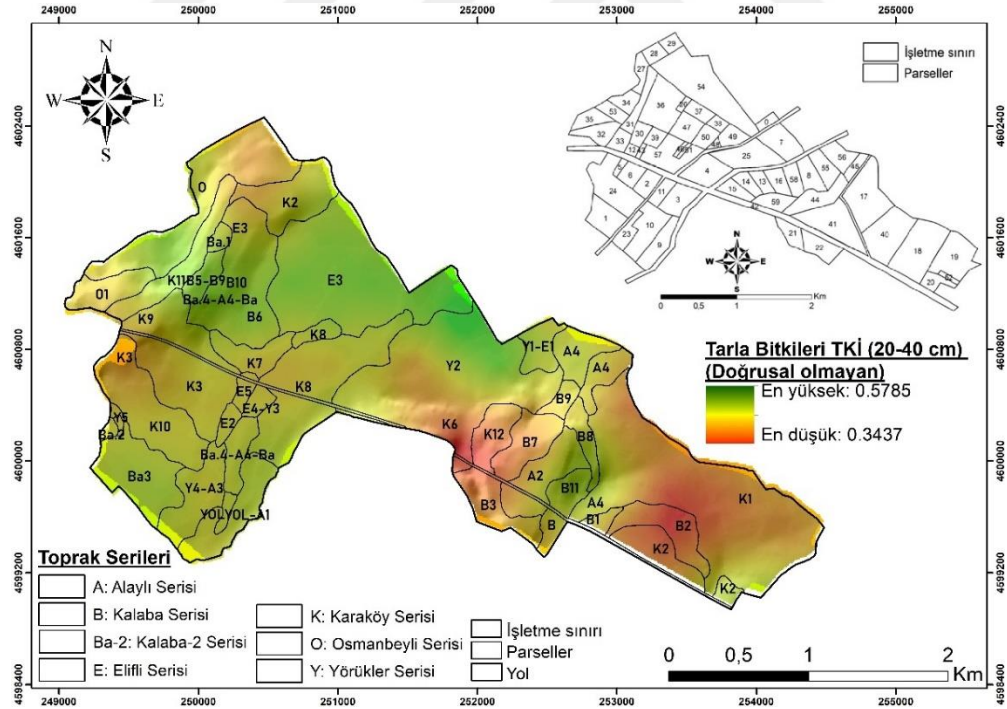
Dağılım modelleri			RMSE değerleri (%)	
			TKİ (Doğrusal)	TKİ (Doğrusal olmayan)
IDW	1	0.0466	0.0451	
	2	0.0460	0.0444	
	3	0.0461	0.0445	
RBF	CRS	0.0455	0.0440	
	SWT	0.0455	0.0439	
	TPS	0.0506	0.0508	
Krigingg	Ordinary	Spherical	0.0453	0.0434
		Exponential	0.0450	0.0439
		Gaussian	0.0450	0.0435
	Simple	Spherical	0.0444	0.0426
		Exponential	0.0447	0.0433
		Gaussian	0.0447	0.0428
	Universal	Spherical	0.0453	0.0434
		Exponential	0.0450	0.0439
		Gaussian	0.0450	0.0435

Burada; IDW: Ters mesafe ağırlıklandırma, RBF: Radyal tabanlı fonksiyon, CRS: Tamamen düzenli spline, SWT: Gergin spline, TPS: İnce plaka spline şeklinde ifade edilmektedir.

Diğer tarım ürünleri için çalışma alanı yüzey altı (20-40 cm) toprak özelliklerine yönelik gerek doğrusal ve gerek doğrusal olmayan toprak kalite indekslerini veren en uygun modelin sırasıyla 0.0444 RMSE ve 0.0426 RMSE değerleri ile Simple (Basit) Krigingg'e ait Küresel (Spherical) model olduğu gözlemlenmiştir. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik doğrusal toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası Şekil 4.44'te verilirken; tarla bitkilerine yönelik doğrusal olmayan toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası ise Şekil 4.45'te verilmiştir.



Şekil 4.44. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik doğrusal toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası



Şekil 4.45. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının tarla bitkilerine yönelik doğrusal olmayan toprak kalite indeksi (TKİ) dağılım haritası

Çalışma alanı içerisinde tarla bitkilerine yönelik yüzey (0-20 cm) topraklarının doğrusal toprak kalite indeks değerleri göz önünde bulundurulduğunda tarla bitkileri için uygun olmayan alanların genellikle çalışma alanının kuzeyinde yayılım gösteren Osmanbeyli serisine ait O haritalama birimi, çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K7 haritalama birimi ve Elifli serisine ait E5 haritalama birimleri, çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Karaköy serisine ait K12 haritalama birimi ile Kalaba serisine ait B3 haritalama birimleri ile çalışma alanının güneyinde yer alan Karaköy serisine ait K1 haritalama birimleri olduğu belirlenmiştir. Tarla bitkilerine ait yüzey (0-20 cm) topraklarının doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri için de aynı durumun geçerli olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun, çalışma alanına ait tarla bitkilerinin yetiştirildiği arazinin topografik yapısıyla (eğim, toprak derinliği) ilgili olduğu gözlemlenmiştir.

4.7. Çeltik ve tarla bitkilerine yönelik yüzey/yüzey altı örnekleme noktalarının toprak kalite indeks değerlerinin karşılaştırılması

Toprak kalite indeks (TKİ) değerlerinin çeltik yetiştiriciliğine yönelik yüzey ve yüzey altı dağılımları ve toprak kalite indeks hesaplamasında kullanılan doğrusal ve doğrusal olmayan skorlama fonksiyonlarına yönelik elde edilen indeks değerlerinin istatistiksel karşılaştırması yapılmıştır (Tablo 4.57). Çeltik için derinlikler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli seviyede ($P<0.01$) bulunmuştur. En yüksek TKİ değeri 0-20 cm derinlikte bulunurken, 20-40 cm derinlikte TKİ değerinde yaklaşık %9.5'lik bir azalma tespit edilmiştir. Yöntemler arası elde edilen TKİ değerlerindeki değişkenlikler istatistiksel olarak farklıdır ($P<0.01$). Doğrusal yöntemle daha yüksek TKİ değerleri (0.5359) elde edilmiştir. Elde edilen TKİ değerleri 0.401-0.536 arasında değişkenlik sergilemektedir. Derinliğe bağlı yöntem farklılıklarındaki değişkenlikler (Derinlik*Metot) istatistiksel olarak önemli seviyede bulunmuştur. En yüksek TKİ değeri 20-40 cm derinliğindeki topraklar için doğrusal skorlama yönteminde tespit edilirken, en düşük TKİ değeri 20-40 cm derinliğindeki topraklara yönelik doğrusal olmayan skorlama yöntemi için tespit edilmiştir. 0-20 cm derinlikte doğrusal metot doğrusal olmayan metoda göre yaklaşık %6.7 seviyesinde istatistiksel olarak önemli seviyede yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.57. Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlarda derinlik ve yöntem farklılığına bağlı olarak toprak kalite indeksinin karşılaştırılması

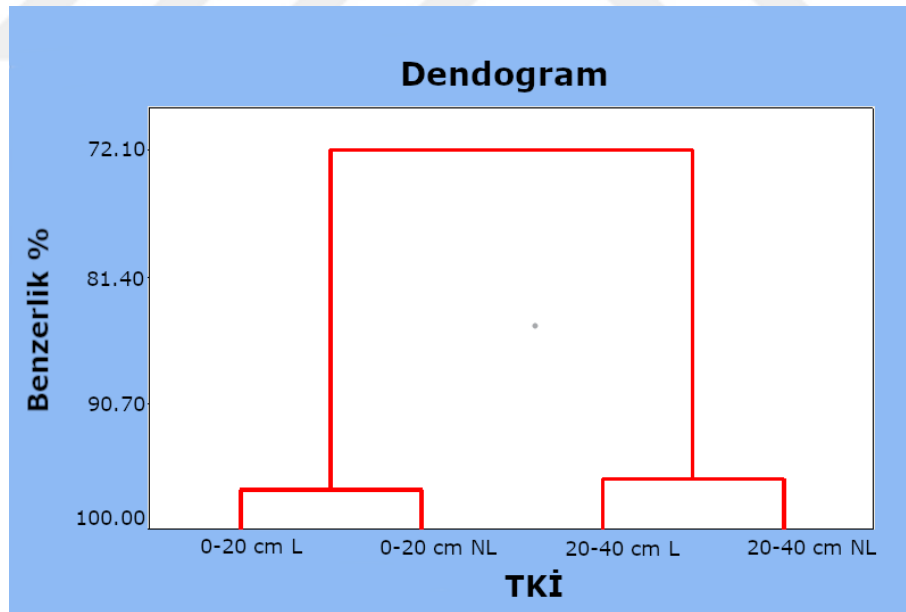
	0-20 cm	20-40 cm	Ortalama-Yöntem
Doğrusal	0.5359A	0.5360A**	0.5359a*
Doğrusal olmayan	0.4996B	0.4010C	0.4503b
Ortalama-Derinlik	0.5177a***	0.4685b	
Varyasyon kaynakları			
	F		P
Doğrusal	72.83		0.00
Doğrusal olmayan	220.32		0.00
Ortalama*Derinlik	72.32		0.00

*Metodlar arasındaki farklar küçük kalın harfle gösterilmiştir.

**Metodların derinlere göre değişimindeki farklılıklar büyük harfle gösterilmiştir.

***Derinlikler arası farklar italik küçük harfle gösterilmiştir.

İncelenen değişkenlerin benzerlik oranlarını gösteren kümeleme dendogramları Şekil 4.46 'da gösterilmiştir. 0-20 cm'de doğrusal yöntem ile elde edilen TKİ değerleri yine aynı derinlikte doğrusal olmayan yöntem ile elde edilen TKİ değerleri ile %97.06 seviyesinde benzerlik göstermektedir. 20-40 cm için her iki yöntemle elde edilen TKİ değerleri arasında ise %96.26 seviyesinde benzerlik tespit edilmiştir.



Şekil 4.46. Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlarda farklı derinlik ve yöntemlerde belirlenen TKİ değerlerinin kümeleme analizi

Tarla bitkileri (buğday, soya fasülyesi, silajlık mısır vb.) yetiştiriciliği için yüzey ve yüzey altı topraklarına yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerlerinin istatistiksel karşılaştırması yapılmıştır (Tablo 4.58). Yöntem ve derinlik arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli iken ($P<0.01$), derinliğe bağlı olarak yöntem farklılığı sonucu elde edilen TKİ değerlerindeki değişim (Derinlik*Yöntem) istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek TKİ yöntemler arasında doğrusal yöntemde (0.4750) tespit edilirken, derinlikte ise 0-20 cm'de (0.4776) tespit edilmiştir. Doğrusal yöntem ile elde edilen TKİ değerleri doğrusal olmayan yöntemle göre yaklaşık %2.67 seviyesinde daha yüksek bulunmuştur. Her iki derinlikte yöntemler karşılaştırıldığında, doğrusal yöntemde TKİ değerleri doğrusal olmayan yöntemle göre daha yüksek seviyelerde elde edilmiştir. 0-20 cm derinlikte elde edilen TKİ değeri 20-40 cm ile karşılaştırıldığında yaklaşık %3.7 seviyelerinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

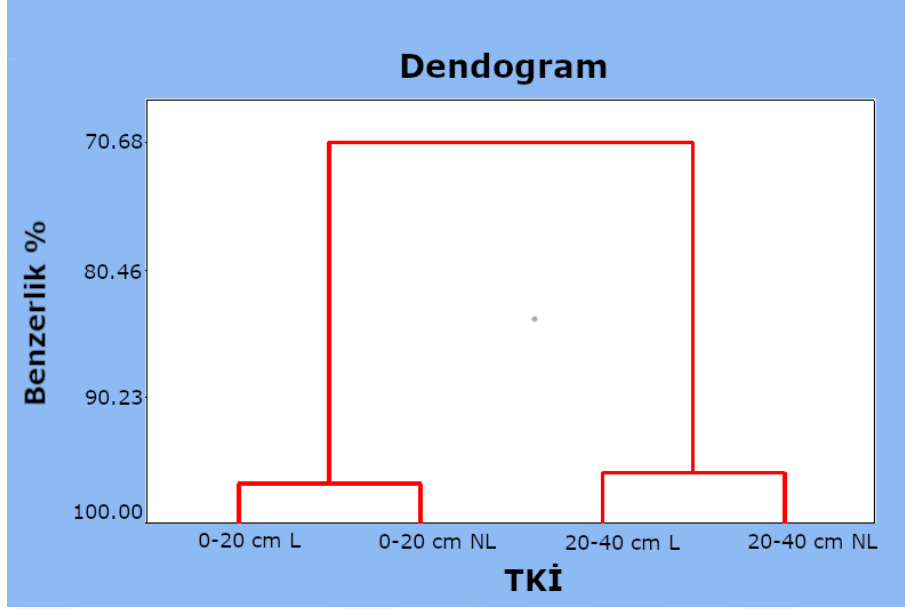
Tablo 4.58. Derinlik ve yöntem farklılığına bağlı olarak TKİ değerlerinin karşılaştırılması

	0-20 cm	20-40 cm	Ortalama-Yöntem
Doğrusal	0.4802	0.4697	0.4750 ^{a*}
Doğrusal olmayan	0.4750	0.4496	0.4623 ^b
Ortalama-Derinlik	0.4776 ^{a**}	0.4597 ^b	
Varyasyon kaynakları			
	F	P	
Derinlik	11.23	0.00	
Yöntem	5.64	0.01	
Derinlik*Yöntem	1.96	0.162	

*Metodlar arasındaki farklar küçük kalın harfle gösterilmiştir.

**Derinlikler arasındaki farklar küçük harfle gösterilmiştir.

İncelenen değişkenlerin benzerlik oranlarını gösteren kümeleme dendogramları Şekil 4.47'de gösterilmiştir.



Şekil 4.47. Tarla bitkileri yetiştirilen alanlarda farklı derinlik ve yöntemlerde belirlenen TKİ değerlerinin kümeleme analizi

20-40 cm’de doğrusal yöntem ile elde edilen TKİ değerleri yine aynı derinlikte doğrusal olmayan yöntem ile elde edilen TKİ değerleri ile %95.46 seviyesinde benzerlik göstermektedir. 0-20 cm için her iki yöntemle elde edilen TKİ değerleri arasında ise %95.52 seviyesinde benzerlik tespit edilmiştir. Her iki derinlik için elde edilen TKİ değerleri arasındaki benzerliğin ise %70.68 seviyelerinde olduğu gözlemlenmiştir.

4.8. Çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanların toprak kalite indeks değerleri ile vejetasyon indeksleri arasındaki ilişki

Bu tez çalışmasında, RE-OSAVI ve NDVI vejetasyon indeks değerleri her bir uydu görüntüsünden piksel bazlı olarak türetilmiş ve böylece çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasının temsil edildiği vejetasyon indeks değerleri oluşturulmuştur. Bu amaca yönelik ESRI (2019) tarafından geliştirilmiş ArcGIS 10.7v. yazılımının Spatial Analysis uzantısında bulunan Zonal Statistics aracı kullanılarak yüzey toprak örnekleme noktalarına ait RE-OSAVI ve NDVI değerleri çıkarılmış ve Microsoft Excel’e aktarılmıştır. Daha sonra tüm vejetasyon indeks değerleri, çeltik ve diğer tarla bitkilerine ait toprak kalite indeks değerleri ile istatistiksel olarak karşılaştırılarak aralarındaki regresyon ilişkileri (r^2)

belirlenmiştir. Çeltik tarımının yapıldığı her bir yüzey toprak örnekleme noktasına yönelik 2021 yılı tarihli Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edilen RE-OSAVI ve NDVI değerleri ile çeltik yetiştirilen alanlarının toprak kalite indeks değerleri Tablo 4.59'da verilirken; tarla bitkileri tarımının yapıldığı her bir yüzey toprak örnekleme noktasına yönelik 2021 yılı tarihli Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edilen RE-OSAVI ve NDVI değerleri ile tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanların toprak kalite indeks değerleri ise Tablo 4.60'da verilmiştir.



Tablo 4.59. Her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına yönelik 2021 yılı tarihli Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edilen RE-OSAVI ve NDVI değerleri ile çeltik yetiştirilen alanlara ait toprak kalite indeks değerleri

Örnek No	Çeltik TKİ (Doğrusal)	Çeltik TKİ (Doğrusal olmayan)	08.04.2021		18.05.2021		07.06.2021		17.07.2021		06.08.2021		30.10.2021	
			RE- OSAVI	NDVI	RE- OSAVI	NDVI	RE- OSAVI	NDVI	RE- OSAVI	NDVI	RE- OSAVI	NDVI	RE- OSAVI	NDVI
1	0.563	0.524	0.220	0.391	0.227	0.404	0.167	0.311	0.636	0.728	0.504	0.609	0.142	0.182
2	0.496	0.449	0.218	0.377	0.148	0.167	0.161	0.382	0.645	0.717	0.344	0.536	0.131	0.175
4	0.507	0.472	0.086	0.135	0.290	0.335	0.172	0.348	0.446	0.414	0.632	0.672	0.416	0.529
5	0.532	0.476	0.026	0.070	0.114	0.125	0.150	0.186	0.639	0.732	0.734	0.770	0.106	0.161
6	0.529	0.456	0.005	0.101	0.131	0.107	0.174	0.160	0.539	0.679	0.683	0.762	0.087	0.179
10	0.500	0.420	0.054	0.123	0.135	0.181	-0.178	0.149	0.655	0.724	0.767	0.771	0.238	0.287
11	0.510	0.461	0.074	0.225	0.122	0.305	-0.163	0.246	0.664	0.662	0.647	0.621	0.192	0.308
12	0.511	0.460	0.075	0.135	0.197	0.300	0.148	0.227	0.449	0.441	0.532	0.591	0.372	0.510
14	0.450	0.425	0.097	0.186	0.107	0.135	0.154	0.278	0.380	0.520	0.700	0.737	0.141	0.188
15	0.511	0.462	0.062	0.169	0.104	0.111	0.153	0.200	0.563	0.693	0.710	0.737	0.073	0.116
21	0.525	0.502	0.069	0.134	0.154	0.201	0.190	0.374	0.672	0.600	0.763	0.664	0.478	0.519
22	0.518	0.476	0.147	0.206	0.277	0.281	0.097	0.309	0.563	0.612	0.661	0.672	0.406	0.440
25	0.464	0.429	0.320	0.366	0.227	0.212	0.354	0.119	0.256	0.344	0.321	0.406	0.381	0.460
26	0.509	0.457	0.059	0.202	0.074	0.080	0.303	0.177	0.534	0.703	0.684	0.714	0.021	0.224
37	0.544	0.489	0.149	0.258	0.092	0.145	0.139	0.650	0.546	0.648	0.696	0.682	0.152	0.264
38	0.525	0.484	0.093	0.152	-0.137	-0.071	0.127	0.729	0.664	0.735	0.734	0.771	0.126	0.175
70	0.492	0.453	0.070	0.156	0.230	0.169	0.137	0.253	0.573	0.634	0.665	0.715	0.133	0.240
71	0.486	0.440	0.352	0.549	0.568	0.616	0.341	0.133	0.200	0.184	0.336	0.404	0.439	0.590
72	0.432	0.387	0.319	0.416	0.524	0.568	0.419	0.132	0.257	0.268	0.370	0.449	0.514	0.653
78	0.566	0.531	0.238	0.165	0.473	0.535	0.293	0.120	0.508	0.546	0.496	0.623	0.348	0.287
79	0.495	0.474	0.144	0.181	0.361	0.481	0.239	0.144	0.514	0.524	0.607	0.641	0.176	0.222
84	0.456	0.414	0.084	0.163	0.167	0.225	0.159	0.129	0.571	0.590	0.610	0.725	0.114	0.209
88	0.478	0.445	0.058	0.102	0.121	0.172	0.201	0.536	0.567	0.622	0.704	0.725	0.138	0.171
89	0.452	0.394	0.078	0.170	0.224	0.252	0.206	0.128	0.377	0.484	0.438	0.464	0.171	0.194

Tablo 4.60. Her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait 2021 yılı tarihli Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edilen RE-OSAVI ve NDVI değerleri ile tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri

Örnek No	Tarla bitkileri (Doğrusal)	Tarla bitkileri (Doğrusal olmayan)	08.04.2021		18.05.2021		07.06.2021		17.07.2021		06.08.2021		30.10.2021	
			RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI
0	0.435	0.420	0.319	0.375	0.401	0.563	0.311	0.416	0.392	0.498	0.251	0.327	0.152	0.169
3	0.461	0.456	0.247	0.345	0.391	0.593	0.382	0.580	0.417	0.581	0.300	0.398	0.134	0.156
7	0.466	0.461	0.479	0.496	0.678	0.751	0.348	0.475	0.229	0.301	0.294	0.291	0.146	0.194
8	0.442	0.446	0.271	0.448	0.099	0.169	0.186	0.235	0.593	0.702	0.601	0.712	0.070	0.109
9	0.505	0.502	0.246	0.430	0.154	0.163	0.160	0.151	0.609	0.715	0.399	0.488	0.129	0.149
13	0.469	0.431	0.088	0.103	0.398	0.512	0.149	0.200	0.511	0.536	0.737	0.705	0.473	0.576
16	0.434	0.397	0.434	0.622	0.573	0.692	0.246	0.397	0.188	0.187	0.258	0.232	0.116	0.149
17	0.493	0.467	0.593	0.629	0.573	0.683	0.227	0.319	0.167	0.196	0.154	0.153	0.154	0.317
18	0.523	0.509	0.498	0.612	0.566	0.655	0.278	0.317	0.165	0.148	0.120	0.134	0.095	0.146
19	0.544	0.558	0.282	0.477	0.204	0.171	0.200	0.164	0.650	0.764	0.574	0.636	0.154	0.149
20	0.418	0.382	0.126	0.105	0.403	0.234	0.374	0.332	0.340	0.561	0.563	0.751	0.370	0.566
23	0.477	0.477	0.512	0.641	0.546	0.647	0.309	0.397	0.194	0.212	0.147	0.135	0.068	0.109
24	0.437	0.426	0.115	0.204	0.123	0.141	0.119	0.148	0.583	0.652	0.763	0.764	0.161	0.217
27	0.462	0.439	0.404	0.522	0.671	0.764	0.177	0.218	0.475	0.503	0.339	0.389	0.109	0.105
28	0.373	0.394	0.218	0.432	0.673	0.791	0.650	0.785	0.588	0.716	0.564	0.666	0.416	0.492
30	0.500	0.525	0.375	0.426	0.668	0.805	0.729	0.774	0.485	0.723	0.658	0.659	0.339	0.387
31	0.536	0.583	0.580	0.660	0.550	0.649	0.253	0.365	0.184	0.200	0.128	0.150	0.106	0.138
32	0.556	0.563	0.141	0.183	0.710	0.782	0.133	0.151	0.453	0.490	0.693	0.697	0.168	0.209
33	0.543	0.537	0.406	0.489	0.155	0.172	0.132	0.153	0.564	0.485	0.664	0.599	0.418	0.603
34	0.459	0.438	0.115	0.129	0.120	0.122	0.120	0.136	0.645	0.737	0.772	0.787	0.135	0.160
35	0.450	0.454	0.109	0.171	0.139	0.145	0.144	0.157	0.600	0.637	0.776	0.770	0.178	0.224
36	0.481	0.472	0.238	0.115	0.153	0.247	0.129	0.136	0.594	0.588	0.715	0.698	0.394	0.569

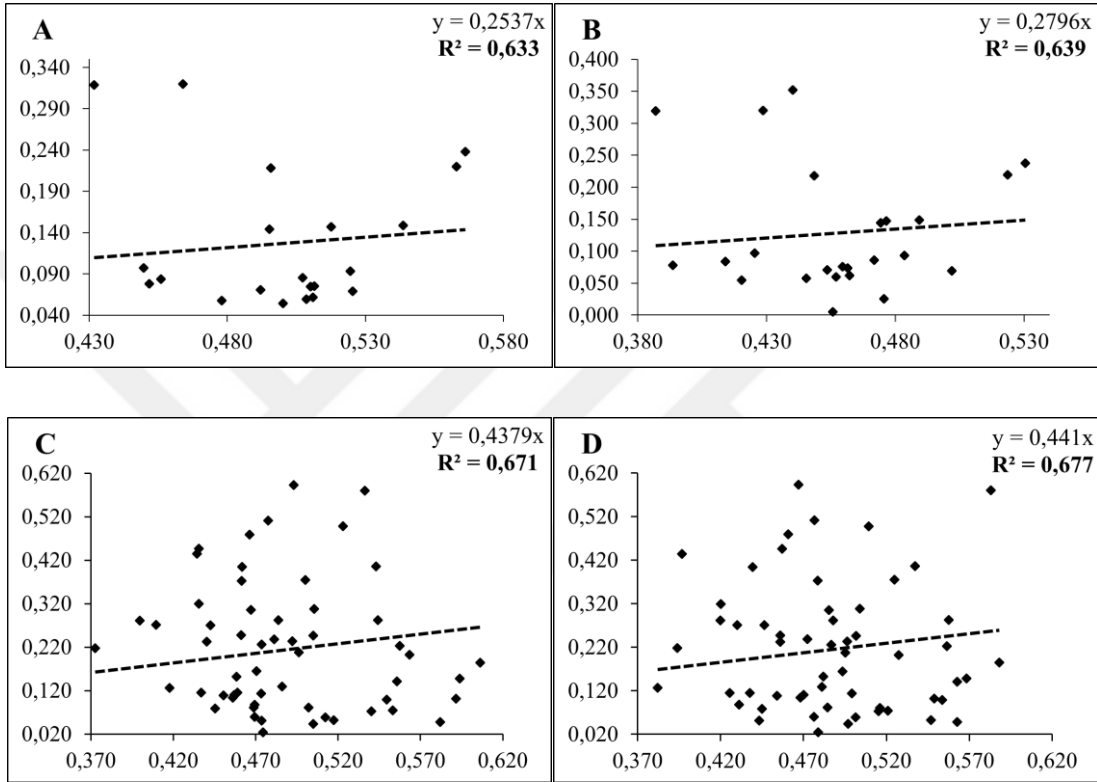
Tablo 4.60. Her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait 2021 yılı tarihli Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edilen RE-OSAVI ve NDVI değerleri ile tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri (Devamı)

Örnek No	Tarla bitkileri (Doğrusal)	Tarla bitkileri (Doğrusal olmayan)	08.04.2021		18.05.2021		07.06.2021		17.07.2021		06.08.2021		30.10.2021	
			RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI
39	0.484	0.488	0.282	0.421	0.775	0.809	0.536	0.613	0.232	0.250	0.498	0.556	0.200	0.282
40	0.467	0.485	0.306	0.446	0.791	0.818	0.128	0.137	0.273	0.297	0.639	0.661	0.180	0.231
41	0.557	0.556	0.223	0.307	0.828	0.837	0.146	0.141	0.158	0.182	0.460	0.531	0.274	0.363
42	0.458	0.482	0.152	0.278	0.823	0.833	0.722	0.783	0.298	0.295	0.613	0.652	0.224	0.332
43	0.594	0.568	0.148	0.246	0.757	0.816	0.724	0.795	0.235	0.296	0.323	0.348	0.275	0.391
44	0.473	0.499	0.114	0.250	0.773	0.790	0.725	0.771	0.154	0.200	0.312	0.295	0.415	0.637
45	0.473	0.487	0.226	0.283	0.498	0.736	0.300	0.233	0.285	0.288	0.326	0.599	0.279	0.336
46	0.457	0.470	0.110	0.136	0.698	0.779	0.150	0.146	0.437	0.485	0.753	0.757	0.161	0.207
47	0.470	0.494	0.165	0.250	0.155	0.147	0.134	0.144	0.726	0.767	0.819	0.796	0.119	0.156
49	0.456	0.468	0.104	0.133	0.598	0.736	0.457	0.641	0.180	0.183	0.175	0.166	0.653	0.681
50	0.512	0.501	0.059	0.084	0.213	0.234	0.191	0.231	0.491	0.581	0.809	0.760	0.397	0.549
51	0.496	0.495	0.207	0.302	0.625	0.719	0.622	0.695	0.255	0.302	0.719	0.714	0.106	0.182
52	0.606	0.588	0.184	0.416	0.639	0.661	0.494	0.629	0.284	0.336	0.636	0.530	0.177	0.452
53	0.400	0.420	0.281	0.409	0.652	0.691	0.561	0.682	0.253	0.287	0.371	0.487	0.361	0.529
54	0.462	0.478	0.373	0.459	0.580	0.586	0.601	0.616	0.389	0.530	0.393	0.500	0.516	0.521
55	0.492	0.496	0.233	0.360	0.794	0.826	0.633	0.727	0.208	0.221	0.320	0.324	0.371	0.529
56	0.469	0.484	0.081	0.170	0.797	0.829	0.729	0.797	0.220	0.207	0.225	0.233	0.463	0.672

Tablo 4.60. Her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait 2021 yılı tarihli Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edilen RE-OSAVI ve NDVI değerleri ile tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri (Devamı)

Örnek No	Tarla bitkileri (Doğrusal)	Tarla bitkileri (Doğrusal olmayan)	08.04.2021		18.05.2021		07.06.2021		17.07.2021		06.08.2021		30.10.2021	
			RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI	RE-OSAVI	NDVI
57	0.440	0.456	0.232	0.523	0.766	0.821	0.726	0.775	0.119	0.119	0.174	0.180	0.512	0.695
58	0.505	0.504	0.308	0.413	0.740	0.786	0.725	0.783	0.134	0.118	0.265	0.281	0.530	0.690
59	0.486	0.481	0.129	0.130	0.699	0.790	0.164	0.190	0.335	0.386	0.632	0.650	0.192	0.226
60	0.435	0.457	0.447	0.558	0.422	0.506	0.465	0.412	0.296	0.287	0.412	0.478	0.097	0.253
63	0.592	0.549	0.101	0.100	0.561	0.722	0.523	0.713	0.293	0.329	0.157	0.163	0.668	0.704
66	0.549	0.554	0.099	0.231	0.250	0.262	0.586	0.691	0.393	0.427	0.231	0.308	0.083	0.182
67	0.409	0.430	0.271	0.438	0.781	0.812	0.616	0.698	0.387	0.437	0.253	0.260	0.389	0.580
68	0.469	0.476	0.060	0.123	0.730	0.798	0.650	0.718	0.303	0.271	0.344	0.461	0.373	0.387
69	0.563	0.527	0.202	0.343	0.564	0.700	0.629	0.739	0.315	0.152	0.337	0.239	0.455	0.539
73	0.445	0.445	0.079	0.111	0.596	0.727	0.377	0.653	0.120	0.142	0.166	0.224	0.656	0.641
74	0.517	0.547	0.052	0.078	0.645	0.765	0.566	0.734	0.119	0.138	0.363	0.483	0.670	0.675
77	0.553	0.521	0.074	0.086	0.628	0.736	0.534	0.680	0.153	0.170	0.149	0.186	0.621	0.638
81	0.474	0.479	0.024	0.069	0.611	0.758	0.554	0.726	0.133	0.138	0.303	0.406	0.556	0.607
82	0.582	0.563	0.048	0.105	0.199	0.273	0.197	0.265	0.125	0.157	0.152	0.186	0.543	0.464
83	0.540	0.515	0.072	0.089	0.629	0.749	0.530	0.713	0.143	0.167	0.198	0.188	0.651	0.654
85	0.505	0.497	0.044	0.066	0.704	0.783	0.609	0.755	0.119	0.129	0.283	0.267	0.636	0.657
86	0.474	0.443	0.051	0.065	0.678	0.761	0.619	0.755	0.131	0.136	0.249	0.350	0.666	0.659
87	0.502	0.516	0.081	0.084	0.679	0.762	0.617	0.745	0.160	0.179	0.239	0.236	0.656	0.654

2021 yılı tarihli Nisan ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (A) ve doğrusal olmayan (B) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.633 ve 0.639 olarak belirlenirken; doğrusal (C) ve doğrusal olmayan (D) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.671 ve 0.677 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.48).

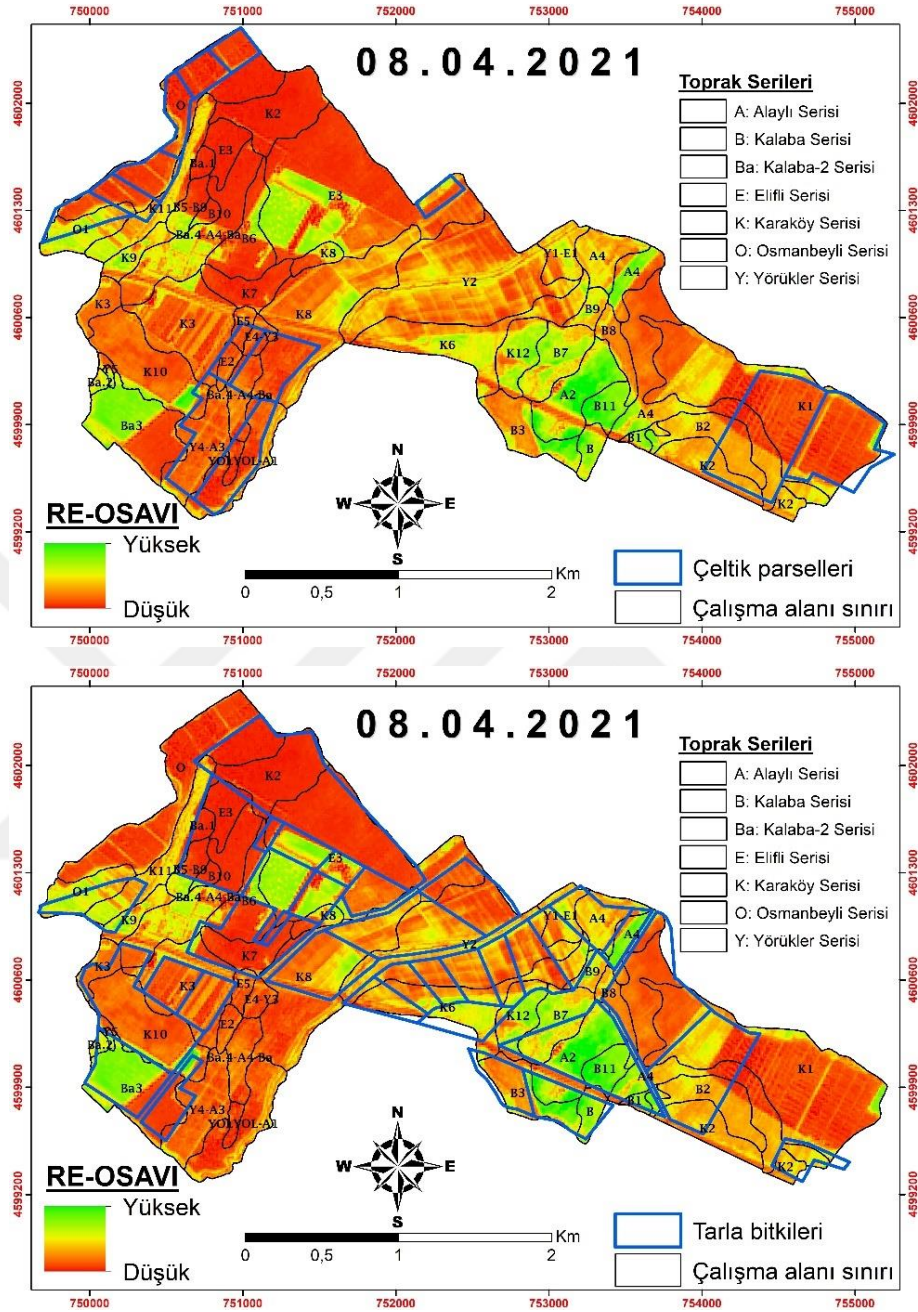


Şekil 4.48. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 08.04.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

Burada; A: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, B: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, C: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve D: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

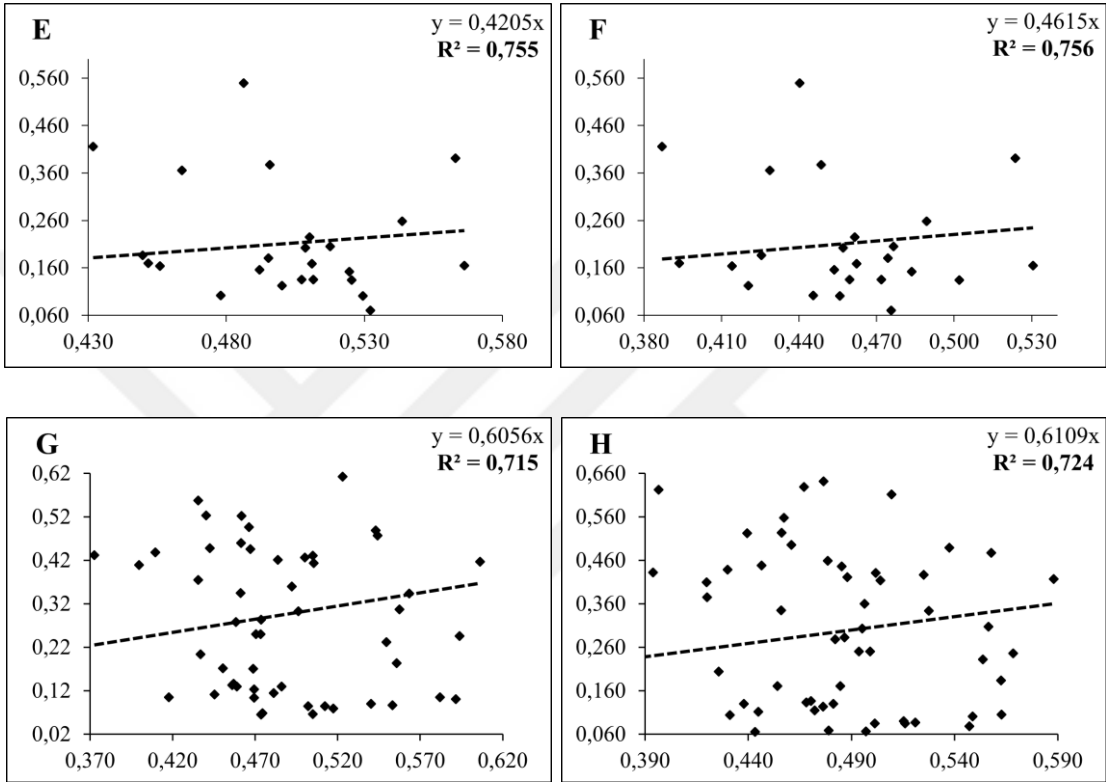
Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Nisan ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çalışma alanında çeltik ve

tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.49’da verilmiştir.



Şekil 4.49. 2021 yılı tarihli Nisan ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

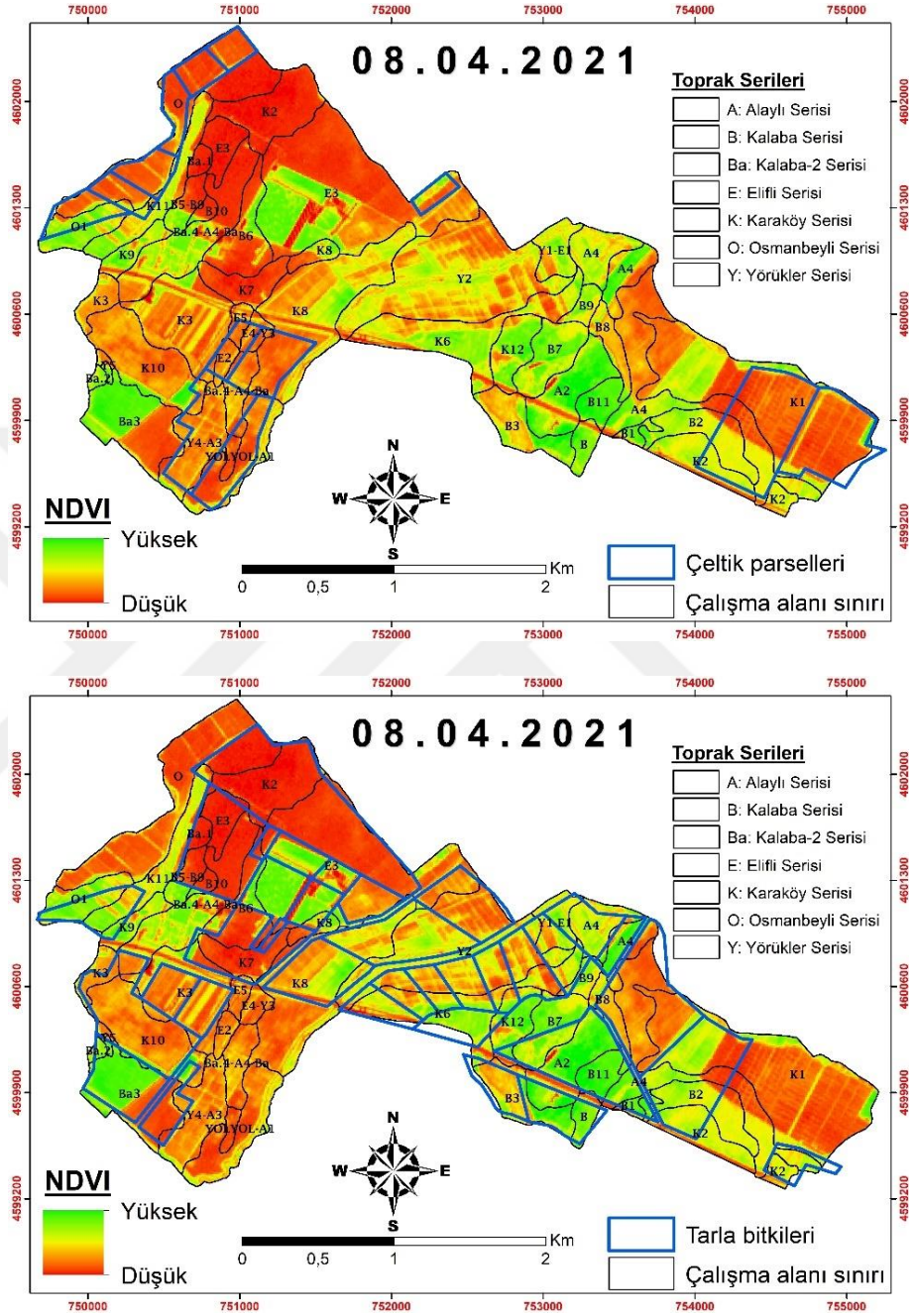
2021 yılı tarihli Nisan ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (E) ve doğrusal olmayan (F) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.755 ve 0.756 olarak belirlenirken; doğrusal (G) ve doğrusal olmayan (H) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.715 ve 0.724 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.50).



Şekil 4.50. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 08.04.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına ait NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

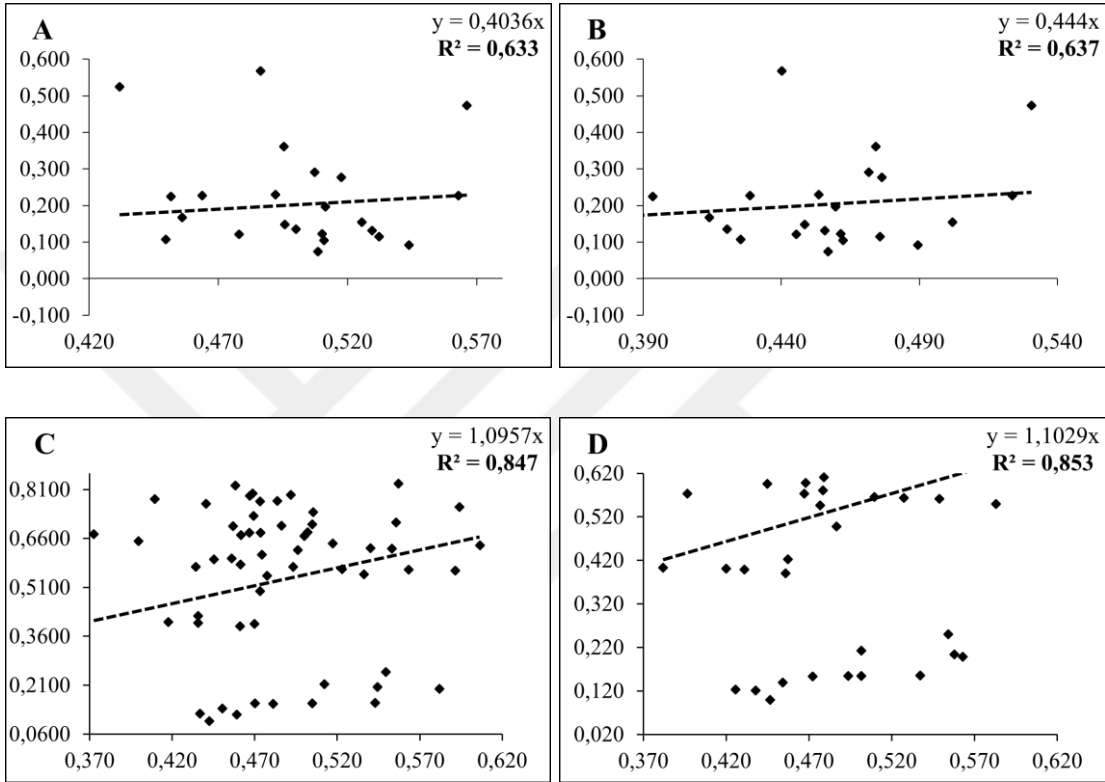
Burada; E: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, F: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, G: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve H: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Nisan ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çalışma alanında çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.51’de verilmiştir.



Şekil 4.51. 2021 yılı tarihli Nisan ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

2021 yılı tarihli Mayıs ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (A) ve doğrusal olmayan (B) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.633 ve 0.637 olarak belirlenirken; doğrusal (C) ve doğrusal olmayan (D) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.847 ve 0.853 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.52).

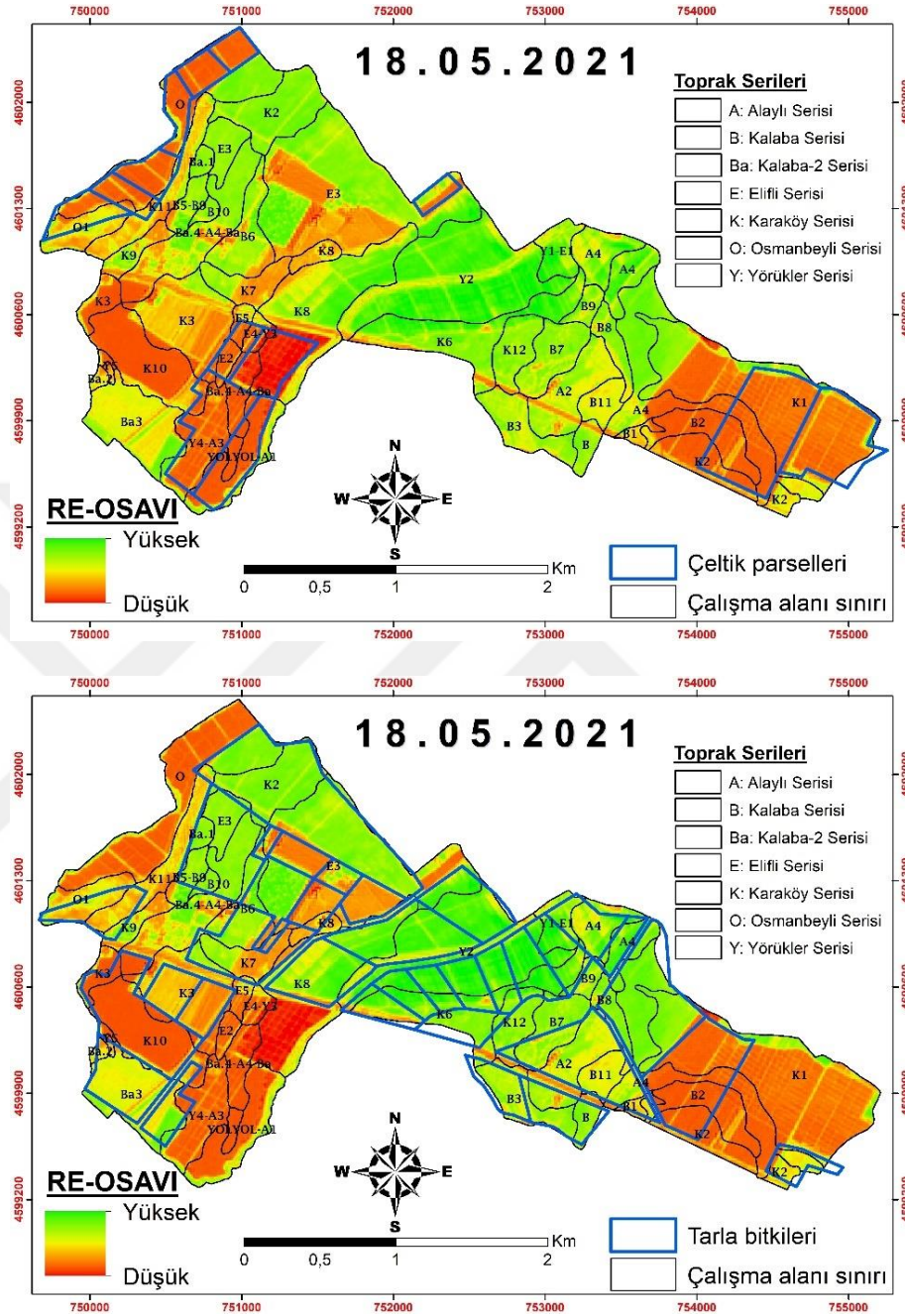


Şekil 4.52. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 18.05.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

Burada; A: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, B: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, C: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve D: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

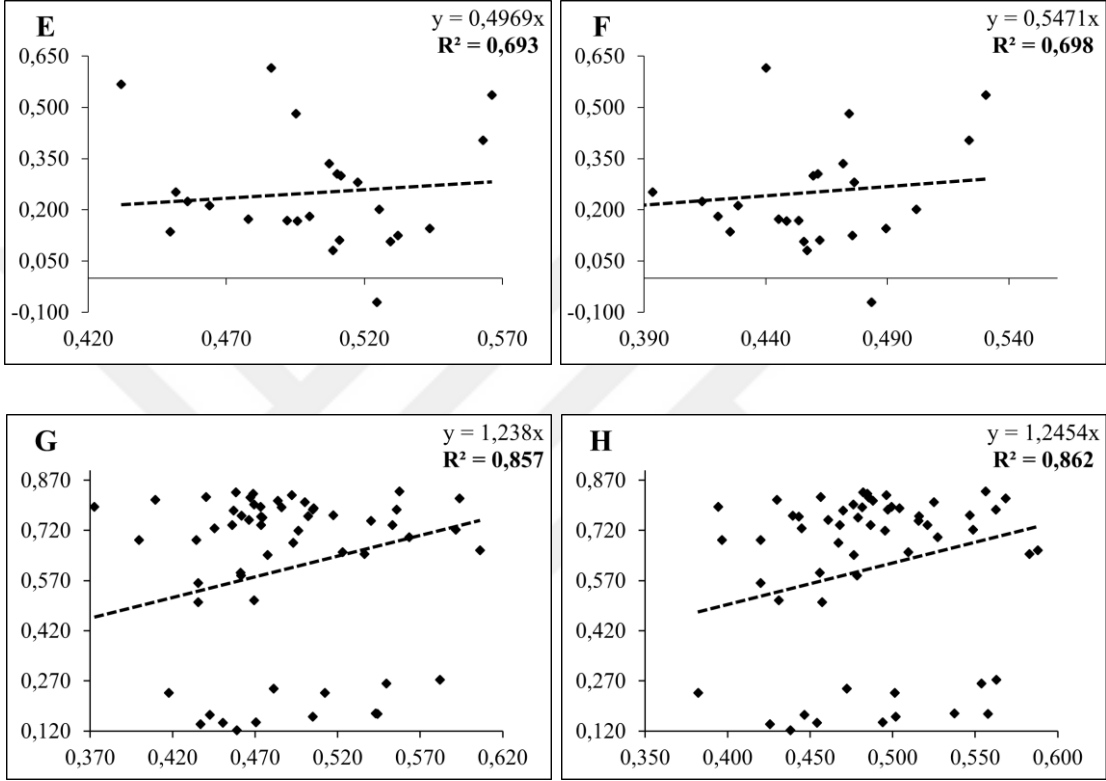
Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Mayıs ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çalışma alanında çeltik ve

tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.53’de verilmiştir.



Şekil 4.53. 2021 yılı tarihli Mayıs ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

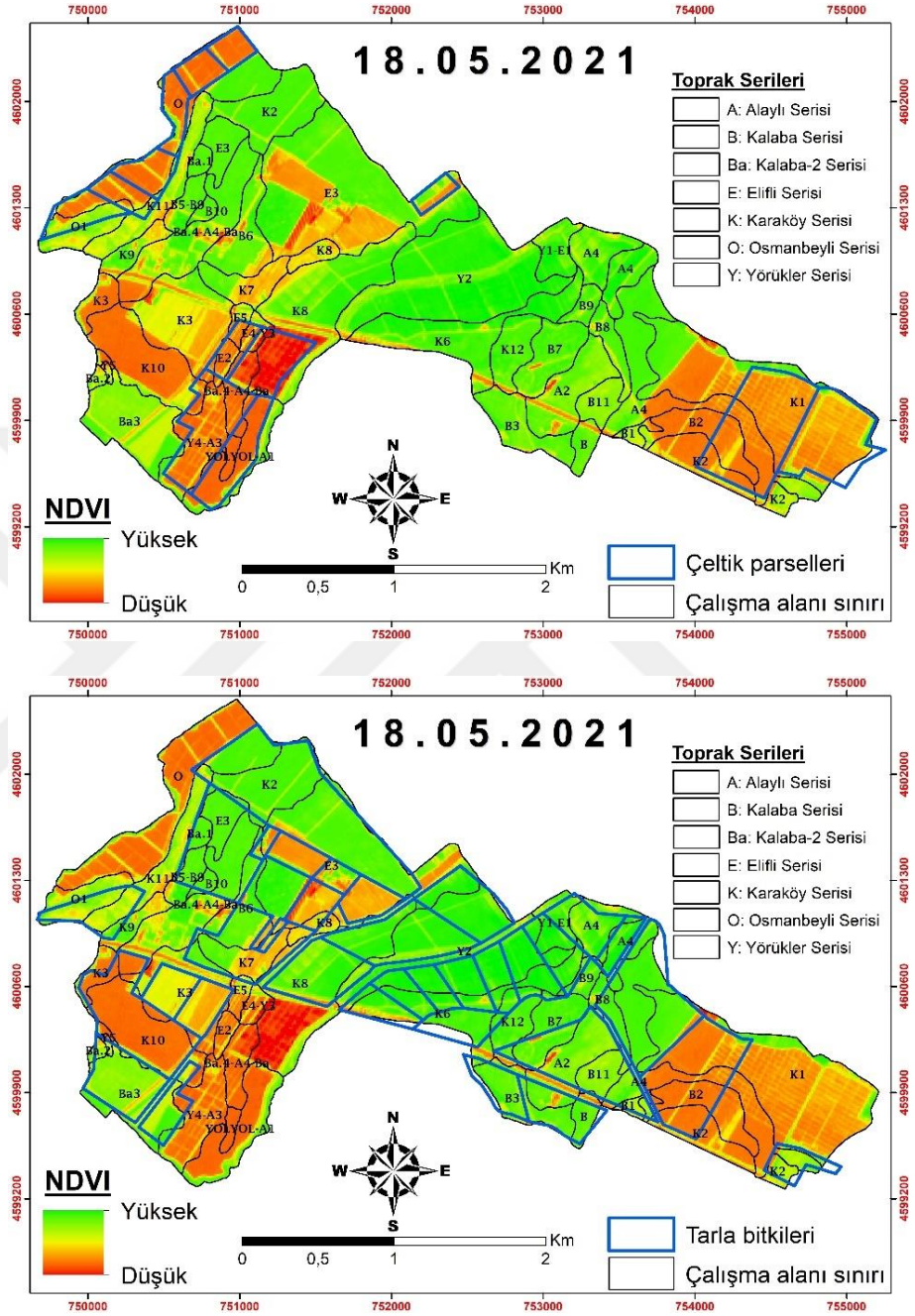
2021 yılı tarihli Mayıs ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (E) ve doğrusal olmayan (F) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.693 ve 0.698 olarak belirlenirken; doğrusal (G) ve doğrusal olmayan (H) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.857 ve 0.862 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.54).



Şekil 4.54. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 18.05.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına ait NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

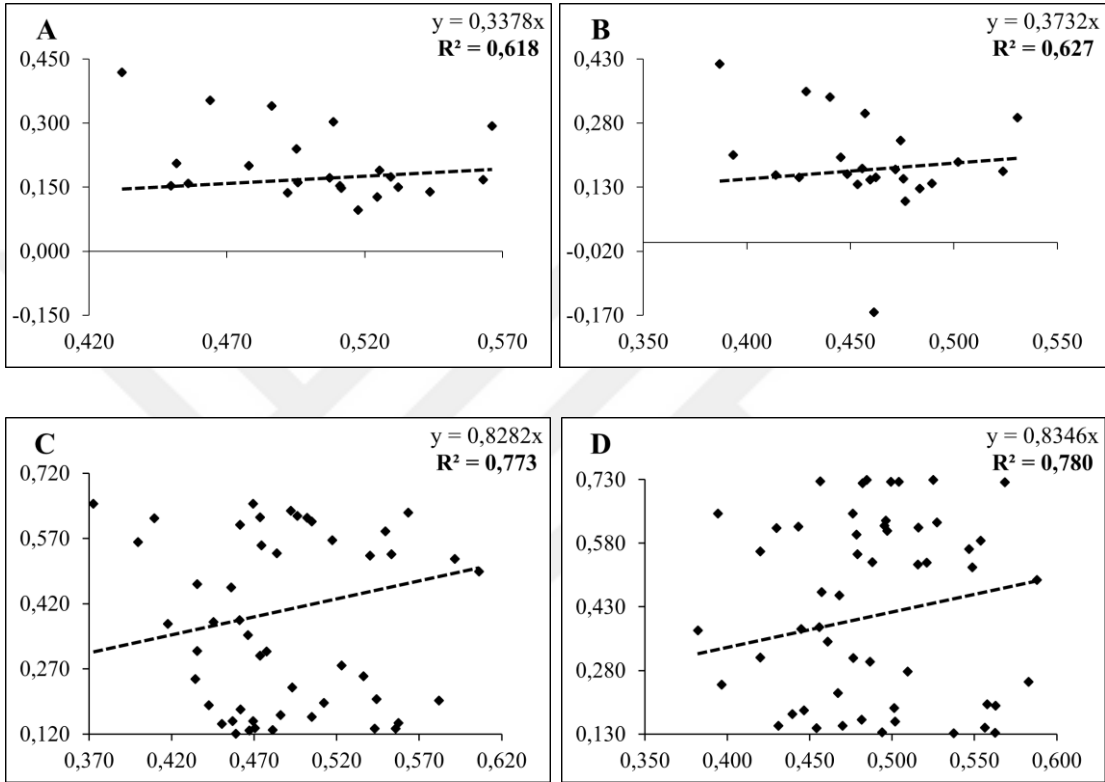
Burada; E: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, F: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, G: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve H: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Mayıs ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çalışma alanında çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.55'te verilmiştir.



Şekil 4.55. 2021 yılı tarihli Mayıs ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

2021 yılı tarihli Haziran ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (A) ve doğrusal olmayan (B) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.618 ve 0.627 olarak belirlenirken; doğrusal (C) ve doğrusal olmayan (D) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.773 ve 0.780 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.56).

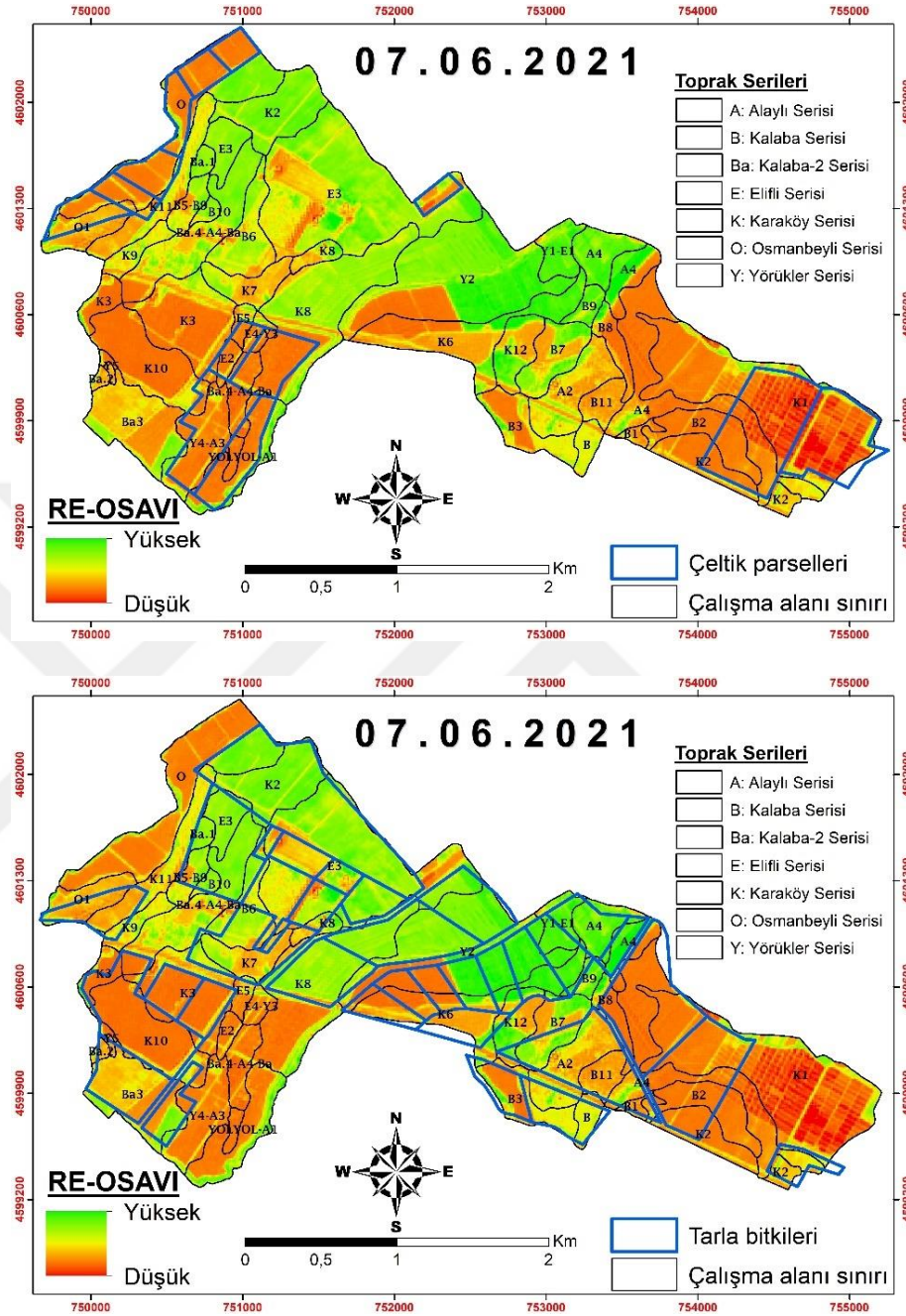


Şekil 4.56. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 07.06.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

Burada; A: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, B: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, C: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve D: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

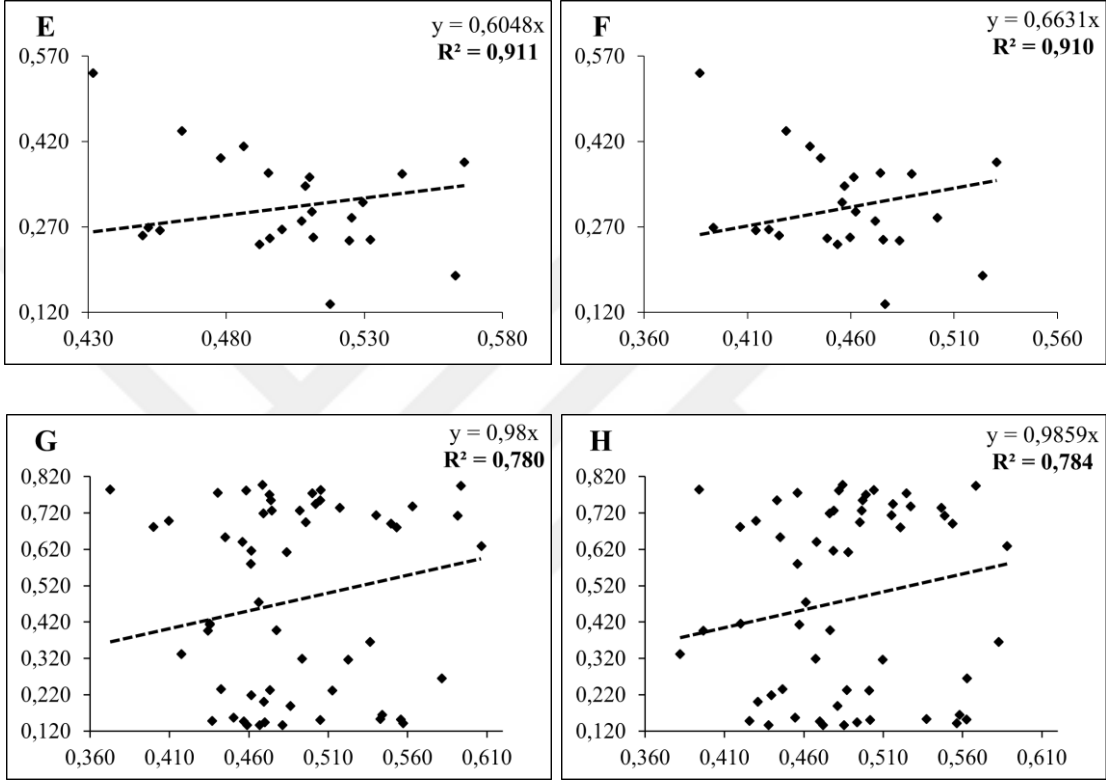
Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Haziran ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çalışma alanında

çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.57’de verilmiştir.



Şekil 4.57. 2021 yılı tarihli Haziran ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

2021 yılı tarihli Haziran ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (E) ve doğrusal olmayan (F) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.911 ve 0.910 olarak belirlenirken; doğrusal (G) ve doğrusal olmayan (H) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.780 ve 0.784 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.58).

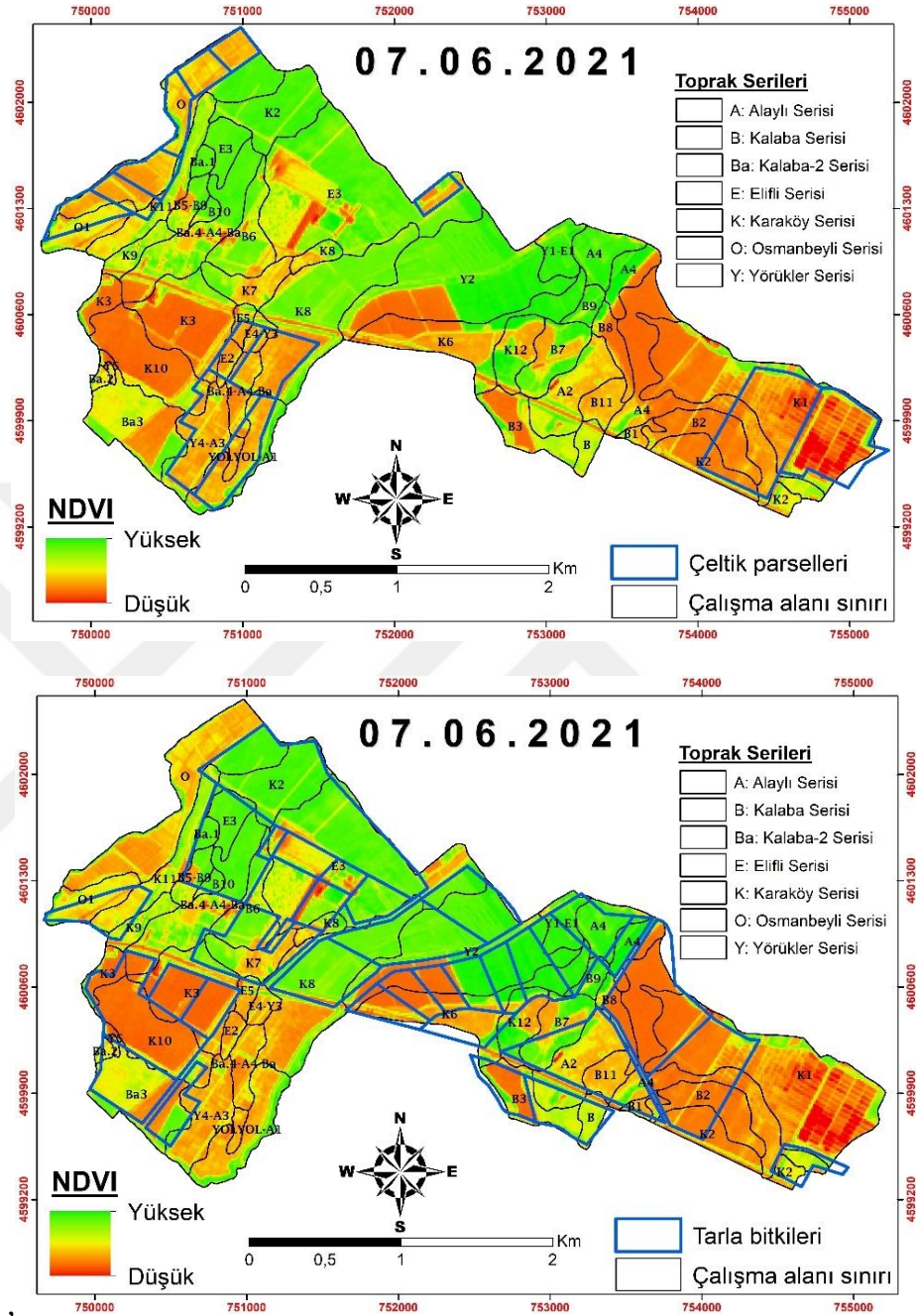


Şekil 4.58. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 07.06.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına ait NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

Burada; E: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, F: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, G: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve H: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

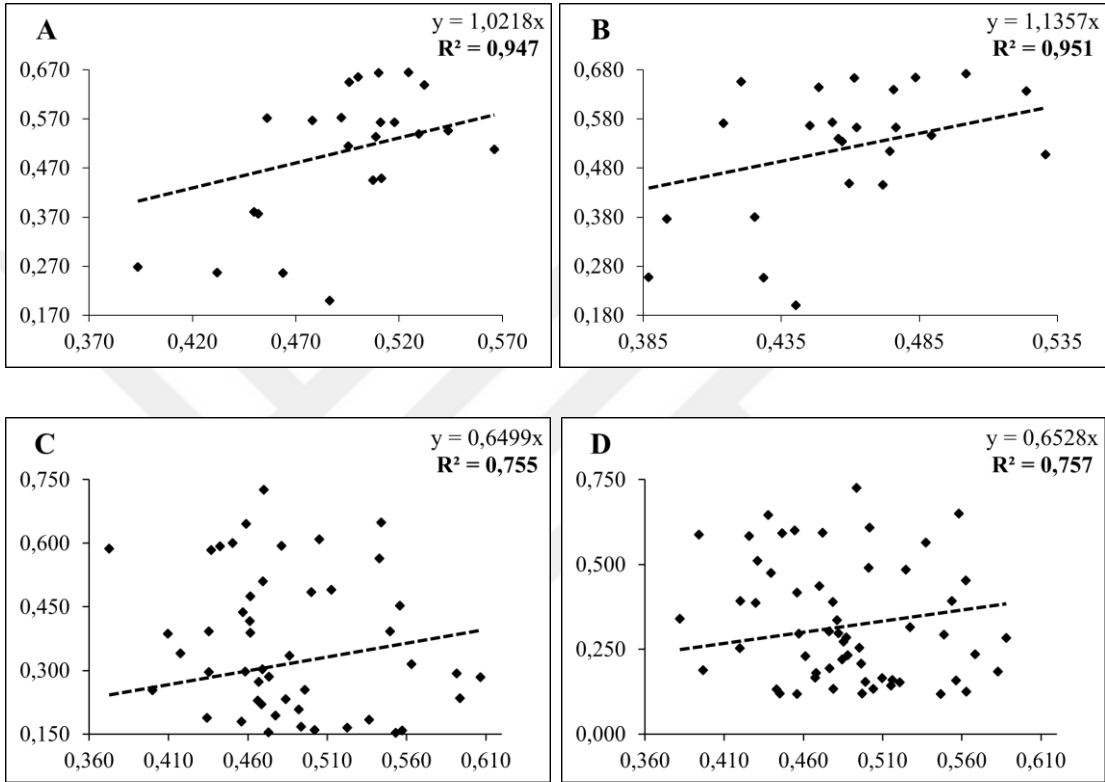
Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Haziran ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çalışma alanında

çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.59'da verilmiştir.



Şekil 4.59. 2021 yılı tarihli Haziran ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

2021 yılı tarihli Temmuz ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (A) ve doğrusal olmayan (B) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.947 ve 0.951 olarak belirlenirken; doğrusal (C) ve doğrusal olmayan (D) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.755 ve 0.757 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.60).

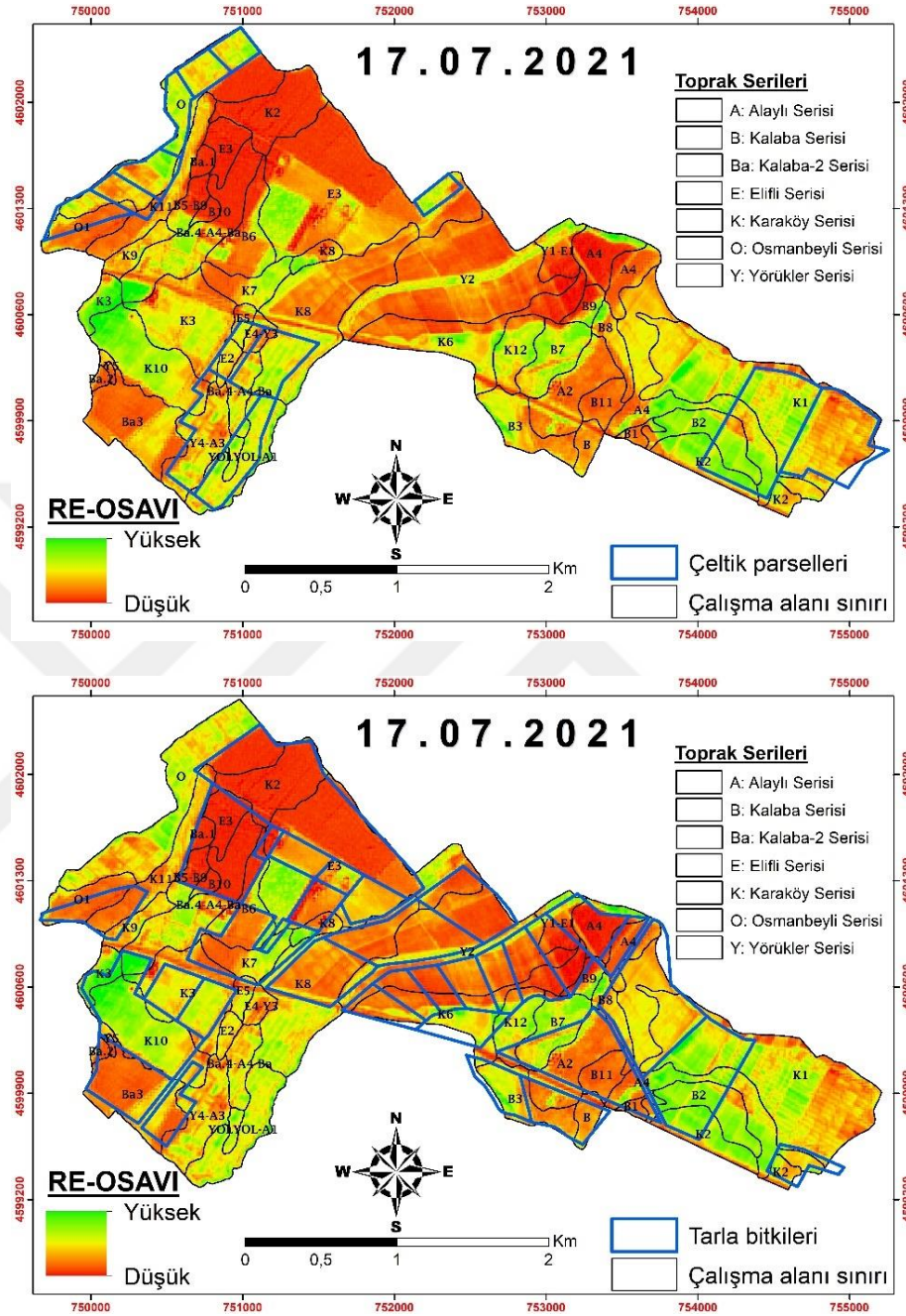


Şekil 4.60. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 17.07.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

Burada; A: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, B: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, C: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve D: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

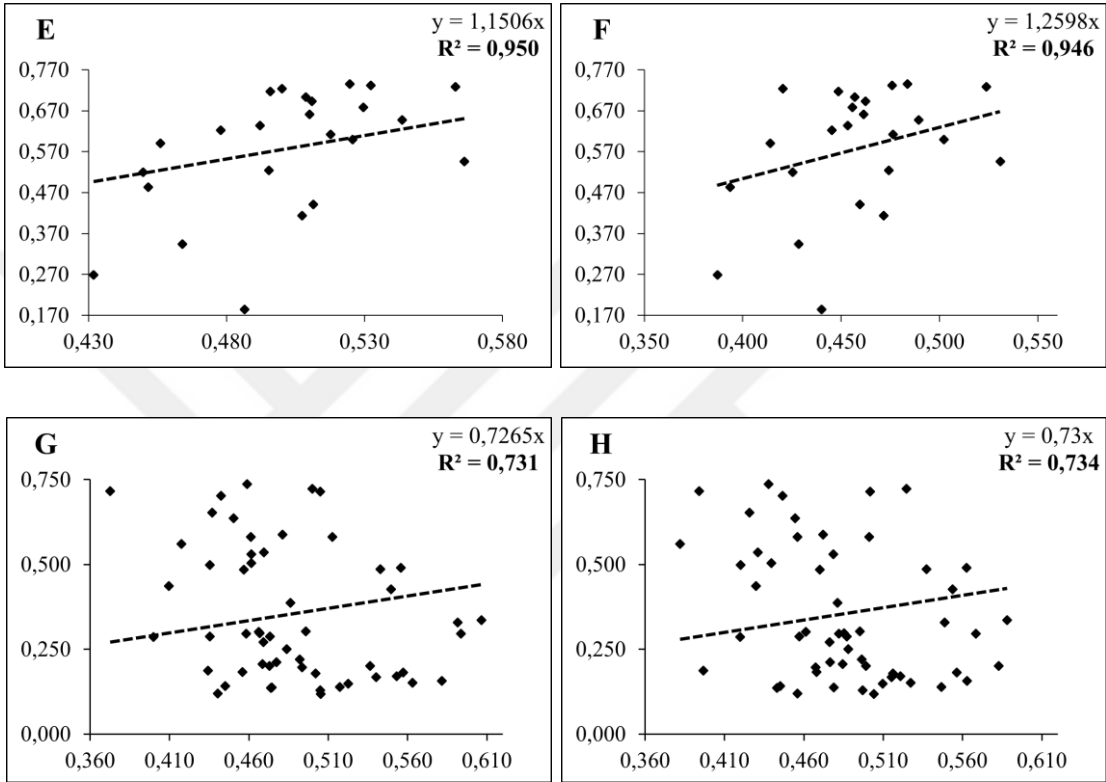
Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Temmuz ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çalışma alanında

çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.61’de verilmiştir.



Şekil 4.61. 2021 yılı tarihli Temmuz ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

2021 yılı tarihli Temmuz ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (E) ve doğrusal olmayan (F) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.950 ve 0.946 olarak belirlenirken; doğrusal (G) ve doğrusal olmayan (H) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.731 ve 0.734 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.62).

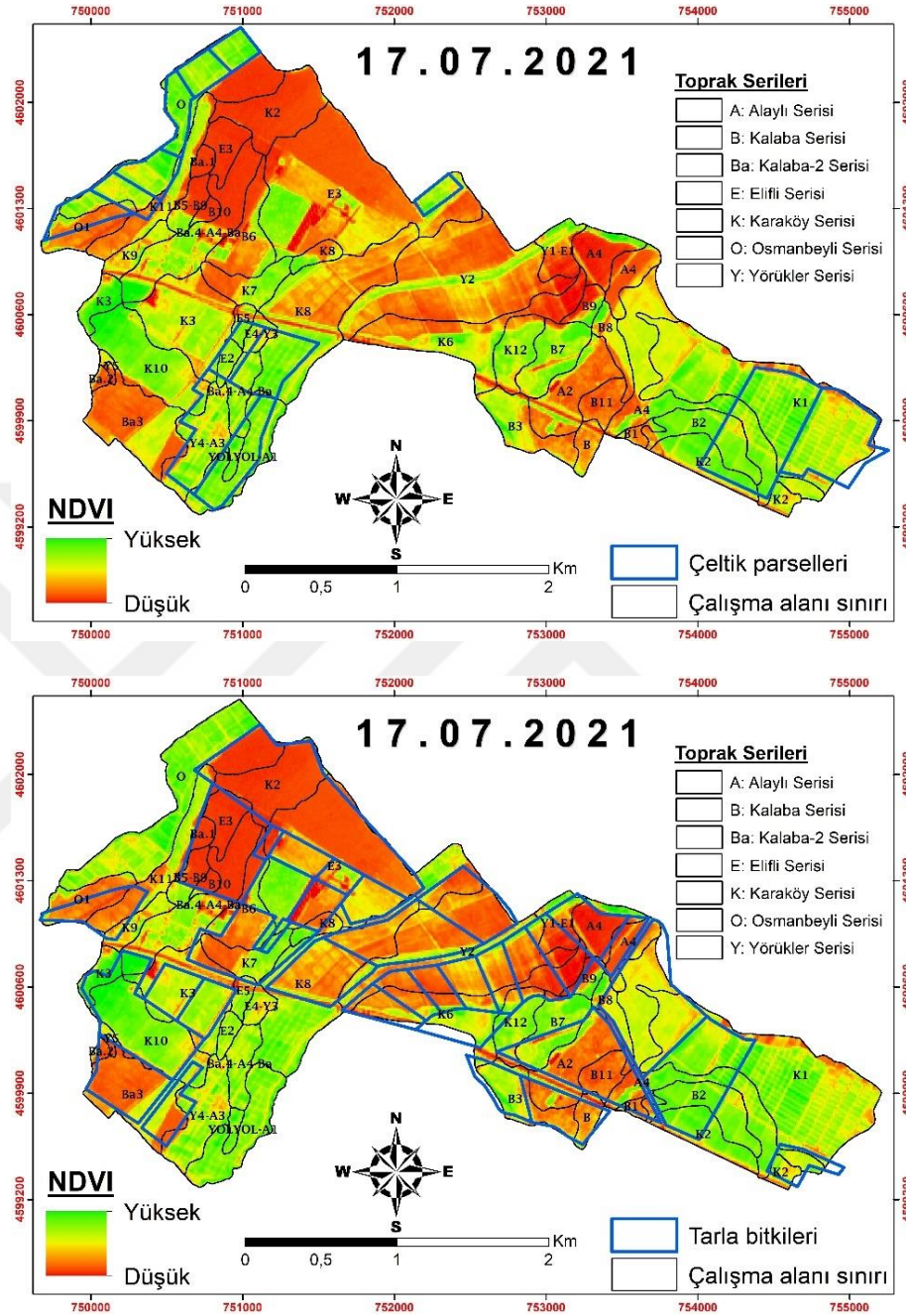


Şekil 4.62. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 17.07.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına ait NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

Burada; E: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, F: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, G: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve H: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

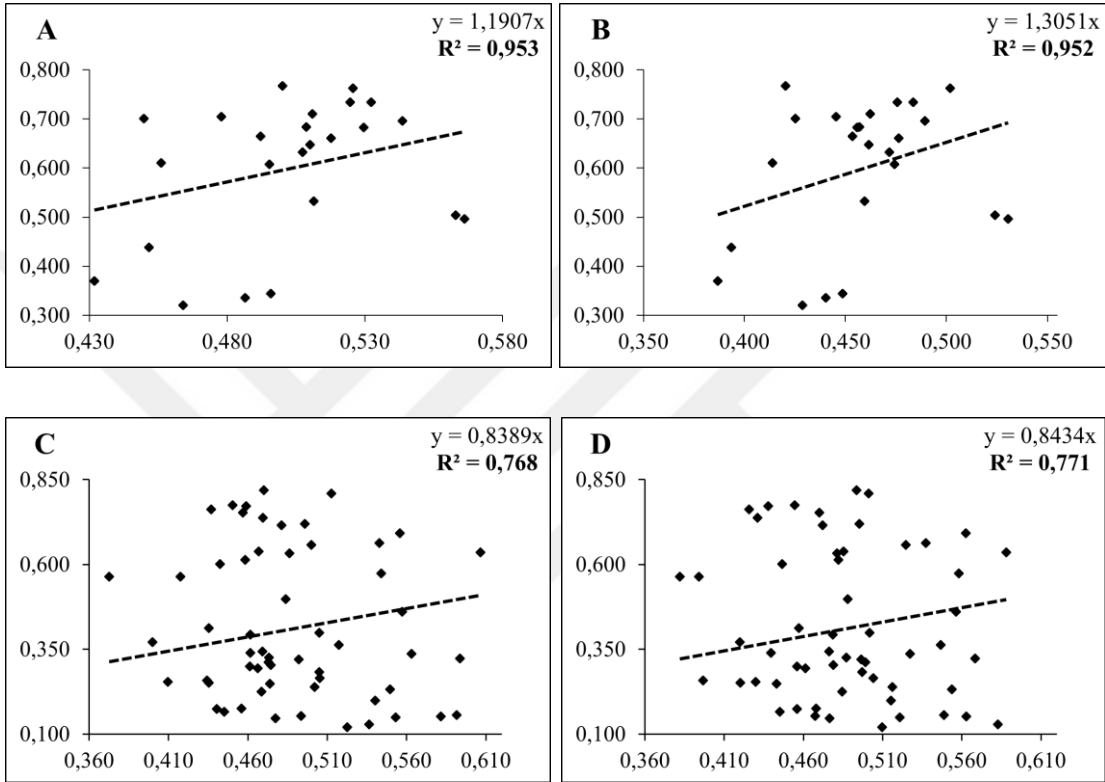
Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Temmuz ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çalışma alanında

çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.63'te verilmiştir.



Şekil 4.63. 2021 yılı tarihli Temmuz ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

2021 yılı tarihli Ağustos ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (A) ve doğrusal olmayan (B) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.953 ve 0.952 olarak belirlenirken; doğrusal (C) ve doğrusal olmayan (D) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.768 ve 0.771 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.64).

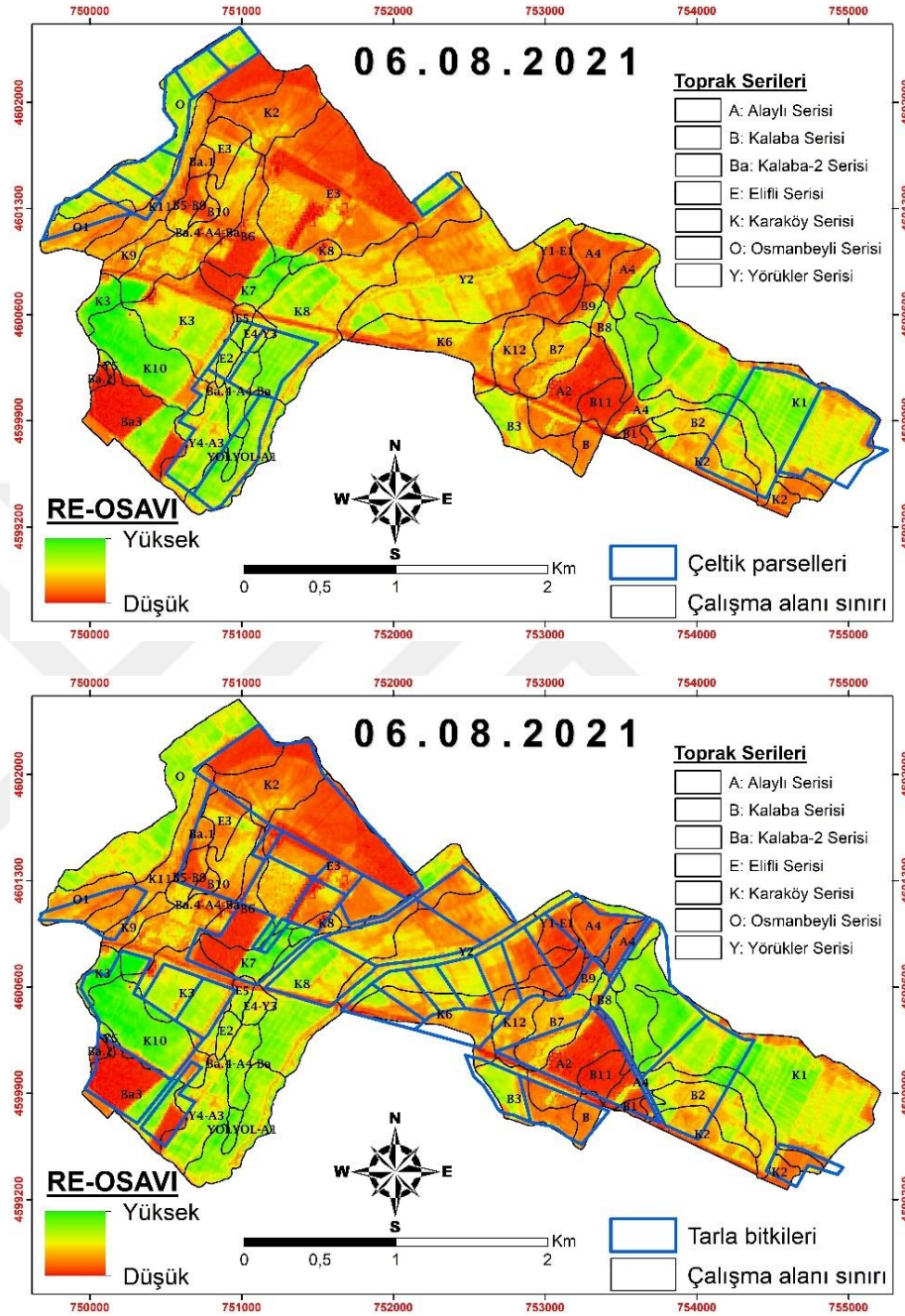


Şekil 4.64. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 06.08.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

Burada; A: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, B: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, C: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve D: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

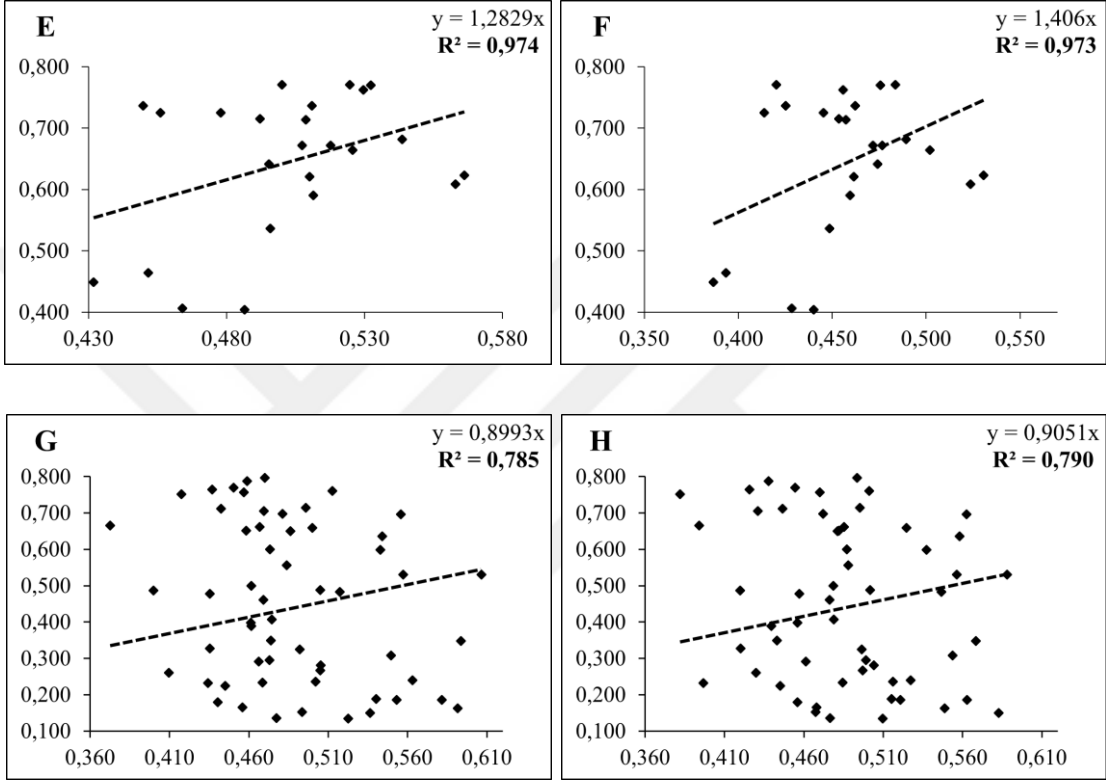
Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Ağustos ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çalışma alanında

çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.65'te verilmiştir.



Şekil 4.65. 2021 yılı tarihli Ağustos ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

2021 yılı tarihli Ağustos ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (E) ve doğrusal olmayan (F) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.974 ve 0.973 olarak belirlenirken; doğrusal (G) ve doğrusal olmayan (H) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.785 ve 0.790 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.66).

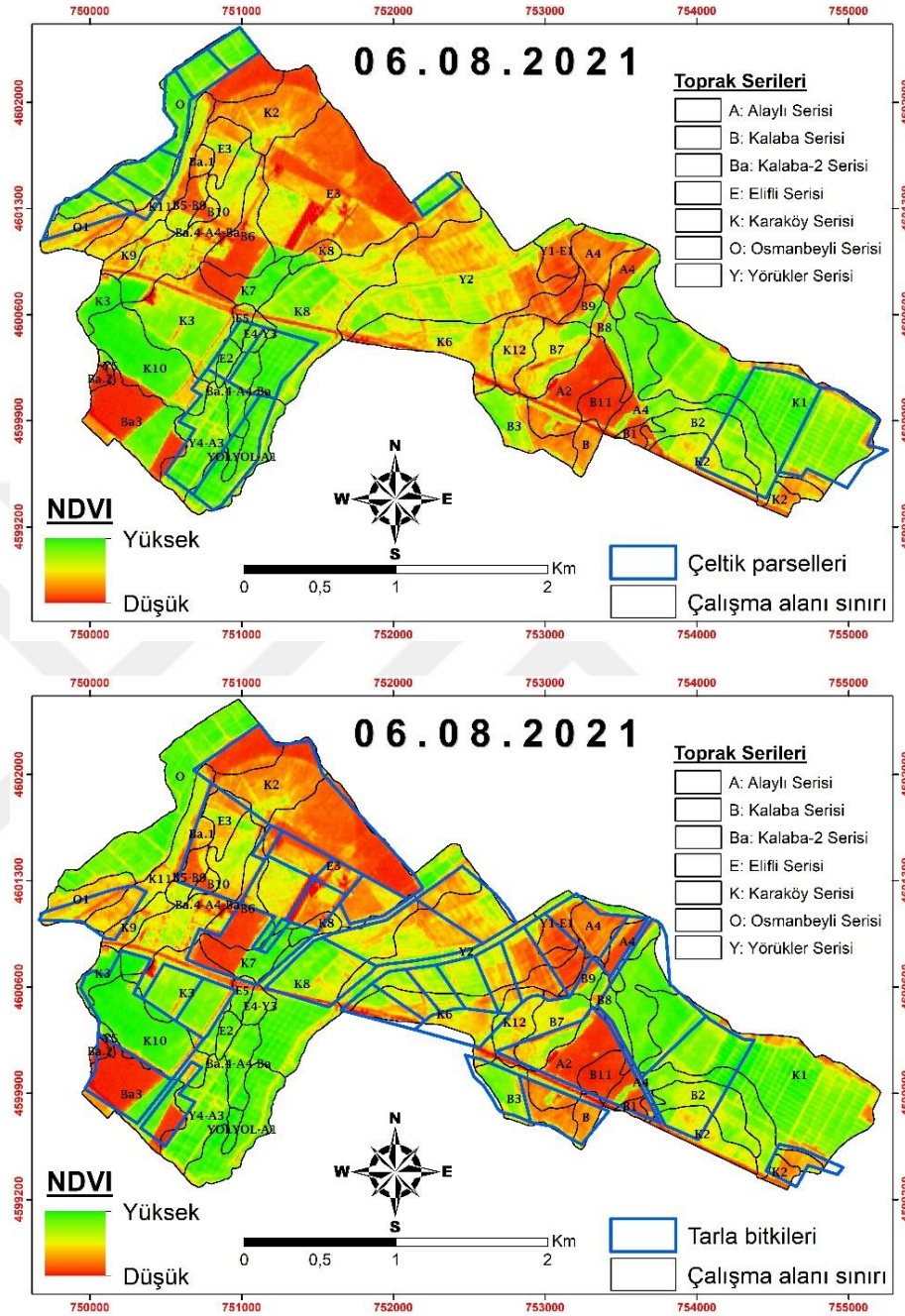


Şekil 4.66. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 06.08.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına ait NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

Burada; E: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, F: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, G: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve H: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

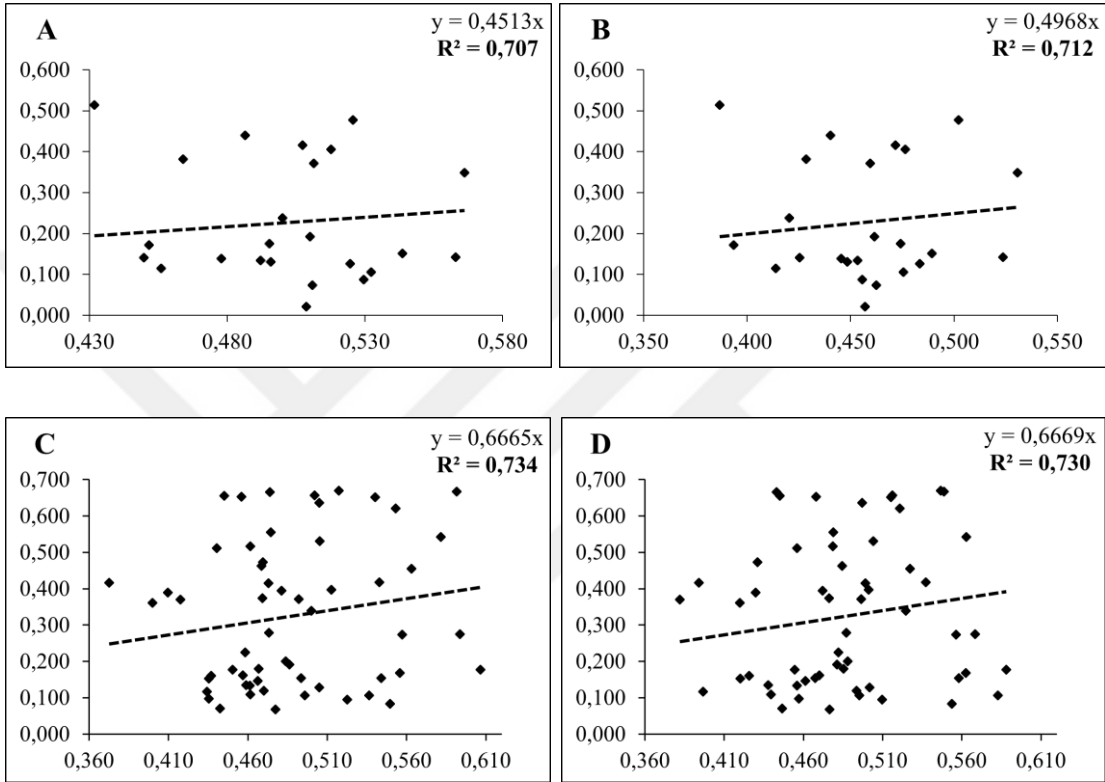
Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Ağustos ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çalışma alanında

çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.67’de verilmiştir.



Şekil 4.67. 2021 yılı tarihli Ağustos ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

2021 yılı tarihli Ekim ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (A) ve doğrusal olmayan (B) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.707 ve 0.712 olarak belirlenirken; doğrusal (C) ve doğrusal olmayan (D) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.734 ve 0.730 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.68).

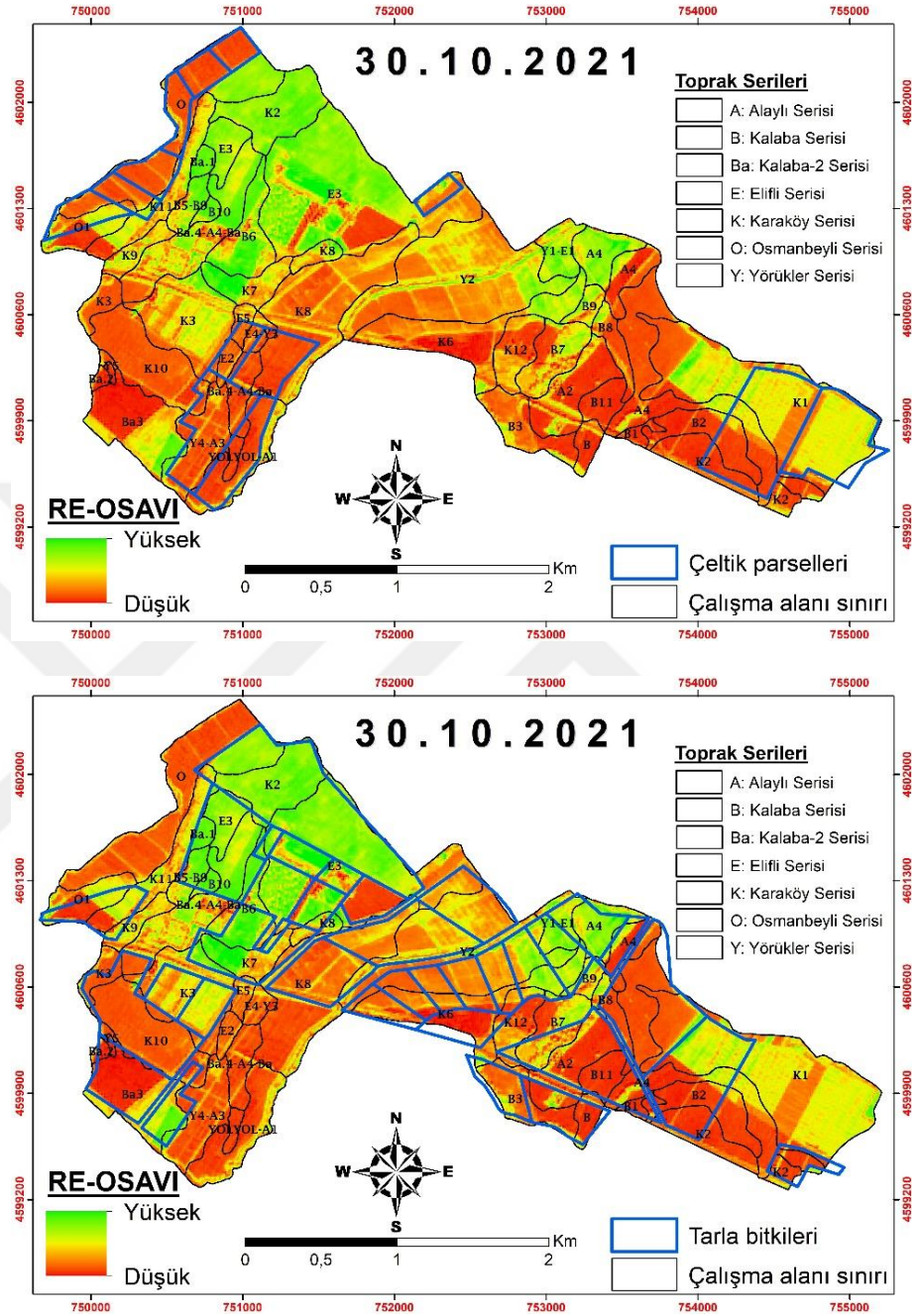


Şekil 4.68. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 30.10.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnek noktasına ait RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

Burada; A: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, B: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, C: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve D: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile RE-OSAVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

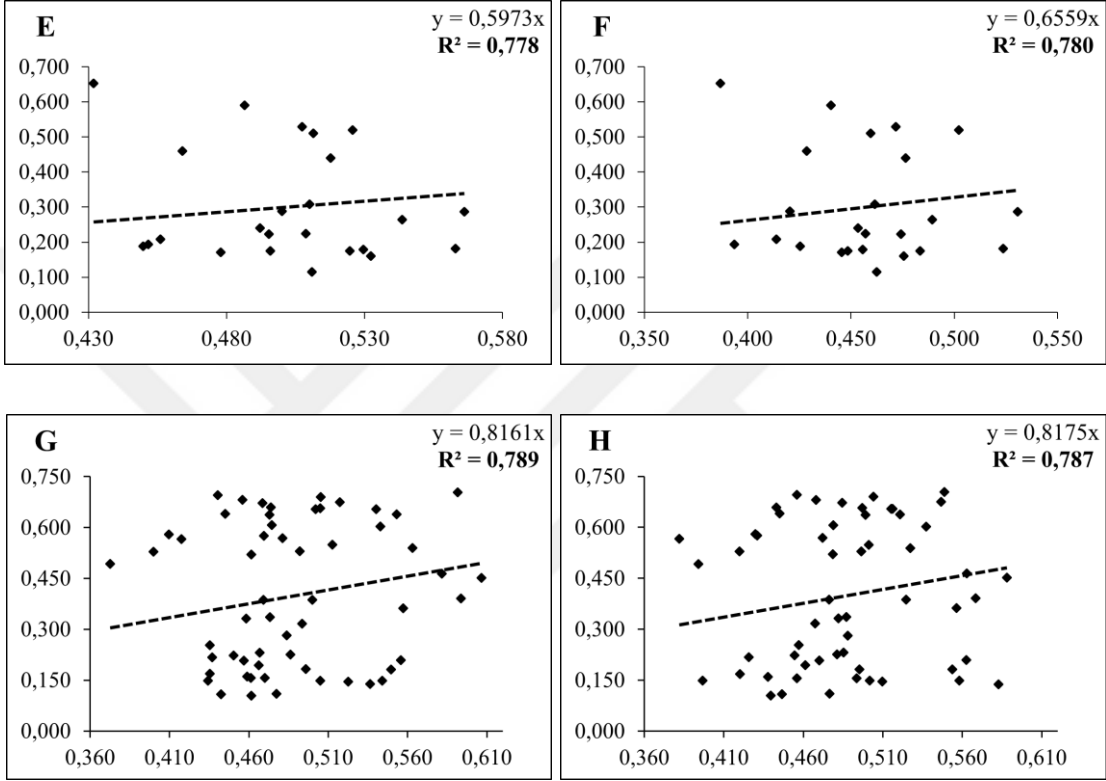
Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Ekim ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çalışma alanında çeltik ve

tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.69'da verilmiştir.



Şekil 4.69. 2021 yılı tarihli Ekim ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş RE-OSAVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

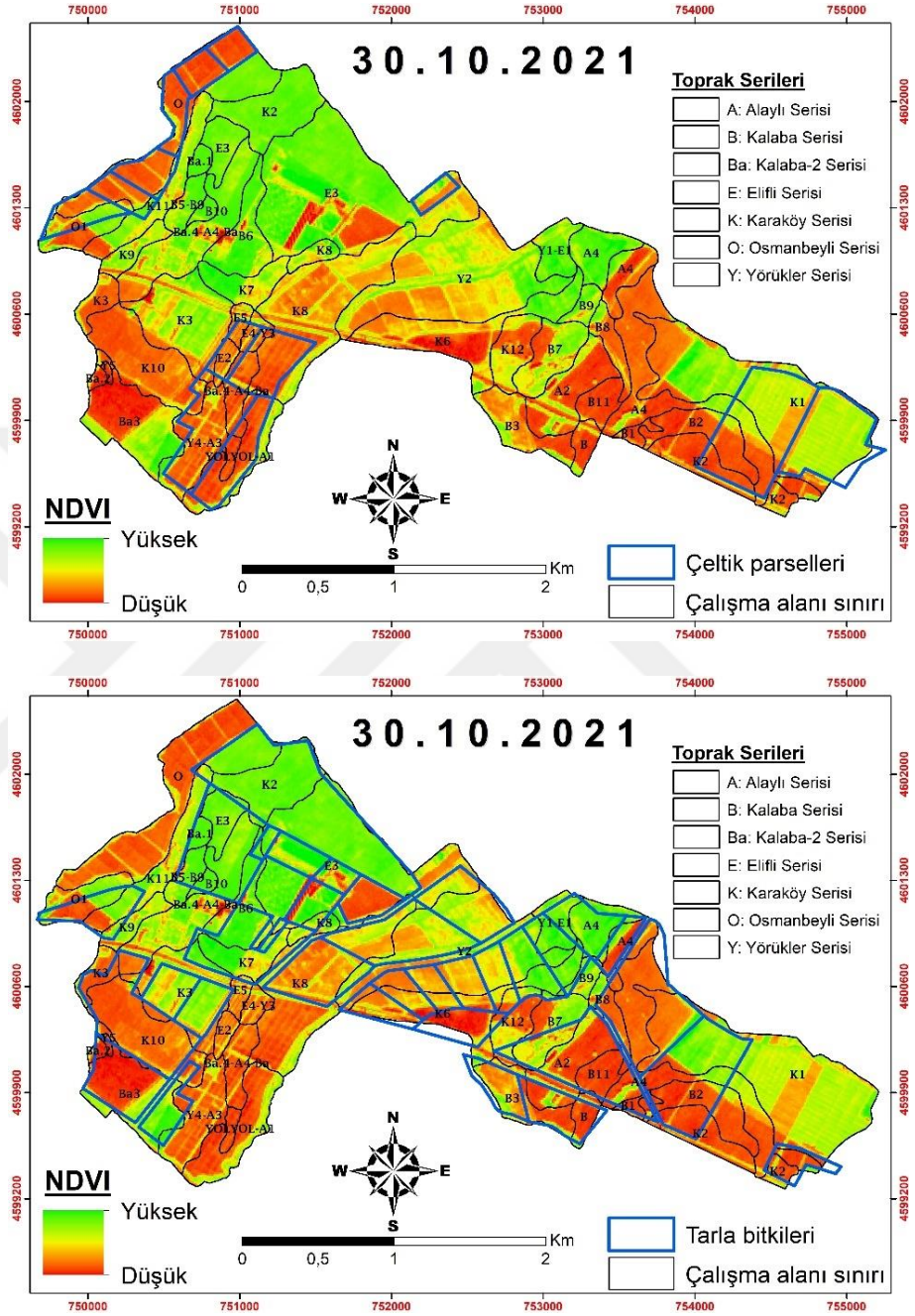
2021 yılı tarihli Ekim ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerleri arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve r^2 değerleri doğrusal (E) ve doğrusal olmayan (F) çeltik TKİ değerleri için sırasıyla 0.778 ve 0.780 olarak belirlenirken; doğrusal (G) ve doğrusal olmayan (H) tarla bitkileri TKİ değerleri için 0.789 ve 0.787 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.70).



Şekil 4.70. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 30.10.2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilen her bir yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme noktasına ait NDVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait toprak kalite indeks değerlerine ait r^2 değerleri

Burada; E: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, F: Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi, G: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ve H: Tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile NDVI değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade etmektedir.

Her bir yüzey toprak örnek noktası için 2021 yılı tarihli Ekim ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çalışma alanında çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları Şekil 4.71’de verilmiştir.



Şekil 4.71. 2021 yılı tarihli Ekim ayına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilmiş NDVI değerlerinin çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellere yönelik dağılım haritaları

NDVI ve RE-OSAVI vejetasyon indeksleri, bitki fizyolojik parametreleri, mahsul verimi ve biyokütle ile güçlü bir şekilde ilişkilidir (Verhulst vd., 2009). RE-OSAVI için önemli bir parametre olan kırmızı-kenar bandı (Red-Edge) ile NDVI değerinin hesaplanmasında kullanılan kızılötesi (Near-Infrared) bant, bitki örtüsü sağlığını, bitki büyümesini ve bitki yoğunluğunu ölçmek için uzaktan algılama uygulamalarında kullanılan iki önemli spektral banttır. Kırmızı-kenar bandı, bitkilerin fotosentez verimliliğini ölçmek için kullanılır. Bu bant, bitki örtüsündeki klorofil emilim özellikleri ile ilişkilidir. Klorofil, bitkilerin güneş enerjisini kullanarak karbon dioksit ve suyu şekere dönüştürdüğü fotosentez sürecinde ışığı absorbe eden bir pigmenttir. Bitkiler klorofili özellikle 670 nm ve 700 nm arasında, yani kırmızı-kenar bandının merkezindeki dalga boylarında güçlü bir şekilde emer. Bu nedenle kırmızı kenar bandı, bitki örtüsünün fotosentez verimliliğini ölçmek için kullanılır. Kızılötesi bant ise bitki örtüsünün yoğunluğunu yansıtır. Bitkilerin fotosentez için kullanamadıkları kızılötesi ışığı yansıtırlar. Bu nedenle kızılötesi bant, bitki örtüsünün yoğunluğunu ölçmek için kullanılır. Bitki örtüsünün yoğunluğu, bitki büyüme oranı ve bitki örtüsü sağlığı ile ilişkilidir. Kızılötesi bant genellikle 750 nm'nin üzerindeki dalga boylarını kapsar.

Bu tez çalışmasında gerek çeltik ve gerekse de tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri için en başarılı sonuçların NDVI vejetasyon indeksi kullanılarak elde edildiği gözlemlenmiştir. NDVI, kullanım ve yorumunun basitliği, çoğu uydu ve diğer uzaktan algılama sağlayıcılarından kolayca temin edilebilmesi ve literatürdeki popülaritesi nedeniyle hala yoğun bir şekilde benimsenen vejetasyon indekslerinden olup, bitki örtüsü yoğunluğunun niteliksel ve niceliksel tahmini için yaygın olarak kullanılmaktadır (Pettorelli vd., 2005; Van Leeuwen vd., 2006; Scheftic vd., 2014; Maestrini ve Basso, 2018; Weiss vd., 2001). NDVI, belirli bir alandaki bitki örtüsünün veya yeşilliğin üretkenliğini ölçmek için kullanılır ve dolaylı olarak bitkilerin fotosentez yapma kapasitesi hakkında bilgi verir (Mezera vd., 2017). RE-OSAVI, bitkilerin spektral yansıma değerlerine, alt katman yansıma etkilerini azaltabildiği belirtilen (Feng vd., 2014) ve bitki biokütlesinin belirlenmesinde yaygın ve güvenilir bir kullanıma sahip kırmızı-kenar (Red-Edge) spektral yansıma bandı ile fonksiyonlanan bir vejetasyon

indeksidir (Fitzgerald vd., 2010). RE-OSAVI ile bitki klorofil içeriği arasında güçlü bir korelasyon ilişkisi bulunmaktadır ve bitki verim potansiyeli tahmin çalışmalarında RE-OSAVI vejetasyon indeksinden yararlanılmaktadır (Huang vd., 2017). Wu vd., (2008) bu indeksin, özellikle bitki örtüsü kapallık yüzdesinin düşük yoğunlukta olduğu aşamalarda değerlendirilebileceğini belirtmişlerdir.

RE-OSAVI ve NDVI için en yüksek r^2 değerleri, çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri için temmuz ve ağustos aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edilmiştir. Bu durum, çeltik arazilerine ait bitki vejetasyon yoğunluğunun temmuz ayı ortasından itibaren bir ay içerisinde maksimum değere ulaşması ile ilişkilendirilmiştir. Çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara yönelik Temmuz ve Ağustos aylarına ait uydu görüntülerinden elde edilen yüksek NDVI değerleri, çeltik bitkisinin gölge oluşturma özelliği ile (yapısal ya da bitki örtüsü kapallık yüzdesi) de ilişkilendirilebilir. Çeltik bitkisinin gövde ve yapraklarının bolluğu, bitki alt katmanının yansıma etkilerini azaltır ve böylece çeltiğin gelişmiş bitki örtüsü, eğim tabanlı bir bitki indeksi olan NDVI yansıma değerlerinin daha güvenilir tahminler yapmasına olanak verir (Panda vd., 2010; Mirasi vd., 2019). Nitekim Verhulst vd., (2009) NDVI vejetasyon indeksinin, bitki fizyolojik parametreleri, ürün verimi ve biyokütle ile güçlü bir korelasyon ilişkisine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Suyu doymuş arazi şartlarında yetiştirilen kültürlerin izlenmesinde kısıtlı bir imkân sağlaması nedeniyle RE-OSAVI, NDVI vejetasyon indeksine göre daha düşük doğrulukla r^2 sonuçları vermiştir. RE-OSAVI ve NDVI için en düşük r^2 değerleri, çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri için mayıs ve haziran aylarına ait uydu görüntülerinden elde edilmiştir. Bu dönemde (mayıs-haziran) çeltik bitkisi kardeşlenme döneminde ve kardeşlenme nihai verimi belirleyen temel çeltik büyüme evrelerinden biridir. Çeltik sezonunun başlamasından sonraki ilk altı ay boyunca (haziran sonuna kadar) çeltik bitkisinin boyunun kısa olması ve sürekli su altında yetişen bir bitki olması (Franch vd., 2021), neden spektral yansıma değerleri ile çeltik bitkisi yetiştirilen alanlara yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri arasında kuvvetli bir korelasyonun olmadığını açıklar niteliktedir.

RE-OSAVI ve NDVI için en yüksek r^2 değerleri, tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri için Mayıs ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilmiştir. Bu dönemde (Mayıs), çalışma alanının güneyinde bulunan mısır (silaj) parselleri, çalışma alanının batısında bulunan mısır (silaj) parselleri ve fiğ-tritikale parselleri ile çalışma alanının merkeze yakın kuzey kısımlarında yetiştirilen kanola ve şeker pancarı parselleri hariç diğer tarla bitkilerinin yetiştirildiği parsellerde vejetasyon yoğunluğu yüksektir. Bu durumun, mısır (silaj), fiğ, tritikale, kanola ve şeker pancarı bitkilerinin ekim zamanlarının farklı olmasından ileri geldiği düşünülmüştür. Çünkü genel olarak mısır (silaj) bitkisi Mayıs sonu Haziran başında, fiğ, tritikale ve kanola bitkileri Eylül sonu-Ekim başında ve şeker pancarı bitkisi ise Nisan sonu-Mayıs başında ekilmektedir. RE-OSAVI ve NDVI için en düşük r^2 değerleri, tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri için Nisan ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edilmiştir. Bu dönemde (Nisan), çalışma alanında geniş bir alanı kaplayan çoğu tarla bitkisinin (mısır, fiğ-tritikale, fiğ, kanola, şeker pancarı, karpuz) yetiştirildiği parsellere yönelik vejetasyon yoğunluğu, buğday ve soya fasulyesinin yetiştirildiği parsellere oranla daha düşüktür. Bu durumun, buğday ve soya fasulyesinin bu ayda (Nisan) çiçeklenme döneminde olduğundan ileri geldiği sonucuna varılmıştır. Çünkü, buğday bitkisi çiçeklenme aşamasında en yeşil formuna ulaşır ve NDVI değeri maksimum seviyede olur (Kaya ve Polat, 2021).

Sonuç olarak, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim ayları için ayrı ayrı belirlenen NDVI ve RE-OSAVI değerleri ile çeltik ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlara ait doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri arasındaki r^2 değerleri, her iki vejetasyon indeksinin de gerek çeltik gerekse de tarla bitkileri için erken vejetasyon dönemlerinde toprak kalite tahminleri için uygun olmadığını, orta ve ileri vejetasyon dönemlerinde toprak kalite tahminleri için uygun olduğunu göstermiştir.

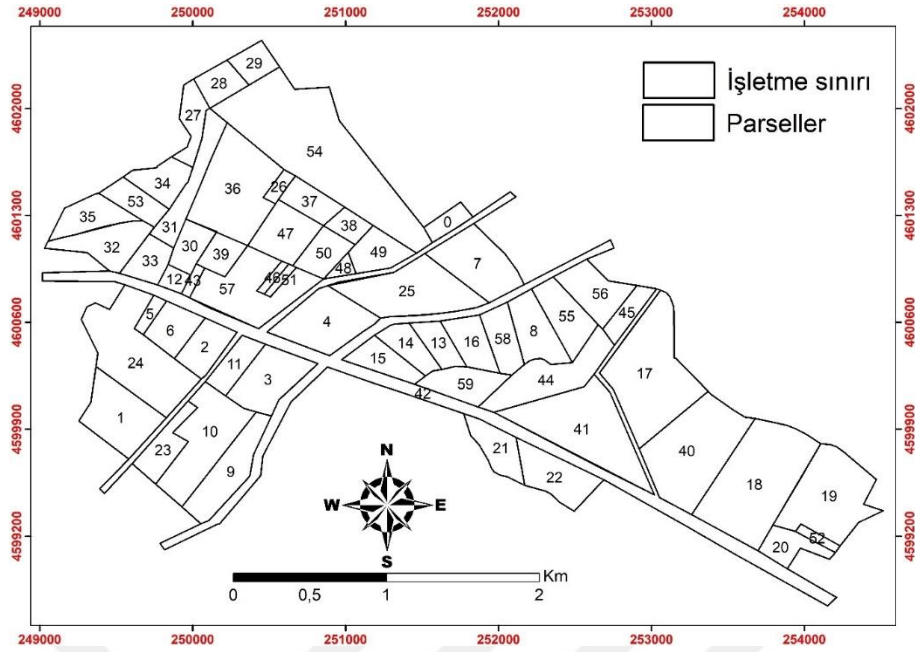
4.9. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine yönelik arazi kullanım türlerinin tanımlanması

Çalışma alanı arazilerinde yetiştirilen ürünlere yönelik toprakların değerlendirilmesinde, Yeşil Küre Tarım İşletmesi'nde halihazırda üzerinde tarımı yapılan ve tamamını kültür bitkilerinin oluşturduğu toplam 9 farklı arazi kullanım türü (karpuz, çeltik, buğday, mısır (silaj), fiğ, tritikale, soya fasülyesi, kanola, şeker pancarı) tanımlanmıştır (Tablo 4.58). Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 2021 yılı parsel verileri Tablo 4.61'de verilmiştir:

Tablo 4.61. Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait 2021 yılı parsel verileri

Parsel no	Arazi kullanımı (2021)	Alan (ha)	Parsel no	Arazi kullanımı (2021)	Alan (ha)
0	Çeltik	3.70	26	Şeker pancarı	1.95
1	Soya fasülyesi	16.90	27	Çeltik	6.74
2	Çeltik	8.11	28	Çeltik	5.98
3	Çeltik	14.31	29	Çeltik	5.18
6	Çeltik	7.94	32	Buğday	11.83
7	Fiğ	16.74	34	Çeltik	7.88
8	Mısır (Silaj)	11.13	35	Çeltik	8.92
9	Çeltik	14.70	36	Şeker pancarı	28.30
10	Çeltik	22.31	37	Şeker pancarı	6.65
11	Mısır (Silaj)	6.49	40	Mısır (Silaj)	31.55
13	Fiğ	5.72	41	Buğday	30.92
14	Fiğ	6.72	45	Buğday	4.96
15	Fiğ	7.40	49	Kanola	7.89
16	Fiğ	8.09	50	Soya fasülyesi	7.14
17	Fiğ-Tritikale	34.68	51	Fiğ	1.21
18	Çeltik	37.86	53	Çeltik	6.60
19	Çeltik	25.93	54	Mısır (Silaj)	60.16
20	Karpuz	6.54	55	Fiğ-Tritikale	10.78
21	Kanola	8.41	56	Fiğ-Tritikale	11.13
22	Buğday	12.72	57	Kanola	22.13
23	Fiğ-Tritikale	7.98	58	Fiğ	7.93
24	Mısır (Silaj)	30.79	59	Buğday	9.48

2021 yılı için, üzerinde çeşitli arazi kullanım türlerinin bulunduğu Yeşil Küre Tarım İşletmesi parsellerine ait harita Şekil 4.72'de verilmiştir:



Şekil 4.72. Çalışma alanına ait çeşitli arazi kullanım türlerinin bulunduğu parseller

Değerlendirmeye alınan arazi kullanım türlerinin tanımlamaları, optimum gelişim veya verim sağlayabilmesi için gerekli olan ekolojik koşullar toprak istekleriyle birlikte aşağıda verilmiştir:

4.9.1. Çeltik yetiştiriciliği

Çeltik, insan beslenmesinde, kültür bitkileri içerisindeki en önemli bitkidir. Çeltik-pirinç işleme teknolojisinden elde edilen pirinç, temel besinlerden biridir. Dünya nüfusunun yaklaşık yarısı pirinçle beslenmektedir. Bileşiminde daha az protein bulundurmasına karşın, beslenme için mutlak gerekli amino asitlerce zengin olması nedeniyle, insan beslenmesinde buğdaydan daha fazla kullanılmaktadır. Doğal yetiştirme alanları ıslak-sulak ve bataklık alanlar olan çeltik bitkisi, bütün tropik ve subtropik dünyaya yayılmıştır.

Ülkemizde sulama suyunda yaşanan yetersizlikler nedeniyle 1990'lı yıllarda 40 bin hektar civarında olan çeltik ekilişi, son yıllarda önemli oranda bir artış göstererek 2005 yılında 80 bin hektara, 2016 yılında ise 112 bin hektar alana ulaşmıştır. Türkiye tarım bölgelerindeki çeltik ekilişi ve üretimi incelendiğinde, Marmara, Ege, Karadeniz ve Orta Kuzey Bölgeleri ekiliş ve üretimin %80'ini karşılamaktadır. Çeltik ekiminin

yaygın olduğu illerimiz ise Edirne, Samsun, Çorum, Balıkesir, Sinop, Çanakkale, Çankırı ve Kastamonu illeri olup, bu illeri Diyarbakır ve Mersin illeri takip etmektedir.

Çeltik bitkisi, su tutma kapasitesi iyi ve besin element içeriği açısından zengin killi-tınlı toprakları tercih eder. Çeltik bitkisi için optimum pH aralığı 5.5-6.5 arasında olmalıdır. Çeltik bitkisi iyi bir drenaj sistemine sahip toprakları tercih eder. Çeltik yetiştirilen alanlar uygun bir şekilde tesviye edilmeli ve drenajı sağlanmış olmalıdır (Seeds, 2018). Çeltik için en uygun ekim zamanını, çeşidin vejetasyon süresi, hava ve sulama suyu sıcaklığı belirler. Çimlenme ve fide devresi için en uygun sıcaklık 18-35°C, kritik sıcaklık ise 12-15°C'dir. Ülkemizde ekim zamanı bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Türkiye'de nisan ortası ile haziran sonuna kadar olan 2.5 aylık dönemde çeltik ekilebilir. Ekimin geç kalması, tane verimine ve yetiştirmedeki diğer faktörlere olumsuz etki eder. Hasat zamanı ise iklime bağlı olarak bölgelere göre çeşitlilik gösterir. Genel olarak Trakya ve Karadeniz Bölgelerinde hasat eylül ayı ortalarında başlar, ekim sonlarında biter. Buna karşılık Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde hasada ağustos ortalarında, Güney Marmara Bölgesi'nde ise ağustos sonunda başlanabilir (Hekimoğlu ve Altındeğer, 2019). Samsun'da ise çeltik hasadı eylül ortası gibi başlamaktadır.

Çeltik yetiştirilen parsellere ait topraklar için gerekli N, P₂O₅, Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları hesaplanmıştır. Parsel numarası 0 olan Elifli serisine ait E3 haritalama birimli topraklara verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 31.34 ve 31.84 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.35, 0.03, 1.88 ve 0.01 kg/da'dır. K8 haritalama birimine ait, parsel nosu 3 olan Karaköy serisine ait topraklar için uygulanması gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 57.14 ve 50.84 kg/da olup; saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro element miktarları ise sırasıyla 1.85, 0.13, 1.22 ve 0.07 kg/da'dır. Verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları, haritalama birimi A1 olan, Alaylı serisine ait 9 nolu parsel toprakları için sırasıyla 53.48 ve 53.63 kg/da olarak belirlenirken; saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2, 0.15, 1 ve 0.16 kg/da olarak belirlenmiştir. Parsel numarası 10 ve haritalama birimi Y4-A3 olan Yörükler ve Alaylı serilerine ait topraklarına yönelik hesaplanan gerekli miktarlar saf N ve P₂O₅ için sırasıyla 42.03 ve 66.90 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn için ise sırasıyla 2.41, 0.16, 1.22 ve 0.23 kg/da olarak

hesaplanmıştır. 18 nolu parselin bulunduğu K1 haritalama birimli Karaköy serisine ait topraklar için verilmesi gereken saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 64.26 ve 38.12 kg/da olup; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 1.79, 0.10, 1.26 ve 0.20 kg/da'dır. Uygulanması gereken saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 46.15 ve 44.82 kg/da olarak K1 haritalama birimli Karaköy serisine ait 19 nolu parsel toprakları için belirlenirken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 1.67, 0.12, 1.39 ve 0.18 kg/da olarak hesaplanmıştır. O haritalama birimine sahip, Osmanbeyli serisinde bulunan 27 nolu parsel topraklarına yönelik verilmesi gerekli saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 57.14 ve 47.99 kg/da olarak belirlenirken; 1.61, 0.13, 1.86 ve 0.04 kg/da değerleri ise sırasıyla saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro elementleri için tespit edilmiştir. Osmanbeyli serisine ait, haritalama birimi O olan 28 nolu parsel topraklarına yönelik uygulanması gereken saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 57.14 ve 58.94 kg/da olarak hesaplanırken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.25, 0.11, 1.19 ve 0.2 kg/da olarak belirlenmiştir. 29 nolu parselin bulunduğu, O haritalama birimli Osmanbeyli serisine ait topraklar için gerekli miktarlar 57.14 ve 43.68 kg/da olarak sırasıyla saf N ve P_2O_5 elementlerine yönelik hesaplanırken; 1.94, 0.15, 1.23 ve 0.21 kg/da ise saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro elementleri için hesaplanmıştır. Osmanbeyli serisine ait, parsel numarası 34 olan O haritalama birimine sahip topraklar için uygulanması gerekli saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 57.14 ve 26.14 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.05, 0.13, 1.37 ve 0.15 kg/da'dır. O haritalama birimine sahip, Osmanbeyli serisinde bulunan 35 nolu parsel topraklarına yönelik verilmesi gerekli saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 57.14 ve 40.7 kg/da olarak belirlenirken; 2.38, 0.17, 2.22 ve 0.07 kg/da değerleri ise sırasıyla saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro elementleri için tespit edilmiştir. Osmanbeyli serisinde bulunan ve haritalama birimi O olan 53 nolu parsel toprakları için hesaplanmış saf N ve P_2O_5 miktarları 57.14 ve 62.78 kg/da iken; saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro element miktarları ise sırasıyla 2.62, 0.2, 2.28 ve 0.2 kg/da'dır.

Çeltik tarımının yapıldığı parsellere ait toprakların potasyum içeriklerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

4.9.2. Mısır (silaj) yetiştiriciliği

Mısır, sıcak iklim tahılları grubuna giren tek tıllık bir bitkidir. Büyüme ve gelişmesini yılın sıcak ve güneşli günlerinde yapar. Anavatanı Amerika kıtasıdır ve bu kıtanın keşfinden sonra dünyaya yayılan önemli bitkilerden biridir.

Ülkemizde mısır bitkisi, 2010-2014 yılları arasında ortalama 966 bin ton ha ekim alanına sahip olup; bu alanın 623 bin hektarında mısır, ayrıca 343 bin hektar alanında ise silajlık mısır yetiştirilmektedir. 2010-2014 yılları arasında ortalama 5 milyon ton tane mısır üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretimin çoğu Akdeniz, Güneydoğu ve Ege bölgelerimizden sağlanmaktadır. Şanlıurfa, Adana, Mardin ve Sakarya illerimiz mısır üretiminde önemli bir paya sahiptir. TÜİK 2012 verilerine göre 336.1 bin hektar silajlık mısır ekim alanında 14.9 milyon ton üretim ve 4450 kg/da silaj verimi olan ülkemizde silaj üretimi artırılmalıdır. Batı Marmara, Doğu Marmara ve Ege Bölgesi'nde bulunan İzmir, Manisa, Aydın, Sakarya ve Bursa illerimiz, silajlık mısır üretiminde önemli bir paya sahiptir.

Silajlık mısır için en uygun topraklar tınlı topraklardır. Tınlı topraklar mısır bitkisinin ihtiyacı olan su ve besin elementlerine sahip olup, bitki kök gelişimini desteklerler. Silajlık mısır yetiştiriciliğinde optimum pH aralığı 6 ila 7 arasında olmalıdır. Bu pH aralıklarında mısır bitkisinin gelişimi için gerekli olan bitki besin elementlerinin alımı kolaylaşarak bitki büyümesi ve gelişimi desteklenmiş olur. Silajlık mısır suya ihtiyaç duyan bir bitki olup, mısır yetiştirilen toprakların iyi bir su tutma kapasitesine sahip olması büyük önem taşımaktadır (Donaldson, 2019). Mısır için en uygun ekim zamanı toprak sıcaklığı erkenci çeşitler için 10-12°C, geçici çeşitler için 12-13°C'dir. Ekim zamanını belirleyen diğer faktör ise o bölgenin ilk ve son don tarihleridir. Ekimden sonraki ilkbahar son donları ve hasat zamanına yakın sonbahar ilk donları bitkiye büyük zararlar vererek verimin düşmesine neden olabilir. Silajlık mısır yetiştiriciliği ana ürün ya da ikinci ürün olarak yapılmaktadır. Gelişme mevsiminin uzun olduğu yerlerde tahıl gibi bir ürünün hasadından sonra tohum yatağı hazırlanıp mısır ekimi yapılır. Sulamanın mümkün olduğu yerlerde sıcak yaz aylarında başarılı bir silajlık mısır üretimi gerçekleştirilebilir. Ancak yetiştirme süresi kısa olan yerlerde ana ürün olarak ilkbaharda ekilmesi gerekir. Mısır ana ürün olarak

yetiştiriliğinde, ilkbaharda toprak yeterince ısındığı zaman ekim yapılır. Yüksek rakımlı yerlerde ise ilkbaharın son donları atlatılıp mayıs sonu-haziran başında ekim yapılmalıdır. Silajlık mısır yetiştiriciliğinde hasat zamanının belirlenmesindeki en doğru uygulama, süt çizgisi, bitkinin kuru madde oranı ve genel kuruma durumunun birlikte değerlendirilmesidir. Uygun koşullar sağlandığı takdirde mısırın olgunlaşması sonucu hasat, ekimden 90 ila 130 gün geçtikten sonra yapılabilir.

Mısır (silaj) yetiştirilen parsellere ait topraklar için gerekli N, P₂O₅, Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları hesaplanmıştır. Verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları, haritalama birimi Y2 olan, Yörükler serisine ait 8 nolu parsel toprakları için sırasıyla 59.52 ve 70.08 kg/da olarak belirlenirken; saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2, 0.05, 1.42 ve 0.19 kg/da olarak belirlenmiştir. Elifli serisinde bulunan ve haritalama birimi E2 olan 11 nolu parsel toprakları için hesaplanmış saf N ve P₂O₅ miktarları 59.52 ve 78.79 kg/da iken; saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro element miktarları ise sırasıyla 1.95, 0.16, 1.63 ve 0.20 kg/da'dır. 24 nolu parselin bulunduğu K10 haritalama birimli Karaköy serisine ait topraklar için verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 63.02 ve 52.51 kg/da olup; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.46, 0.06, 1.99 ve 0.11 kg/da'dır. K1 haritalama birimine sahip, Karaköy serisinde bulunan 40 nolu parsel topraklarına yönelik verilmesi gerekli saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 54.29 ve 62.91 kg/da olarak belirlenirken; 2.29, 0.09, 1.60 ve 0.15 kg/da değerleri ise sırasıyla saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro elementleri için tespit edilmiştir. Elifli serisine ait, haritalama birimi E3 olan 54 nolu parsel topraklarına yönelik uygulanması gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 60.14 ve 48.33 kg/da olarak hesaplanırken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.27, 0.15, 2 ve 0.22 kg/da olarak belirlenmiştir.

Mısır (silaj) tarımının yapıldığı parsellere ait toprakların potasyum içeriklerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

4.9.3. Buğday yetiştiriciliği

Doğrudan ve dolaylı olarak insan beslenmesinde karbonhidrat kaynağı olarak kullanılan buğday, dünyada ve ülkemizde en fazla ekilen, dünyada yıllara göre en fazla, ya da çeltik ve mısırla yer değiştirerek 2. veya 3. sırada, ülkemizde ise en çok

Üretilen tahıl cinsidir. Buğday dünyada ekimi en fazla yapılan bitki olmasına rağmen, verimleri yüksek olduğu için bazı yıllarda mısır ve eltiğın üretimi buğdaydan daha fazla olmaktadır.

Günümüzde ülkelerin yarısına yakınında temel besin kaynağı olarak buğday kullanılmaktadır. Buğday insanoğlunun var oluşundan beri kullandığı ve her yönüyle insanla özdeşleşen bir besin maddesidir. İnsan beslenmesi için dengeli bir besin olması, retimnin kolay olması ve günümüz teknolojisine göre ekmek olabilme kabiliyetine sahip olması sebebiyle fazla tercih edilmektedir. Diğeri zellikleri yanında yetiştirme ve işleme teknolojilerinin gelişmiş olması sebebiyle dünyada her yıl işlenmiş alanların yaklaşık %16'sında, tahıl ekim alanlarının ise %31'inden fazlasında tek başına buğday yetiştirilmektedir. Ülkemizde ise ekili alanlar olarak buğday, her yıl işlenen alanlarımızın %37'sinden, tahıl ekili alanlarımızın ise %68'inden fazlasını kapsamaktadır. Nadas alanları da dahil edildiğinde bu değerler daha da yükselecektir.

Buğday yetiştirilen topraklarda optimum pH aralığı 6.0-7.5 arasında olmalıdır. İyi drene edilmiş ve yeterli su tutma kapasitesine sahip, organik madde içeriğı yüksek, azot, fosfor ve potasyum gibi bitki büyümesinde başat rol oynayan besin elementlerine sahip topraklar, buğday bitkisinin büyümesi ve gelişiminde hayati bir öneme sahiptir. Ülkemizde buğday genellikle kışlık ve yazlık olarak ekilmektedir. Kışlık ekimde, yazlık ekime oranla daha yüksek verim elde edilmektedir. Ayrıca ekim zamanı, çeşidin soğuğa toleransı ve vernalizasyon isteğine bağlı olarak değişmektedir. Ekim zamanı, kasım başından aralık sonuna kadar uzayabilir. Fakat, kıyı bölgelerimiz için en uygun ekim zamanı 15 Kasım-15 Aralık tarihleri arasındadır. Toprak sıcaklığının 8-10°C olduğu zamanlarda ekim yapılmalıdır. Ülkemizde buğday için hasat zamanı bölgelere göre değişiklik göstermekle birlikte, genellikle Mayıs ve Ağustos ayları arasındaki 3 aylık bir zaman dilimini kapsar. Tanedeki nem oranı %13.5 olduğu an en uygun hasat zamanıdır. Bitkiler tamamen sarardığı ve tane sertleştiğı zaman ürün hasat edilmelidir.

Buğday yetiştirilen parsellere ait topraklar için gerekli N, P₂O₅, Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları hesaplanmıştır. Parsel numarası 22 olan Kalaba serisine ait B3 haritalama birimli topraklara verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 36.54 ve 45.85 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise

sırasıyla 2.22, 0.17, 1.97 ve 0.13 kg/da'dır. K11 haritalama birimine ait, parsel nosu 32 olan Karaköy serisine ait topraklar için uygulanması gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 45.24 ve 34.73 kg/da olup; saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro element miktarları ise sırasıyla 2.58, 0.19, 2.30 ve 0.01 kg/da'dır. Parsel numarası 41 ve haritalama birimi A2 olan Alaylı serisi topraklarına yönelik hesaplanan gerekli miktarlar saf N ve P₂O₅ için sırasıyla 40.89 ve 21.97 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn için ise sırasıyla 1.91, 0.11, 1.6 ve 0.25 kg/da olarak hesaplanmıştır. Uygulanması gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 49.78 ve 64.07 kg/da olarak K6 haritalama birimli Karaköy serisine ait 59 nolu parsel toprakları için belirlenirken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.84, 0.21, 2.39 ve 0.24 kg/da olarak hesaplanmıştır.

Buğday tarımının yapıldığı parsellere ait toprakların potasyum içeriklerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

4.9.4. Tritikale yetiştiriciliği

Buğdayın verim ve kalite özellikleri ile çavdarın olumsuz şartlara (soğuğa, kurağa vb.) dayanımını birleştirmek amacıyla başlatılan melezleme çalışmaları sonucu elde edilen kısır bitkilere fertilite kazandırılarak tritikale elde edilmiştir. Tritikale, buğday-çavdar melezinin bir amfidiploididir.

Dünyada 2014 yılı FAO verilerine göre 4135952 ha alanda tritikale tarımı yapılmakta ve 16953565 ton tritikale tane ürünü üretilmektedir. Tritikalenin dünya ortalaması olarak verimi 4099 kg/ha'dır. Ülkemizde tritikale 34885 ha alanda (%0.8) ekilmekte ve 110000 ton (%0.6) tritikale tane ürünü üretilmektedir. Ülkemizin tritikale verim ortalaması 3153 kg/ha kadardır. Tritikale verimimiz, dünya tritikale verim ortalamasından 946 kg/ha, %23.1 kadar daha düşüktür.

Tritikale bitkisi için en uygun toprak yapısı, iyi drene edilmiş, gevşek ve derin olmalıdır. Tritikale bitkisi, diğer çoğu tahıl gibi kumlu topraklarda iyi gelişemez. Çünkü kumlu toprakların su tutma kapasiteleri düşüktür. Tritikale bitkisinin yetiştirildiği topraklarda optimum pH aralığı 6.0 ila 7.5 arasında olmalıdır (Kızılgöçü ve Yıldırım, 2017). Tritikale yetiştiriciliğinde toprak hazırlığı buğdayda olduğu gibidir. Azaltılmış toprak işlemesi ve sürdürülebilir tarım ilkeleri doğrultusunda

pamuk, mısır, ayçiçeği gibi yazlık ürünlerin hasadından sonra bitki artıkları tarlada iyice parçalanıp toprağa karıştırılır. Daha sonra 10–12 cm derinlikte yüzeysel işleme yapılarak iyi bir tohum yatağı hazırlanır. Gerek duyulursa tarla yüzeyi tırmık yardımıyla daha düzgün hâle getirilerek de tohum yatağı hazırlanabilir. Ülkemizin İç Anadolu ve Trakya bölgelerinde ekim ayında, geri kalan bölgelerinde ise kasım aylarında ekim yapılmalıdır. Tritikalede hasat zamanının iyi tespit edilmesi gereklidir. Aksi hâlde ürün kaybı artar ve ürünün kalitesi düşük olur. Erken hasat, tanelerin buruşuk ve solgun olmasına neden olur. Geç hasatta ise çeşit özelliğine bağlı olarak başakta tane dökülmeleri, yağışa ve rüzgâra bağlı olarak bitkide yatmalar ve bazı çeşitlerde ise başaktaki tanede çimlenmeler görülebilir. Tritikale, buğdayla yaklaşık aynı zamanda hasat olgunluğuna gelmekte ve hasadı yapılmaktadır.

Tritikale yetiştirilen parsellere ait topraklar için gerekli N, P₂O₅, Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları hesaplanmıştır. Parsel numarası 2 olan Karaköy serisine ait K3 haritalama birimli tritikale tarımının yapıldığı topraklara verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 45.24 ve 34.77 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.71, 0.05, 2.10 ve 0.12 kg/da'dır. Parsel numarası 17 olan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimli tritikale tarımının yapıldığı topraklara verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 38.71 ve 19.87 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.13, 0.11, 1.58 ve 0.20 kg/da'dır. Parsel numarası 23 olan Kalaba-2 serisine ait Ba3 haritalama birimli tritikale tarımının yapıldığı topraklara verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 36.54 ve 25.27 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 1.77, 0.17, 1.39 ve 0.09 kg/da'dır. Parsel numarası 55 olan Yörükler ve Elifli serilerine ait Y1-E1 haritalama birimli tritikale tarımının yapıldığı topraklara verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 45.24 ve 37.08 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.38, 0.16, 1.75 ve 0.28 kg/da'dır. Parsel numarası 56 olan Alaylı serisine ait A4 haritalama birimli tritikale tarımının yapıldığı topraklara verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 34.05 ve 20.03 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 1.83, 0.11, 1.36 ve 0.3 kg/da'dır.

Tritikale tarımının yapıldığı parsellere ait toprakların potasyum içeriklerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

4.9.5. Soya fasülyesi

Soya fasülyesi, baklagiller familyasına ait tek yıllık yazlık bir bitkidir. Soya fasülyesinin protein ve mineral maddeler bakımından insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Tohumlarının bileşiminde %17-24 yağ ve ortalama %38 oranında protein bulunur. Dünyayı besleyen 5-6 önemli bitkisel üründen birisi olan soyanın yağı çıkarıldıktan sonra geriye kalan unu ya da küspesi çok besleyici olup, proteince çok zengindir. Bu özelliğinden dolayı gıda sanayisinde bolca kullanılır. Dünya’da en fazla üretilen ve tüketilen yağ soya yağı, yem sanayisinde en fazla kullanılan hammadde ise soya küspesidir.

Soya fasulyesinin gelişimi için en uygun toprak pH’sı 6.0 ila 7.5 arasında olmalıdır. Drenajı iyi, tuz oranı düşük, azot, fosfor ve potasyum gibi temel besin elementlerinin yeterli düzeyde olduğu kumlu-tınlı ya da tınlı tekstüre sahip topraklar, soya bitkisi yetiştiriciliği için ideal topraklardır. Soya fasülyesi, toprak sıcaklığı 8-12°C olunca ekilir. Ülkemizde genellikle ana ürün olarak nisan-mayıs aylarında ekim yapılmaktadır. İkinci ürün olarak ekim yapıldığında ise bir önceki ürünün hasadını takiben toprak tava getirilerek haziran ayında ekim yapılır. Bu dönemde aşırı sıcak nedeniyle toprakta tavı bulmak zor olduğundan ve sulama işlemine gerek duyulduğundan soya ekimini daha fazla geciktirmemek için sulama işleminin zaman kaybetmeden bir an önce yapılmasına dikkat edilmelidir. Soya fasülyesi yapraklarının sararıp dökülmesinden 4-5 gün sonra hasada başlanmalı ve kısa sürede bitirilmesi gerekir. Ekim zamanına ve çeşitlerin erkenci ya da geçici olmasına bağlı olarak soyada hasat dönemi genellikle eylül-ekim aylarına denk gelir. Bu dönemde tanedeki rutubet (%13-14) hasat için uygundur. Bu oranın üzerindeki rutubette hasat sırasında tohumlar zarar görür, daha düşük rutubette ise taneler dökülür veya çatlar.

Soya fasülyesi yetiştirilen parsellere ait topraklar için gerekli N, P₂O₅, Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları hesaplanmıştır. Parsel numarası 1 olan Kalaba serisine ait Ba3 haritalama birimli soya fasülyesi tarımının yapıldığı topraklara verilmesi gereken saf

N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 170.14 ve 68.09 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.68, 0.07, 2.05 ve 0.4 kg/da'dır.

Soya fasülyesi tarımının yapıldığı parsellere ait toprakların potasyum içeriklerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

4.9.6. Şeker pancarı yetiştiriciliği

Şeker pancarı, şeker kamışıyla birlikte şeker üretimini sağlayan en önemli iki şeker bitkisinden biridir. Dünyada üretilen şekerin %30'u şeker pancarından, %70'i şeker kamışından sağlanmaktadır. Şeker pancarı, iki yıllık yazlık bir kültür bitkisidir. Birinci yılda toprak altında kök ve gövdesini oluşturarak şeker eldesine olanak sağlar. İkinci yılda ise sapa kalkarak toprak üstü organlarının gelişmesine ve tohum oluşumuna yardımcı olur. Şeker pancarından çok yönlü istifade edilebilir. Kök ve gövdesinden elde edilen ve gıda maddeleri içerisinde önemli bir yeri olan şeker hammaddesini sağlamanın yanında, küspesinden de hayvan beslenmesinde faydalanılır.

Şeker pancarı yetiştiriciliğinde en uygun toprak türü, killi-tınlı tekstüre sahip topraklardır. Bununla birlikte, kumlu topraklar da şeker pancarı üretimi için uygundur. Şeker pancarı bitkisi için optimum pH aralığı 6.5-8.0 arasında olmalıdır. Şeker pancarı, gevşek ve iyi drene olan topraklar ile tuz oranının düşük olduğu toprakları tercih eder. Şeker pancarı, nem oranının ideal olduğu topraklarda iyi bir gelişim gösterir. Toprakta yeterli su içeriğinin bulunmadığı kurak dönemlerde, bitki gelişimi ve veriminde bir azalma görülebilir (Fageria and Moreira, 2011). Pancar ekimi itina isteyen bir işlemdir. Ekim zamanı bölgelerin iklim durumuna göre değişse de %70-80'inin ekimi 1 Nisan-30 Nisan arasında tamamlanır. Yüksek yerlerde Mayıs ayına kadar devam edebilir. Şeker pancarında fizyolojik olgunlaşma, hava sıcaklığının düşmesi ile yaptığı şekerden daha fazla şekerin solunumda harcanmaya başladığı zaman olarak kabul edilir. Yeni yaprak oluşumu durmuş, dış yapraklar sararıp ölmeye başlamıştır. Genel olarak hasat zamanı ekim-kasım aylarıdır. Fakat hasat, ağustos sonuyla eylül başında erken söküm olarak uygulanmaktadır. Ekimden itibaren hasat olgunluğuna kadar yaklaşık 5-6 aylık bir süre geçer.

Şeker pancarı yetiştirilen parsellere ait topraklar için gerekli N, P₂O₅, Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları hesaplanmıştır. Parsel numarası 36 olan Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait Ba.4-A4-Ba haritalama birimli şeker pancarı tarımının yapıldığı topraklara verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 106.61 ve 57.75 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.33, 0.17, 2.14 ve 0.12 kg/da'dır.

Şeker pancarı tarımının yapıldığı parsellere ait toprakların potasyum içeriklerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

4.9.7. Fiğ yetiştiriciliği

Fiğ, otu besleyici bir hayvan yemidir. Fiğ, tanesi kırılmak suretiyle kesif yem olarak hayvanlara yedirilir. Harman sonunda çıkan fiğ samanı da hayvanlar tarafından sevilerek yenen bir yemdir. Fiğ tek yıllık bir bitki olduğu için ekim nöbeti bitkisi, yeşil gübre bitkisi, örtü bitkisi ve silo yemi olarak da kullanılır.

Hafif bünyeli, derin ve verimli toprakları tercih eden fiğ bitkisi için optimum pH aralığı 6.0-7.5 arasında olmalıdır. Fiğ tohumlarının çimlenmesi için en uygun toprak sıcaklığı 10-15°C arasında değişkenlik gösterir. Fiğ, iklim koşullarına bağlı olmakla birlikte, ekim ayının başından kasım ayının sonuna kadar ekilebilir. Tohumları büyük olduğu için, tohumları küçük olan yonca ve üçgül gibi yem bitkilerine oranla çok hassas bir tohum yatağı isteği yoktur. Sonbahar ekimi için tahılların hasadından sonra toprağın yüzlek olarak işlenmesi ve sonbaharda daha derin bir sürüm yapılması yeterlidir. İlkbahar ekimi için ise tarlanın sonbaharda işlenmesi, ilkbaharda su kaybını önlemek için ise tırmık geçirilmesi yeterli olmaktadır. Fiğ bitkisi kış aylarını uyuyarak geçirir. Havaaların ısınması ile birlikte de hızlıca gelişmeye başlar. En uygun hasat zamanı tam çiçeklenme döneminden sonra bakla oluşumu zamanı ile tahılların başaklanma başlangıcından sonraki süt olum dönemidir.

Fiğ yetiştirilen parsellere ait topraklar için gerekli N, P₂O₅, Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları hesaplanmıştır. Parsel numarası 2 olan Karaköy serisine ait K3 haritalama birimli topraklara verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 76.19 ve 26.04 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.71, 0.05, 2.10 ve 0.12 kg/da'dır. Y2 haritalama birimine ait, parsel nosu 7 olan

Yörükler serisine ait topraklar için uygulanması gereken saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 76.19 ve 29.64 kg/da olup; saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro element miktarları ise sırasıyla 2.18, 0.14, 2.19 ve 0.01 kg/da'dır. Parsel numarası 13 ve haritalama birimi Y2 olan Yörükler serisi topraklarına yönelik hesaplanan gerekli miktarlar saf N ve P_2O_5 için sırasıyla 76.19 ve 24.41 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn için ise sırasıyla 2.37, 0.03, 1.76 ve 0.15 kg/da olarak hesaplanmıştır. Karaköy serisinde bulunan ve haritalama birimi K6 olan 14 nolu parsel toprakları için hesaplanmış saf N ve P_2O_5 miktarları 76.19 ve 24.41 kg/da iken; saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro element miktarları ise sırasıyla 2.37, 0.03, 1.76 ve 0.15 kg/da'dır. 15 nolu parselin bulunduğu K6 haritalama birimli Karaköy serisine ait topraklar için verilmesi gereken saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 76.19 ve 25.32 kg/da olup; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.41, 0.09, 1.98 ve 0.18 kg/da'dır. Uygulanması gereken saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 76.19 ve 25.58 kg/da olarak Y2 haritalama birimli Yörükler serisine ait 16 nolu parsel toprakları için belirlenirken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.18, 0.01, 1.92 ve 0.21 kg/da olarak hesaplanmıştır. A4 haritalama birimine sahip, Alaylı serisinde bulunan 17 nolu parsel topraklarına yönelik verilmesi gerekli saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 65.20 ve 15.51 kg/da olarak belirlenirken; 2.13, 0.11, 1.58 ve 0.20 kg/da değerleri ise sırasıyla saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro elementleri için tespit edilmiştir. Kalaba-2 serisine ait, haritalama birimi Ba3 olan 23 nolu parsel topraklarına yönelik uygulanması gereken saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 61.54 ve 16.54 kg/da olarak hesaplanırken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 1.77, 0.17, 1.39 ve 0.09 kg/da olarak belirlenmiştir. 55 nolu parselin bulunduğu, Y1-E1 haritalama birimli Yörükler ve Alaylı serilerine ait topraklar için gerekli miktarlar 76.19 ve 27.48 kg/da olarak sırasıyla saf N ve P_2O_5 elementlerine yönelik hesaplanırken; 2.38, 0.16, 1.75 ve 0.28 kg/da ise saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro elementleri için hesaplanmıştır. Alaylı serisine ait, parsel numarası 56 olan A4 haritalama birimine sahip topraklar için uygulanması gerekli saf N ve P_2O_5 miktarları sırasıyla 111.43 ve 11.30 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 1.83, 0.11, 1.36 ve 0.3 kg/da'dır.

Fiğ tarımının yapıldığı parsellere ait toprakların potasyum içeriklerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

4.9.8. Karpuz yetiştiriciliği

Karpuz, Türkiye tarımında ekonomik önemi oldukça fazla olan bir üründür. Yaz mevsiminde insanların su ihtiyacını gidermesi, içerdiği vitaminler, mineraller ve likopen yönünden zengin olması gibi özelliklerinden dolayı karpuz önemli bir sebzedir. Dünyada en çok üretilen ve tüketilen sebze türlerinden biri olan karpuz, tek yıllık bir kültür bitkisidir. FAO'nun 2018 yılı raporlarına göre, dünyada ortalama 3241239 ha alanda 103931337 ton karpuz üretilmektedir (Anonim, 2021a). Dünya karpuz üretiminde ülkemiz, 95328 ha alanda 4031174 milyon ton üretim değeri ile Çin ve İran'dan sonra 3. sıradadır. Ülkemizde karpuzun en fazla üretildiği bölgeler sırasıyla Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgeleridir.

Karpuz bitkisi, hafif veya orta ağır bünyeli topraklarda yetiştirilir. Kumlu-tınlı ya da killi-tınlı tekstüre sahip topraklar karpuz bitkisi yetiştiriciliği için uygun topraklardır. Karpuz bitkisi için ideal toprak pH'sı 6.0-7.5 arasında olmalıdır. Karpuz bitkisi yetiştiriciliğinde iyi drenajlı, organik maddece yüksek, yeterli miktarda azot, fosfor, potasyum ve diğer mikro besin elementlerini bulunduran topraklar tercih edilmelidir. Karpuzun ekim dönemi ilkbahar olarak gösterilmekle birlikte, nisan sonu veya mayıs başı ekim yapılabilir. Karpuz bitkisi için en uygun ekim dönemi, toprak ve hava sıcaklığına göre belirlenir. İdeal ekim zamanı için toprak sıcaklığının en az 12°C olması gerekir. Karpuzun hasat süresi bölgeye ve karpuzun cinsine göre 100 ila 120 gün arasında değişmektedir. Hasat zamanının geldiği, meyvenin parlaklaşmasından, kabuğun tırnakla kolaylıkla sıyrılabilmesinden, üzerindeki beyaz lekelerinin sarıya dönmesinden, vurulduğunda tok bir ses çıkarmasından, hafiflemesinden ve meyve sapının 1-2 cm uzağındaki yaprağın kurumasından anlaşılabilir.

Karpuz yetiştirilen parsellere ait topraklar için gerekli N, P₂O₅, Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları hesaplanmıştır. Parsel numarası 20 olan Karaköy serisine ait K2 haritalama birimli karpuz tarımının yapıldığı topraklara verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 61.90 ve 49.65 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe,

Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 2.37, 0.18, 1.99 ve 0.14 kg/da'dır. Kalaba-2 ve Alaylı serilerine ait, haritalama birimi Ba.4-A4-Ba olan 30 nolu parsel topraklarına yönelik uygulanması gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 50 ve 32.79 kg/da olarak hesaplanırken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları ise sırasıyla 1.50, 0.14, 1.60 ve 0.13 kg/da olarak hesaplanmıştır.

Karpuz tarımının yapıldığı parsellere ait toprakların potasyum içeriklerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

4.9.9. Kanola yetiştiriciliği

Kanola, Amerika, Kanada ve Avrupa ülkelerinde yoğun olarak tarımı yapılan, ülkemizin hemen hemen her bölgesinde çok rahat yetişebilen bir yağ bitkisidir. Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri, kanolanın yetişmesi için en uygun iklim koşullarını sunan bölgelerdir (Süzer, 2001). Kanolanın bitkisel yağ besin değeri zeytinyağına yakındır. Sarı çiçekleri arıcılık için çok değerlidir. Kumlu topraklar hariç hemen her toprakta yetişebilir.

Kanola bitkisi için ideal toprak pH'sı 5.5 ila 8.5 arasında olmalıdır. Kanola bitkisi, organik maddece yüksek killi topraklarda iyi bir gelişim gösterir. Kanola, kışlık ve yazlık olmak üzere iki farklı fizyolojik döneme sahiptir. Yazlık ekimler daha çok Akdeniz ve Ege Bölgesi ovalarında yapılırken, kışlık ekimler İç Anadolu ve Marmara Bölgesi'nde ve diğer bölgelerde yapılmaktadır. Kanola, kışlık ekilen yerlerde 15 Eylül–15 Ekim tarihleri arasında ekilmektedir. İyi bir çimlenmenin olabilmesi için toprak sıcaklığı 10-12°C arasında olmalıdır. Kışlık olarak ekilen kanola, -15°C sıcaklığa kadar dayanabilmektedir. Havaların güneşli ve yağışlı gitmesine ve çeşidin erkenciliğine bağlı olarak kanola bitkisinin, çiçeklenmeden 40 ila 50 gün sonra hasat edilmesi gerekebilir. Hasat zamanı haziranın son haftası ve temmuzun ilk haftasına denk gelir. Kanola hasat zamanına geldiğinde bitkinin sap, yaprak ve kapsülleri tamamen kuruyup sararır, sarı bir renk meydana gelir.

Kanola yetiştirilen parsellere yönelik topraklara verilmesi gereken N, P₂O₅, Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları hesaplanmıştır. Buna göre, parsel numarası 49 olan Elifli serisine ait E3 haritalama birimli topraklara verilmesi gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 57.69 ve 29.14 kg/da iken; mikro elementlerden olan saf Fe, Cu, Mn ve Zn

miktarları ise sırasıyla 1.37, 0.02, 1.41 ve 0.28 kg/da'dır. Karaköy serisine ait, haritalama birimi K7 olan 57 nolu parsele yönelik topraklar için uygulanması gereken saf N ve P₂O₅ miktarları sırasıyla 66.85 ve 52.72 kg/da iken; saf Fe, Cu, Mn ve Zn mikro elementleri için gerekli miktarlar ise sırasıyla 2.52, 0.08, 1.99 ve 0.16 kg/da'dır.

Kanola tarımının yapıldığı parsellere ait toprakların potasyum içeriklerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Farklı arazi kullanım türlerini içeren parsellere ait topraklara verilmesi gereken azot (N), fosfor (P), potasyum (K), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) miktarları Tablo 4.62'de verilmiştir:



Tablo 4.62. Farklı arazi kullanım türlerini içeren parsellere yönelik gübre tavsiyeleri

Parsel No	Arazi Kullanım Türü	Verilecek Miktar (kg/da)					
		N	P ₂ O ₅	Fe	Cu	Zn	Mn
0	Çeltik	31.34	31.84	2.35	0.03	1.88	0.01
1	Soya Fasülyesi	170.14	68.09	2.68	0.07	2.05	0.4
2	Fiğ	76.19	26.04	2.71	0.05	2.1	0.12
2	Tritikale	45.24	34.77	2.71	0.05	2.1	0.12
3	Çeltik	57.14	50.84	1.85	0.13	1.22	0.07
7	Fiğ	76.19	29.64	2.18	0.14	2.19	0.01
8	Mısır	59.52	70.08	2	0.05	1.42	0.19
9	Çeltik	53.48	53.63	2	0.15	1	0.16
10	Çeltik	42.03	66.9	2.41	0.16	1.22	0.23
11	Mısır	59.52	78.79	1.95	0.16	1.63	0.2
13	Fiğ	76.19	24.41	2.37	0.03	1.76	0.15
14	Fiğ	76.19	24.41	2.37	0.03	1.76	0.15
15	Fiğ	76.19	25.32	2.41	0.09	1.98	0.18
16	Fiğ	76.19	25.58	2.18	0.01	1.92	0.21
17	Fiğ	65.2	15.51	2.13	0.11	1.58	0.2
17	Tritikale	38.71	19.87	2.13	0.11	1.58	0.2
18	Çeltik	64.26	38.12	1.79	0.1	1.26	0.2
19	Çeltik	46.15	44.82	1.67	0.12	1.39	0.18
20	Karpuz	61.90	49.65	2.37	0.18	1.99	0.14
22	Buğday	36.54	45.85	2.22	0.17	1.97	0.13
23	Fiğ	61.54	16.54	1.77	0.17	1.39	0.09
23	Tritikale	36.54	25.27	1.77	0.17	1.39	0.09
24	Mısır	63.02	52.51	2.46	0.06	1.99	0.11
27	Çeltik	57.14	47.99	1.61	0.13	1.86	0.04
28	Çeltik	57.14	58.94	2.25	0.11	1.19	0.2
29	Çeltik	57.14	43.68	1.94	0.15	1.23	0.21
30	Karpuz	50	32.79	1.5	0.14	1.6	0.13
32	Buğday	45.24	34.73	2.58	0.19	2.3	0.01
34	Çeltik	57.14	26.14	2.05	0.13	1.37	0.15
35	Çeltik	57.14	40.7	2.38	0.17	2.22	0.07
36	Şeker pancarı	106.61	57.75	2.33	0.17	2.14	0.12
40	Mısır	54.29	62.91	2.29	0.09	1.6	0.15
41	Buğday	40.89	21.97	1.91	0.11	1.6	0.25
49	Kanola	57.69	29.14	1.37	0.02	1.41	0.28
53	Çeltik	57.14	62.78	2.62	0.2	2.28	0.2
54	Mısır	60.14	48.33	2.27	0.15	2	0.22
55	Fiğ	76.19	27.48	2.38	0.16	1.75	0.28
55	Tritikale	45.24	37.08	2.38	0.16	1.75	0.28
56	Fiğ	111.43	11.3	1.83	0.11	1.36	0.3
56	Tritikale	34.05	20.03	1.83	0.11	1.36	0.3
57	Kanola	66.85	52.72	2.52	0.08	1.99	0.16
59	Buğday	49.78	64.07	2.84	0.21	2.39	0.24

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği Yeşil Küre Tarım İşletmesi arazilerine ait toprakların, Alaylı, Elifli, Kalaba, Kalaba-2, Karaköy, Osmanbeyli ve Yörükler olmak üzere 7 farklı seriye sahip olduğu saptanmıştır. Çalışma alanından temin edilen yüzey ve yüzey altı topraklara ait veriler standart skorlama fonksiyonu (SSF) kullanılarak standartlaştırılmıştır. Toprak kalitesinin belirlenmesinde bir başka husus olan toprak kalite parametrelerinin normalleştirilmesi işlemi, yeni hibrid bir model olan Nötrosofik Fuzzy-AHP yaklaşımından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Doğruluk, yanlışlık ve belirsizlik üyelik fonksiyonlarına sahip bu hibrid yaklaşım ile, fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik toprak kalite parametrelerinin nötrosofik değerlendirmeleri yapılmıştır. Nötrosofik Fuzzy-AHP ile her bir parametreye yönelik oluşturulan fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik toprak kalite parametrelerine ait ikili karşılaştırma matrisleri tutarlılık testine (Consistency Ratio “CR”) tabi tutulmuştur. SSF ile standartlaştırılan veriler ve Nötrosofik Fuzzy-AHP kullanılarak normalleştirilen veriler ışığında, çalışma alanı topraklarının gerek çeltik ve gerekse de tarla bitkilerine yönelik toprak kalite indeksleri hesaplanmıştır. Hesaplanan her bir doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerlerinin hem çeltik hem de tarla bitkilerine yönelik istatistik ve jeostatistik analizleri yapılmış ve RMSE değerleri belirlenen her bir toprak kalite indeksi için dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışmalara ek olarak, çeltik ve mısır yetiştirilen parsellere ait topraklardan 2021 yılında elde edilen ortalama verim değerleri ile doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Buna göre, çalışma alanı çeltik parsellerine ait toprakların yüksek kalite indeks değerlerinde yüksek verim değerleri elde edilirken, düşük kalite indeks değerlerinde düşük verim değerlerinin elde edildiği gözlemlenmiştir.

Çalışma alanına ait 4 adet 10 m, 6 adet 20 m ve 3 adet 60 m çözünürlükte bantlara sahip 2021 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüleri, nisan, mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve ekim aylarına yönelik elde edilmiştir. Uydu görüntülerine yönelik gerekli radyometrik, atmosferik ve geometrik düzeltmeler yapıldıktan sonra, bitki vejetasyon indekslerinden olan NDVI ve RE-OSAVI değerleri her bir yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprak örneği için elde edilmiştir. Çeltik bitkisi için hesaplanmış doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile, Sentinel-2A uydu

görüntülerinden türetilmiş NDVI ve RE-OSAVI değerleri istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve en yüksek r^2 değerlerinin çeltik bitkisi için temmuz ve ağustos aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. En düşük r^2 değerlerinin ise çeltik bitkisi için, mayıs ve haziran aylarına ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edildiği sonucuna varılmıştır. Çalışma alanında yetiştirilen tarla bitkileri için hesaplanmış doğrusal ve doğrusal olmayan toprak kalite indeks değerleri ile, Sentinel-2A uydu görüntülerinden türetilmiş NDVI ve RE-OSAVI değerleri istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve en yüksek r^2 değerlerinin tarla bitkileri için mayıs ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. En düşük r^2 değerlerinin ise tarla bitkileri için, nisan ayına ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden elde edildiği sonucuna varılmıştır. Son olarak işletme parsellerinde yetiştirilen ürünlerin fizikokimyasal toprak analiz sonuçlarına bakılarak ihtiyaçları olan azot, fosfor ve mikro element gübre tavsiyeleri yapılmıştır.

Bu çalışmada çok kriterli karar verme yaklaşımlarından olan NF-AHP yeni hibrid modeli, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileriyle entegre edilmiş ve Yeşil Küre Tarım İşletmesi parsellerinde yetiştirilen çeltik ve tarla bitkilerine yönelik toprakların kalitesinin belirlenmesi süreçlerini ortaya konulmuştur. Çeltik bitkisi ve tarla bitkilerinin farklı büyüme evrelerine ait Sentinel-2A uydu görüntülerinden elde edilen NDVI ve RE-OSAVI vejetasyon indislerinin, çeltik ve tarla bitkilerinin kritik büyüme evrelerini belirlemede bir alternatif olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Vejetasyon indislerinin kullanılmasının çeltik ve tarla bitkilerinin kritik zaman evrelerinde izlenebilmelerine ve olası sorunlara zamanında müdahale edilebilmesine yardımcı olabileceği, bu müdahaleler ile çeltik ve tarla bitkilerinden daha fazla verim alınarak sürdürülebilir tarımsal üretime katkı sunabileceği öngörülmektedir. Ayrıca bu doktora çalışmasında, Sentinel-2A uydu görüntülerinin spektral yeteneklerinin çeşitli görüntü işleme araçları ile ileride yapılacak benzer çalışmalarda kullanılabileceği tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmanın, çeltik ve tarla bitkilerinin farklı gelişim evrelerini kapsayan farklı zaman serili uydu görüntülerinden elde edilen vejetasyon indis değerlerinin, toprak kalite indeks değerleri ile arasındaki ilişkilere yönelik potansiyellerin belirlenmesinde ileride yapılacak olan araştırmalara dair bir farkındalık yaratabileceği öngörülmüştür. İleride yapılacak olan UA destekli vejetasyon indeksinin belirlendiği çalışmalarda, yansıma

değerlerinden yola çıkarak toprak kalitesine iyi ya da kötü yönde etki eden parametreler hakkında çıkarımların yapılacağı öngörülmüştür. Bu doğrultuda, CBS ve UA teknolojileri ile yakın kızıl ötesi spektroskopisinin entegre kullanımının, toprak kalitesinin izlenmesinde değerli bir yaklaşım olabileceği önerilmiştir.



KAYNAKÇA

- Abdel-Fattah, M. K., Mohamed, E. S., Wagdi, E. M., Shahin, S. A., Aldosari, A. A., Lasaponara, R., & Alnaimy, M. A. (2021). Quantitative evaluation of soil quality using Principal Component Analysis: The case study of El-Fayoum depression Egypt. *Sustainability*, 13(4), 1824.
- Abdellatif, M. A., El Baroudy, A. A., Arshad, M., Mahmoud, E. K., Saleh, A. M., Moghanm, F. S., ... & Shokr, M. S. (2021). A GIS-based approach for the quantitative assessment of soil quality and sustainable agriculture. *Sustainability*, 13(23), 13438.
- AbdelRahman, M. A., & Tahoun, S. (2019). GIS model-builder based on comprehensive geostatistical approach to assess soil quality. *Remote sensing Applications: society and Environment*, 13, 204-214.
- AbdelRahman, M. A., Natarajan, A., Srinivasamurthy, C. A., Hegde, R., & Prakash, S. S. (2018). Assessment of soil quality by using remote sensing and GIS techniques; a case study, Chamrajanagar district, Karnataka, India. *Acta Sci. Agric*, 2(1), 5-12.
- Abuzaid, A. S., Abdellatif, A. D., & Fadl, M. E. (2021). Modeling soil quality in Dakahlia Governorate, Egypt using GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(2), 255-264.
- Acosta-Martinez, V., Zobeck, T. M., Gill, T. E., & Kennedy, A. C. (2003). Enzyme activities and microbial community structure in semiarid agricultural soils. *Biology and Fertility of soils*, 38, 216-227.
- Adam, M., Ibrahim, I., Sulieman, M., Zeraatpisheh, M., Mishra, G., & Brevik, E. C. (2021). Predicting soil cation exchange capacity in entisols with divergent textural classes: The Case of northern Sudan soils. *Air, Soil and Water Research*, 14, 11786221211042381.
- Ågren, G. I., & Bosatta, E. (1988). Nitrogen saturation of terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 54(3-4), 185-197.
- Ahmed, G. B., Shariff, A. R. M., Balasundram, S. K., & bin Abdullah, A. F. (2016, June). Agriculture land suitability analysis evaluation based multi criteria and GIS approach. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 37, No. 1, p. 012044). IOP Publishing.
- Akcura, M., Turan, V., Kokten, K., & Kaplan, M. (2019). Fatty acid and some micro element compositions of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) genotype seeds growing under Mediterranean climate. *Industrial crops and products*, 128, 140-146.
- Akça, M. O., Türkmen, F., Taşkın, M. B., Soba, M. R., & Öztürk, H. S. (2015). Ankara üniversitesi kalecik araştırma ve uygulama çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 3(2), 54-63.
- Alaboz, P., Dengiz, O., & Demir, S. (2021). Barley yield estimation performed by ANN integrated with the soil quality index modified by biogas waste application. *Zemdirbyste-Agriculture*, 108(3).

- Al-Bakri, J. T., & Suleiman, A. S. (2004). NDVI response to rainfall in different ecological zones in Jordan. *International Journal of Remote Sensing*, 25(19), 3897-3912.
- Al-Busaidi, A. S., & Cookson, P. (2003). Salinity-pH relationships in calcareous soils. *Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS]*, 8(1), 41-46.
- Amézketa, E. (1999). Soil aggregate stability: a review. *Journal of sustainable agriculture*, 14(2-3), 83-151.
- Anderson, J. P., & Domsch, K. H. (1978). A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil biology and biochemistry*, 10(3), 215-221.
- Anderson, T. H., & Domsch, A. K. (1993). The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil biology and biochemistry*, 25(3), 393-395.
- Anderson, T. H., & Domsch, K. H. (1986). Carbon link between microbial biomass and soil organic matter. *Perspectives in microbial ecology*, 467-471.
- Anderson, T. H., & Domsch, K. H. (2010). Soil microbial biomass: the eco-physiological approach. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(12), 2039-2043.
- Anderson, T. H., & Gray, T. R. G. (2003). The influence of soil organic carbon on microbial growth and survival. In *Advances in Soil Organic Matter Research* (pp. 253-266). Woodhead Publishing.
- Andresen, E., Peiter, E., & Küpper, H. (2018). Trace metal metabolism in plants. *Journal of Experimental Botany*, 69(5), 909-954.
- 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.
- Anonim, (2021a). Food and Agriculture Organization (FAO), Gıda ve Tarım Organizasyonu, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Erişim tarihi: 24 Mayıs 2021.
- Arshad, M. A., & Martin, S. (2002). Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 88(2), 153-160.
- Ashton, I. W., Miller, A. E., Bowman, W. D., & Suding, K. N. (2010). Niche complementarity due to plasticity in resource use: plant partitioning of chemical N forms. *Ecology*, 91(11), 3252-3260.
- Aygün, Y., & Acar, M. (2004). Organik gübreler ve önemi. *Hasat Dergisi*, 228, 68-72.
- Azam, F., Farooq, S., & Lodhi, A. (2003). Microbial biomass in agricultural soils-determination, synthesis, dynamics and role in plant nutrition. *Pakistan Journal of Biological Sciences (Pakistan)*, 6(7).
- Bagarello, V., & Sgroi, A. (2007). Using the simplified falling head technique to detect temporal changes in field-saturated hydraulic conductivity at the surface of a sandy loam soil. *Soil and Tillage Research*, 94(2), 283-294.

- Bagarello, V., Castellini, M., & Iovino, M. (2005). Influence of the pressure head sequence on the soil hydraulic conductivity determined with tension infiltrometer. *Applied Engineering in Agriculture*, 21(3), 383-391.
- Bagheri, N., Ahmadi, H., Alavipanah, S. K., & Omid, M. (2012). Soil-line vegetation indices for corn nitrogen content prediction. *International Agrophysics*, 26(2).
- Baiamonte, G., Crescimanno, G., Parrino, F., & De Pasquale, C. (2019). Effect of biochar on the physical and structural properties of a sandy soil. *Catena*, 175, 294-303.
- Balogh, J., Pintér, K., Fóti, S., Cserhalmi, D., Papp, M., & Nagy, Z. (2011). Dependence of soil respiration on soil moisture, clay content, soil organic matter, and CO₂ uptake in dry grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(5), 1006-1013.
- Barford, C. C., Wofsy, S. C., Goulden, M. L., Munger, J. W., Pyle, E. H., Urbanski, S. P., ... & Moore, K. (2001). Factors controlling long-and short-term sequestration of atmospheric CO₂ in a mid-latitude forest. *Science*, 294(5547), 1688-1691.
- Bayram, S. E. (2019). Gediz havzası tütün tarımı yapılan toprakların bazı fiziksel-kimyasal özellikleri ile besin elementi içerikleri arasındaki ilişkiler. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(11), 1917-1923.
- Bimantara, P. O., Kimani, S. M., Kautsar, V., Egashira, H., Kikuchi, S. I., Tawaraya, K., & Cheng, W. (2022). Seasonal changes in soil properties caused by slash and burn agriculture practice in a humid temperate region of northeast Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 68(1), 81-87.
- Blackburn, G. A. (1998). Quantifying chlorophylls and carotenoids at leaf and canopy scales: An evaluation of some hyperspectral approaches. *Remote sensing of environment*, 66(3), 273-285.
- Blake, G. R., & Hartage, K. H. (1986). Soil Bulk Density and Particle Density Determination in. *Klute, A (2nded), Methods of Soil Analysis, American Society of Agronomy, Madison*.
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2008). *Principles of soil conservation and management*. Springer Science & Business Media.
- Blum, W. E. (2005). Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 4, 75-79.
- Bockheim, J. G., & Douglass, D. C. (2006). Origin and significance of calcium carbonate in soils of southwestern Patagonia. *Geoderma*, 136(3-4), 751-762.
- Borges, P. D. A., Franke, J., da Anunciação, Y. M. T., Weiss, H., & Bernhofer, C. (2016). Comparison of spatial interpolation methods for the estimation of precipitation distribution in Distrito Federal, Brazil. *Theoretical and applied climatology*, 123, 335-348.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ. İ., Savaşçı, S., & Paslı, N. (2001). Ekoloji-II (Toprak). *Başkent Klişe Matbaacılık, Kızılay-Ankara*.
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy journal*, 43(9), 434-438.

- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2007). The nature and properties of soils, 14th edn.,(Pearson: Upper Saddle River, NJ).
- Bremner., J.M., (1982). Total nitrogen. *Methods of soil analysis*, 595-624.
- Brevik, E. C. (2010). Soil health and productivity. *Soils, plant growth and crop production*, 1, 106.
- Briat, J. F. (2005). Iron from soil to plant products. *Bulletin de L'academie Nationale de Medecine*, 189(8), 1609-19.
- Brookes, P. C. (1995). The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of soils*, 19, 269-279.
- Bruand, A., Hartmann, C., & Lesturgez, G. (2005). Physical properties of tropical sandy soils: A large range of behaviours. In *Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture. A holistic approach for sustainable development of problem soils in the tropics.*
- Brubaker, S. C., Jones, A. J., Lewis, D. T., & Frank, K. (1993). Soil properties associated with landscape position. *Soil Science Society of America Journal*, 57(1), 235-239.
- Catoni, M., Falsone, G., & Bonifacio, E. (2012). Assessing the origin of carbonates in a complex soil with a suite of analytical methods. *Geoderma*, 175, 47-57.
- Chaney, K., & Swift, R. S. (1984). The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. *Journal of Soil science*, 35(2), 223-230.
- Chaudhari, P. R., Ahire, D. V., Ahire, V. D., Chkravarty, M., & Maity, S. (2013). Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(2), 1-8.
- Chenu, C., Le Bissonnais, Y., & Arrouays, D. (2000). Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Science Society of America Journal*, 64(4), 1479-1486.
- Costanza, R., & Daly, H. E. (1992). Natural capital and sustainable development. *Conservation biology*, 6(1), 37-46.
- Creamer, C. A., Jones, D. L., Baldock, J. A., & Farrell, M. (2014). Stoichiometric controls upon low molecular weight carbon decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*, 79, 50-56.
- Curiel Yuste, J., Baldocchi, D. D., Gershenson, A., Goldstein, A., Misson, L., & Wong, S. (2007). Microbial soil respiration and its dependency on carbon inputs, soil temperature and moisture. *Global Change Biology*, 13(9), 2018-2035.
- Çimrin, K. M., & Boysan, S. (2006). Van yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 16(2), 105-111.
- Dadgar, M., Esfahan, E. Z., & Rabiee, M. S. (2014). Spatial variation of soil organic carbon in damavand rangelands. *J. Biodivers. Environ. Sci*, 5, 72-77.
- Dai, F., Lv, Z., & Liu, G. (2018). Assessing soil quality for sustainable cropland management based on factor analysis and fuzzy sets: A case study in the Lhasa

- River Valley, Tibetan Plateau. *Sustainability*, 10(10), 3477.
- Dalal, R. C. (1998). Soil microbial biomass—what do the numbers really mean?. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38(7), 649-665.
- de Andrade Barbosa, M., de Sousa Ferraz, R. L., Coutinho, E. L. M., Neto, A. M. C., da Silva, M. S., Fernandes, C., & Rigobelo, E. C. (2019). Multivariate analysis and modeling of soil quality indicators in long-term management systems. *Science of the Total Environment*, 657, 457-465.
- de Paul Obade, V., Lal, R., & Moore, R. (2014). Assessing the accuracy of soil and water quality characterization using remote sensing. *Water resources management*, 28, 5091-5109.
- de Reflectancia, E. (2013). Espectroscopia de reflectancia aplicada a la caracterización espectral de suelos contaminados.
- Dedeoğlu, M., & Dengiz, O. (2019). Generating of land suitability index for wheat with hybrid system approach using AHP and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167, 105062.
- Delgado, C. L. (2003). Rising consumption of meat and milk in developing countries has created a new food revolution. *The Journal of nutrition*, 133(11), 3907S-3910S.
- Dempster, D. N., Jones, D. L., & Murphy, D. V. (2012). Clay and biochar amendments decreased inorganic but not dissolved organic nitrogen leaching in soil. *Soil Research*, 50(3), 216-221.
- Dengiz, O. (2013). Parametric approach with linear combination technique in land evaluation studies. *Journal of Agricultural Sciences*, 19(2), 101-112.
- Dengiz, O. (2018). Potential impact of land use change on land productivity dynamics with focus on land degradation in a sub-humid terrestrial ecosystem. *Theoretical and Applied Climatology*, 133, 73-88.
- Dengiz, O. (2020). Soil quality index for paddy fields based on standard scoring functions and weight allocation method. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(3), 301-315.
- Deshmukh, K. K. (2012). Studies on chemical characteristics and classification of soils from Sangamner area, Ahmednagar district, Maharashtra, India. *Rasayan Journal of Chemistry*, 5(1), 74-85.
- Dilly, O., & Zyakun, A. (2008). Priming effect and respiratory quotient in a forest soil amended with glucose. *Geomicrobiology Journal*, 25(7-8), 425-431.
- Ditzler, C. A., & Tugel, A. J. (2002). Soil quality field tools: experiences of USDA-NRCS soil quality institute. *Agronomy Journal*, 94(1), 33-38.
- Donaldson, A. R. (2019). Weeds With a Purpose: Interseeding Cover Crops into Sweet Corn in Western Oregon.
- Doran, J. W. (1994). Defining soil quality for a sustainable environment. *SSSA Special Publications*, 3.

- Döring, T. F., Vieweger, A., Pautasso, M., Vaarst, M., Finckh, M. R., & Wolfe, M. S. (2015). Resilience as a universal criterion of health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(3), 455-465.
- El Baroudy, A. A. (2016). Mapping and evaluating land suitability using a GIS-based model. *Catena*, 140, 96-104.
- Elser, J. J., Bracken, M. E., Cleland, E. E., Gruner, D. S., Harpole, W. S., Hillebrand, H., ... & Smith, J. E. (2007). Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology letters*, 10(12), 1135-1142.
- Elvidge, C. D., Sutton, P. C., Wagner, T. W., Ryzner, R., Vogelmann, J. E., Goetz, S. J., ... & Nemani, R. (2004). Urbanization. *Land change science: observing, monitoring and understanding trajectories of change on the earth's surface*, 315-328.
- Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc., 2019. ArcGIS online. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview>. (Accessed 15 July 2019).
- Fageria, N. K., & Moreira, A. (2011). The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. *Advances in agronomy*, 110, 251-331.
- Fageria, N. K., Dos Santos, A. B., & Cutrim, V. D. A. (2009). Nitrogen uptake and its association with grain yield in lowland rice genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, 32(11), 1965-1974.
- FAO, 2014. Guidelines for soil profile description. FAO Rome.
- FAO. (2015). Revised world soil charter.
- Feng, W., Guo, B. B., Wang, Z. J., He, L., Song, X., Wang, Y. H., & Guo, T. C. (2014). Measuring leaf nitrogen concentration in winter wheat using double-peak spectral reflection remote sensing data. *Field Crops Research*, 159, 43-52.
- Fernández-Ugalde, O., Virto, I., Barré, P., Gartzia-Bengoetxea, N., Enrique, A., Imaz, M. J., & Bescansa, P. (2011). Effect of carbonates on the hierarchical model of aggregation in calcareous semi-arid Mediterranean soils. *Geoderma*, 164(3-4), 203-214.
- Ferreira, E. P., Anjos, L. H. C. D., Pereira, M. G., Valladares, G. S., Cipriano-Silva, R., & Azevedo, A. C. D. (2016). Genesis and classification of soils containing carbonate on the Apodi Plateau, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40.
- Ferreras, L., Gómez, E., Toresani, S., Firpo, I., & Rotondo, R. (2006). Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil. *Bioresource technology*, 97(4), 635-640.
- Fierer, N., Chadwick, O. A., & Trumbore, S. E. (2005). Production of CO₂ in soil profiles of a California annual grassland. *Ecosystems*, 8, 412-429.
- Fitzgerald, G., Rodriguez, D., & O'Leary, G. (2010). Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI). *Field crops research*, 116(3), 318-324.

- Fitzgerald, G., Rodriguez, D., & O'Leary, G. (2010). Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI). *Field crops research*, 116(3), 318-324.
- Fontana, V., Radtke, A., Fedrigotti, V. B., Tappeiner, U., Tasser, E., Zerbe, S., & Buchholz, T. (2013). Comparing land-use alternatives: Using the ecosystem services concept to define a multi-criteria decision analysis. *Ecological Economics*, 93, 128-136.
- Franch, B., Bautista, A. S., Fita, D., Rubio, C., Tarrazó-Serrano, D., Sánchez, A., ... & Uris, A. (2021). Within-field rice yield estimation based on Sentinel-2 satellite data. *Remote Sensing*, 13(20), 4095.
- Fu, B. J., Liu, S. L., Chen, L. D., Lü, Y. H., & Qiu, J. (2004). Soil quality regime in relation to land cover and slope position across a highly modified slope landscape. *Ecological Research*, 19, 111-118.
- Gale, W. J., Cambardella, C. A., & Bailey, T. B. (2000). Root-derived carbon and the formation and stabilization of aggregates. *Soil science society of America Journal*, 64(1), 201-207.
- Geng, S., Li, W., Kang, T., Shi, P., & Zhu, W. (2021). An integrated index based on climatic constraints and soil quality to simulate vegetation productivity patterns. *Ecological Indicators*, 129, 108015.
- Gholizadeh, A., & Kopačková, V. (2019). Detecting vegetation stress as a soil contamination proxy: A review of optical proximal and remote sensing techniques. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 2511-2524.
- Girvan, M. S., Bullimore, J., Ball, A. S., Pretty, J. N., & Osborn, A. M. (2004). Responses of active bacterial and fungal communities in soils under winter wheat to different fertilizer and pesticide regimens. *Applied and environmental microbiology*, 70(5), 2692-2701.
- Girvan, M. S., Bullimore, J., Ball, A. S., Pretty, J. N., & Osborn, A. M. (2004). Responses of active bacterial and fungal communities in soils under winter wheat to different fertilizer and pesticide regimens. *Applied and environmental microbiology*, 70(5), 2692-2701.
- Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Stark, R., & Rundquist, D. (2002). Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote sensing of Environment*, 80(1), 76-87.
- Goyal, S., Chander, K., Mundra, M. C., & Kapoor, K. K. (1999). Influence of inorganic fertilizers and organic amendments on soil organic matter and soil microbial properties under tropical conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 29, 196-200.
- Göl, C., Bulut, S., & Bolat, F. (2017). Comparison of different interpolation methods for spatial distribution of soil organic carbon and some soil properties in the Black Sea backward region of Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 134, 85-91.
- Grayston, S. J., Campbell, C. D., Bardgett, R. D., Mawdsley, J. L., Clegg, C. D., Ritz, K., ... & Millard, P. (2004). Assessing shifts in microbial community structure

- across a range of grasslands of differing management intensity using CLPP, PLFA and community DNA techniques. *Applied Soil Ecology*, 25(1), 63-84.
- Gregorich, E. G., Greer, K. J., Anderson, D. W., & Liang, B. C. (1998). Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. *Soil and Tillage Research*, 47(3-4), 291-302.
- Griffiths, B. S., & Philippot, L. (2013). Insights into the resistance and resilience of the soil microbial community. *FEMS microbiology reviews*, 37(2), 112-129.
- Gruber, N., & Galloway, J. N. (2008). An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature*, 451(7176), 293-296.
- Gülser, C., & Candemir, F. (2014). Using soil moisture constants and physical properties to predict saturated hydraulic conductivity. *Eurasian Journal of Soil Science*, 3(1), 77-81.
- Güneş, A., Alpaslan, M., & İnal, A. (2000). Bitki besleme ve gübreleme.
- Haynes, R. J., & Swift, R. S. (1990). Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. *Journal of soil science*, 41(1), 73-83.
- Hekimoğlu, B., & Altindeğer, M. (2019). Çeltik Sektör Raporu Sorunları Ve Çözüm Önerileri.
- Hillel, D. (2013). *Fundamentals of soil physics*. Academic press.
- Horst Marschner. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
- Hou, E., Luo, Y., Kuang, Y., Chen, C., Lu, X., Jiang, L., ... & Wen, D. (2020). Global meta-analysis shows pervasive phosphorus limitation of aboveground plant production in natural terrestrial ecosystems. *Nature communications*, 11(1), 637.
- Huang, S., Miao, Y., Yuan, F., Gnyp, M. L., Yao, Y., Cao, Q., ... & Bareth, G. (2017). Potential of RapidEye and WorldView-2 satellite data for improving rice nitrogen status monitoring at different growth stages. *Remote Sensing*, 9(3), 227.
- Huang, W., Zong, M., Fan, Z., Feng, Y., Li, S., Duan, C., & Li, H. (2021). Determining the impacts of deforestation and corn cultivation on soil quality in tropical acidic red soils using a soil quality index. *Ecological Indicators*, 125, 107580.
- Iqbal, J., Hu, R., Feng, M., Lin, S., Malghani, S., & Ali, I. M. (2010). Microbial biomass, and dissolved organic carbon and nitrogen strongly affect soil respiration in different land uses: a case study at Three Gorges Reservoir Area, South China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137(3-4), 294-307.
- Islam, K. R., & Weil, R. R. (2000). Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 79(1), 9-16.
- Ismail. (1991). Calcium carbonate content, some chemical and physical properties of the Sudan Gezira soils and their implications.
- Issaka, S., & Ashraf, M. A. (2017). Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 1(1), 1-11.

- İmamoglu, A., & Dengiz, O. (2019). Evaluation of soil quality index to assess the influence of soil degradation and desertification process in sub-arid terrestrial ecosystem. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 30(4), 723-734.
- Jackson, M. L. (1958). Soil Chemical Analysis, Pretence Hall Inc. *Anglewood Cliffs, NJ. USA*.
- Jafarnejadi, A. R., Abbssayyad, G. H. O. L. A. M., Arshad, R. R., & Davami, A. (2012). Pedotransfer functions development for field capacity and permanent wilting points using artificial neural networks and regression models. *Int J Agric*, 2, 1079-1084.
- Jarmołowski, W., Wielgosz, P., Ren, X., & Krypiak-Gregorczyk, A. (2021). On the drawback of local detrending in universal kriging in conditions of heterogeneously spaced regional TEC data, low-order trends and outlier occurrences. *Journal of Geodesy*, 95, 1-19.
- Jarmołowski, W., Wielgosz, P., Ren, X., & Krypiak-Gregorczyk, A. (2021). On the drawback of local detrending in universal kriging in conditions of heterogeneously spaced regional TEC data, low-order trends and outlier occurrences. *Journal of Geodesy*, 95, 1-19.
- Jia, L., Yu, Z., Li, F., Gnyp, M., Koppe, W., Bareth, G., ... & Zhang, F. (2012). Nitrogen status estimation of winter wheat by using an Ikonos satellite image in the north china plain. In *Computer and Computing Technologies in Agriculture V: 5th IFIP TC 5/SIG 5.1 Conference, CCTA 2011, Beijing, China, October 29-31, 2011, Proceedings, Part II 5* (pp. 174-184). Springer Berlin Heidelberg.
- Jiang, L., Liu, Y., Wu, S., & Yang, C. (2021). Analyzing ecological environment change and associated driving factors in China based on NDVI time series data. *Ecological indicators*, 129, 107933.
- Jones, J. B. (2002). *Agronomic handbook*. CRC press.
- Juhos, K., Czigány, S., Madarász, B., & Ladányi, M. (2019). Interpretation of soil quality indicators for land suitability assessment—A multivariate approach for Central European arable soils. *Ecological Indicators*, 99, 261-272.
- Kacar, B. (1994). *Bitki ve toprağın kimyasal analizleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı.
- Kallenbach, C., & Grandy, A. S. (2011). Controls over soil microbial biomass responses to carbon amendments in agricultural systems: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144(1), 241-252.
- Kantarcı, M. D. (2000). Toprak ilmi, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, İÜ Yayın No: 4261, Orman Fak.
- Karaca, S., Dengiz, O., Turan, İ. D., Özkan, B., Dedeoğlu, M., Gülser, F., ... & Ay, A. (2021). An assessment of pasture soils quality based on multi-indicator weighting approaches in semi-arid ecosystem. *Ecological Indicators*, 121, 107001.
- Karlen, D. L., & Stott, D. E. (1994). A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. *Defining soil quality for a sustainable environment*, 35, 53-72.

- Karlen, D. L., Cambardella, C. A., Kovar, J. L., & Colvin, T. S. (2013). Soil quality response to long-term tillage and crop rotation practices. *Soil and Tillage Research*, 133, 54-64.
- 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 (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4-10.
- Karlen, D. L., Wollenhaupt, N. C., Erbach, D. C., Berry, E. C., Swan, J. B., Eash, N. S., & Jordahl, J. L. (1994). Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. *Soil and Tillage Research*, 31(2-3), 149-167.
- Karlen, D. L., Wollenhaupt, N. C., Erbach, D. C., Berry, E. C., Swan, J. B., Eash, N. S., & Jordahl, J. L. (1994). Long-term tillage effects on soil quality. *Soil and Tillage Research*, 32(4), 313-327.
- Kavdır, Y., Ekinci, H. U. S. E. Y. I. N., Yüksel, O., & Mermut, A. R. (2005). Soil aggregate stability and ¹³C CP/MAS-NMR assessment of organic matter in soils influenced by forest wildfires in Canakkale, Turkey. *Geoderma*, 129(3-4), 219-229.
- Kaya, N. S., Özkan, B., Dengiz, O., & Turan, İ. D. (2022). Digital mapping and spatial variability of soil quality index for desertification in the Akarçay Basin under the semi-arid terrestrial ecosystem using neutrosophic fuzzy-AHP approach. *Natural Hazards*, 112(3), 2101-2132.
- Kaya, Y., & Polat, N. (2021). Bitki İndeksleri Kullanarak Buğday Bitkisinin Rekolte Tahmini. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(1), 99-110.
- Kerr, J. T., & Ostrovsky, M. (2003). From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in ecology & evolution*, 18(6), 299-305.
- Khaledian, Y., Brevik, E. C., Pereira, P., Cerdà, A., Fattah, M. A., & Tazikeh, H. (2017). Modeling soil cation exchange capacity in multiple countries. *Catena*, 158, 194-200.
- Khalili Moghadam, B., Jamili, T., Nadian, H., & Shahbazi, E. (2016). The influence of sugarcane mulch on sand dune stabilization in Khuzestan, the southwest of Iran. *Iran Agricultural Research*, 34(2), 71-80.
- Khan, F., Hayat, Z., Ahmad, W., Ramzan, M., Shah, Z., Sharif, M., ... & Hanif, M. (2013). Effect of slope position on physico-chemical properties of eroded soil. *Soil Environ*, 32(1), 22-28.
- KIZILGEÇİ, F., & YILDIRIM, M. (2017). Bazı tritikale (X Triticosecale Wittmack) genotiplerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 43-49.
- Kızılkaya, R., Aşkın, T., Bayraklı, B., & Sağlam, M. (2004). Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. *European Journal of Soil Biology*, 40(2), 95-102.
- Klute, A., & Dirksen, C. (1986). Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. *Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods*, 5, 687-734.

- Kokaly, R. F., & Clark, R. N. (1999). Spectroscopic determination of leaf biochemistry using band-depth analysis of absorption features and stepwise multiple linear regression. *Remote sensing of environment*, 67(3), 267-287.
- Koralay, N., Kara, O., & Kezik, U. (2018). Effects of run-of-the-river hydropower plants on the surface water quality in the Solakli stream watershed, Northeastern Turkey. *Water and environment journal*, 32(3), 412-421.
- Koralay, N., Kara, O., & Kezik, U. (2018). Effects of run-of-the-river hydropower plants on the surface water quality in the Solakli stream watershed, Northeastern Turkey. *Water and environment journal*, 32(3), 412-421.
- Kraft, G. J., Clancy, K., Mechenich, D. J., & Haucke, J. (2012). Irrigation effects in the northern lake states: Wisconsin central sands revisited. *Groundwater*, 50(2), 308-318.
- Lal, R. (2011). Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems. *Food policy*, 36, S33-S39.
- Larson, W. E., & Pierce, F. J. (1994). The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. *Defining soil quality for a sustainable environment*, 35, 37-51.
- Le Mouél, C., & Forslund, A. (2017). How can we feed the world in 2050? A review of the responses from global scenario studies. *European Review of Agricultural Economics*, 44(4), 541-591.
- Legaz, B. V., De Souza, D. M., Teixeira, R. F., Antón, A., Putman, B., & Sala, S. (2017). Soil quality, properties, and functions in life cycle assessment: an evaluation of models. *Journal of cleaner production*, 140, 502-515.
- Legout, C., Leguédois, S., & Le Bissonnais, Y. (2005). Aggregate breakdown dynamics under rainfall compared with aggregate stability measurements. *European Journal of Soil Science*, 56(2), 225-238.
- Lewandowski, A. M., Zumwinkle, M., & Fish, A. (1999). Assessing the soil system.
- Li, H., Chen, X., Cai, X., He, L., & Huang, W. (2005, July). Assessment of soil quality using GIS & RS. In *Proceedings. 2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS'05.* (Vol. 4, pp. 2972-2975). IEEE.
- Li, P., Zhang, T., Wang, X., & Yu, D. (2013). Development of biological soil quality indicator system for subtropical China. *Soil and tillage research*, 126, 112-118.
- Li, Z., Jin, X., Wang, J., Yang, G., Nie, C., Xu, X., & Feng, H. (2015). Estimating winter wheat (*Triticum aestivum*) LAI and leaf chlorophyll content from canopy reflectance data by integrating agronomic prior knowledge with the PROSAIL model. *International journal of remote sensing*, 36(10), 2634-2653.
- Liang, C., Amelung, W., Lehmann, J., & Kästner, M. (2019). Quantitative assessment of microbial necromass contribution to soil organic matter. *Global change biology*, 25(11), 3578-3590.
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*, 42(3), 421-428.

- Liu, B., & Ristaino, J. B. (2003). Microbial community structure in soils from organic and conventional agroecosystems. *Phytopathology*, 96, S53.
- Liu, J., Miller, J. R., Haboudane, D., & Pattey, E. (2004, September). Exploring the relationship between red edge parameters and crop variables for precision agriculture. In *IGARSS 2004. 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (Vol. 2, pp. 1276-1279). IEEE.
- Liu, L., Wang, H. Y., Dai, W., Yang, X. I., & Li, X. (2014). Spatial heterogeneity of soil organic carbon and nutrients in low mountain area of Changbai Mountains. *Ying Yong Sheng tai xue bao= The Journal of Applied Ecology*, 25(9), 2460-2468.
- Liu, Y., Wang, H., Zhang, H., & Liber, K. (2016). A comprehensive support vector machine-based classification model for soil quality assessment. *Soil and Tillage Research*, 155, 19-26.
- M. Radwan, N., Senousy, M. B., & M. Riad, A. E. D. (2016). A new expert system for learning management systems evaluation based on neutrosophic sets. *Expert Systems*, 33(6), 548-558.
- Maathuis, F. J. (2014). Sodium in plants: perception, signalling, and regulation of sodium fluxes. *Journal of experimental botany*, 65(3), 849-858.
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573), 1694-1697.
- Maestrini, B., & Basso, B. (2018). Predicting spatial patterns of within-field crop yield variability. *Field Crops Research*, 219, 106-112.
- Makoi, J. H., & Verplancke, H. (2010). Effect of gypsum placement on the physical chemical properties of a saline sandy loam soil. *Australian journal of crop science*, 4(7), 556-563.
- Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 8(4), 270-277.
- Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E., & Grego, S. (2006). Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. *Ecological Indicators*, 6(4), 701-711.
- Marinova, S. (2003). Distribution and forms of heavy metals in some agricultural soils.
- Martinez-Salgado, M. M., Gutiérrez-Romero, V., Janssens, M., & Ortega-Blu, R. (2010). Biological soil quality indicators: a review. *Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology*, 1(1), 319-328.
- Marzaioli, R., D'Ascoli, R., 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(3), 205-212.
- Masto, R. E., Chhonkar, P. K., Singh, D., & Patra, A. K. (2008). Alternative soil quality indices for evaluating the effect of intensive cropping, fertilisation and

- manuring for 31 years in the semi-arid soils of India. *Environmental monitoring and assessment*, 136, 419-435.
- Matton, N., Sepulcre Canto, G., Waldner, F., Valero, S., Morin, D., Inglada, J., ... & Defourny, P. (2015). An automated method for annual cropland mapping along the season for various globally-distributed agrosystems using high spatial and temporal resolution time series. *Remote Sensing*, 7(10), 13208-13232.
- Maurya, S., Abraham, J. S., Somasundaram, S., Toteja, R., Gupta, R., & Makhija, S. (2020). Indicators for assessment of soil quality: a mini-review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 1-22.
- Mazurek, R., Kowalska, J. B., Zadrożny, P., Gąsiorek, M., & Kozak, H. (2018). Rendzinas diversity of the Ojców National Park as an effect of lithological factors. *Soil Science Annual*, 69(2).
- McCulley, R. L., & Burke, I. C. (2004). Microbial community composition across the Great Plains: landscape versus regional variability. *Soil Science Society of America Journal*, 68(1), 106-115.
- Mekuria, W., Veldkamp, E., Haile, M., Nyssen, J., Muys, B., & Gebrehiwot, K. (2007). Effectiveness of exclosures to restore degraded soils as a result of overgrazing in Tigray, Ethiopia. *Journal of arid environments*, 69(2), 270-284.
- Mendes, I. C., Sousa, D. M. G., Dantas, O. D., Lopes, A. A. C., Junior, F. B. R., Oliveira, M. I., & Chaer, G. M. (2021). Soil quality and grain yield: A win-win combination in clayey tropical Oxisols. *Geoderma*, 388, 114880.
- Mermut, A. R., & St. Arnaud, R. J. (1981). A micromorphological study of calcareous soil horizons in Saskatchewan soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 61(2), 243-260.
- Metternicht, G. I., & Zinck, J. A. (2003). Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. *Remote sensing of Environment*, 85(1), 1-20.
- Mezera, J. I. R. I., Lukas, V. O. J. T. E. C. H., & Elbl, J. A. K. U. B. (2017). Evaluation of crop yield spatial variability in relation to variable rate application of fertilizers. *MendelNet*, 24(1), 17-37.
- Mirasi, A., Mahmoudi, A., Navid, H., Valizadeh Kamran, K., & Asoodar, M. A. (2021). Evaluation of sum-NDVI values to estimate wheat grain yields using multi-temporal Landsat OLI data. *Geocarto International*, 36(12), 1309-1324.
- Mishra, G., Das, J., & Sulieman, M. (2019). Modelling soil cation exchange capacity in different land-use systems using artificial neural networks and multiple regression analysis. *Current Science*, 116(12), 2020-2027.
- Moran, M. S., Rahman, A. F., Washburne, J. C., Goodrich, D. C., Weltz, M. A., & Kustas, W. P. (1996). Combining the Penman-Monteith equation with measurements of surface temperature and reflectance to estimate evaporation rates of semiarid grassland. *Agricultural and forest Meteorology*, 80(2-4), 87-109.
- MTA, 1974. 1:500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Teknik ve Arama Enstitüsü Yayınları. 78 s. Ankara.

- Mukherjee, A., & Zimmerman, A. R. (2013). Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar–soil mixtures. *Geoderma*, 193, 122-130.
- Mulla, D. J., & McBratney, A. B. (2001). *Soil spatial variability* (pp. 343-77). Soil physics companion. Boca Raton: CRC Press.
- Nabiollahi, K., Golmohamadi, F., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Kerry, R., & Davari, M. (2018). Assessing the effects of slope gradient and land use change on soil quality degradation through digital mapping of soil quality indices and soil loss rate. *Geoderma*, 318, 16-28.
- Nachtergaele, F. (2001). Soil taxonomy—a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. *Geoderma*, 99(3-4), 336-337.
- Najafian, A., Dayani, M., Motaghian, H. R., & Nadian, H. (2012). Geostatistical assessment of the spatial distribution of some chemical properties in calcareous soils. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(10), 1729-1737.
- Navarro-Cerrillo, R. M., Ariza, D., González, L., del Campo, A., Arjona, M., & Ceacero, C. (2009). Legume living mulch for afforestation in agricultural land in Southern Spain. *Soil and Tillage Research*, 102(1), 38-44.
- Nciizah, A. D., & Wakindiki, I. I. (2014). Rainfall pattern effects on crusting, infiltration and erodibility in some South African soils with various texture and mineralogy. *Water SA*, 40(1), 57-63.
- Nejad, A. A. A., & Nejad, M. B. (1997). The effects of topography on genesis and development of soils in Kermansha area. *Iran Journal of Science*, 28(3), 99-111.
- Nieder, R., Benbi, D. K., Reichl, F. X., Nieder, R., Benbi, D. K., & Reichl, F. X. (2018). Soil quality and human health. *Soil components and human health*, 1-34.
- Niemeyer, J. C., Lolata, G. B., de Carvalho, G. M., Da Silva, E. M., Sousa, J. P., & Nogueira, M. A. (2012). Microbial indicators of soil health as tools for ecological risk assessment of a metal contaminated site in Brazil. *Applied soil ecology*, 59, 96-105.
- Nimmo, J. R. (2004). Aggregation: physical aspects. *Encyclopedia of soils in the environment*. Academic Press, London, 10, B0-12.
- Nirel, P., & Pasquini, F. (2010, June). Differentiation of copper pollution origin: agricultural and urban sources. In *Novatech 2010-7ème Conférence internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie/7th International Conference on sustainable techniques and strategies for urban water management* (pp. 1-6). GRAIE, Lyon, France.
- Obalum, S. E., Chibuike, G. U., Peth, S., & Ouyang, Y. (2017). Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. *Environmental monitoring and assessment*, 189, 1-19.
- Obia, A., Mulder, J., Hale, S. E., Nurida, N. L., & Cornelissen, G. (2018). The potential of biochar in improving drainage, aeration and maize yields in heavy clay soils. *PLoS One*, 13(5), e0196794.

- Olorunfemi, I. E., Fasinmirin, J. T., & Akinola, F. F. (2018). Soil physico-chemical properties and fertility status of long-term land use and cover changes: A case study in Forest vegetative zone of Nigeria. *Eurasian Journal of Soil Science*, 7(2), 133-150.
- Olsen, S. R. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate* (No. 939). US Department of Agriculture.
- ORTAŞ, İ. BİOÇAR'IN TOPRAK KALİTESİ VE BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ. *ÇALIŞTAYI Bildiriler*, 53.
- Oymatov, R., & Safayev, S. (2021). Creation of a complex electronic map of agriculture and agro-geo databases using GIS techniques. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 258, p. 03020). EDP Sciences.
- Ozsahin, E., Eroglu, I., & Pektezel, H. (2017). Soil quality index (SQI) ANALYSIS of Tekirdag province using GIS (Thrace, Turkey). *Fresen. Environ. Bull*, 26(4), 3005-3014.
- Özkan, B., Dengiz, O., & Demirağ Turan, İ. (2019). Site suitability assessment and mapping for rice cultivation using multi-criteria decision analysis based on fuzzy-AHP and TOPSIS approaches under semihumid ecological condition in delta plain. *Paddy and Water Environment*, 17, 665-676.
- ÖZKUTLU, F., KORKMAZ, K., ÖZENÇ, N., AYGÜN, A., ŞAHİN, Ö., KAHRAMAN, M., ... & TAŞKIN, B. (2016). Ordu-Merkez ilçedeki bazı fındık bahçelerinin mineral beslenme durumunun belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(2), 77-86.
- Page, A. L. (1982). *Methods of soil analysis*.
- Panda, S. S., Ames, D. P., & Panigrahi, S. (2010). Application of vegetation indices for agricultural crop yield prediction using neural network techniques. *Remote sensing*, 2(3), 673-696.
- Pardo, J. M., & Quintero, F. J. (2002). Plants and sodium ions: keeping company with the enemy. *Genome Biology*, 3(6), 1-4.
- Patrono, A. (1998). Multi-criteria analysis and Geographic Information Systems: analysis of natural areas and ecological distributions. *Multicriteria analysis for land-use management*, 271-292.
- Pekacar, A. Y., & Bağdatlı, M. C. (2021). *İstanbul-Ankara otoyoluna yakın tarım arazilerindeki ağır metal kirlilik düzeylerinin belirlenerek coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla mekânsal olarak haritalanması* (Master's thesis, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi).
- Pell, M., Stenström, J., & Granhall, U. (2006). 7.2 Soil Respiration. *Methods for Assessing Soil Quality*, 117.
- Peñuelas, J., Filella, I., & Gamon, J. A. (1995). Assessment of photosynthetic radiation-use efficiency with spectral reflectance. *New Phytologist*, 131(3), 291-296.

- Peñuelas, J., Filella, I., Biel, C., Serrano, L., & Save, R. (1993). The reflectance at the 950-970 nm region as an indicator of plant. *Int. J. Remote Sensing*, 14(10), 1887-1905.
- Petersen, C. T., Trautner, A., & Hansen, S. (2008). Spatio-temporal variation of anisotropy of saturated hydraulic conductivity in a tilled sandy loam soil. *Soil and Tillage Research*, 100(1-2), 108-113.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in ecology & evolution*, 20(9), 503-510.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in ecology & evolution*, 20(9), 503-510.
- Pishyar, S., Khosravi, H., Tavili, A., Malekian, A., & Sabourirad, S. (2020). A combined AHP-and TOPSIS-based approach in the assessment of desertification disaster risk. *Environmental Modeling & Assessment*, 25, 219-229.
- Polat, H. (2018). Türkiye tarım topraklarının verimlilik özellikleri. *TZOB, Çiftçi ve Köy Dünyası Dergisi*, 33-37.
- Polat, H., Güngör, İ., & Koca, C. (2013). Türkiye’de kullanılan azotlu gübrelerin standart ve yönetmeliklerle uyumluluğu üzerine bir araştırma. *Topraksu Dergisi*, 2(2), 102-111.
- Polyakov, V., & Lal, R. (2004). Modeling soil organic matter dynamics as affected by soil water erosion. *Environment International*, 30(4), 547-556.
- Powlson, D. S., & Jenkinson, D. S. (1976). The effects of biocidal treatments on metabolism in soil—II. Gamma irradiation, autoclaving, air-drying and fumigation. *Soil Biology and Biochemistry*, 8(3), 179-188.
- Pritchett, K., Kennedy, A. C., & Cogger, C. G. (2011). Management effects on soil quality in organic vegetable systems in western Washington. *Soil Science Society of America Journal*, 75(2), 605-615.
- Pulido, M., Schnabel, S., Contador, J. F. L., Lozano-Parra, J., & Gómez-Gutiérrez, Á. (2017). Selecting indicators for assessing soil quality and degradation in rangelands of Extremadura (SW Spain). *Ecological indicators*, 74, 49-61.
- Qi, Y., Darilek, J. L., Huang, B., Zhao, Y., Sun, W., & Gu, Z. (2009). Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. *Geoderma*, 149(3-4), 325-334.
- Qiu, S., Xie, J., Zhao, S., Xu, X., Hou, Y., Wang, X., ... & Jin, J. (2014). Long-term effects of potassium fertilization on yield, efficiency, and soil fertility status in a rain-fed maize system in northeast China. *Field crops research*, 163, 1-9.
- Rab, M. A., Chandra, S., Fisher, P. D., Robinson, N. J., Kitching, M., Aumann, C. D., & Imhof, M. (2011). Modelling and prediction of soil water contents at field capacity and permanent wilting point of dryland cropping soils. *Soil Research*, 49(5), 389-407.

- Radwan, N. M., Senousy, M. B., & Alaa El Din, M. R. (2016). *Neutrosophic AHP multi criteria decision making method applied on the selection of learning management system*. Infinite Study.
- Raheja, S., & Dhadich, R. (2013). Many-Valued Logics for Modeling Vagueness. *International Journal of Computer Applications*, 61(7).
- Raheja, S., & Dhadich, R. (2013). Many-Valued Logics for Modeling Vagueness. *International Journal of Computer Applications*, 61(7).
- Rahmanipour, F., Marzaioli, R., Bahrami, H. A., Fereidouni, Z., & Bandarabadi, S. R. (2014). Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. *Ecological indicators*, 40, 19-26.
- Raich, J. W., & Potter, C. S. (1995). Global patterns of carbon dioxide emissions from soils. *Global biogeochemical cycles*, 9(1), 23-36.
- Raich, J. W., & Schlesinger, W. H. (1992). The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus B*, 44(2), 81-99.
- Ramirez, K. S., Craine, J. M., & Fierer, N. (2010). Nitrogen fertilization inhibits soil microbial respiration regardless of the form of nitrogen applied. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(12), 2336-2338.
- Rezaee, L., Moosavi, A. A., Davatgar, N., & Sepaskhah, A. R. (2020). Soil quality indices of paddy soils in Guilan province of northern Iran: Spatial variability and their influential parameters. *Ecological Indicators*, 117, 106566.
- Rhoades, J. D. (1983). Cation exchange capacity. *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties*, 9, 149-157.
- Richards, L. A. (Ed.). (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* (No. 60). US Government Printing Office.
- Richardson, A. E., Lynch, J. P., Ryan, P. R., Delhaize, E., Smith, F. A., Smith, S. E., ... & Simpson, R. J. (2011). Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. *Plant and soil*, 349, 121-156.
- Riley, H., Pommeresche, R., Eltun, R., Hansen, S., & Korsæth, A. (2008). Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agriculture, ecosystems & environment*, 124(3-4), 275-284.
- Rindfuss, R. R., Walsh, S. J., Turner, B. L., Fox, J., & Mishra, V. (2004). Developing a science of land change: challenges and methodological issues. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(39), 13976-13981.
- Risk, D., Kellman, L., & Beltrami, H. (2002). Carbon dioxide in soil profiles: production and temperature dependence. *Geophysical research letters*, 29(6), 11-1.
- Rogowski, A. S., & Wolf, J. K. (1994). Incorporating variability into soil map unit delineations. *Soil science society of America Journal*, 58(1), 163-174.
- Romero-Freire, A., Aragón, M. S., Garzón, F. M., & Peinado, F. M. (2016). Is soil basal respiration a good indicator of soil pollution?. *Geoderma*, 263, 132-139.

- Rondeaux, G., Steven, M., & Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 55(2), 95-107.
- Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Deering, D. W., Schell, J. A., & Harlan, J. C. (1974). *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation* (No. E75-10354).
- Rout, G. R., & Sahoo, S. (2015). Role of iron in plant growth and metabolism. *Reviews in Agricultural Science*, 3, 1-24.
- Rueter, J. G., & Robinson, D. H. (1986). Inhibition Of Carbon Uptake And Stimulation Of Nitrate Uptake At Low Salinities In *Fucus Distichus* (Phaeophyceae) 1. *Journal Of Phycology*, 22(2), 243-246.
- Ryan, M. G., & Law, B. E. (2005). Interpreting, measuring, and modeling soil respiration. *Biogeochemistry*, 73, 3-27.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.
- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- Saffigna, P. G., Keeney, D. R., & Tanner, C. B. (1977). Nitrogen, Chloride, and Water Balance with Irrigated Russet Burbank Potatoes in a Sandy Soil 1. *Agronomy Journal*, 69(2), 251-257.
- Sağlam, M. (2013). Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. *Toprak Su Dergisi*, 2(1), 7-14.
- Sağlam, M., Dengiz, O., & Saygın, F. (2015). Assessment of horizontal and vertical variabilities of soil quality using multivariate statistics and geostatistical methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(13), 1677-1697.
- Sahararini, A. F., & Wibowo, A. (2020, March). Estimation of rice productivity using Sentinel-2 imagery with NDVI algorithm in Cariu sub-district, Bogor, West Java. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 481, No. 1, p. 012056). IOP Publishing.
- Saidi, D. (2012). Relationship between cation exchange capacity and the saline phase of Cheliff sol.
- Salazar, M., Poch, R. M., & Bosch, A. D. (2002). Reclamation of steeply sloping coal spoil banks under Mediterranean semi-arid climate. *Soil Research*, 40(5), 827-845.
- Salinas-Zavala, C. A., Douglas, A. V., & Diaz, H. F. (2002). Interannual variability of NDVI in northwest Mexico. Associated climatic mechanisms and ecological implications. *Remote Sensing of Environment*, 82(2-3), 417-430.
- Sarı, H., & Sağlam, M. T. (2018). Aynı Noktadan Alınmış, Bozulmuş Ve Bozulmamış Toprak Örneklerinde Hidrolik İletkenlik İlişkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*.

- Sarker, J. R., Singh, B. P., Cowie, A. L., Fang, Y., Collins, D., Badgery, W., & Dalal, R. C. (2018). Agricultural management practices impacted carbon and nutrient concentrations in soil aggregates, with minimal influence on aggregate stability and total carbon and nutrient stocks in contrasting soils. *Soil and Tillage Research*, 178, 209-223.
- Scheftic, W., Zeng, X., Broxton, P., & Brunke, M. (2014). Intercomparison of seven NDVI products over the United States and Mexico. *Remote Sensing*, 6(2), 1057-1084.
- Schimel, D. S., Braswell, B. H., Holland, E. A., McKeown, R., Ojima, D. S., Painter, T. H., ... & Townsend, A. R. (1994). Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. *Global biogeochemical cycles*, 8(3), 279-293.
- Schimel, D. S., House, J. I., Hibbard, K. A., Bousquet, P., Ciais, P., Peylin, P., ... & Wirth, C. (2001). Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. *Nature*, 414(6860), 169-172.
- Schlesinger, W. H., & Andrews, J. A. (2000). Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*, 48, 7-20.
- Schmidt, M. W., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., ... & Trumbore, S. E. (2011). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478(7367), 49-56.
- Schoenholtz, S. H., Van Miegroet, H., & Burger, J. A. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest ecology and management*, 138(1-3), 335-356.
- Schulte, E. E., & Kelling, K. A. (1985). *Soil Calcium to Magnesium Ratios--should You be Concerned?* (Vol. 2986). University of Wisconsin--Extension.
- Shahab, H., Emami, H., Haghnia, G., & Karimi, A. (2011). Determining most important properties for soil quality indices of agriculture and range lands in a some parts of southern Mashhad.
- Shahzadi, G., Akram, M., & Saeid, A. B. (2017). An application of single-valued neutrosophic sets in medical diagnosis. *Neutrosophic sets and systems*, 18, 80-88.
- Shakouri, M., Shabanpour, M., Davatgar, N., & Vazifehdoust, M. (2021). Assessment of Soil Quality in Paddy Soils with Different Yields (A Case Study: Kouchsfahan, Guilan Province). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 51(12), 3161-3176.
- Sharma, P., Rai, S. C., Sharma, R., & Sharma, E. (2004). Effects of land-use change on soil microbial C, N and P in a Himalayan watershed. *Pedobiologia*, 48(1), 83-92.
- Shee, D. Y., & Wang, Y. S. (2008). Multi-criteria evaluation of the web-based e-learning system: A methodology based on learner satisfaction and its applications. *Computers & Education*, 50(3), 894-905.

- Shokr, M. S., Abdellatif, M. A., El Baroudy, A. A., Elnashar, A., Ali, E. F., Belal, A. A., ... & Kheir, A. M. (2021). Development of a spatial model for soil quality assessment under arid and semi-arid conditions. *Sustainability*, 13(5), 2893.
- Shou, L., Jia, L., Cui, Z., Chen, X., & Zhang, F. (2007). Using high-resolution satellite imaging to evaluate nitrogen status of winter wheat. *Journal of plant nutrition*, 30(10), 1669-1680.
- Shukla, M. K., Lal, R., & Ebinger, M. (2006). Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research*, 87(2), 194-204.
- Six, J., Feller, C., Denef, K., Ogle, S., de Moraes Sa, J. C., & Albrecht, A. (2002). Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils-Effects of no-tillage. *Agronomie*, 22(7-8), 755-775.
- Six, J., Paustian, K., Elliott, E. T., & Combrink, C. (2000). Soil structure and organic matter I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 64(2), 681-689.
- Skakun, S., Franch, B., Vermote, E., Roger, J. C., Justice, C., Masek, J., & Murphy, E. (2018, July). Winter wheat yield assessment using Landsat 8 and Sentinel-2 data. In *IGARSS 2018-2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 5964-5967). IEEE.
- Smarandache, F. (1995). Neutrosophic logic and set, mss.
- Smarandache, F. (1999). A unifying field in logics. neutrosophy: Neutrosophic probability, set and logic.
- Smarandache, F. (2006, May). Neutrosophic set-a generalization of the intuitionistic fuzzy set. In *2006 IEEE international conference on granular computing* (pp. 38-42). IEEE.
- Smarandache, F., & Pramanik, S. (Eds.). (2018). *Neutrosophic Sets and Systems: An International Book Series in Information Science and Engineering*, vol. 19/2018 (Vol. 19). Infinite Study.
- Smarandache, F., Zhang, Y., & Sunderraman, R. (2009). Single valued neutrosophic sets. *Neutrosophy: neutrosophic probability, set and logic*, 4, 126-129.
- Smith, P. (2004). How long before a change in soil organic carbon can be detected?. *Global Change Biology*, 10(11), 1878-1883.
- Soil Survey Staff. 1992. Procedures for Collecting Soil Samples and Methods of Analysis for Soil Survey. Soil Surv. Invest. Rep. I. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C. USA.
- Southworth, J., & Gibbes, C. (2010). Digital remote sensing within the field of land change science: Past, present and future directions. *Geography Compass*, 4(12), 1695-1712.
- Spohn, M. (2014). Microbial respiration per unit microbial biomass depends on soil litter carbon-to-nitrogen ratio. *Biogeosciences Discussions*, 11(10).
- Spohn, M., & Chodak, M. (2015). Microbial respiration per unit biomass increases with carbon-to-nutrient ratios in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 81, 128-133.

- Staff, S. S. (1993). Soil Survey Manual. USDA Handbook no. 18. *US Government Printing Office, Washington, DC.*
- Staff, S. S. (2014). Keys to soil taxonomy. *United States Department of Agriculture: Washington, DC, USA.*
- Stefanowicz, A. M., Niklińska, M., & Laskowski, R. (2008). Metals affect soil bacterial and fungal functional diversity differently. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 27(3), 591-598.
- Stockdale, E. A., & Brookes, P. C. (2006). Detection and quantification of the soil microbial biomass—impacts on the management of agricultural soils. *The Journal of Agricultural Science*, 144(4), 285-302.
- Suliman, M., Saeed, I., Hassaballa, A., & Rodrigo-Comino, J. (2018). Modeling cation exchange capacity in multi geochronological-derived alluvium soils: An approach based on soil depth intervals. *Catena*, 167, 327-339.
- Sun, B., Zhou, S., & Zhao, Q. (2003). Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. *Geoderma*, 115(1-2), 85-99.
- Süzer, S. (2001). Kanola tarımı. *Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü.*
- Tauqeer, H. M., Turan, V., & Iqbal, M. (2022). Production of safer vegetables from heavy metals contaminated soils: the current situation, concerns associated with human health and novel management strategies. In *Advances in bioremediation and phytoremediation for sustainable soil management: principles, monitoring and remediation* (pp. 301-312). Cham: Springer International Publishing.
- Tauqeer, H. M., Turan, V., Farhad, M., & Iqbal, M. (2022). Sustainable agriculture and plant production by virtue of biochar in the era of climate change. In *Managing plant production under changing environment* (pp. 21-42). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J. L., & Hernandez, M. T. (2006). Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(6), 1413-1421.
- Tercan, E., Dengiz, O., Özkan, B., Dereli, M. A., & Öztekin, Y. B. (2022). Geographic information system–assisted site quality assessment for hazelnut cultivation using multi-criteria decision analysis in the Black Sea region, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(24), 35908-35933.
- Turan, İ. D., Dengiz, O., & Özkan, B. (2019). Spatial assessment and mapping of soil quality index for desertification in the semi-arid terrestrial ecosystem using MCDM in interval type-2 fuzzy environment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 164, 104933.
- Turan, İ. D., Dengiz, O., & Özkan, B. (2019). Spatial assessment and mapping of soil quality index for desertification in the semi-arid terrestrial ecosystem using MCDM in interval type-2 fuzzy environment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 164, 104933.
- Turgut, B., & Köse, B. (2016). Improvements in aggregate stability of sediments

- supplemented with tea waste and farmyard manure. *Spanish Journal of Soil Science: SJSS*, 6(2), 98-106.
- Usonicz, B., & Lipiec, J. (2021). Spatial variability of saturated hydraulic conductivity and its links with other soil properties at the regional scale. *Scientific Reports*, 11(1), 8293.
- Uzoma, K. C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., & Nishihara, E. (2011). Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil use and management*, 27(2), 205-212.
- Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A. J., Schulze, E. D., Rebmann, C. J. M. E. A. G., Moors, E. J., ... & Jarvis, P. G. (2000). Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature*, 404(6780), 861-865.
- Valle, S. R., & Carrasco, J. (2018). Soil quality indicator selection in Chilean volcanic soils formed under temperate and humid conditions. *Catena*, 162, 386-395.
- Van Asperen, H. L., Bor, A. M. C., Sonneveld, M. P. W., Bruins, H. J., & Lazarovitch, N. (2014). Properties of anthropogenic soils in ancient run-off capturing agricultural terraces in the Central Negev desert (Israel) and related effects of biochar and ash on crop growth. *Plant and soil*, 374, 779-792.
- Van Bruggen, A. H., & Semenov, A. M. (2000). In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecology*, 15(1), 13-24.
- Van Leeuwen, W. J., Orr, B. J., Marsh, S. E., & Herrmann, S. M. (2006). Multi-sensor NDVI data continuity: Uncertainties and implications for vegetation monitoring applications. *Remote sensing of environment*, 100(1), 67-81.
- Verhulst, N., Govaerts, B., Sayre, K. D., Deckers, J., François, I. M., & Dendooven, L. (2009). Using NDVI and soil quality analysis to assess influence of agronomic management on within-plot spatial variability and factors limiting production. *Plant and Soil*, 317, 41-59.
- Villarino, S. H., Studdert, G. A., Baldassini, P., Cendoya, M. G., Ciuffoli, L., Mastrángelo, M., & Piñeiro, G. (2017). Deforestation impacts on soil organic carbon stocks in the Semiarid Chaco Region, Argentina. *Science of the total environment*, 575, 1056-1065.
- Vitousek, P. M., Porder, S., Houlton, B. Z., & Chadwick, O. A. (2010). Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen–phosphorus interactions. *Ecological applications*, 20(1), 5-15.
- Vohland, M., Ludwig, M., Thiele-Bruhn, S., & Ludwig, B. (2014). Determination of soil properties with visible to near-and mid-infrared spectroscopy: Effects of spectral variable selection. *Geoderma*, 223, 88-96.
- VOLUNGEVIČIUS, J., Feiza, V., AMALEVIČIŪTĖ-VOLUNGĖ, K., LIAUDANSKIENĖ, I., ŠLEPETIENĖ, A., KUNCEVIČIUS, A., ... & POŠKIENĖ, J. (2019). Transformations of different soils under natural and anthropogenized land management. *Zemdirbyste-Agriculture*, 106(1).
- Wang, C., Walker, B. D., & Rees, H. W. (1997). Establishing a benchmark system for monitoring soil quality in Canada. In *Developments in soil science* (Vol. 25, pp. 323-337). Elsevier.

- Wang, H., Smarandache, F., Zhang, Y., & Sunderraman, R. (2010). Single valued neutrosophic sets. *Infinite study*, 12.
- Wang, Q., He, T., Wang, S., & Liu, L. (2013). Carbon input manipulation affects soil respiration and microbial community composition in a subtropical coniferous forest. *Agricultural and forest meteorology*, 178, 152-160.
- Wang, Y., Tu, C., Cheng, L., Li, C., Gentry, L. F., Hoyt, G. D., ... & Hu, S. (2011). Long-term impact of farming practices on soil organic carbon and nitrogen pools and microbial biomass and activity. *Soil and Tillage Research*, 117, 8-16.
- Wanic, T., Bodziarczyk, J., Gąsiorek, M., Hawryło, P., Józefowska, A., Kajdas, B., ... & Zaleski, T. (2017). Trophic conditions of forest soils of the Pieniny National Park, southern Poland. *Soil Science Annual*, 68(4), 205.
- Weiss, E., Marsh, S. E., & Pfirman, E. S. (2001). Application of NOAA-AVHRR NDVI time-series data to assess changes in Saudi Arabia's rangelands. *International Journal of Remote Sensing*, 22(6), 1005-1027.
- Welde, K., & Gebremariam, B. (2017). Effect of land use land cover dynamics on hydrological response of watershed: Case study of Tekeze Dam watershed, northern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 5(1), 1-16.
- Whitbread, A. M., Blair, G. J., & Lefroy, R. D. (2000). Managing legume leys, residues and fertilisers to enhance the sustainability of wheat cropping systems in Australia: 2. Soil physical fertility and carbon. *Soil and Tillage Research*, 54(1-2), 77-89.
- White, R. E. (2005). *Principles and practice of soil science: the soil as a natural resource*. John Wiley & Sons.
- Wilding, L. P., Bouma, J., & Goss, D. W. (1994). Impact of spatial variability on interpretive modeling. *Quantitative modeling of soil forming processes*, 39, 61-75.
- Wilford, J., De Caritat, P., & Bui, E. (2015). Modelling the abundance of soil calcium carbonate across Australia using geochemical survey data and environmental predictors. *Geoderma*, 259, 81-92.
- Wójtowicz, M., Wójtowicz, A., & Piekarczyk, J. (2016). Application of remote sensing methods in agriculture. *Communications in biometry and crop science*, 11(1), 31-50.
- Wu, C., Dai, E., Zhao, Z., Wang, Y., & Liu, G. (2021). Soil-Quality Assessment during the Dry Season in the Mun River Basin Thailand. *Land*, 10(1), 61.
- Wu, C., Liu, G., Huang, C., & Liu, Q. (2019). Soil quality assessment in Yellow River Delta: establishing a minimum data set and fuzzy logic model. *Geoderma*, 334, 82-89.
- Wu, C., Niu, Z., Tang, Q., & Huang, W. (2008). Estimating chlorophyll content from hyperspectral vegetation indices: Modeling and validation. *Agricultural and forest meteorology*, 148(8-9), 1230-1241.

- Wyngaard, N., Cabrera, M. L., Jarosch, K. A., & Bünemann, E. K. (2016). Phosphorus in the coarse soil fraction is related to soil organic phosphorus mineralization measured by isotopic dilution. *Soil Biology and Biochemistry*, 96, 107-118.
- Xu, Z., & Liao, H. (2013). Intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process. *IEEE transactions on fuzzy systems*, 22(4), 749-761.
- Xu, Z., & Liao, H. (2013). Intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process. *IEEE transactions on fuzzy systems*, 22(4), 749-761.
- Xue, B., Huang, L., Huang, Y., Yin, Z., Li, X., & Lu, J. (2019). Effects of organic carbon and iron oxides on soil aggregate stability under different tillage systems in a rice–rape cropping system. *Catena*, 177, 1-12.
- YAKUPOĞLU, T., ŞİŞMAN, A. Ö., & GÜNDOĞAN, R. (2015). Toprakların agregat stabilitesi değerlerinin yapay sınır ağları ile tahminlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 83-92.
- Yang, J. E., Kim, S., Ok, Y., Lee, H., Kim, D., & Kim, K. (2010, August). Determining minimum data set for soil quality assessment of organic farming system in Korea. In *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World* (pp. 1-6).
- Yao, R., Yang, J., Gao, P., Zhang, J., & Jin, W. (2013). Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area. *Soil and Tillage Research*, 128, 137-148.
- Ye, J. (2014). A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 26(5), 2459-2466.
- Ye, R., Parajuli, B., & Sigua, G. (2019). Subsurface clay soil application improved aggregate stability, nitrogen availability, and organic carbon preservation in degraded ultisols with cover crop mixtures. *Soil Science Society of America Journal*, 83(3), 597-604.
- Yılmaz, E., Tuna, A. L., & Bürün, B. (2011). Bitkilerin Tuz Stresi Etkilerine Karşı Gelistirdikleri Tolerans Stratejileri-Tolerance Strategies Developed By Plants To The Effects Of Salt Stress. *Celal Bayar University Journal Of Science*, 7(1), 47-66.
- Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: an introduction*. Sage publications.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zasoński, S. T. A. N. I. S. Ł. A. W., & Skiba, S. T. E. F. A. N. (1988). Chemiczne i mikromorfologiczne właściwości gleb wapniowcowych okolic Cieszyna. *Roczniki Gleboznawcze*, 39(3).
- Zhang, B., & Horn, R. (2001). Mechanisms of aggregate stabilization in Ultisols from subtropical China. *Geoderma*, 99(1-2), 123-145.
- Zhang, C., Xue, S., Liu, G. B., & Song, Z. L. (2011). A comparison of soil qualities of different revegetation types in the Loess Plateau, China. *Plant and Soil*, 347, 163-178.

- Zhang, H. K., Roy, D. P., Yan, L., Li, Z., Huang, H., Vermote, E., ... & Roger, J. C. (2018). Characterization of Sentinel-2A and Landsat-8 top of atmosphere, surface, and nadir BRDF adjusted reflectance and NDVI differences. *Remote sensing of environment*, 215, 482-494.
- Zhang, Q., Miao, F., Wang, Z., Shen, Y., & Wang, G. (2017). Effects of long-term fertilization management practices on soil microbial biomass in China's cropland: A meta-analysis. *Agronomy Journal*, 109(4), 1183-1195.
- Zhou, H. H., Chen, Y. N., & Li, W. H. (2010). Soil properties and their spatial pattern in an oasis on the lower reaches of the Tarim River, northwest China. *Agricultural Water Management*, 97(11), 1915-1922.
- Ziadat, F. M., & Taimeh, A. Y. (2013). Effect of rainfall intensity, slope, land use and antecedent soil moisture on soil erosion in an arid environment. *Land Degradation & Development*, 24(6), 582-590.
- Zolfaghary, P., Zakerinia, M., & Kazemi, H. (2021). A model for the use of urban treated wastewater in agriculture using multiple criteria decision making (MCDM) and geographic information system (GIS). *Agricultural Water Management*, 243, 106490.
- Zörb, C., Senbayram, M., & Peiter, E. (2014). Potassium in agriculture—status and perspectives. *Journal of plant physiology*, 171(9), 656-669.
- Zuber, S. M., & Villamil, M. B. (2016). Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 97, 176-187.
- Zuber, S. M., & Villamil, M. B. (2016). Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 97, 176-187.
- Zuber, S. M., Behnke, G. D., Nafziger, E. D., & Villamil, M. B. (2017). Multivariate assessment of soil quality indicators for crop rotation and tillage in Illinois. *Soil and Tillage Research*, 174, 147-155.



ÖZ GEÇMİŞ

2011 yılında lisans öğrenimine başladığı Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nden 2016 yılında mezun olmuştur. 2015 yılında Erasmus öğrenci değişim programı kapsamında Slovenya'ya gitmeye hak kazanarak 1 sönestr boyunca University of Maribor'da lisans öğrenimi görmüştür. 2017 yılında Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde yüksek lisans programına başlamış ve bu kapsamda 2019 yılında ‘‘Ziraat Yüksek Mühendisi’’ derecesini almaya hak kazanmıştır. 2020 yılının Eylül ayında 100/2000 YÖK Doktora Programı kapsamında araştırmacı bursiyer olarak doktora eğitime başlamıştır.

İletişim Bilgileri

ORCID ID: 0000-0001-9814-5651

Yayınlar:

- Dengiz O. , Dedeoğlu, M. , & Kaya N.S. (2022). Determination of the relationship between rice suitability classes and satellite images with different time series for Yeşil Küre farmlands. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 32(3), 507-526.
- Kaya N.S, Özkan, B., Dengiz O., & Turan, İ.D. (2022). Digital mapping and spatial variability of soil quality index for desertification in the Akarçay Basin under the semi-arid terrestrial ecosystem using neutrosophic fuzzy-AHP approach. *Natural Hazards*, 112(3), 2101-2132.
- Kaya N.S. , Turan, İ.D. , Dengiz, O. , & Saygin, F. (2020). Farklı konumsal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri kullanarak CORINE arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarının belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 207-218.
- Kaya, N. S., Pacci, S., Demirağ Turan, I., Odabas, M. S., & Dengiz, O. (2023). Comparing geographic information systems-based fuzzy-analytic hierarchical process approach and artificial neural network to characterize soil erosion risk indexes. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 1-16.
- Özkan, B., Dengiz, O., Alaboz, P., & Kaya, N. S. (2023). A new hybrid approach to assessing soil quality using neutrosophic fuzzy-AHP and support vector machine algorithm in sub-humid ecosystem. *Journal of Mountain Science*, 20(11), 3186-3202.
- Pacci S. , Kaya N.S. , Dengiz O. , & Turan, İ. D. (2021). Van havzası içerisinde yer alan mera arazilerinde SMAF modeli kullanılarak toprak kalitesinin değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(2), 301-316.

Pacci S. , Kaya N.S. , Turan, İ.D. , Odabas M.S. , & Dengiz O. (2022). Comparative approach for soil quality index based on spatial multi-criteria analysis and artificial neural network. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(1), 104.

Turan İ.D. , Dengiz O. , & Kaya N.S. , (2021). Arazi örtüsü/arazi kullanım değişimlerinin farklı zamanlı Landsat uydu görüntüleri ile belirlenmesi: Çarşamba Delta Ovası örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 141-152.

Bildiriler:

Kaya N.S. , Bayramin İ. , (2019). Comparison of Classification Systems in Remote Sensing Based Land Use Determination Studies. *International symposium on 'Successful Transformation toward Land Degradation Neutrality: Future Perspective. 10th International Soil Congress 2019. 17-19 June 2019, Ankara, Turkey. (Uluslararası Kongre Metni).*

Kaya N.S., Dengiz O., (2023). Supervised Classification of Sentinel-2A MSI Data Using GIS-Based Support Vector Machine and Random Forest Algorithms. *International Symposium on "Soil Science and Plant Nutrition". Federation of Eurasian Soil Science Societies Cooperation with Erasmus Mundus Joint Master Degree in Soil Science (emiSS) Programme. 8-9 December 2023/ Samsun, Türkiye. (Uluslararası Kongre Metni).*

Kaya N.S. , Dengiz O. , (2021). Combination of Fuzzy-AHP and Neutrosophic-Set and their applications for the Multiple-Criteria Decision Analyses. *International symposium on 'Soil Science and Plant Nutrition' Federation of Eurasian Soil Science Societies Cooperation with Erasmus Mundus Joint master's degree in Soil Science (emiSS) Programme. 18-19 December 2021/Samsun, Turkey. (Uluslararası Kongre Metni).*

Kaya N.S. , Dengiz O. , Dedeoğlu M. , (2022). Remote estimation of the relationship between erosion risk classes using the Neutrosophic Fuzzy-AHP and RE-OSAVI for Sinop Province, Turkey. *International symposium on 'Soil Science and Plant Nutrition' Federation of Eurasian Soil Science Societies Cooperation with Erasmus Mundus Joint master's degree in Soil Science (emiSS) Programme. 2-3 December 2022/Samsun, Turkey. (Uluslararası Kongre Metni).*

Kaya, N. S., & Dengiz, O. (2023, September). Evaluating The Performance Of Logistic Regression Model In Predicting Soil Quality Index For Paddy Fields. In *Proceedings Of V. International Agricultural, Biological, Life Science Conference Agbiol 2023* (P. 1080). (Uluslararası Kongre Metni).

Uluslararası Kitap Bölümleri:

Kaya N.S., 2023. Vegetation Indexes Based on Remote Sensing Technologies Used in Sugar Beet Cultivation: A Review.

Kaya N.S., Ay A., 2023. Remote Sensing and Geographical Information Systems in Soil Erosion Studies.

Kaya N.S., Demirkaya S., 2023. Machine Learning Applications in Soil Quality Assessment: A Review.

Kaya N.S., Dengiz O., 2023. Fuzzy Analytical Hierarchy Process Applications in Desertification and Soil Erosion Assessments: A Review.

Kaya N.S., Dengiz, O., 2023. Some Vegetation Indexes Using in Land use/Land cover, Soil Erosion and Soil Quality Studies: A Review.

Kaya N.S., Öztürk, E., 2023. Soil Quality and Vegetation Index Assessments for Rice and Wheat Cultivations: A Review.

Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

YÖK 100/2000 Doktora Bursu (2020-Günümüz)

