



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TAŞ OCAKLARINDAN SALINAN TOZLARIN TARIM TOPRAKLARINA
VE ANTEP FISTIĞI AĞAÇLARINA OLAN ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

MELTEM TOKGÖZ ÇATALKAYA

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**Şanlıurfa
2026**



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TAŞ OCAKLARINDAN SALINAN TOZLARIN TARIM TOPRAKLARINA
VE ANTEP FISTIĞI AĞAÇLARINA OLAN ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

MELTEM TOKGÖZ ÇATALKAYA

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali VOLKAN BİLGİLİ**

**Şanlıurfa
2026**

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin konusu belirlenirken, çalışmanın planlanması ve yürütülmesi sürecinde bilgi ve deneyimleriyle her zaman yanımda olan, rehberliğini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ'ye en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışma alanımın belirlenmesi sürecinde gerçekleştirdiğim ön araştırmalarda yol gösteren değerli mesai arkadaşım Ziraat Mühendisi Halil PEKER'e; saha çalışmalarında özveriyle destek veren mesai arkadaşım Ekonomist Ferhat YARIŞ'a ve birlikte çalıştığımız stajyer öğrenci arkadaşlarım Kübra KARAGÖZ ile Ahmet ASOĞLU'na katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ders döneminde ödevler ve sınavlara yönelik izlenecek yöntemler konusunda bilgi ve tecrübelerini paylaşan, tezimin son hâlini almasında önemli katkılarda bulunan Yüksek Ziraat Mühendisi Veysel YILDIZ'a; laboratuvar analizleri ve diğer aşamalarda desteğini esirgemeyen Yüksek Ziraat Mühendisi Fatma KAPLAN'a; yaprakların öğütülmesi sürecinde yardımcı olan Araştırma Görevlisi Ferhat UĞURLAR'a teşekkür ederim. Antep fıstığı yapraklarından elde edilen süzüntülerin Atomik Absorpsiyon analizlerini gerçekleştirmemde yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Abdulkadir SÜRÜCÜ'ye katkılarından dolayı şükranlarımı sunarım. Taş ocağı çevresindeki Antep fıstığı tarlalarında yürüttüğümüz çalışmalarda bizlere ev sahipliği yapan Küçüktülmen Mahallesi sakini Sayın Mustafa CANBEYLİ'ye misafirperverliği ve yardımları için teşekkür ederim. Hayatım boyunca bana emek veren, büyük fedakârlıklarla yetiştiren, zor şartlar altında eğitimimi sürdürmemi sağlayan; aramıza mesafeler girse de bana ve çocuklarıma her daim hayır duasını eksik etmeyen kıymetli annem Nuriye TOKGÖZ'e sonsuz şükranlarımı sunuyorum. Rabbinden kendisine sağlıklı, huzurlu ve hayırlı uzun ömürler diliyorum. Her zaman yanımda olan, desteğini esirgemeyen sevgili abim Mevlüt TOKGÖZ'e ve canım kız kardeşim Meral TOKGÖZ'e de gönülden teşekkür ederim. Eğitimimi tamamlamamı ve mesleki bir kariyere sahip olmamı tüm kalbiyle arzulayan; ancak bu sürecin sonuna tanıklık edemeden ebedi âleme irtihal eden sevgili babam Rıfki TOKGÖZ'e, yarım kalan eğitim yolculuğumu tamamlamanın haklı gururuyla bu yüksek lisans tezimi ithaf ediyorum. Son olarak, bu süreçte her zaman yanımda olan, sabır ve anlayışlarıyla bana güç veren sevgili eşim Ekrem ÇATALKAYA'ya ve kıymetli çocuklarım Damla Su ile Samet Taha ÇATALKAYA'ya en içten duygularıyla teşekkür ederim. Sınırlı imkânlarla rağmen bu yüksek lisans tezimi tamamlamış olmanın mutluluğunu yaşıyorum. Mevcut hâliyle dahi olsa bu çalışmanın bilime ve insanlığa katkı sunmasını umut ediyorum; akademik çevrelerce faydalı ve başarılı bulunmasını temenni ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
KISALTMALAR	v
1. GİRİŞ	1
1.1. Avrupa'da Taş Ocağı İşletmeciliği	5
1.2. Türkiye'de Taş Ocağı Madenciliği	5
1.2.1. Türkiye'de Trend ve Tahminler ile Literatürdeki Görüşler	6
1.3. Şanlıurfa İlinde Taş Ocağı Madenciliği	7
1.4. Tezin Amacı	7
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
2.1. Faaliyeti Bitmiş Taş Ocaklarının Yeniden Doğaya Kazandırma Çalışmaları	8
2.2. Taş Ocaklarının Çevreye Olan Etkileri	8
2.3. Taş Ocaklarından Çıkan Toz Partikül Konsantrasyonlarının Hesaplanması	9
2.4. Taş Ocaklarında İş Sağlığı ve Güvenliği	9
2.5. Taş Ocaklarının Jeolojik Etkileri	10
2.6. Taş Ocaklarının Sayısal Haritası ile Veri Tabanı İlişkilendirilerek Taş Ocakları Bilgi Sistemi Oluşturulması	10
3. GEREÇ VE YÖNTEM	11
3.1. Gereç	11
3.1.1. Bozova İlçesinin Jeolojik Yapısı	13
3.1.2. Bozova İlçesinin Toprak Yapısı	13
3.1.3. Bozova İlçesinin İklimi	14
3.2. Yöntem	14
3.2.1. Toprak Örneklerine Yapılan Analizler	14
3.2.1.1. Toprakta Kireç Tayini	15
3.2.1.2. Toprakta pH Tayini	17
3.2.1.3. Toprakta Elektriksel İletkenlik (EC) ve Tuzluluk Tayini ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	18
3.2.1.4. Toprakta Tekstür Tayini	19
3.2.1.5. Spektrometre ile Toprağın Spektral Verilerinin Elde Edilmesi	22
3.2.1.6. Jeostatistiksel Yöntemler	24
3.2.2. Bitki Örneklerine Yapılan Analizler	26
3.2.2.1. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi	31
3.2.2.2. Bitki Numunelerinden Spektral Verilerin Elde Edilmesi için Spektrometre Okumalarının Yapılması	32
4. BULGULAR	34
4.1. Toprak Özellikleri	34
4.1.1. İncelenen Toprak Parametreleri Arasındaki korelasyonlar	35
4.1.2. Taş Ocağına Olan Mesafe (m) İle Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler	36
4.1.3. Toprak Parametrelerinin Spektrometre Tekniği ile Tahmini	37
4.1.4. Jeostatistiksel Analizler	39
4.2. Bitki Özellikleri	48
4.2.1. Bitki parametrelerine ait korelasyon matrisi	49
4.2.2. Spektrometre ile incelenen bitki parametrelerinin tahmini	50
4.2.3. Jeostatistiksel analizler	52
5. TARTIŞMA	64
6. SONUÇLAR	66
7. ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	74

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAŞ OCAKLARINDAN SALINAN TOZLARIN TARIM TOPRAKLARINA VE ANTEP FISTIĞI AĞAÇLARINA OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

MELTEM TOKGÖZ ÇATALKAYA

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Tez Danışman: Prof. Dr. Ali VOLKAN BİLGİLİ

Yıl: 2026, Sayfa : 73

Taş ocakları, yer kabuğunda bulunan kayaçların (mermer, kireçtaşı gibi) çıkarıldığı açık işletme alanlarıdır. İnşaat, yol yapımı, baraj, köprü gibi altyapı projelerinde kullanılacak olan taş, mıcır ve agregayı üretmek aynı zamanda dekoratif olarak (mermer ve traverten vb.) kullanmak amacıyla çıkarılmaktadır. Taş ocakları kontrolsüz işletildiğinde; hava, su, toprak kirliliği ve bitkiye zararı ile gürültü ve titreşim sorunlarının yanı sıra ciddi çevresel tahribata yol açmaktadır. Bu amaçla; Şanlıurfa İli, Bozova İlçesi, Küçüktülmen Mahallesiindeki tarım topraklarına ve Antep fıstığına yakın olarak işletilen taş ocağının etkilerini araştırmak için bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında taş ocağına farklı mesafelerden toplam 30 adet yüzey (0–30 cm) toprak örneği ve 30 adet Antep fıstığı yaprak örneği toplanmıştır. Toprak örneklerinde fizikokimyasal özellikler incelenmiş; ortalama kil oranı %47.16, silt oranı %23.57, kum oranı %29.13 olarak belirlenmiştir. Topraklar hafif alkali karakterde (pH: 7.79) ve düşük elektriksel iletkenliğe (EC: 438 μ S/cm) sahiptir. Kireç içeriği (CaCO₃ (%)) %3.88 ile %24.25 arasında değişmekte olup, Bozova İlçesinin hâkim rüzgâr yönü kuzeybatı olduğundan bu yönden esen rüzgarların etkisiyle taş ocağından yayılan CaCO₃ partiküllerinin güneydoğu yönlerinde birikim gösterdiği tespit edilmiştir. Jeostatistiksel analizler ile bu bulgu, mekânsal dağılım olarak haritalandırılmıştır. Spektrometrik yöntemlerle yapılan tahminlerde CaCO₃ için yüksek doğruluk ($R^2 = 0.90$) elde edilmiştir. Bitki örneklerinde yapraklardaki sodyum (Na) ve potasyum (K) içerikleri analiz edilmiştir. Ortalama Na içeriği 0.32 ppm, K içeriği ise 6653 ppm olarak belirlenmiştir. Korelasyon analizleri sonucunda, taş ocağına olan mesafe ile Na içeriği arasında negatif ilişki ($r=-0.34$) gözlenmiş; bu durum taş ocağına yakın ağaçlarda Na birikiminin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, K içeriği ile mesafe arasında pozitif ilişki ($r=0.46$) saptanmış olup, taş ocağından uzaklaştıkça yapraklardaki K düzeylerinin arttığı belirlenmiştir. SPAD değerleri ile NDVI arasında en güçlü pozitif ilişki ($r = 0.71$) bulunmuş, SPAD değerleri arttıkça bitki örtüsü yoğunluğunu temsil eden NDVI değerlerinin de arttığını göstermektedir. SPAD değerleri ile potasyum (K) arasında güçlü pozitif ilişki ($r = 0.62$) gözlenmiş, potasyumun bitki sağlığına katkısı vurgulanmıştır. Spektral veriler kullanılarak geliştirilen kısmi en küçük kareler regresyon (PLSR) modelleri ile Na tahmininde düşük doğruluk ($R^2 = 0.19$) elde edilmiştir. Co-Kriging analizlerinde SPAD değerinin yardımcı değişken olarak kullanılması, özellikle Na içeriğinin mekânsal tahmininde belirgin bir iyileşme sağlamıştır. Sonuç olarak, tarım alanlarına yakın konumda bulunan taş ocaklarının uzun vadede toprak kalitesini ve bitki sağlığını olumsuz etkileyerek ürün verimini düşürdüğü, çiftçi gelirini azalttığı ve çevresel sürdürülebilirliği tehdit ettiği ortaya konmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: NDVI, Tarım toprağı, Jeostatistik, Antep fıstığı (*Pistacia vera* L.), SPAD değeri, Spektral yansımaya, Taş ocağı, Toz parçacıkları

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DUST EMITTED FROM QUARRIES ON AGRICULTURAL SOILS AND PISTACHIO TREES

MELTEM TOKGÖZ ÇATALKAYA

HARRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE EDUCATION
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Ali VOLKAN BİLGİLİ

Year: 2026, Page : 73

Quarries are open-pit mining areas where rocks (such as marble and limestone) found in the earth's crust are extracted. Stone, gravel and aggregate are extracted for use in infrastructure projects such as construction, road building, dams and bridges, as well as for decorative purposes (marble, travertine, etc.). When quarries are operated without control, they cause serious environmental damage, as well as air, water and soil pollution, harm to plants, and noise and vibration problems. To this end, this study was conducted to investigate the effects of a quarry operating close to agricultural land and pistachio trees in the Küçükülmen neighbourhood of Bozova district, Şanlıurfa province. Within the scope of the research, a total of 30 surface (0–30 cm) soil samples and 30 pistachio leaf samples were collected from different distances from the quarry. The physicochemical properties of the soil samples were examined; the average clay content was determined to be 47.16%, silt content 23.57%, and sand content 29.13%. The soils are slightly alkaline (pH: 7.79) and have low electrical conductivity (EC: 438 $\mu\text{S}/\text{cm}$). The lime content (CaCO_3 (%)) ranged from 3.88% to 24.25%. As the prevailing wind direction in Bozova District is north-west, it was determined that CaCO_3 particles emitted from the quarry accumulate in the south-east due to the effect of winds blowing from this direction. Geostatistical analyses have mapped this finding as a spatial distribution. Estimates made using spectroradiometric methods yielded high accuracy ($R^2 = 0.90$) for CaCO_3 . Sodium (Na) and potassium (K) contents in plant leaves were analysed. The average Na content was determined to be 0.32 ppm, while the K content was 6653 ppm. Correlation analyses revealed a negative relationship ($r = -0.34$) between distance from the quarry and Na content, indicating higher Na accumulation in trees closer to the quarry. In contrast, a positive relationship ($r = 0.46$) was found between K content and distance, indicating that K levels in leaves increased with distance from the quarry. The strongest positive correlation ($r = 0.71$) was found between SPAD values and NDVI, indicating that as SPAD values increase, NDVI values representing plant cover density also increase. A strong positive correlation ($r = 0.62$) was observed between SPAD values and potassium (K), highlighting potassium's contribution to plant health. Partial least squares regression (PLSR) models developed using spectral data yielded low accuracy ($R^2 = 0.19$) in Na estimation. The use of SPAD values as a co-variate in co-kriging analyses provided a significant improvement, particularly in the spatial estimation of Na content. In conclusion, it has been demonstrated that quarries located near agricultural areas negatively impact soil quality and plant health in the long term, reducing crop yields, decreasing farmer income, and threatening environmental sustainability.

KEYWORDS: NDVI, Agricultural soil, Geostatistic, Pistachio (*Pistacia vera* L.), SPAD value, Spectral reflectance, Quarry,, Dust particles

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Açık taş ocağı ve kapalı taş ocağı işletmeciliğinin işleyişini gösterir şema (Kaynak: TUGEP, 2025)	2
Şekil 1.2. Taş Ocağının İş Akış Şeması (Kaynak: Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi, 2025)	3
Şekil 1.3. Tesis İş Akış Şeması-2 (Kırma-Eleme Tesisi Detaylı İş Akım Şeması) (Kaynak: Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi, 2025)	4
Şekil 3.1. Çalışma alanı ve örnekleme noktaları	12
Şekil 3.2. Bozova İlçesinin Jeoloji Haritası (Kaynak: Taşçıoğlu, 2023)	13
Şekil 3.3. Bozova İlçesine ait yıllık sıcaklık değerleri (weatherspark, 2024)	14
Şekil 3.4. Scheibler kalsimetre ve kalsimetre ile ölçüm	17
Şekil 3.5. Çalkalama İşlemi ve pH metre	18
Şekil 3.6. EC metre ve EC okumasını yaparken ki görüntü	19
Şekil 3.7. Toprak tekstür üçgeni	20
Şekil 3.8. Sodyumheksametafosfat çözeltisi ve hazırlanışı	21
Şekil 3.9. Mikserde çırpılır ve karıştırıcı ile karıştırılır	21
Şekil 3.10. Hidrometre okuması ile sıcaklık ölçümü	22
Şekil 3.11. Spektrometre düzeneği (Kaynak: ÖZBEK, 2018)	23
Şekil 3.12. Spektrometre okuması	23
Şekil 3.13. Antep fıstığı yapraklarında Spad ölçümü (Minolta SPAD-502)	27
Şekil 3.14. Antep fıstığı yapraklarının spektrometre yansımalarının elde edilmesi	28
Şekil 3.15. Antep fıstığı yapraklarının spektrometre kontakt probe ile yansımaların elde edilmesi	29
Şekil 3.16. Yaprak numunelerinin açık havada kurutulması	30
Şekil 3.17. Kuruyan yaprak numunelerin öğütülmesi	30
Şekil 3.18. Öğütülen yaprak numunelerinin fırınlanması ve HCl çözeltisi eklenerek süzüntü haline getirme işlemi	31
Şekil 3.19. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre ile Na ve K okuması	32
Şekil 4.1. Toprak parametreleri arasındaki korelasyon heatmap grafiği	36
Şekil 4.2. Toprak örneklerinin 350-2500 nm dalga boyu aralığındaki spektral yansımaları	37
Şekil 4.3. PLSR modeli kullanılarak elde edilen tahmin ve ölçüm grafiği (Kireç (CaCO ₃ (%))'in PLSR- VNIRS ile tahmini)	38
Şekil 4.4. IDW yöntemi ile elde edilen CaCO ₃ (%) ile kilin dağılım haritası	40
Şekil 4.5. IDW yöntemi ile elde edilen silt (%) ve kumun dağılım haritası	41
Şekil 4.6. IDW yöntemi ile elde edilen pH ve EC' nin dağılım haritası	42
Şekil 4.7. Ordinary Kriging yöntemi ile elde edilen semivariogramlar ve tahmin-ölçüm grafikleri	45
Şekil 4.8. Ordinary Kriging yöntemiyle oluşturulan %kil ve silt haritası	46
Şekil 4.9. Ordinary Kriging yöntemiyle oluşturulan %kum ve pH haritası	47
Şekil 4.10. Ordinary Kriging yöntemi ile elde edilen EC ve CaCO ₃ (%) dağılım haritaları	47
Şekil 4.11. Co-kriging yöntemi ile elde edilen tahmin ölçüm grafiği ile harita	48
Şekil 4.12. Değişkenler arası korelasyon matrisi-heatmap grafiği	50
Şekil 4.13. Bitki örneklerine ait spektral yansımalar	51
Şekil 4.14. PLSR modeli kullanılarak elde edilen Na değerine ait tahmin ve ölçüm grafikleri	52
Şekil 4.15. IDW yöntemi ile yapılan Na (ppm) değerine ait tahmin ölçüm grafiği ile haritası	53
Şekil 4.16. IDW yöntemiyle yapılan K (ppm) değerine ait tahmin ölçüm grafiği ile haritası	54
Şekil 4.17. IDW yöntemi ile yapılan SPAD değerlerine ait tahmin ölçüm grafiği ile haritası	55
Şekil 4.18. IDW yöntemi ile yapılan NDVI değerine ait tahmin ölçüm grafiği ile haritası	56
Şekil 4.19. Ordinary Kriging yöntemi ile yapılan Na(ppm) değerine göre tahmin ölçüm grafikleri ile haritası	58
Şekil 4.20. Ordinary Kriging yöntemi ile yapılan K(ppm) değerine göre tahmin ölçüm grafikleri ve haritası	59
Şekil 4.21. Ordinary Kriging yöntemi ile yapılan SPAD değerlerine ait tahmin ölçüm grafikleri ve haritası	60

Şekil 4.22. Ordinary Kriging yöntemi ile yapılan NDVI değerine göre tahmin ölçüm grafikleri ve haritası	61
Şekil 4.23. Co-Kriging yöntemi ile Na parametresinin tahmin edilmesi	62
Şekil 4.24. Co-Kriging yöntemi ile K parametresinin tahmin edilmesi	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. 2019-2024 Yıllarındaki Avrupa Taş Ocağı İşletmeciliğindeki Durum (Kaynak: Ibisworld, 2024)	5
Çizelge 3.1. Toprakların kireç içeriklerine göre sınıflandırılması (Çağlar, 1949; Evliya, 1964).	15
Çizelge 3.2. Toprakların pH değerlerine göre reaksiyon sınıfları	18
Çizelge 4.1. Tanıtıcı İstatistikler	35
Çizelge 4.2. PLSR modeline ait RMSE ve R2 değerleri	38
Çizelge 4.3. Toprak parametrelerine ait variogram değerleri	43
Çizelge 4.4. Bitki parametrelerine ait tanıtıcı istatistikler	49
Çizelge 4.5. PLSR modeline ait RMSE ve R2 değerleri	52
Çizelge 4.6. Bitki parametrelerine ait variogram değerleri	57

KISALTMALAR

CaCO₃	Kalsiyum Karbonat (Kireç)
cm	Santimetre
cm³	Santimetre Küp
COVID-19	Koronavirüs Hastalığı 2019
EC	Elektriksel İletkenlik
GPS(Global Positioning System)	Küresel Konumlandırma Sistemi
gr	Gram
ha	Hektar
HTEA	Hata Türü ve Etkileri Analizi
ILO	Uluslararası Çalışma Örgütü
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
kg	Kilogram
km	Kilometre
L	Litre
m/sn	Metre/Saniye
m³	Metre Küp
mm	Milimetre
MW(Megawatt)	Depremler İçin Moment Büyüklüğü
P₂O₅	Di Fosfat Penta Oksit
pH(Power of Hydrogen)	Hidrojen Gücü
dS/m	Desisimens/metre

1. GİRİŞ

Nüfusun hızla artması, kentleşme ve sanayileşme süreçleri, doğal kaynaklara olan talebi önemli ölçüde artırmıştır. Modern çağda insanların ihtiyaçlarının artması ve daha konforlu bir yaşam sürme arzusu, taş ocakları, madenler ve madencilik gibi kavramların ortaya çıkmasına neden olmuştur. "Maden" terimi, yer kabuğundaki jeolojik oluşumlar içinde bulunan ve ekonomik değere sahip mineral ve elementleri ifade eder. "Madencilik ve diğer kazı faaliyetleri" ise taş ve maden ocaklarında gerçekleştirilen patlatma, kazıma, kırma, eleme, öğütme gibi fiziksel işlemler veya bunlara ek olarak kimyasal yöntemlerle cevher hazırlama ve zenginleştirme çalışmalarını kapsar. Bu faaliyetler, toprak ve kayalardan ekonomik değeri olan malzemelerin çıkarılması veya büyük mühendislik projeleri için gerekli kazıların yapılması amacıyla gerçekleştirilir. "Taş ocağı" ise bina, yol ve benzeri yapı işlerinde kullanılan malzemelerin veya endüstriyel hammaddelerin çıkarıldığı, 4.6.1985 tarihli ve 3213 sayılı Maden Kanunu'na tabi II. Grup Madenler olarak sınıflandırılan küçük ölçekli açık işletmeleri ifade eder (Anonim, 2007). Bu II. Grup Madenler;

a) Kalsit, Dolomit, Kalker, Granit, Andezit, Bazalt gibi kayalardan agrega, hazır beton ve asfalt yapılarak kullanılan kayalar.

b) Mermer, Traverten, Granit, Andezit, Bazalt gibi blok olarak üretilen taşlar ile dekoratif amaçla kullanılan doğal taşlar.

c) Kalsit, Dolomit, Kalker, Granit, Andezit, Bazalt gibi kayalardan bütünleşmiş çimento, kireç ve kalsit öğütme tesisinde kullanılan kayalardır (Maden Kanunu, 1985).

İnşaat tekniklerinde asırlardır kullanılan ve kullanılmaya devam eden taş ve çeşitleri; baraj, köprü, tünel, cami, yol yapımı ve bina gibi inşaat sektörünün temel unsurlarını oluşturmasının yanı sıra çimento üretimi gibi günümüz endüstriyel uygulamaları için kullanılması sömürünün artık büyük ölçekte olduğu anlamına gelmektedir.

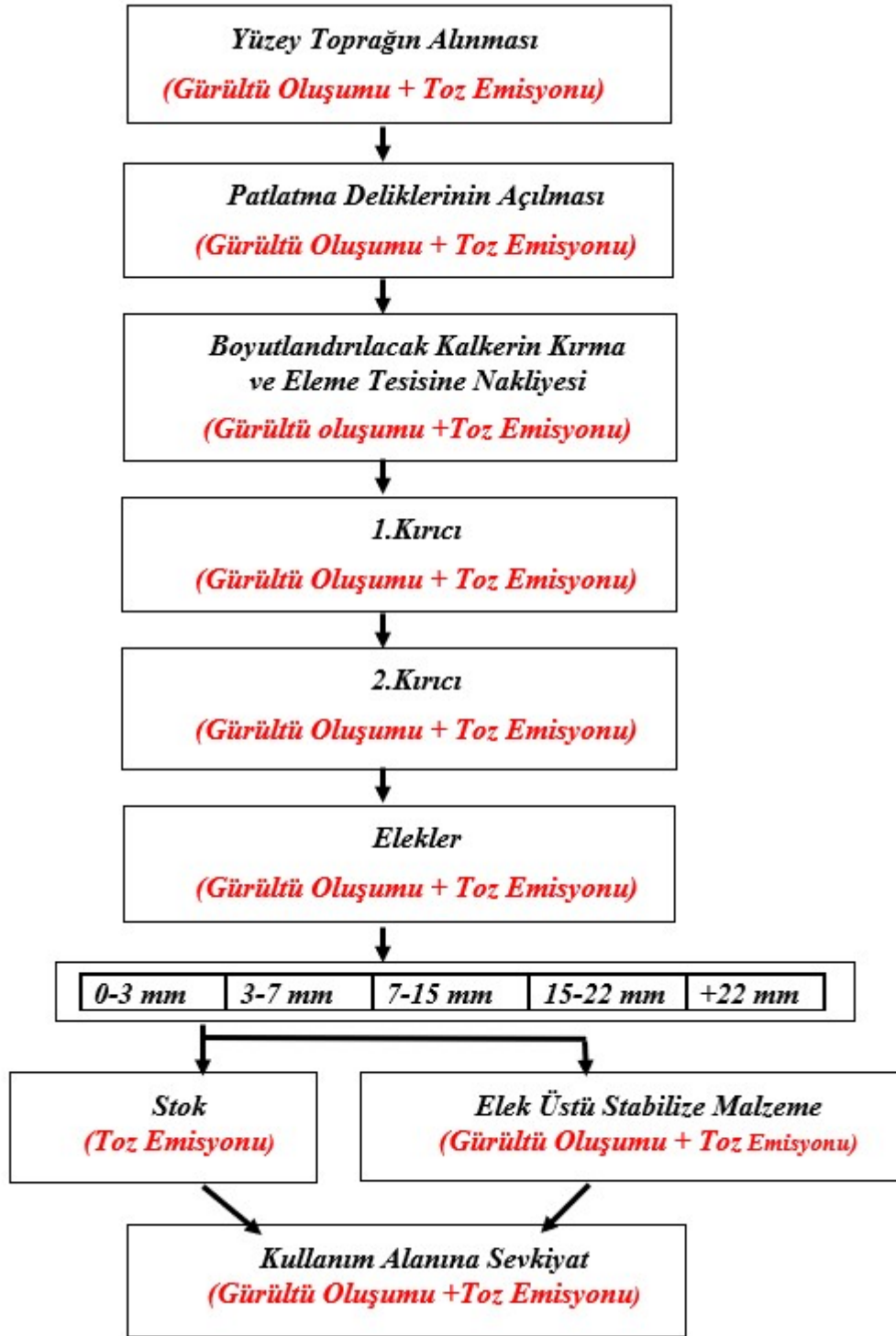
Taş ocakları, üretim yöntemine göre iki ana gruba ayrılmaktadır: Bunlar; açık taş ocakları ve kapalı taş ocaklarıdır. Açık ocaklarda üretim, kayaların üzerindeki bitkisel toprağın sıyırılmasıyla başlar. Kalker, bazalt ve mermer gibi kayalar yüzeydeyse doğrudan üretime geçilir. Kapalı taş ocakları (yeraltı madenciliği) ise daha derinlerde bulunan madenlerin çıkarılmasını amaçlamakta olup, üretim öncesinde tahkimat sistemleri, havalandırma düzenekleri, insan ve malzeme taşıma

yolları gibi yeraltı altyapı unsurlarının hazırlanmasını gerektirmektedir. Bu yöntemle taş kömürü, bor, altın ve gümüş gibi madenler yeraltından yüzeye taşınarak işlenmekte ve ilgili sektörlere sevk edilmektedir.

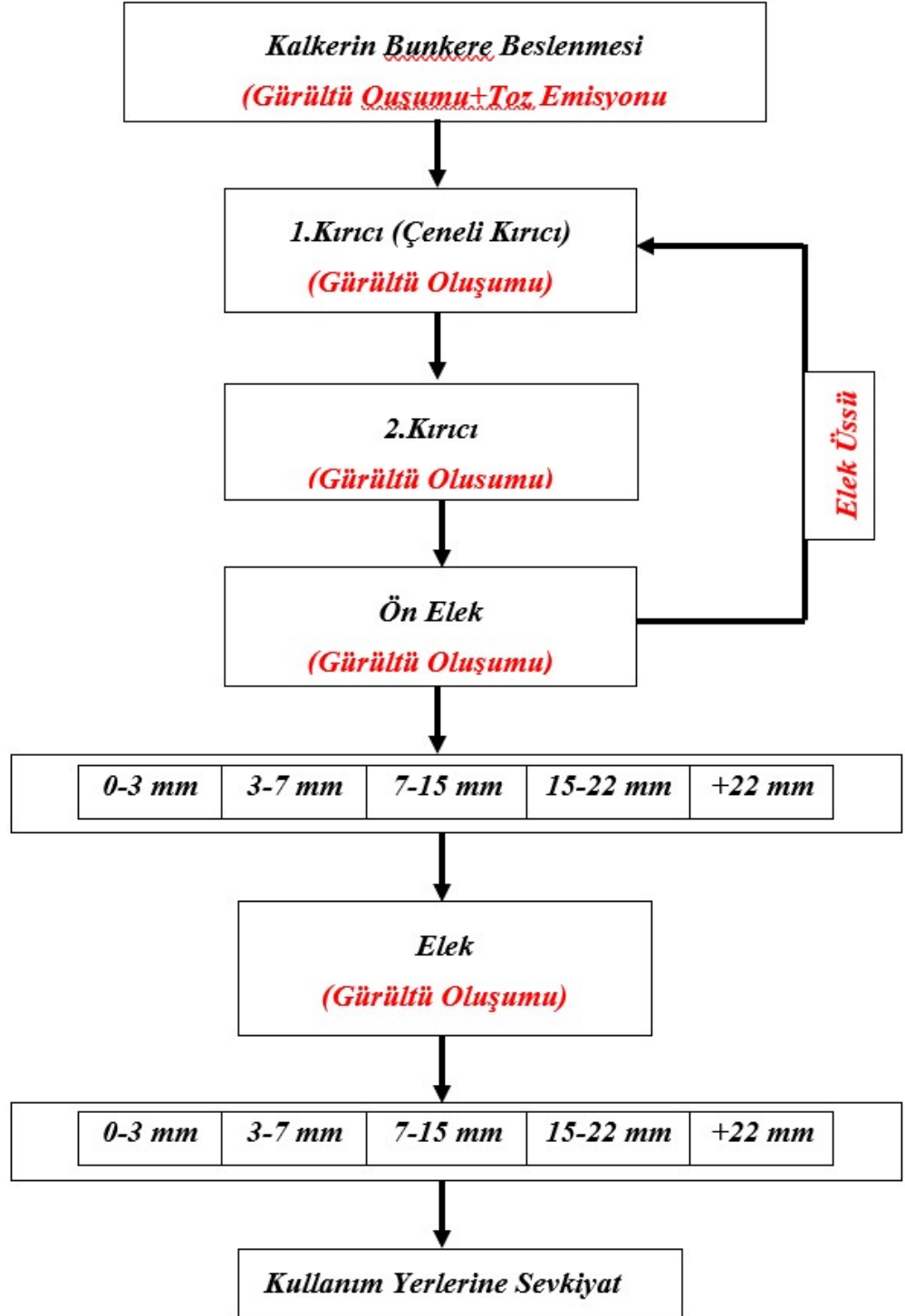


Şekil 1.1. Açık taş ocağı ve kapalı taş ocağı işletmeciliğinin işleyişini gösterir şema (Kaynak: TUGEP, 2025)

Ülkemizde taş ocağı işletmeciliği, ağırlıklı olarak inşaat sektörünün gereksinim duyduğu yapı malzemelerinin temini amacıyla yürütülmekte ve genellikle açık ocak işletmeciliği şeklinde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 1.2. Taş Ocağının İş Akış Şeması (Kaynak: Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi, 2025)



Şekil 1.3. Tesis İş Akış Şeması-2 (Kırma-Eleme Tesisi Detaylı İş Akım Şeması)
(Kaynak: Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi, 2025)

1.1. Avrupa'da Taş Ocağı İşletmeciliği

Avrupa Taş Ocağı sektörü 2019–2024 döneminde %2,5'lik yıllık bileşik büyüme göstermiş, ancak gelir 2024'e kadar beş yılda %4,7 oranında daralmış ve yaklaşık 43,7 milyar Euro'ya ulaşmıştır. Sektörde 23,429 işletme faaliyet göstermektedir. COVID-19 salgını, inşaat sektöründeki kesintiler nedeniyle agrega ve malzeme talebini zayıflatmış; karantina sonrası faaliyetler artsa da zayıf ekonomik koşullar gelir toparlanmasını sınırlamıştır (Ibisworld, 2024).

Çizelge 1.1. 2019-2024 Yıllarındaki Avrupa Taş Ocağı İşletmeciliğindeki Durum (Kaynak: Ibisworld, 2024)

Yıllar	Hasılat	Çalışanlar	İşletmeler
2019-2024	43,7 milyar euro	282 bin	23,429
Pay (%)	↓ 4,7 %	↑ 4,4 %	↑ 2,5 %

1.2. Türkiye'de Taş Ocağı Madenciligi

Türkiye, jeolojik yapısı nedeniyle yer altı ve yer üstü zenginliklerine sahiptir. En çok çıkarılan maden mermerdir. Kireç taşının metamorfizmaya uğramasıyla oluşan mermer, %90-98 oranında kalsit içerir. Yüksek kalitesi ve renk çeşitliliği nedeniyle Türk mermeri bazı önemli yapılarda kullanılmıştır. Bunlar; Vatikan'ın en önemli kiliselerinden biri olan Saint Pierre Kilisesi'ndeki sütun ve kaplamalarda Afyon İncehisar mermerleri tercih edilmiştir. ABD'de Beyaz Saray'da yetkililerin basın açıklamaları yaptığı alanda kullanılan mermer, Elâzığ Vişne mermeridir. Alman Parlamentosu, Fransa Parlamentosu ve ABD Temsilciler Meclisi de Elâzığ Vişne mermerinin kullanıldığı diğer mekânlar arasında yer almaktadır. Ayrıca, dünya çapında öne çıkan eğlence merkezlerinden Disneyland 'ta 18 bin metrekare Türk mermeri bulunmaktadır; lüks otellerin ıslak zeminlerinde de Türk mermeri sıklıkla tercih edilmektedir.

Türkiye'de doğal taş sektöründe yaklaşık 1.500 taş ocağı, 2.000 fabrika ölçeğinde işletme tesisi, 9.000 orta ve küçük ölçekli atölye faaliyettedir. Bu tesislerde 300.000'e yakın kişi istihdam etmektedir. Üretimin en fazla olduğu iller; Balıkesir, Afyon, Bilecik, Denizli, Elâzığ ve Diyarbakır'dır. Bu bölgelerdeki üretim, tüm üretimin %65'ini oluşturmaktadır.

1.2.1. Türkiye’de Trend ve Tahminler ile Literatürdeki Görüşler

Türkiye’de 6 Şubat 2023’te Doğu Anadolu Fay Hattı üzerinde, merkez üssü Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan olan 7,8 Mw ve 7,5 Mw büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. Bu afet sonucunda 39 binden fazla bina yıkılmış, 11 ilde toplam 518 bin konut yıkılmış veya ağır hasar görmüş, ayrıca 128.778 konut orta derecede hasar almıştır. Deprem sonrası 2 milyondan fazla kişi barınma sorunu yaşamış, en az 5 milyon kişi farklı bölgelere göç etmek zorunda kalmıştır. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), 658 bin çalışanın geçim kaynaklarını kaybettiğini bildirmiştir (Türk, 2023). Asrın felaketi olan bu deprem nedeniyle binaların yıkılması var olan binaların da ağır hasarlı olması sonucu taş ocağı işletmeciliğine talebin önemli ölçüde artmasına sebep olmuştur. Yer yüzeyinin altından çıkarılan bu minerallerin ekonomik önemi nedeniyle taş ocakçılığı yapılmaya devam edilmektedir. Buna karşılık, bu çıkarma işlemi çevre üzerinde yıkıcı bir etki yaratma potansiyeline sahiptir. Çünkü, çoğu yerde tarım ve madencilik faaliyetleri iç içe yürütülmektedir. Taş ocaklarında yapılan kırma, eleme, ufalama, nakliye, depolama gibi işlemlerde ortaya çıkacak olumsuzluklar tarım arazilerini direkt etkilemektedir.

Taş ocaklarında yapılan kırma, eleme, nakliye, depolama gibi işlemlerde salınan toz emisyonlarının bitkilerin üzerine çökerek kabuklaşmasına sebep olacaktır. Dolayısıyla stomalar kapanacak, dölllenmeyi önleyecek, güneş ışınlarının bitkiye ulaşmasını engelleyecektir. Böylece bitkinin gelişimini engelleyecek hatta ölümüne sebep olacaktır (Kantarıcı, 2015).

Taş ocaklarında patlatma, kazı, kırma ve taşıma işlemleri sırasında saniyeler içinde yoğun toz yayılır. Amerika Çevre Koruma Ajansı verilerine göre emisyon faktörü 0,08 kg/ton olup, her patlamada 69,12–108 kg toz oluşur. Bunun %80’i büyük partiküller olarak hızla çökerken, %20’si rüzgarla uzak mesafelere taşınır (Özcan ve Akpınar, 2009). Bu tozlar bitkilerin fotosentez, dölllenme ve solunum süreçlerini olumsuz etkileyerek tarımsal verimi düşürür. Ayrıca patlatmalar sırasında oluşan gürültü ve titreşimler, yerleşim alanlarında küçük ölçekli deprem etkisi yaratabilecek düzeyde şiddetlidir.

Madencilik faaliyetleri doğal çevre ve yerel topluluklar üzerinde olumsuz etkiler yaratır. Bu etkiler özel çevre yasalarıyla düzenlenmediğinde, madencilik mevzuatı kapsamında önlemler alınarak azaltılmalıdır (Eskikaya, 2005).

1.3. Şanlıurfa İlinde Taş Ocağı Madenciliği

Şanlıurfa ili yer altı kaynakları açısından sınırlı çeşitliliğe sahip olup, bölgede yaygın olarak Miyosen ve Eosen yaşlı kireçtaşları bulunmaktadır (Çanakçı, 2007).

Bozova ilçesinde fosfat yatakları tespit edilmiş; Bostancık köyü yakınlarında %3–5 P₂O₅ içerikli 40.000 ton cevher ile birlikte 31.260 ton olası ve 1.400.000 ton mümkün rezerv belirlenmiş, toplam fosfat rezervi 1.471.260 ton olarak hesaplanmıştır (Yatırım Destek Ofisi, 2018). Ayrıca Bozova ilçesinde iki taş ocağı faaliyet göstermektedir (YİKOB, 2024).

1.4. Tezin Amacı

Literatürler incelendiğinde taş ocaklarıyla ilgili çalışmaların çoğunlukla insan sağlığı, çevresel etkiler ve iş kazaları üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak taş ocaklarından çıkan tozların tarım toprakları ve bitkiler üzerindeki etkilerini ele alan ulusal ya da uluslararası araştırmalara rastlanmamıştır. Bu eksiklik, yürütülen tez çalışmasını özgün kılmakta ve bilimsel açıdan önemli bir boşluğu doldurmaktadır.

Çalışmanın temel amacı, taş ocaklarından salınan tozların tarım toprakları üzerinde ve özellikle Antep fıstığı ağaçları üzerindeki etkilerini belirleyerek bu alanda yeni ve değerli bir katkı sunmaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Faaliyeti Bitmiş Taş Ocaklarının Yeniden Doğaya Kazandırma Çalışmaları

Kartallıer (2006), İzmir ili Bornova ilçesi Naldöken köyü kuzeyinden Menemen ilçesine kadar uzanan bölgede kireçtaşı ve volkanitlerin bulunduğu sahada rekültivasyon çalışmalarını ekonomik faaliyetlerle eş zamanlı olarak yürütmüştür. Çalışmada dik eğimler düzeltilmiş, basamak sayısı artırılmış ve boyutları yeniden düzenlenmiştir. Bilgisayar programı kullanılarak nihai ıslah planı geliştirilmiş ve alternatif seçenekler önerilmiştir. Öneriler arasında; kanallar için sahte akasya ve kızılçam gibi türlerin dikilmesi, yeşillendirme sırasının çimen çalı ağaç şeklinde olması ve eğimler için katırtırnağı türünün seçilmesi yer almıştır. Ayrıca toz sorununu azaltmak için yolların stabilize edilmesi ve yaz aylarında su ile ıslatılması, patlatma çalışmalarının izin verilen normlara uygun yapılması, rekültivasyonun girişimciler için zorunlu kabul edilmesi ve üniversitelerle iş birliği içinde alternatif projeler geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Topay vd., (2007), taş ocaklarının çevreye olan fiziksel ve görsel etkilerini incelemiş ve faaliyet sonrası alanların yeniden geliştirilmesine yönelik çözümler önermiştir. Çalışmada tespit edilen olumsuz etkiler arasında; bitki örtüsünün tahribi, toz ve gürültü oluşumu, zehirli katmanların uygunsuz çöp sahalarında birikmesi, yüzey özelliklerinin bozulması, iklim ve mikro iklim değişiklikleri, toprak organizmalarının yok olması, verimli toprağın kaybı, faunanın zarar görmesi ve görsel bozulma yer almaktadır. Araştırma sonucunda, taş ocaklarının rehabilitasyonunun orman, özel koruma alanı, rekreasyon alanı ve yerleşim alanı olarak kullanıma uygun olabileceği ortaya konmuştur.

2.2. Taş Ocaklarının Çevreye Olan Etkileri

Tolungüç (2000), kırsal alanlardan kentsel alanlara hızlı nüfus hareketi, inşaat sektöründeki büyüme ve yol yapımındaki artışın agregaya olan talebi yükselttiğini ortaya koymuştur. Çalışmada, şehirleşme nedeniyle kent sınırları içinde kalan taş ocaklarının çeşitli çevre sorunlarına yol açtığı belirtilmiştir. Bu sorunların ve yersiz şikâyetlerin önlenmesi amacıyla yönetmelikler oluşturulmuş olsa da maden üretimi söz konusu olduğunda orman alanlarının korunması ve ekilebilir arazilerin azaltılmaması yönündeki yasal hükümler uygulanmamaktadır. İzmir ili Belkahve ve Işıkkent civarındaki ruhsatlı sahalarda bulunan kalker kaynaklarının yoğun şekilde patlatılarak hammadde üretildiği vurgulanmıştır.

Cındık & Acar (2010), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, özellikle Trabzon ve

çevresindeki köylerde taş ocaklarının çevresel etkilerini incelemiştir. Engbeli arazi koşulları nedeniyle ocaklar yerleşim alanlarına yakın konumlanmış; artan nüfus ve hammadde talebi madencilik faaliyetlerini artırarak yaşam alanlarının betonlaşmasına ve doğal çevrenin bozulmasına yol açmıştır. Bölgede yaklaşık 200 taş ocağının büyük kısmı tarım, orman ve yaşam alanlarına zarar veren bölgelerde kurulmuştur. Çalışma, faaliyet sonrası alanların yönetiminde bölgesel ihtiyaçların ve önceki kullanım amaçlarının dikkate alınması, taş ocağı sahiplerinin bilinçlendirilmesi ve ilgili yönetmeliklerin uygulanmasının önemini vurgulamaktadır.

2.3. Taş Ocaklarından Çıkan Toz Partikül Konsantrasyonlarının Hesaplanması.

Çankaya (2023), Konya'daki 75 taş ocağından 10'unun bulunduğu bölgede yürüttüğü araştırmada, taş ocağı, yerleşim alanı ve arka plan kentsel alandan yaklaşık 0,36 km mesafeden eş zamanlı toprak ve kar numuneleri toplamıştır. Numuneler üzerinde pH, iletkenlik, toplam ekstrakte edilebilir organik madde, partikül fraksiyonu, ağır metaller, ATR-FTIR ve GC-MS analizleri gerçekleştirilmiştir. Bulgular, yerleşimden elde edilen inorganik ekstraktların; taş ocağı ve arka plan TSP organiklerinde çözülmüş inorganik ekstraktların; ayrıca yerleşim ve arka plan tozlarından elde edilen organik ekstraktların büyüme üzerinde inhibe edici etki gösterdiğini ortaya koymuştur.

2.4. Taş Ocaklarında İş Sağlığı ve Güvenliği

Gürbüz Kuzpınarı (2016), Aksaray çevresindeki altı taş ocağında iş sağlığı ve güvenliği açısından potansiyel tehlikeleri belirlemek amacıyla proaktif ELMERİ® yöntemi uygulamıştır. Üretim sektöründe kullanılan form üzerinde yapılan uyarlamalarla yeni bir gözlem formu geliştirilmiş ve her ocakta üçer gözlem gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda tespit edilen eksiklikler işletmelere bildirilmiş, genel İSG durumu ortaya konmuş ve ELMERİ® puanları işletme parametreleriyle karşılaştırılmıştır. Bulgular, çalışan sayısı, günlük üretim hacmi ve makine sayısı ile ELMERİ® puanları arasında anlamlı pozitif ilişki olduğunu; şehir merkezine uzaklık ve faaliyet süresi ile ise düşük düzeyde ilişki bulunduğunu göstermiştir.

İşler (2019), Tokat ilinde faaliyet gösteren bir kırmataş üretim tesisinde yürüttüğü araştırmada, hammaddenin ocaktan çıkarılmasından nihai ürün elde edilmesine kadar olan tüm madencilik süreçlerini tehlike ve risk oluşumu açısından incelemiştir. Çalışmada saha gözlemleri, çalışanlarla yapılan görüşmeler, kontrol faaliyetleri ve ölçümlerden elde edilen veriler kullanılmış; L tipi matris (5x5),

FineKinney ve Hata Türü ve Etki Analizi (HTEA) yöntemleri uygulanmıştır. Araştırma sonucunda 35 risk belirlenmiş ve bu risklerin ortadan kaldırılması veya insan ve çevre sağlığına zarar vermeyecek düzeye indirilmesi için gerekli kontrol önlemleri ortaya konulmuştur.

2.5. Taş Ocaklarının Jeolojik Etkileri

Özvan vd., (2010), Orta-Üst Eosen yaşlı Hoya Formasyonu'na ait dolomitik kireçtaşları ile Alt-Orta Oligosen yaşlı Gaziantep Formasyonu'na ait killi kireçtaşlarının bulunduğu yol güzergâhı şevlerinde duraylılık analizleri gerçekleştirmiştir. Bulgular, Hoya Formasyonu'ndaki dolomitik kireçtaşlarında açılan şevlerin daha yüksek açılarda duraylı durumda kalabildiğini; Gaziantep Formasyonu'nun killi kireçtaşlarında ise şevlerin yalnızca daha düşük açılarda duraylı olabildiğini göstermiştir. Çalışma, şev tasarımında jeolojik tanımlamanın kritik önemini vurgulamaktadır.

2.6. Taş Ocaklarının Sayısal Haritası ile Veri Tabanı İlişkilendirilerek Taş Ocakları Bilgi Sistemi Oluşturulması

Kızıldaş (2005), İstanbul ilindeki kırmataş ocaklarını ruhsat ve personel bilgileri, rezerv, üretim yöntemleri, yıllık üretim kapasiteleri ile ocaklarda çalışan iş makineleri ve nakliye araçlarının sayı ve kapasiteleri bakımından incelemiştir. Çalışmada, bilgi sistemlerinin kurulabilmesi için gerekli veri tabanı yönetim sistemleri, sayısal harita yazılımları ve bu haritalarla veri tabanı arasında ilişki kuran yazılımlar değerlendirilmiştir. Sonuçta, İstanbul bölgesine ait sayısal haritalar üzerinde ocak verileri ile veri tabanı arasında bağlantılar kurularak İstanbul Bölgesi Taşocakları Bilgi Sistemi oluşturulmuştur.

Ülger vd., (2006), İstanbul bölgesinde coğrafi bilgi sistemi (GIS) kullanarak madencilik sektörüne yönelik bir mesleki bilgi sistemi geliştirmiştir. Çalışmanın amacı, dağınık ve düzensiz veri kullanımından kaynaklanan verimlilik kayıplarını en aza indirmektir. Araştırmada Esri GIS yazılımı, Microsoft Access ve Visual Basic kullanılarak grafik ve grafik dışı veriler bilgisayar ortamına aktarılmış, İstanbul İl sınırlarını gösteren dijital haritalar üzerinde işaretlenmiştir. Sonuçta, İstanbul sınırları içindeki madencilik faaliyetleri yürüten tüm şirketler tek bir program aracılığıyla değerlendirilebilmiş; verilerin güncellenebilir dijital ortamda saklanması hızlı erişim, madenlerin kolay yönetimi ve GIS'in sektörel kullanımı açısından önemli avantajlar sağladığı ortaya konmuştur.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

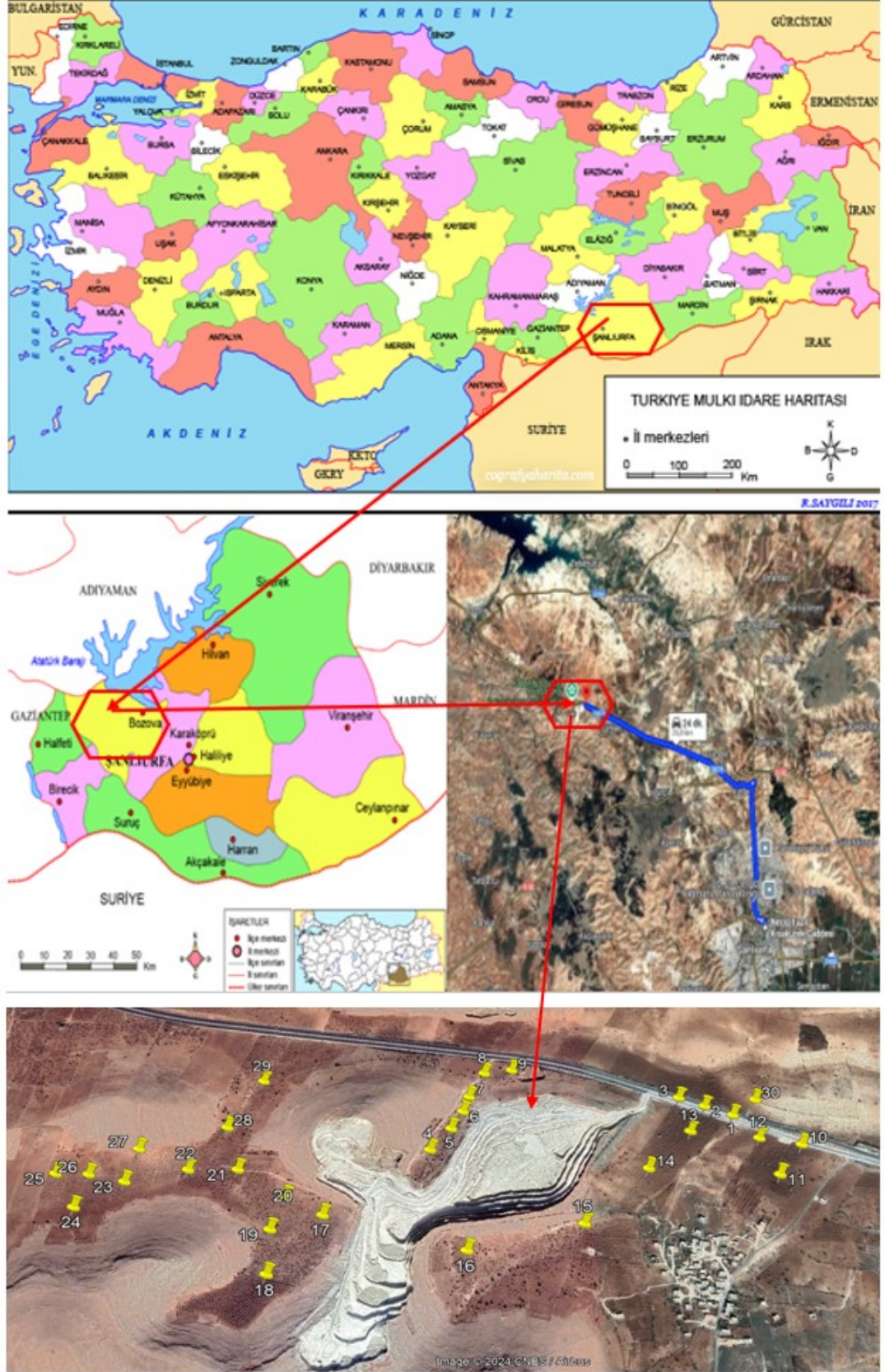
3.1. Gereç

Bu çalışma, Şanlıurfa İli, Bozova İlçesinin Küçük Tülmen Mahallesinde mevcut olan aktif olarak faaliyet gösteren taş ocağı çevresindeki tarım toprakları ve antepfıstığı ağaçlarının durumunu incelemek amacıyla yapılmıştır.

Çalışma, taş ocağı faaliyetlerinin yakın çevredeki tarımsal üretim üzerindeki olası etkilerini anlamak açısından önemli veriler sunmaktadır. Çalışma alanının coğrafi konumu ise; 37°21'41"K enlem ve 38°31'35"D boylam civarındadır ve ilçenin ortalama rakımı 583–586 m seviyesindedir.

Ana materyali kireçtaşı (kalker) olan bölgeden, 0-30 cm toprak derinliğini temsil edecek şekilde 30 adet bozulmuş toprak örneği alınmıştır.

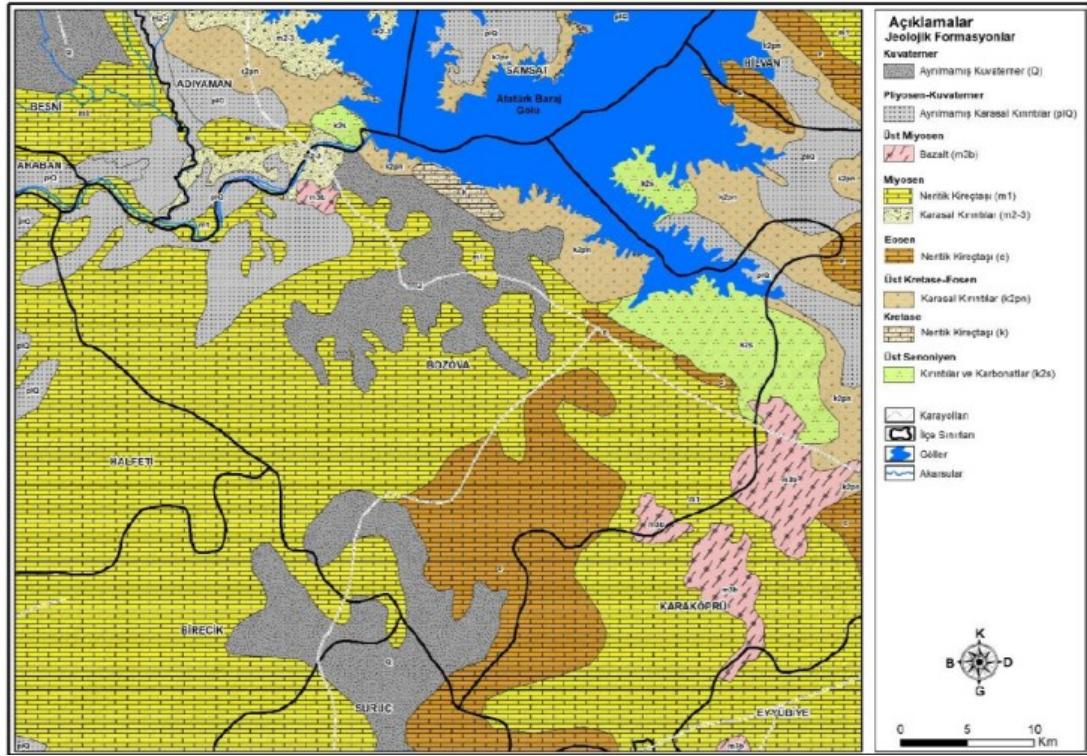
Araştırma kapsamında, toprak örneklerinin alındığı noktalardan 30 farklı Antep fıstığı (*Pistacia vera* L.) ağacından örnekler alınarak detaylı analizler gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerle ağaçların sağlık durumu ve çevresel faktörlerden nasıl etkilendikleri belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı ve örnekleme noktaları

3.1.1. Bozova İlçesinin Jeolojik Yapısı

Şanlıurfa İline bağlı Bozova İlçesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Arap ve Anadolu levhalarının etkileşim kuşağında yer alması nedeniyle jeolojik açıdan dikkat çekici bir konuma sahiptir. İlçe, Güneydoğu Anadolu Bindirmesi'nin etkisi altında gelişmiş bir ön ülke havzası niteliği taşımakta olup, sıkışma tektoniği sonucu kıvrımlar, fay zonları ve yükselmiş bloklarla karakterize edilmektedir. Stratigrafik açıdan bölge, Mesozoik ve Tersiyer yaşlı karbonatlı kayalar (özellikle fosil bakımından zengin kireçtaşları), marn ve şeyl gibi ince taneli tortullar ile Fırat Nehri'nin taşıdığı Kuvaterner alüvyonlarıyla temsil edilmektedir. Bu litolojik çeşitlilik, paleoçevre koşullarının anlaşılmasına katkı sağlarken, tektonik süreçler bölgenin jeomorfolojik yapısını şekillendirmiştir. Dolayısıyla Bozova ilçesi hem stratigrafik zenginliği hem de tektonik evrimiyle Güneydoğu Anadolu'nun jeolojik gelişimini anlamada önemli bir örnek teşkil etmektedir (Görücü, 2023).



Şekil 3.2. Bozova İlçesinin Jeoloji Haritası (Kaynak: Taşcıoğlu, 2023)

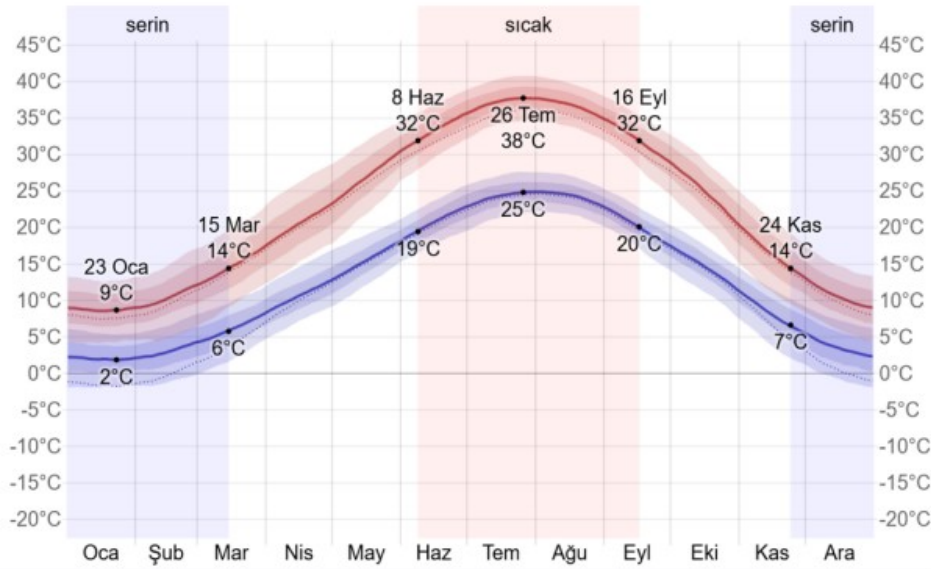
3.1.2. Bozova İlçesinin Toprak Yapısı

Bozova ilçesinin toprak yapısı, jeolojik çeşitlilik ve Fırat Nehri'nin etkisiyle karmaşık bir pedolojik özellik göstermektedir. Alüvyal topraklar yüksek tarımsal potansiyele sahipken, kolüvyal ve kireççe zengin topraklar sınırlılıklar barındırmaktadır. Bölgenin genel sorunu olan organik madde eksikliği modern tarım

teknikleri ve gübreleme ile giderilmeye çalışılmaktadır. Bu nedenle Bozova, hem tarımsal üretim açısından stratejik öneme sahip hem de toprak yönetimi bakımından dikkatle incelenmesi gereken bir bölgedir (Doğan, 2025).

3.1.3. Bozova İlçesinin İklimi

Bozova ilçesinde 2024 yılında iklim, tipik olarak çok sıcak ve kurak yazlar ile soğuk ve yağışlı kışlar şeklinde seyretmiştir. Yıllık sıcaklık ortalaması yaklaşık 21 °C, yağış miktarı ise 60–65 mm civarında gerçekleşmiştir (weatherspark, 2024). Kuzeybatıdan esen rüzgârlar tüm yönlerden esen toplam rüzgâr sayısının oransal olarak %36'sını oluşturmaktadır. Bozova'nın hâkim rüzgâr yönü kuzeybatıdır (Meteoblue, 2024).



Not: Günlük ortalama en yüksek sıcaklık (kırmızı çizgi) ve düşük sıcaklık (mavi çizgi) ile kısa noktalı çizgi ortalama hissedilen sıcaklıktır.

Şekil 3.3. Bozova İlçesine ait yıllık sıcaklık değerleri (weatherspark, 2024)

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Örneklerine Yapılan Analizler

Toprak örneklerinin analize hazırlanması için, öncelikle hava kurusu haldeki bozulmuş toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilmiştir ve daha sonra laboratuvar ortamında şu analizler gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.1. Toprakta Kireç Tayini

Toprak, seyreltilmiş hidroklorik asit ile reaksiyona sokularak karbonatlardan çıkan CO₂ gazının Scheibler kalsimetresindeki kapalı borusundan hacminin ölçülmesi ve bu hacmin hesaplanarak kireç içeriğinin tayin edilmesi prensibine dayanır. % kireç miktarı CaCO₃ cinsinden ifade edilir. Kireç içeriği, elde edilen sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki çizelge 3.1'teki gibi sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 3.1. Toprakların kireç içeriklerine göre sınıflandırılması (Çağlar, 1949; Evliya, 1964).

% Kireç (CaCO ₃) Miktarı	Sınıfı
0-2	Kireçsiz
2-4	Az kireçli
4-8	Orta kireçli
8-15	Kireçli
15-50	Çok kireçli
>50	Çok fazla kireçli

Analizin Yapılışı

Analize çözelti hazırlanarak başlanılmıştır. %10'luk HCl çözeltisi için 0,37 saflığındaki HCl asidinden 227 ml HCl alınarak saf su ile 1 litreye tamamlanmıştır. Toprak numunesinden 0,5g hassas terazide tartılmış ve kavanoza konulmuştur. Asit tüpünün içerisine %10 'luk HCl çözeltisinden 2,5 ml konulup, pens yardımıyla tüp kavanoza yerleştirilmiştir. Kalsimetre tıpası, kavanoza takıldıktan sonra borunun yan tarafındaki vana açılarak borulardaki su seviyesi sifıra eşitlenmiş ve vana kapatılmıştır. Bu işlemde sonra kavanoz iyice çalkalanarak toprak ile asidin temas etmesi sağlanmıştır. Köpürme işlemi bitince borulardaki su seviyeleri eşitlenmiş ve "U" borusu üzerindeki skaladan CO₂ gaz hacmi, termometreden sıcaklık ve barometreden basınç okunarak kaydedilmiştir. Elde edilen değerler, aşağıda bulunan formüldeki yerlerine yerleştirilip % kireç değeri bulunmuştur (Allison ve Moodie, 1965).

Formül

$$V_o = \frac{Vt * (b - e) * 273}{760 * (273 + t)} \quad (3.1)$$

Vt: Kalsimetrede okunan gaz hacmi (cm³)

b: Sıcaklığa göre düzeltilmiş barometre basıncı (mm Hg⁻¹)

e: Ölçüm yapılan sıcaklıktaki suyun buhar basıncı

t: Ortam sıcaklığı (°C)

760: Deniz seviyesindeki barometre basınç değeri

273: °C'yi K (Kelvin)'ye dönüştürme değeridir

$$\%Kirec(CaCO_3) = \frac{V_0 * 0,4464}{A} \quad (3.2)$$

V: Gaz hacmi (cm³)

A: Toprak numunesinin ağırlığı (g)

0,4464: Normal koşullar altında 1cm³ CaCO₃ ten çıkan 1 cm³ CO₂ ye göre A gram örnekten ne kadar CO₂ çıkacağını gösteren hesaplamalardan elde edilen katsayıdır.



Şekil 3.4. Scheibler kalsimetre ve kalsimetre ile ölçüm

3.2.1.2. Toprakta pH Tayini

Bu yöntemin prensibi, belirli oranlarda suyla karıştırılmış veya doymuş toprağın hidrojen iyonu aktivitesinin pH metre ile ölçülmesidir.

Analizin Yapılışı

Toprak örneklerinden saf su ile saturasyon çamurları hazırlanmıştır ve 1 gün süreyle dinlendirilmiştir. Daha sonra bekletilen bu çamurlar ekstrakte edilerek süzüntüler elde edilmiştir. Elde edilen bu ekstraktlarda pH okuması yapılmıştır. pH metre üzerinde okunan değer, toprak reaksiyon sınıfını belirlemek için Çizelge 3.2. ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.2. Toprakların pH değerlerine göre reaksiyon sınıfları

pH Değeri	Reaksiyon Sınıfı
4,5 ve daha aşağı	Aşırı Asit
4,6-5,0	Çok Şiddetli Asit
5,1-5,5	Şiddetli Asit
5,6-6,0	Orta Derecede Asit
6,1-6,5	Hafif Asit
6,6-7,3	Nötr
7,4-7,8	Hafif Alkali (Bazik)
7,9-8,4	Orta Derecede Alkali
8,5-9,0	Şiddetli Alkali
9,0'dan fazla	Çok Şiddetli Alkali



Şekil 3.5. Çalkalama işlemi ve pH metre

3.2.1.3. Toprakta Elektriksel İletkenlik (EC) ve Tuzluluk Tayini ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Toprak ve su karışımının EC okuması yapılmıştır. EC metre üzerinde gösterilen EC değeri sabitlendiğinde yapılmıştır.



Şekil 3.6. EC metre ve EC okumasını yaparken ki görüntü

3.2.1.4. Toprakta Tekstür Tayini

Toprak bünyesindeki, kum (%), silt (%) ve kil (%) oranlarını hesaplamak için "Bouyocous Hidrometre" yöntemi ile analiz edilmiştir (Bouyoucos, 1951). Çözelti hazırlanarak analize başlanılmıştır. Çözelti için, 40 gram NaOH eritilir saf suyla 1 litreye tamamlanır. 800-900 ml saf suda $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (Sodyum oksalat) doymun bir çözelti olacak şekilde karıştırılarak eritilir.

Analizin Yapılışı

50 gram hava kuru toprak üzerine 15 ml çözelti ve 100 ml saf su eklenerek karıştırılmış, bir gece bekletildikten sonra mikserde 10 dakika karıştırılmıştır. Karışım silindire alınarak saf su ile 1130 ml'ye tamamlanmış, hidrometre ölçümleri 40. saniye ve 2. saatte sıcaklıkla birlikte yapılmıştır. Elde edilen veriler formüle yerleştirilerek tekstür fraksiyonları hesaplanmış ve sonuçlar tekstür üçgeni kullanılarak sınıflandırılmıştır.

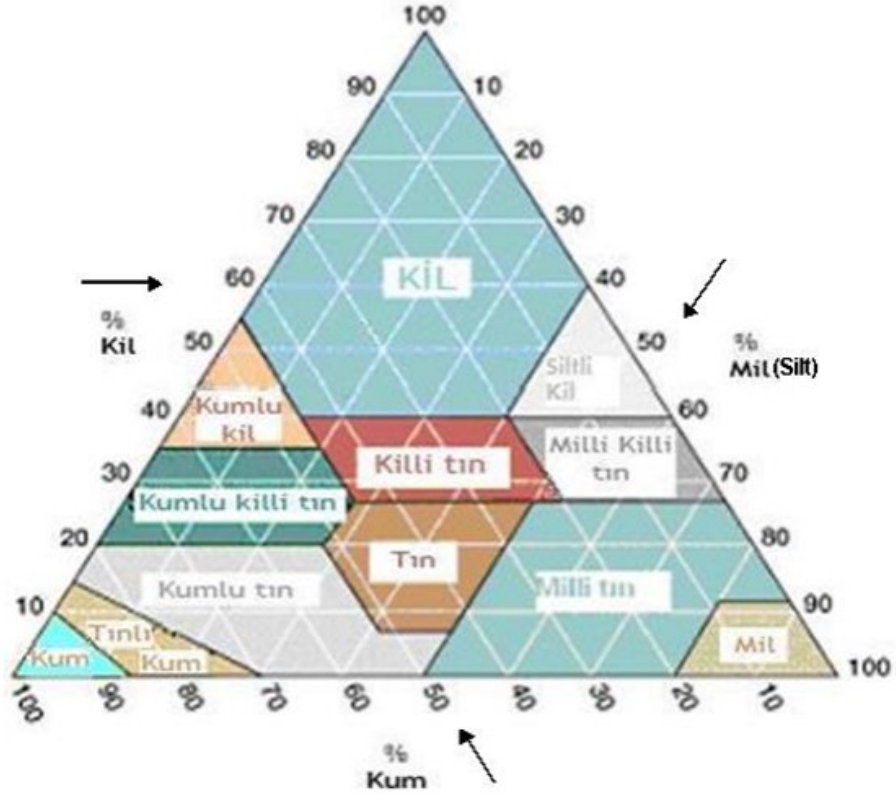
Formül

Kum (%): $100 - ((40.\text{sn okuması} / \text{fırın kuru toprak ağırlığı}) * 100)$

Kil (%): $(2. \text{Saat okuması} * 100) / \text{fırın kuru toprak ağırlığı}$

Silt (%): $100 - (\text{kum} + \text{kil})$

Ölçülen sıcaklık değeri 20°C 'nin altında ise; 20 'den ölçülen değer çıkarılıp $0,36$ ile çarpılmaktadır. Sonra bu değer 40 .sn hidrometre okumasından çıkarılmaktadır. Eğer ölçülen sıcaklık 20°C 'nin üstünde olsaydı; ölçülen sıcaklıktan 20 'yi çıkarıp $0,36$ ile çarpılmaktadır. Sonra bu değer 40 .sn hidrometre okuması ile toplanmaktadır.



Şekil 3.7. Toprak tekstür üçgeni



Şekil 3.8. Sodyumhekzametafosfat çözeltisi ve hazırlanışı



Şekil 3.9. Mikserde çırpılır ve karıştırıcı ile karıştırılır



Şekil 3.10. Hidrometre okuması ile sıcaklık ölçümü

3.2.1.5. Spektrometre ile Toprağın Spektral Verilerinin Elde Edilmesi

Havada kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örneklerinin görünür ve yakın kızılötesi bölgedeki spektral yansımalarını elde etmek için, toprak örnekleri 2 mm' den eilenmiş olarak yaklaşık 20-25 gram olacak şekilde cam petri kaplarına yerleştirilmiştir. Harran Üniversitesi'nde bulunan bir spektrometre (ASD FieldSpec 3) kullanılarak, 350-2500 nm dalga boyu aralığında 1 nm çözünürlüklü spektral yansımalar ölçülmüştür. 350–2500 nm aralığında gerçekleşen yansımaları esas alan bu yöntem, yakın kızılötesi dalga boyları kullanılarak ölçüm yapılacak cisme temas etmeden onun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesine dayanır. (Ben-Dor, 1995; Viscarra Rossel, 2006).



Şekil 3.11. Spektrometre düzeneği (Kaynak: ÖZBEK, 2018)



Şekil 3.12. Spektrometre okuması

Cisme gelen ışığın bir kısmı soğurulurken, geri yansıyan ışık specular (düzgün) veya diffuse (dağılmış) olabilir. Bu yansıyan ışık spektrometre ile ölçülerek cismin özellikleri belirlenir (Ünal, 2005). Toprağın spektral yansıma ölçümleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkileri modellemek için Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (PLSR; Partial Least Square Regression) yöntemi kullanılmıştır.

Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (PLSR)

Yüksek korelasyonlu çok sayıda X değişkenini değerlendirmede etkili bir

yöntemdir (Esbensen, 2010). Bu çalışmada X matrisi spektral yansımaları, Y matrisi ise laboratuvar analizlerinden elde edilen toprak parametrelerini temsil etmiştir. Kalibrasyon modelleri "leave-one-out" çapraz doğrulama tekniğiyle test edilmiştir; her örnek sırayla veri setinden çıkarılarak kalan örneklerle model kurulmuştur. Çapraz doğrulama yöntemi, PLSR tekniğinde kalibrasyon ve doğrulama aşamalarında optimum değişken sayısının belirlenmesi için de kullanılmaktadır (Milos, 2018). PLSR modelleri, The Unscrambler programı kullanılarak geliştirilmiştir. Çalışmada incelenen toprak parametrelerine ait temel tanımlayıcı istatistikler (Minimum, Maksimum, Ortalama, Standart Sapma, Değişim Aralığı, Değişim Katsayısı) ve toprak parametreleri arasındaki korelasyonlar, JMP, Excel ve Python programları kullanılarak elde edilmiştir.

3.2.1.6. Jeostatistiksel Yöntemler

Yerbilimlerinde kestirim problemlerinin çözümü Jeostatistik kullanılır. Jeostatistiksel analiz sürecinde öncelikle veriler toplanarak keşifsel analizler yapılmış, normal dağılım göstermeyen parametreler logaritmik dönüşümle normalize edilmiştir. Yarı-varyogram analiziyle verilerin mekânsal ilişkisi belirlenmiş, uygun matematiksel model seçilerek kriging yöntemiyle bilinmeyen noktaların tahmini ve haritalanması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada toprak özelliklerinin tahmini için Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW), kriging ve Cokriging (COK) yöntemleri karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. IDW sadece mesafeyi, kriging hem mesafe hem mekânsal bağımlılığı, COK ise ek olarak yardımcı değişkenleri dikkate alarak tahmin yapmaktadır. Tahminlerin doğruluğu çapraz doğrulama ile test edilmiştir (Isaaks ve Srivastava, 1989). Jeostatistiksel analizler için ArcMap programı kullanılmıştır.

Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW)

Ters Mesafe Ağırlıklandırma yöntemi, örneklenmiş noktalardaki değerler ile örneklenmemiş noktalardaki değerlerin, mesafelerin tersi fonksiyonlarıyla ağırlıklandırılmış doğrusal bir kombinasyonunu kullanarak tahminler oluşturur (Burrough ve Mc Donnell, 1998). Burada r üssü gözlemlerin atanan etki alanını belirleyen katsayıyı, d ise gözlem noktası X_i ile tahmin noktası X_0 arasındaki mesafeyi temsil eder (Denklem 3.3).

$$Z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(X_i) * d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}} \quad (3.3)$$

Ordinary Kriging

Kriging tekniği jeoistatistik alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Caruso, ve Quarta, 1998). Ordinary Kriging, mekânsal enterpolasyon için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, tahmin yapılacak noktanın değeri, komşu noktalara olan mesafelere dayalı ağırlıklı ortalama hesaplanarak belirlenir (Denklem 3.4) (Isaaks ve Srivastava, 1989).

$$Z(X_0) = \sum_{i=1}^N W_i Z(X_i) \quad (3.4)$$

Variogram Analizi

$Z(X_0)$ tahmin noktasının kriging tahmini değerini, n komşuluk alanındaki örnek sayısını, W_i ise i 'inci gözlem $Z(X_i)$ 'ye atanan ağırlığı ifade eder. Ağırlıklar, veri noktaları arasındaki mekânsal korelasyonu ve kovaryans yapısını ölçen variogram kullanılarak belirlenir (Journel ve Huijbregts, 1981) (Denklem 3.5).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2 \quad (3.5)$$

Yakın fakat farklı yerlerde bulunan gözlemlere jeoistatistiğin mekânsal otokorelasyon yöntemi uygulanmalıdır (Goovaerts, 1999). Ordinary Kriging modeli, istenilen nokta ile yakınındaki bilgileri bilinen noktaların ortalamaları ile yorumlanabilmektedir (Eldeiry ve Garcia, 2010). Ordinary Kriging uygulamasında üzerinde durulması gereken iki konu vardır. Bunlar: (a) mekânsal alandaki sürecin ortalaması değişmez ve stabil olması ve (b) birbirlerine olan mesafelerine bağlı olduğundan iki nokta arasındaki farkların varyansı alınmalıdır (Sarangi, Cox ve Madramootoo, 2005).

Co-kriging

Co-kriging yönteminde yardımcı değişken, ana parametrenin eş-değişkeni olarak kullanılır. \square_i ve \square_j ağırlıkları sırasıyla Z ve Y değişkenlerini, m ve n ise Z ve Y değişkenlerinin tahmininde kullanılan veri sayılarını temsil eder (Denklem 3.6). Co-kriging, tahminlerde ana ve yardımcı değişkenler arasındaki kovaryansı kullanır.

Ana değişkenin yetersiz örneklendiği ancak yardımcı değişkenin daha iyi örneklendiği ve iki değişken arasındaki kovaryansın iyi modellenildiği durumlarda, tahmin kalitesini artırmak için Co-kriging yöntemi kullanılır (Chang, 2002). Jeostatistiksel analizler ArcMap 10.5 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i + \sum_{j=1}^m \lambda_j y_j \quad (3.6)$$

Co-kriging yönteminde birincil değişken ile yardımcı değişken arasındaki en uygun modelini bulmak için yükseklik değerleri ile standart yağış değerlerinden faydalanarak çapraz variogramlar meydana getirebilmektir. Ordinary Kriging’de olduğu gibi, variogramlar interpolasyon ağırlıklarını hesaplamak için verisi bilinen noktalar kullanılmaktadır (Sarangi vd., 2005).

Doğruluk Değerlendirmeleri

Hem jeostatistiksel hem de VNIRS yöntemleriyle yapılan tahminlerin doğruluğu değerlendirilmiş ve yöntemler arası karşılaştırmalar RMSE (Tahminin Karekök Ortalama Hata Karesi) parametresi kullanılarak yapılmıştır. RMSE, gerçek ölçüm değerleri ile tahmin edilen değerler arasındaki farkların karelerinin ortalamasının karekökü alınarak hesaplanır (Denklem 3.6). X_i : Tahmini değerler (X_1, X_2, \dots, X_n), Y_i : Gözlemlenen değerler (Y_1, Y_2, \dots, Y_n), n : Gözlem sayısı (Denklem 3.7).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (3.7)$$

3.2.2. Bitki Örneklerine Yapılan Analizler

Yaprak ve toprak analizlerinin birlikte yapılması uygundur. Bitkinin topraktaki besin maddelerini alıp almadığını belirlemek için yaprak analizi gerekir. Antep fıstığında en uygun analiz zamanı, ben düşme dönemi olan temmuz sonu–ağustos başıdır.

Çalışmada yaklaşık 40–50 yaşlarındaki Antep fıstığı ağaçları seçilmiş ve yapraklardaki SPAD değerleri Minolta SPAD-502 ile ölçülmüştür. Ölçümler, yerden

2 m yükseklikte güneş gören dış dallardaki orta yaş yapraklardan aynı yönde alınmış, ortalama SPAD değerleri kaydedilmiştir (Richardson ve Dugan, 2002; Gitelson ve Buschmann, 1999). SPAD metre, 650 nm ve 950 nm dalga boyundaki ışınların SPAD değerleri tarafından tutulmasına dayalı olarak çalışmaktadır (Minolta, 1989; Maas ve Rajan, 1989).



Şekil 3.13. Antep fıstığı yapraklarında Spad ölçümü (Minolta SPAD-502)

Antep fıstığı ağacının orta yaş yaprakları dört yönden alınarak sap kısmından koparılmış ve spectroradyometre ile ölçülmüştür.



Şekil 3.14. Antep fıstığı yapraklarının spektrometre yansımalarının elde edilmesi



Şekil 3.15. Antep fıstığı yapraklarının spektrometre kontakt probe ile yansımaların elde edilmesi

Araziden toplanan yaprak numuneleri yıkanıp, açık havada kurulmuştur. Kuruyan yapraklar öğütme makinesiyle öğütülerek homojen hale getirilmiştir.



Şekil 3.16. Yaprak numunelerinin açık havada kurutulması



Şekil 3.17. Kuruyan yaprak numunelerin öğütülmesi

Öğütülen yaprak numuneleri laboratuvar analizlerine hazır hale getirilmiştir. Kuru yakma (kül tekniği) için porselen kül krozelerine 1 g öğütülmüş yaprak numuneleri konulmuş ve 500°C sıcaklıkta yaklaşık 4,5 saat fırınlanmıştır. Böylece yapraklar yüksek sıcaklıkta yakılarak organik madde uzaklaştırılmış ve inorganik elementler içeren kül elde edilmiştir. Soğuyan yaprak numunelerinin üzerine %25'lik

seyreltilmiş HCl asit çözeltisinden 2,5 ml eklenilmiştir. Bu şekilde elementleri iyonik forma geçmesi sağlanmıştır. Elde edilen bu karışım süzüntü kâğıdı yardımıyla 50 ml tüplere süzülmüştür. Üzerine deiyonize su ekleyerek 50 ml'ye tamamlanmıştır.



Şekil 3.18. Öğütülen yaprak numunelerinin fırınlanması ve HCl çözeltisi eklenerek süzüntü haline getirme işlemi

Elde edilen bu süzüntü ile Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi aracılığıyla Na ve K değerleri okunmuştur.

3.2.2.1. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi

Atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS), birçok metalin ve bazı geçiş metallere kantitatif analizi için kullanılan yöntemlerden biridir (Kacar ve İnal, 2008). Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS), metal ve geçiş metallere kantitatif analizinde kullanılan bir yöntemdir. Çözelti hâline getirilen numune alev

veya grafit fırında atomlaştırılır; elemente özgü dalga boyunda ışık veren hollow katot lambası kullanılır. Serbest atomların ışığı absorplaması sonucu oluşan şiddet azalması dedektörle ölçülerek element konsantrasyonu belirlenir.



Şekil 3.19. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre ile Na ve K okuması

3.2.2.2. Bitki Numunelerinden Spektral Verilerin Elde Edilmesi için Spektrometre Okumalarının Yapılması

350-2500 nm dalga boyu aralığında 1 nm çözünürlüklü spektral yansımaların ölçümleri arazide direkt bitkiden alınmıştır. Spektrometre, gerektiğinde beyaz spektralon kullanılarak kalibre edilmiş ve bitki örneklerinin nihai yansıma değerleri, bitki spektrumlarının beyaz spektralon spektrumlarına oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Bitkinin spektral yansıma ölçümleri ile bitki özellikleri arasındaki ilişkileri modellemek için Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (PLSR) yöntemi kullanılmıştır.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Değerleri spektral veriler kullanılarak hesaplandı. NDVI (Normalize Edilmiş Fark Vejetasyon İndeksi), bitki

örtüsünün yoğunluğunu ve sağlığını değerlendirmek için kullanılan bir spektral göstergedir ve yakın kızılötesi (NIR) ile kırmızı (RED) bantlar arasındaki yansıma farkına dayanır. Bitkiler, fotosentez sürecinde 800–880 nm aralığındaki yakın kızılötesi ışınımı (NIR) büyük oranda yansıtırken, 620–680 nm aralığındaki kırmızı ışığı (RED) ise SPAD aracılığıyla emer. Sağlıklı ve aktif fotosentez yapan bitkiler kırmızı ışığı daha fazla emerken, NIR ışığı daha fazla yansıttığı için NDVI değeri yüksek olur. Buna karşılık, kurumuş, hastalıklı veya strese girmiş bitkiler bu karakteristik yansımayı göstermez ve bu nedenle NDVI değerleri düşer. Bu özellik NDVI'nın bitki sağlığını tespit etmede güçlü bir uzaktan algılama aracı olmasını sağlar.

$$NDVI = \frac{(NIR - red)}{(NIR + red)} \quad (3.8)$$

Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksleri (NDVI), insan kaynaklı tarımsal ve iklim değişikliklerin izlenmesinde en yaygın kullanılan göstergelerden biridir (Mao, 2011).

Taş ocakları ise çevresel stres kaynakları olarak, bitki örtüsünde fiziksel ve kimyasal bozulmalara yol açabilir (Huete et al., 2002).

4. BULGULAR

4.1. Toprak Özellikleri

Taş ocağı çevresindeki alandan alınan toprak örneklerine ait çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerin tanıtıcı istatistikleri çizelge 4.1' de verilmektedir. Çizelgede yer alan değişkenler; kil (%), silt (%), kum (%), pH, elektriksel iletkenlik (EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$) ve kalsiyum karbonat (CaCO_3 (%)) içeriğidir. Bu istatistiki veriler, 30 örnek üzerinden hesaplanmıştır.

Toprak örneklerinde ortalama kil içeriği %47,15 olup standart sapması 5,55 ile düşük varyasyon göstermektedir. Ortalama silt içeriği %23,57 ve standart sapması 6,21 ile daha yüksek varyasyon sergilerken, kum içeriği %29,13 ve standart sapması 4,43'tür. Bulgular, örneklerin çoğunlukla kil açısından zengin olduğunu, silt ve kum oranlarının daha düşük kaldığını ve tekstürel olarak killi tın veya tınlı kil sınıfına girdiğini göstermektedir.

Toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7,79 olup hafif alkali özellik göstermektedir. Standart sapma 0,07 ile değerler oldukça homojen dağılmıştır. Bu durum, tarımsal üretim için uygun bir pH aralığını işaret etmektedir.

Toprak örneklerinde ortalama EC değeri 438 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olup, standart sapma 27,91 ile düşük varyasyon göstermektedir. Bu sonuç, tuzluluk seviyesinin düşük olduğunu ve tarımsal kullanım için uygun koşullar sunduğunu göstermektedir.

Toprak örneklerinde ortalama CaCO_3 içeriği %13,29 olup, standart sapma 5,87 ile orta düzeyde varyasyon göstermektedir. Bu durum, çalışma alanı topraklarının orta düzeyde kireç içerdiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.1. Tanıtıcı İstatistikler

İstatistik	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	pH	EC	% CaCO ₃	Örneklerin taş ocağına olan mesafesi (m)
Ortalama	47,15	23,57	29,13	7,79	438	13,29	387,70
Standart Hata	1,01	1,13	0,81	0,01	5,09	1,07	41,98
Standart Sapma	5,55	6,21	4,43	0,07	27,91	5,87	229,92
Basıklık	-1,51	2,14	-0,54	-0,71	-0,48	0,27	0,54
Çarpıklık	4,53	6,04	0,17	1,73	-0,64	-0,9	-0,9
Aralık	30,2	30,00	17,28	0,36	100,00	20,37	773,00
Minimum	27,84	15,28	18,88	7,56	381,00	3,88	91,00
Maksimum	58,04	45,28	36,16	7,92	481,00	24,25	864,00
Varyasyon Katsayısı (%)	11,77	26,35	25,21	0,90	6,37	44,17	59,30

4.1.1. İncelenen Toprak Parametreleri Arasındaki Korelasyonlar

Şekil 4.1’de toprak parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları (-1 ile +1) gösterilmektedir. Heatmap değerlendirmesinde en belirgin ilişki, kil-silt arasındaki güçlü negatif korelasyon olup koyu mavi renk (-0,69) değeriyle kil artışının silti önemli ölçüde azalttığını ortaya koymaktadır.

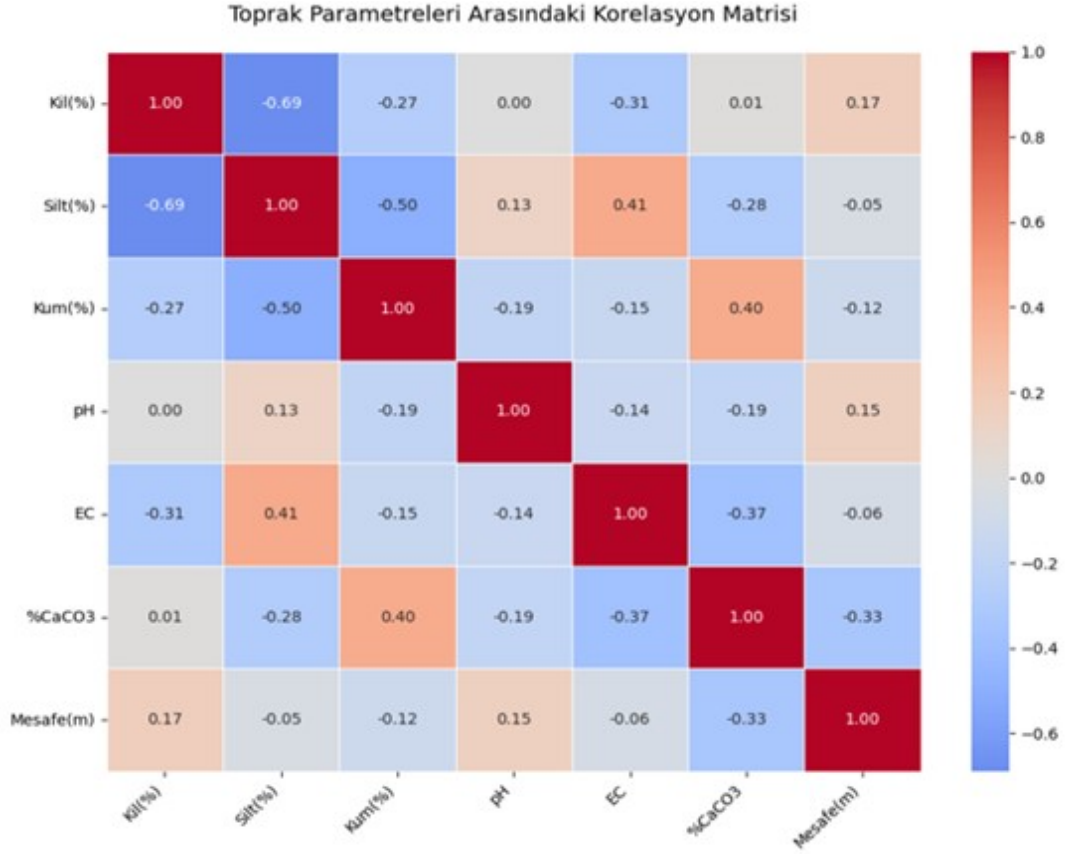
Kum-CaCO₃ (%) arasındaki pozitif korelasyon (0,40), kumlu topraklarda kireç birikiminin orta düzeyde yaygın olduğunu göstermektedir.

EC-CaCO₃ (%) arasındaki negatif korelasyon (-0,37), tuzluluk ile kireç içeriğinin ters orantılı olduğunu göstermektedir.

pH’ın diğer parametrelerle ~0,00 düzeyindeki zayıf korelasyonları, bu özelliklerden bağımsız değiştiğini göstermektedir.

Renk yoğunluğu ile sayısal değerlerin uyumu, veri bütünlüğünü güçlendirir; silt-EC arasındaki orta düzey pozitif korelasyon (0,40) analizin güvenilirliğini destekler.

Mesafe ile en belirgin ilişki CaCO₃ (%)’te görülmüş (-0,33) ve mesafe arttıkça oran azalmıştır. Diğer parametrelerle korelasyonlar zayıf ($|r| < 0,2$) olup, mesafenin yalnızca CaCO₃ üzerinde kısmen etkili olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Toprak parametreleri arasındaki korelasyon heatmap grafiği

4.1.2. Taş Ocağına Olan Mesafe (m) İle Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Kil(%) ile mesafe arasında zayıf pozitif korelasyon (0,17) bulunmuş, mesafe arttıkça kil oranında hafif artış eğilimi gözlenmiştir.

Silt(%) ile mesafe arasında çok zayıf korelasyon (-0,05) bulunmuş, silt oranı mesafeden bağımsızdır.

Kum(%) ile mesafe arasında çok zayıf negatif korelasyon (-0,12) bulunmuş, mesafe arttıkça kum oranı hafif azalır.

pH ile mesafe arasında zayıf pozitif korelasyon (0,15) bulunmuş, mesafe arttıkça pH hafif yükselmiştir.

EC ile mesafe arasındaki korelasyon (-0,06) önemsiz olup, tuzluluk daha çok lokal faktörlerle (sulama, drenaj) kontrol edilmektedir.

CaCO₃ (%) ile mesafe arasında orta-zayıf negatif korelasyon (-0,33)

bulunmuş, mesafe arttıkça kireç içeriği azalmaktadır. Bu, örnekleme alanında bir kireç kaynağına (örneğin kireçtaşı yüzeyi veya eski kireç uygulaması) yakın bölgelerde CaCO_3 (%) birikiminin daha fazla olduğunu düşündürür.

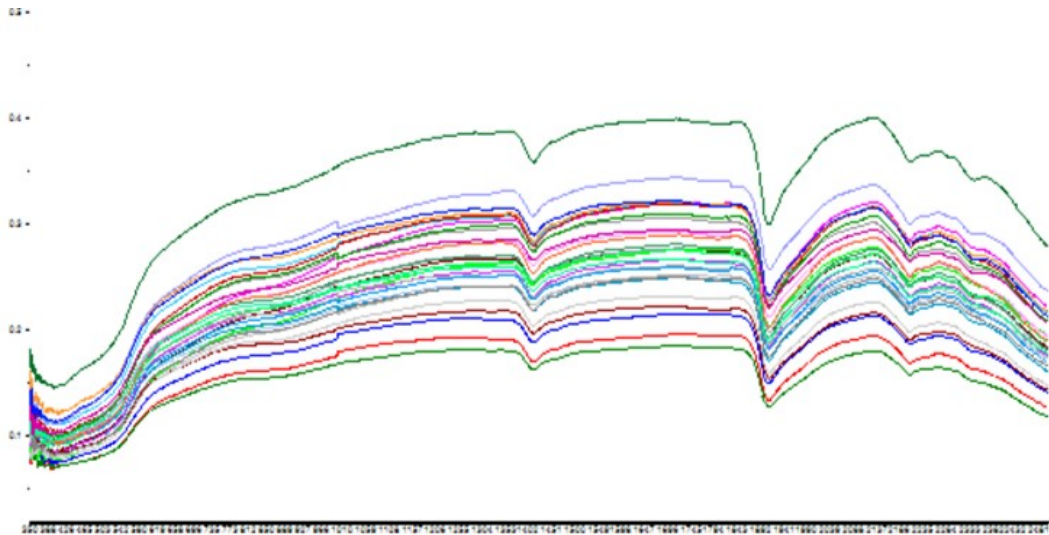
Mesafe ile en belirgin ilişkiler CaCO_3 (-0,33) ve kil (0,17) olup, diğer parametrelerde etkiler zayıf veya önemsizdir.

Toprak özelliklerinin dağılımında mesafe tek başına belirleyici değildir; jeolojik, hidrolojik ve antropojenik faktörler daha baskındır.

Taş ocaklarından taşınan kireç mesafe arttıkça azalmış, heatmap analizinde CaCO_3 ile mesafe korelasyonu -0,33 olarak istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

4.1.3. Toprak Parametrelerinin Spektrometre Tekniği ile Tahmini

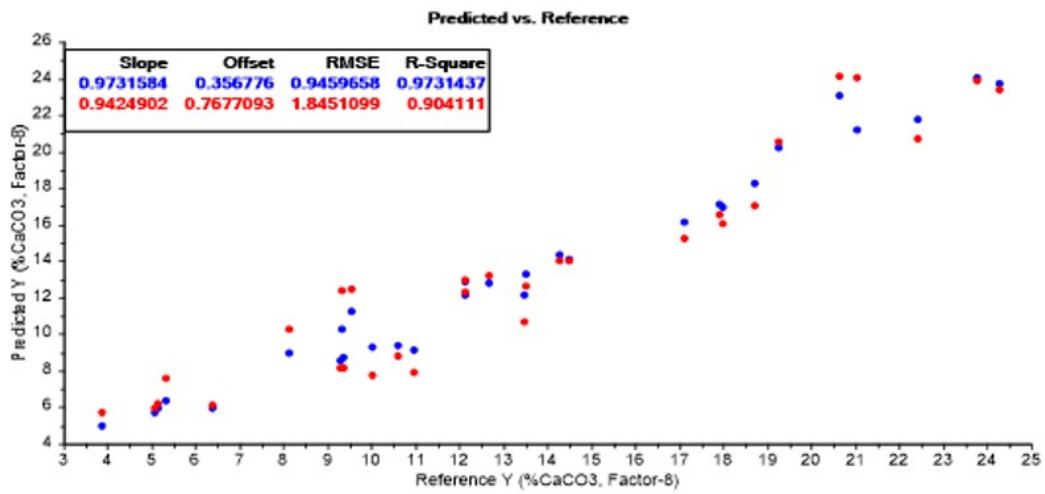
Toprak örneklerine ait 350-2500 nm aralığındaki ham yansıma değerleri şekil 4.2 'de verilmektedir. Buna göre 1400 nm 2200 ve 2350 nm de adsorpsiyon pikleri meydana gelmiştir. 1400 nm'de toprakta bulunan suyun absorpsiyon pikidir. 2200 nm ve 2350 nm'de kil mineralleri (örneğin kaolinit, montmorillonit) ve kireç içeriği yüksek toprakların absorpsiyon bölgeleridir. Örneklere ait yansıma değerleri. %6 ile %41 arasında değişmiştir. Düşük yansıma (%6) genellikle nemli, koyu renkli veya organik maddece zengin toprakları; yüksek yansıma (%41) ise kuru, açık renkli veya mineralce zengin toprakları işaret eder.



Şekil 4.2. Toprak örneklerinin 350-2500 nm dalga boyu aralığındaki spektral yansımaları

Toprak özellikleri, Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (PLSR) yöntemiyle,

toprak parametreleri ile spektral yansımalar arasındaki ilişkiyi temel alan kalibrasyon modelleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Modelin tahmin performansı, çapraz doğrulama yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çapraz doğrulama sürecinde, veri seti eğitim ve test alt gruplarına ayrılmış ve modelin test verileri üzerindeki performansı analiz edilmiştir. Bu yaklaşım, modelin gerçek verilere uyumunu ve genellenebilirliğini belirlemede kritik bir rol oynamaktadır. Farklı toprak parametrelerine ait çapraz doğrulama sonuçları, R^2 (belirleme katsayısı) ve RMSE (Tahminin Karekök Ortalama Hata Karesi) değerleriyle ölçülmüş olup, bu değerler, tahminler ile gerçek değerler arasındaki uyumu gösteren şekil 4.3 ve çizelge 4.2' de detaylı olarak sunulmuştur.



Şekil 4.3. PLSR modeli kullanılarak elde edilen tahmin ve ölçüm grafiği (Kireç (CaCO_3 (%))'in PLSR- VNIRS ile tahmini)

Çizelge 4.2. PLSR modeline ait RMSE ve R^2 değerleri

Toprak Parametresi	RMSE	R^2
Kireç (CaCO_3)	2,40	0,90
EC	29,81	NA
pH	0,078	NA
Kum	3,99	0,150
Silt	6,18	0,003
Kil	5,89	NA

RMSE (Kök Ortalama Kare Hata): Tahminlerinin ne derece doğru olduğunu ölçer

NA: Tahmin yapılamadı

Çalışmada model performansını değerlendirmek için kullanılan doğruluk kriterlerinden R^2 değerleri, 0,50–0,66 aralığında sınırlı doğrulukla eğilimleri ayırt

edebilen; 0,66–0,80 aralığında orta düzeyde açıklayıcılığa sahip ve gerçek değerlere daha yakın tahminler üreten; 0,81–0,90 aralığında yüksek doğruluk ve iyi performans sergileyen; 0,90 üzerindeki değerlerde ise gerçek değerlere oldukça yakın, yüksek güvenilirlikte tahminler yapabilen modelleri göstermektedir. RMSE (Tahminin Karekök Ortalama Hata Karesi), tahmin edilen değerlerle gerçek değerler arasındaki farkların karelerinin ortalamasının karekökü olup, modelin tahmin doğruluğunu ölçmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Düşük RMSE değerleri, modelin yüksek doğrulukla çalıştığını gösterir. Bu araştırmada, 350-2500 nm spektral aralığındaki yansıma verileri kullanılarak tahminler gerçekleştirilmiştir. 350-2500 nm aralığındaki spektral verilerden elde edilen kireç içeriği tahminleri çizelge 4.2’de verilmiş olup R^2 değeri 0,90 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, tahminlerin gerçek değerlerle yüksek düzeyde uyum gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ancak, kil, pH ve EC parametrelerine ilişkin tahminler hesaplanamamıştır. Silt ve kum parametreleri için elde edilen R^2 değerleri ise düşük çıkmış olup, bu durum, bu parametrelere ait tahminlerin doğruluk açısından sınırlı kaldığını göstermektedir.

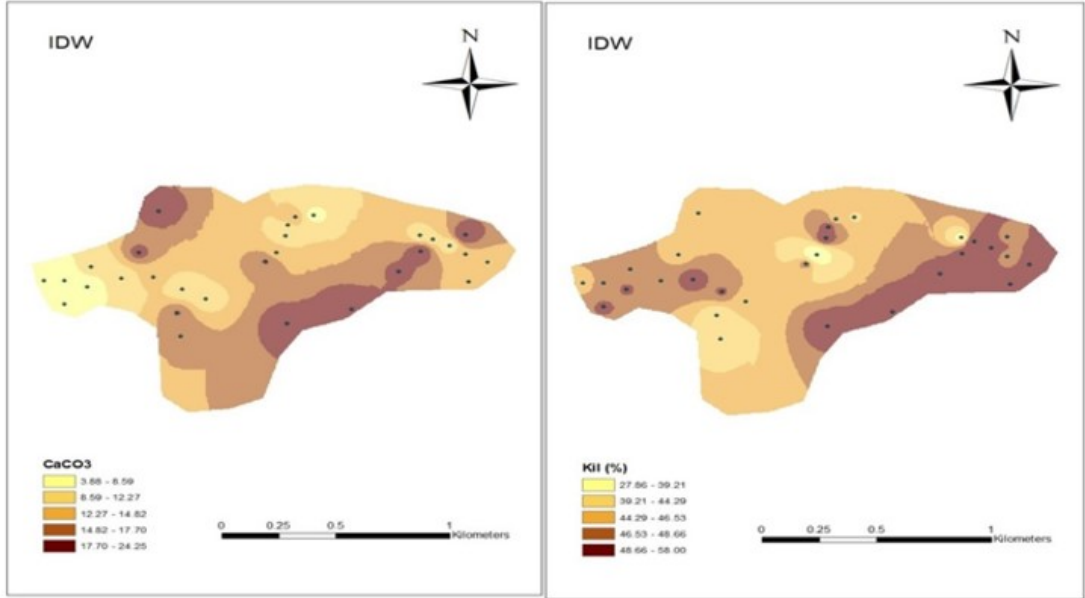
4.1.4. Jeostatistiksel Analizler

IDW Yöntemi

IDW yöntemiyle oluşturulan şekil 4.4’teki haritalarda toprak parametrelerinden CaCO_3 (%) ile kilin mekânsal dağılımındaki belirgin farklılıkları ortaya koymaktadır.

Taş ocağı çevresinde CaCO_3 (%) oranı yüksek (14,82–24,25), uzaklaştıkça daha düşük değerlere (3,88–8,59) düşmektedir. Bu durum, ocağın çevrede belirgin kalsiyum karbonat zenginliği oluşturduğunu ve yüksek CaCO_3 içeren materyalin fiziksel veya kimyasal yollarla yayılmış olabileceğini göstermektedir.

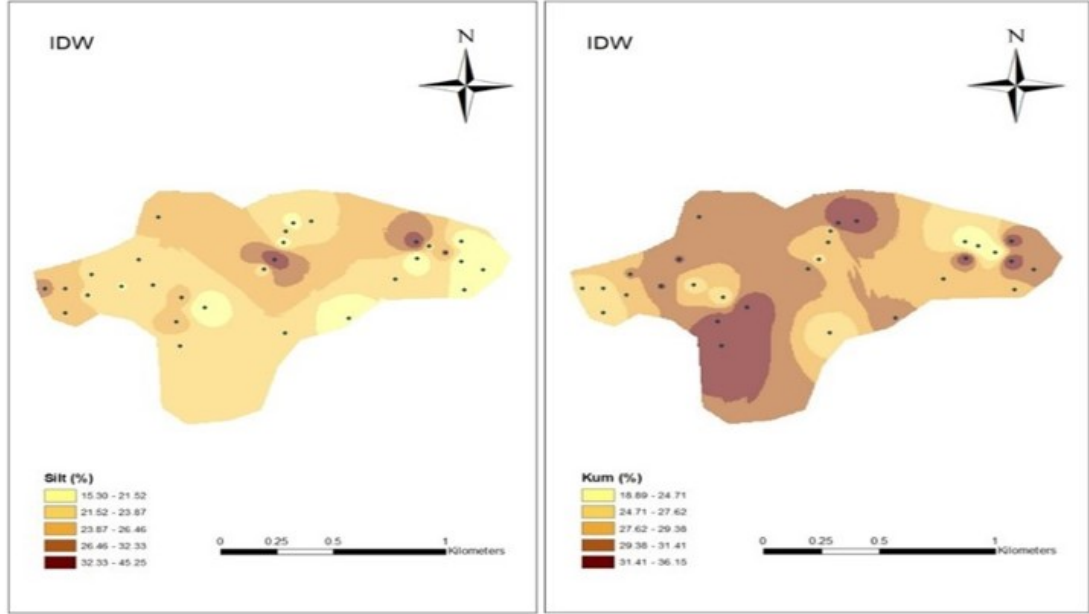
Taş ocağı çevresinde kil oranı yüksek (46,53–56,00), uzaklaştıkça azalarak mekânsal gradyan oluşturmuştur. Ocağın açılmasıyla yüzeye çıkan kilce zengin materyaller rüzgâr, yağış ve ayrışma yoluyla çevreye taşınmış; ince fraksiyonlu mineraller özellikle kuzeybatı rüzgârlarıyla güneydoğuya yayılmıştır. Kil oranı yüksek topraklar su tutma kapasitesi yüksek, geçirgenliği düşük olduğundan drenaj sorunları yaratabilir.



Şekil 4.4. IDW yöntemi ile elde edilen CaCO_3 (%) ile kilin dağılım haritası

Şekil 4.5'teki IDW silt ve kum haritası verilmiş, silt haritasında taş ocağı çevresinde oranlar orta-yüksek (26,65–45,25), uzaklaştıkça düşerek 15,30–21,52 aralığına inmektedir.

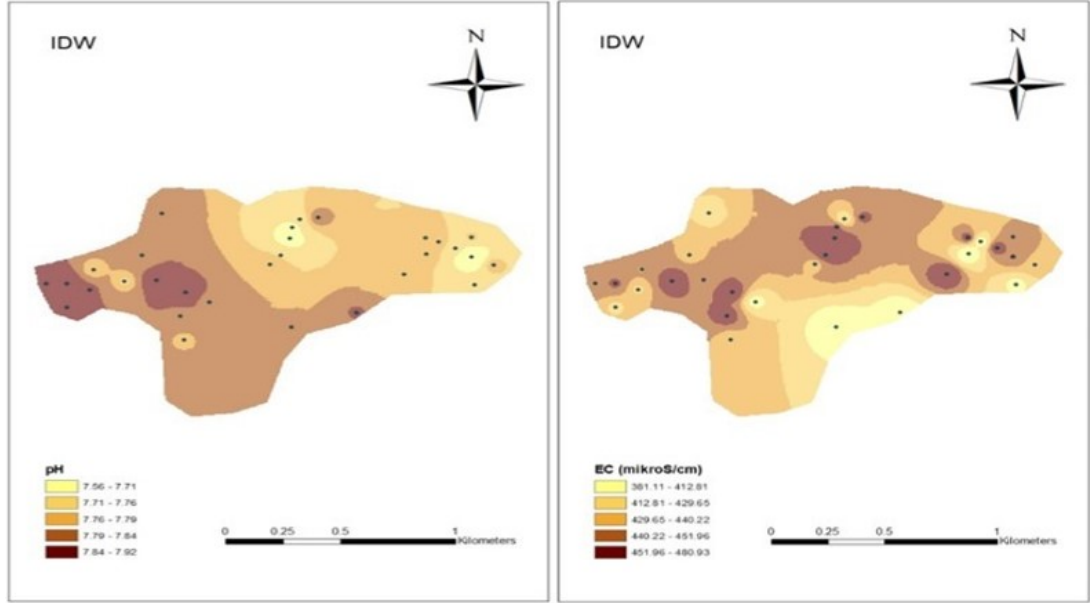
IDW kum haritasında (şekil 4.5) taş ocağı çevresinde oranlar orta (27,62–31,41), hemen yakınında ise daha yüksek (31,41–36,15) görülmektedir. Kum partikülleri iri olduğundan rüzgârla taşınım sınırlı, birikim lokal kalmıştır. Kum oranı yüksek topraklar su geçirgenliği fazla, su tutma kapasitesi düşük olduğundan sulama yönetiminde dikkat gerektirir.



Şekil 4.5. IDW yöntemi ile elde edilen silt (%) ve kumun dağılım haritası

Şekil 4.6'teki IDW pH haritasında değerler 7,56–7,92 arasında değişmekte, hafif alkali ortamı göstermektedir. Batı, kuzeybatı ve güneybatıda pH yüksek (7,79–7,92), güneydoğuda ise daha düşük (7,56–7,65) bulunmuştur. Taş ocağından taşınan CaCO_3 tozları pH'ı yükseltmesi beklenirken, kil fraksiyonunun yüksekliği organik madde ve asidik bileşenleri tutarak pH'ı düşürmüş, ayrıca kilin tamponlama kapasitesi değişimleri sınırlamıştır.

EC değerlerindeki artış (480,93 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'ye kadar) ileride tuzluluk riskini işaret etmektedir. Taş ocağı çevresindeki dağınık artışlar, kireçli ana materyal, kurak iklim ve yoğun buharlaşma ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. IDW yöntemi ile elde edilen pH ve EC' nin dağılım haritası

Ordinary Kriging yöntemi ile toprak parametrelerinin haritalandırılması

Toprak parametreleri IDW yönteminin yanısıra ordinary kriging tekniği ile de tahmin edilmiş ve haritalandırılmıştır. Haritalandırmaya geçmeden önce çizelge 4.3'te toprak parametrelerine ait variogram değerleri oluşturulmuştur.

Semivariogram Grafikleri ve Tahmin Ölçüm Grafikleri ve Variogram değerleri

Şekil 4.7'de semivariogram ve tahmin-ölçüm grafikleri verilmiştir. Ayrıca variogram değerleri (sill, nugget, variogram modeli, range) çizelge 4.3'te verilmektedir.

Çizelge 4.3. Toprak parametrelerine ait variogram değerleri

Toprak Parametrelerine ait Variogram Değerleri							
Toprak Parametreleri	Model	Range	Nugget (C ₀)	Partial Sill (C)	Sill (C ₀ +C)	Nugget to Sill oranı (C ₀ /(C ₀ +C))*100	Model Kalitesi
Kireç (%)	Spherical	325	71.66	38.15	109.81	65	Orta
	Exponential	235	21.63	89.82	111.44	19	Güçlü
Kil (%)	Spherical	873	32.36	1.83	34.19	95	Zayıf
	Exponential	1140	33.72	0	33.72	100	Zayıf
Silt (%)	Spherical	2055	38.57	0	38.57	100	Zayıf
	Exponential	2055	38.57	0	38.57	100	Zayıf
Kum (%)	Spherical	2055	19.53	0.29	19.82	99	Zayıf
	Exponential	2055	19.68	0	19.68	100	Zayıf
pH	Circular	224	0.00214	0.003	0.00539	39	Orta
	Gaussian	224	0.0025	0.003	0.005482	46	Orta
EC (µS/cm)	Spherical	588	722.24	127.1	849.31	85	Zayıf
	Exponential	843	720.25	141.3	861.51	84	Zayıf

Toprak parametrelerine ait variogram analizinde nugget/sill oranı, mekânsal bağımlılığın gücünü ve modelin açıklayıcılığını belirleyen temel bir ölçüttür. Bu oran ne kadar düşüğe, veri noktaları arasındaki uzamsal ilişki o kadar güçlüdür ve model kalitesi artar.

Nugget (C₀)/Sill (C₀+C) oranı uzaysal bağımlılığın göstergesi olup, bu oranın %25'in altında olması güçlü, %25–75 arasında olması orta, %75'in üzerinde olması ise zayıf uzaysal bağımlılığa işaret etmektedir (Cambardella et al., 1994).

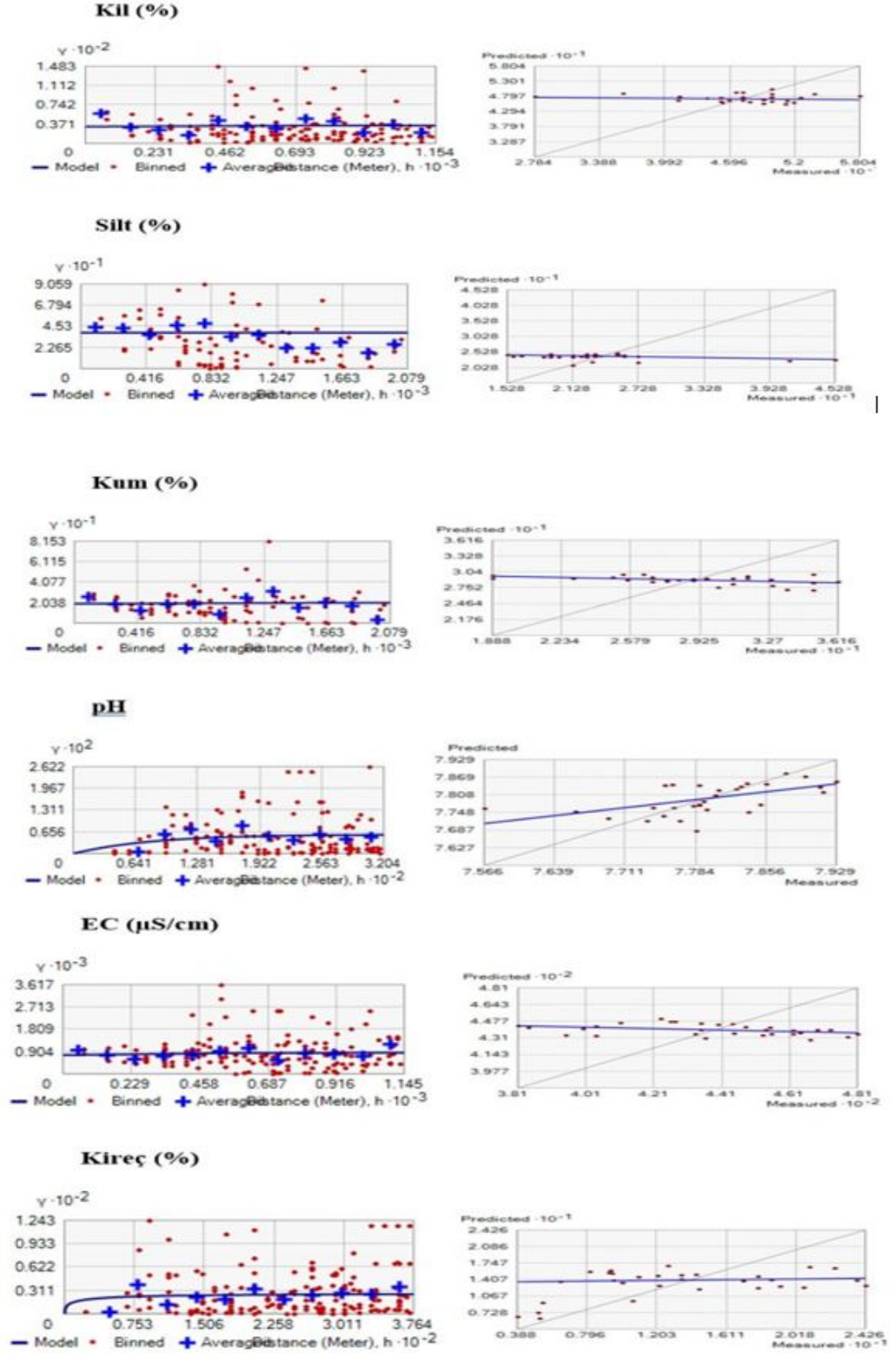
En düşük nugget/sill oranı kireç (%) parametresinde, Exponential model ile elde edilmiştir (%19). Bu değer, kireç dağılımının taş ocağı gibi sabit bir kaynaktan etkilenecek düzenli ve tahmin edilebilir bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle model kalitesi güçlü olarak değerlendirilmiştir.

En yüksek oran ise kil (%), silt (%) ve kum (%) parametrelerinde görülmektedir; bu parametrelerde Exponential modeller %100 nugget/sill oranı vermiştir. Bu durum, söz konusu fiziksel toprak özelliklerinin mekânsal olarak

düzensiz, rastlantısal ve lokal faktörlerle şekillendiğini göstermektedir. Bu nedenle bu modellerin kalitesi zayıf olarak sınıflandırılmıştır.

pH için %39–46 aralığında nugget/sill oranı elde edilmiş, bu da orta düzeyde mekânsal bağımlılık olduğunu göstermektedir.

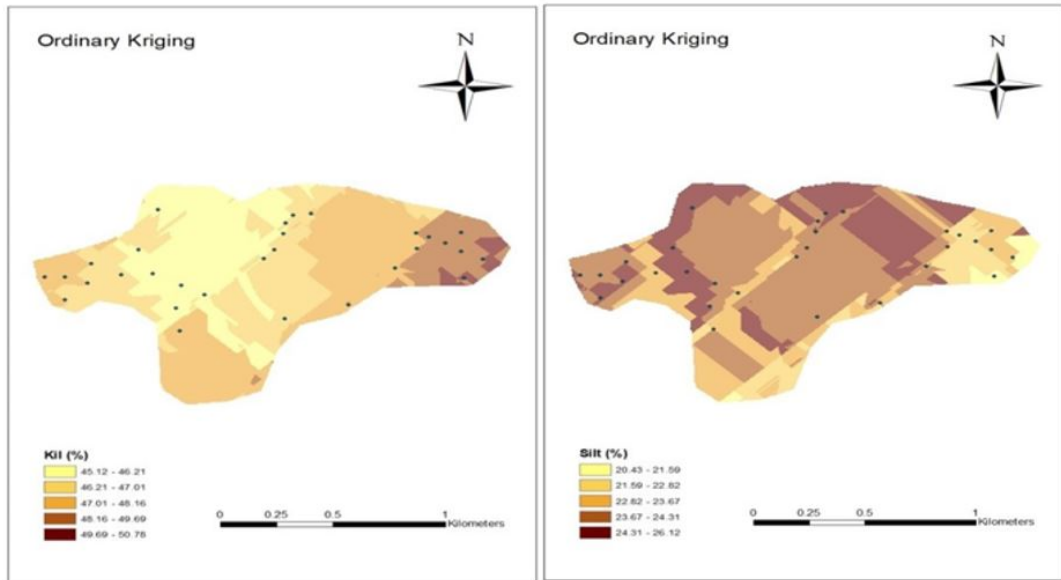
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) parametresi %84–85 oranlarıyla zayıf bağımlılık sergilemiş, tuzluluk değerlerinin daha çok lokal etkilerle kontrol edildiği anlaşılmıştır.



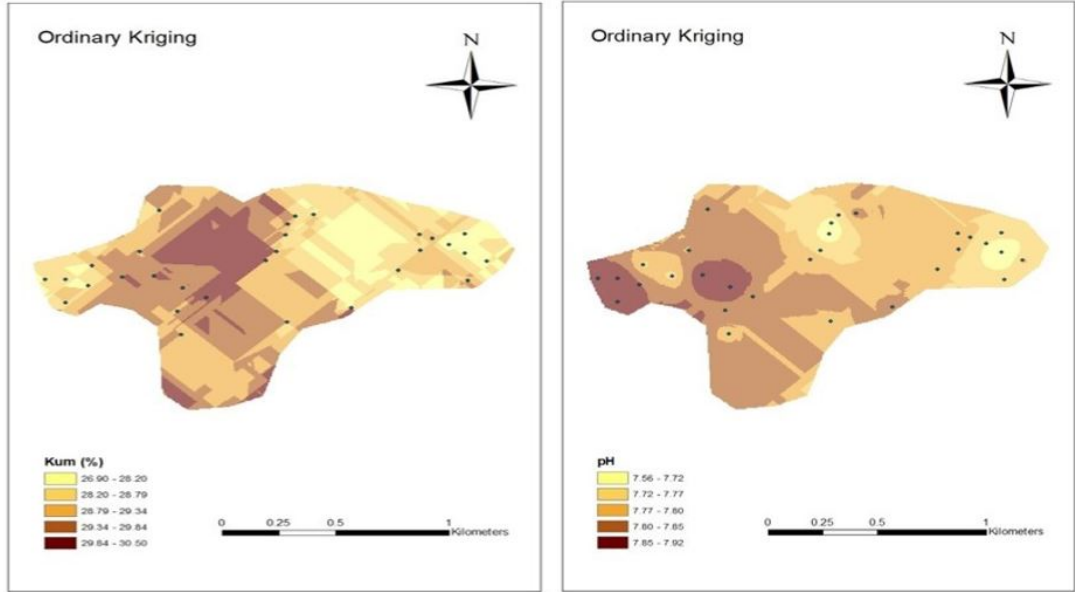
Şekil 4.7. Ordinary Kriging yöntemi ile elde edilen semivariogramlar ve tahmin-ölçüm grafikleri

Ordinary Kriging yöntemiyle oluşturulan haritalar, toprak parametrelerinin

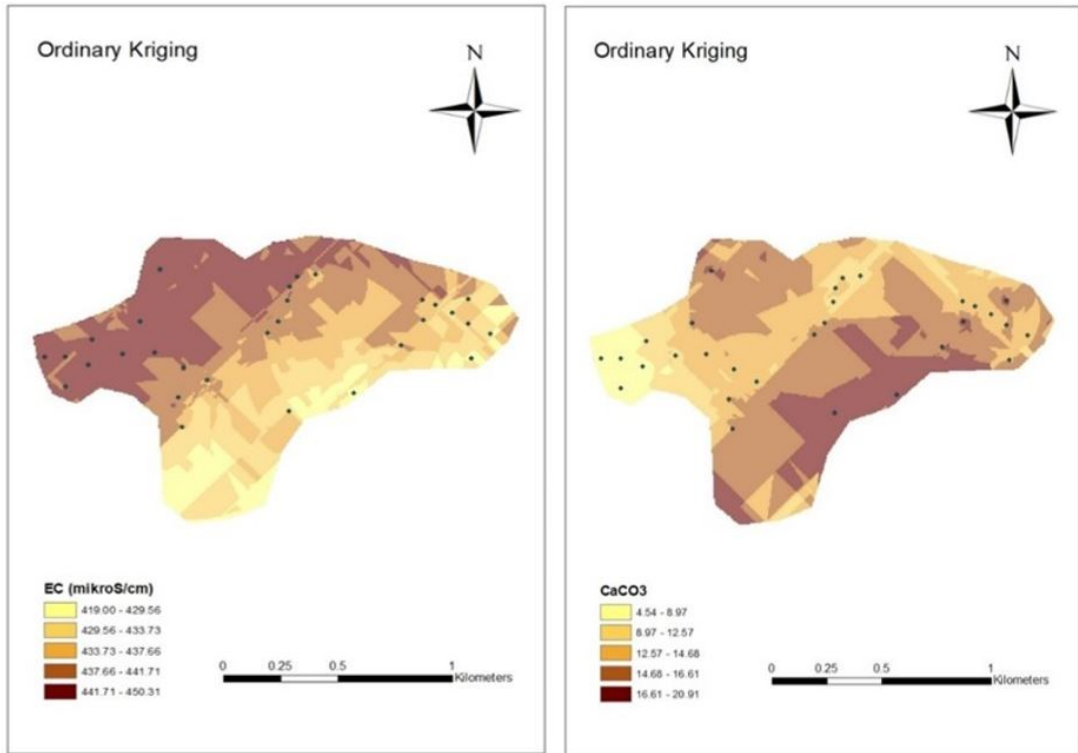
mekânsal dağılımını ve yapısal özelliklerini istatistiksel olarak daha güvenilir şekilde ortaya koymaktadır. Kil (%) dağılımındaki kademeli artış (45,12-50,78%) ve silt (%) içeriğindeki homojen dağılım (20,43-26,12%), toprak dokusunun bölgede dengeli bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Kum (%) oranındaki dar aralık (26,90-30,50%) ve pH değerlerinin nötre yakın seyri (7,66-7,92), toprakların genel olarak stabil ve geçirgen özellikte olduğuna işaret eder. EC değerlerindeki (419,00-450,31 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sınırlı değişim, tuzluluk riskinin düşük olduğunu gösterirken, özellikle taş ocağının güneydoğusunda yoğunlaşmıştır. Bu dağılım, bölgenin hâkim kuzeybatı rüzgarlarıyla taş ocağından yayılan karbonatlı tozların birikimiyle ilişkilidir. Yüksek CaCO_3 (%) içeriği, toprağın alkali karakterini gösterir ve bu durum tarımsal verimlilik ile bitki gelişimini etkileyebilir. Bu sonuçlar, ordinary kriging yönteminin toprak özelliklerinin mekânsal tahmininde etkin bir araç olduğunu ve bölgesel yönetim stratejileri için önemli veriler sağladığını ortaya koymaktadır. Şekil 4.8, şekil 4.9 ve şekil 4.10'da ordinary kriging yöntemi ile elde edilen dağılım haritaları verilmiştir.



Şekil 4.8. Ordinary Kriging yöntemiyle oluşturulan %kil ve silt haritası



Şekil 4.9. Ordinary Kriging yöntemiyle oluşturulan %kum ve pH haritası

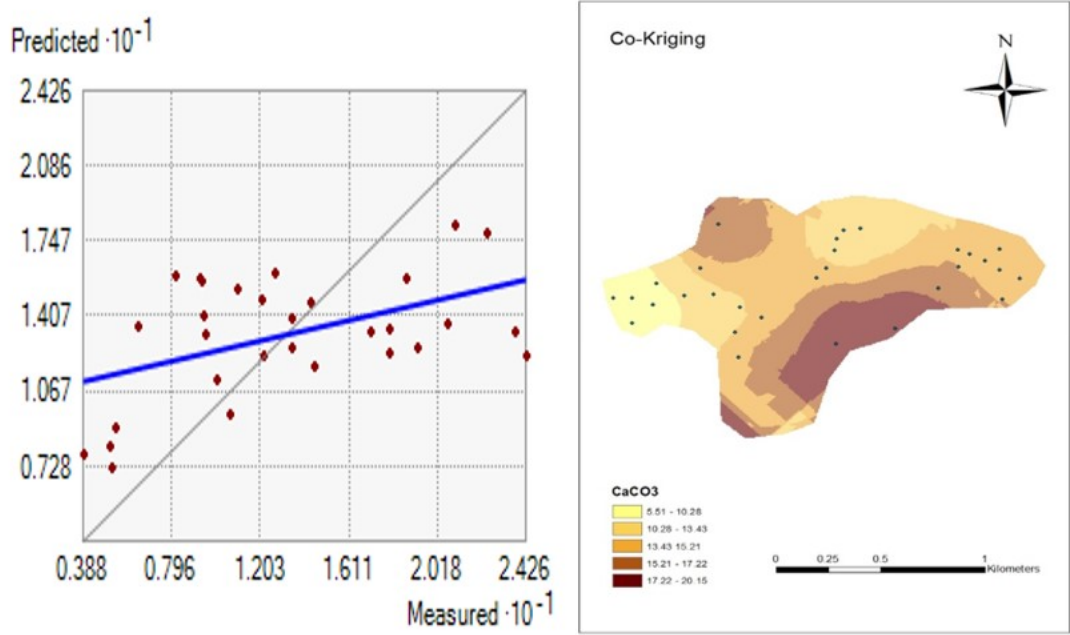


Şekil 4.10. Ordinary Kriging yöntemi ile elde edilen EC ve CaCO₃ (%) dağılım haritaları

Co-Kriging Yöntemi

Co-kriging tekniğinde yüksek korelasyona sahip ikincil değişken kullanılır.

Bu çalışmada ana değişken CaCO_3 , ikincil değişken EC olmuştur. Yöntemle elde edilen CaCO_3 tahmin haritası %5,51–20,15 aralığında dağılım göstermiştir. Düşük CaCO_3 (%5,51–13,43) alanları yüksek EC ile ilişkili olduğundan iki parametre arasında negatif korelasyon vardır. Co-kriging, tek değişkenli kriging'e göre daha doğru sonuçlar vererek heterojen topraklarda kireç dağılımını gerçekçi biçimde modellemiş ve tarımsal yönetimde alansal varyasyonun anlaşılmasına katkı sağlamıştır. Şekil 4.11'de Co-kriging yöntemi ile elde edilen tahmin ölçüm grafiği ile harita verilmiştir.



Şekil 4.11. Co-kriging yöntemi ile elde edilen tahmin ölçüm grafiği ile harita

4.2. Bitki Özellikleri

İncelenen bitki parametrelerine ait tanıttıcı istatistikler çizelge 4.4' de verilmiştir.

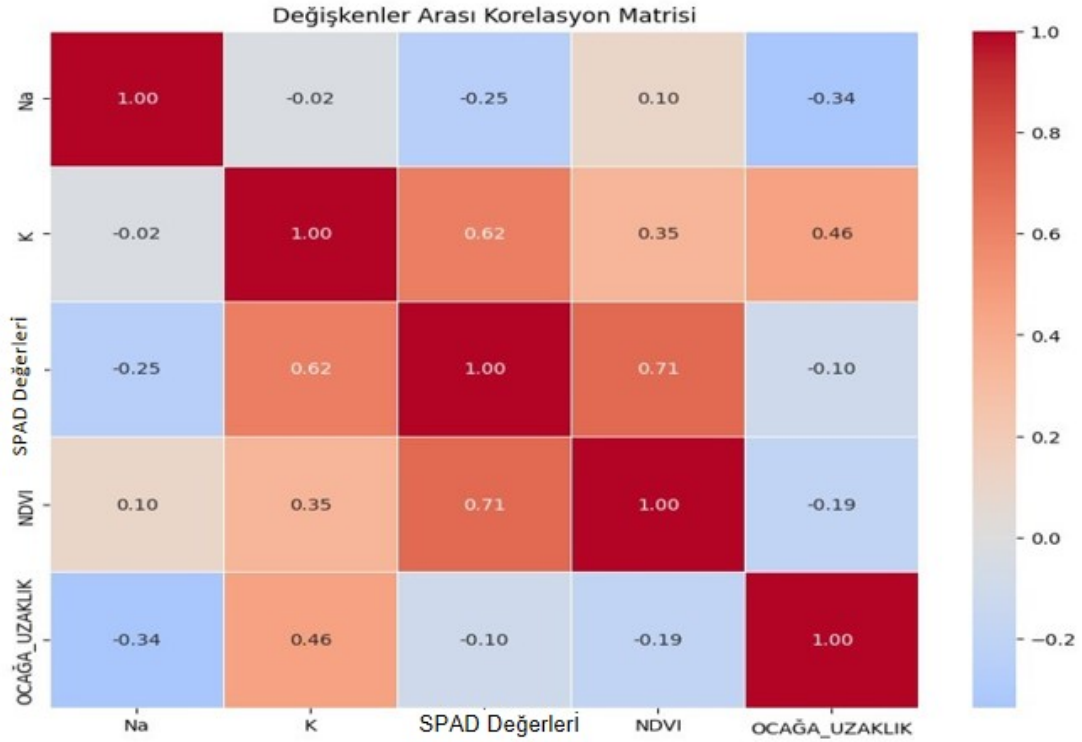
Çizelge 4.4. Bitki parametrelerine ait tanıttıcı istatistikler

İstatistik	Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	SPAD Değerleri	NDVI	Ocağa Uzaklık(m)
Ortalama	0.32	6653	47.11	0.82	272
Standart Hata	0.03	322	0.65	0.004	34
Standart Sapma	0.20	1766	3.57	0.023	187
Basıklık	1.59	2.07	-0.16	0.73	-0.63
Çarpıklık	0.88	0.68	0.68	-0.75	0.67
Aralık	0.94	8934	13	0.099	645
Minimum	0	3249	42	0.76	38
Maksimum	0.94	12183	55	0.86	683

Tanıttıcı istatistikler çizelgesi (Çizelge 4.4) incelendiğinde, ocağa uzaklık değişkeni 272 birimlik ortalama ve 187 birimlik standart sapma ile diğer değişkenlere kıyasla en yüksek varyasyonu sergilemiştir. Na değişkeninin ortalaması 0,32 ppm, standart sapması ise 0,20 olarak bulunmuş, düşük varyasyon ve homojen dağılım göstermiştir. K değişkeninin ortalama değeri 6653 ppm olup, 1766'lık bir standart sapmaya sahiptir. SPAD değerlerinin ortalaması 47,11 ile nispeten yüksek bir değere sahip olup, standart sapması 3,57 bulunmuştur. NDVI değerleri oldukça dar bir dağılım göstermekte olup ortalama 0,82, standart sapma ise sadece 0,023'tür. Değişkenler arası en geniş aralık ocağa uzaklık değişkeninde (645 birim) gözlenmiş, minimum ve maksimum değerler sırasıyla 38 ve 683 olarak ölçülmüştür.

4.2.1. Bitki parametrelerine ait korelasyon matrisi

Bitki parametrelerinin kendi aralarındaki ilişkileri ve taş ocağı arasındaki mesafe ilişkisini gösteren korelasyon matrisi şekil 4.12'de verilmektedir.

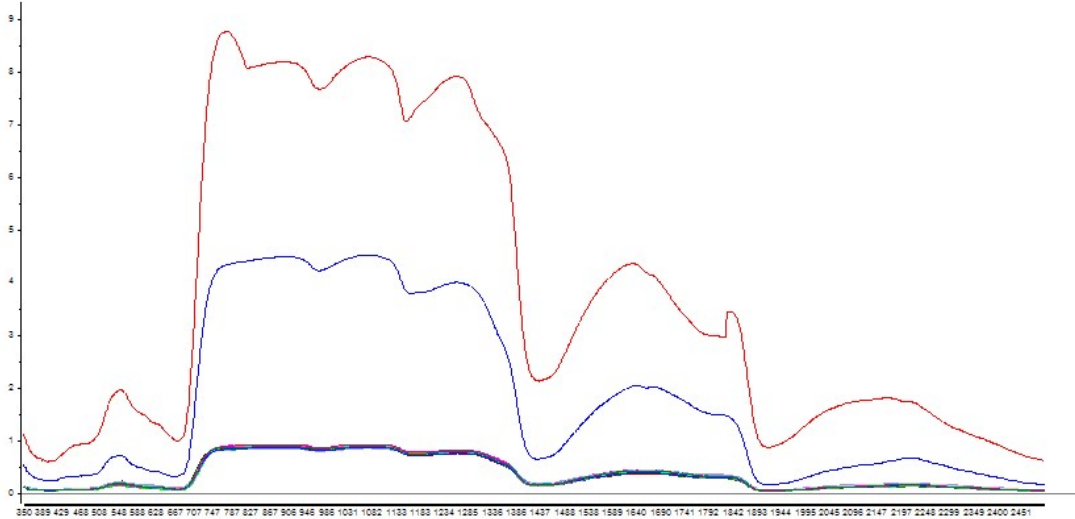


Şekil 4.12. Değişkenler arası korelasyon matrisi-heatmap grafiği

Şekil 4.12'deki korelasyon matrisi sonuçlarına göre, SPAD değerleri ile NDVI arasında en güçlü pozitif ilişki ($r = 0,71$) bulunmuş, SPAD değerleri arttıkça NDVI değerleri de yükselmiştir. SPAD değerleri ile potasyum arasında güçlü pozitif ilişki ($r = 0,62$) gözlenmiş, potasyumun bitki sağlığına katkısı vurgulanmıştır. Potasyum ile oaktan uzaklık arasında orta düzeyde pozitif ilişki ($r = 0,46$) saptanmış, uzaklık arttıkça potasyum seviyelerinin yükseldiği anlaşılmıştır. Buna karşılık sodyum (Na) ile diğer değişkenler arasındaki ilişkiler zayıf kalmış; SPAD değerleri ($r = -0,25$) ve uzaklık ($r = -0,34$) ile negatif, NDVI ile ise çok zayıf pozitif ($r = 0,10$) ilişki görülmüştür.

4.2.2. Spektrometre ile incelenen bitki parametrelerinin tahmini

Şekil 4.13'teki spektrometre grafiğine göre Antep fıstığı örneklerinin yansıma özellikleri şu şekilde özetlenebilir: 600–700 nm aralığı SPAD değerleri absorpsiyon bölgesidir, özellikle 660 nm'de düşük yansıma görülmüş; bu durum aktif fotosentez ve sağlıklı SPAD değerlerinin varlığını göstermektedir. 700–1300 nm aralığı NIR bölgesinde yansıma artışıdır, yaprak iç yapısının sağlam olduğunu ve yapısal bütünlüğün korunduğunu göstermektedir. 1300–2500 nm aralığı ise, SWIR bölgesinde düşük yansıma, yüksek su içeriğine ve düşük stres düzeyine işaret etmektedir.



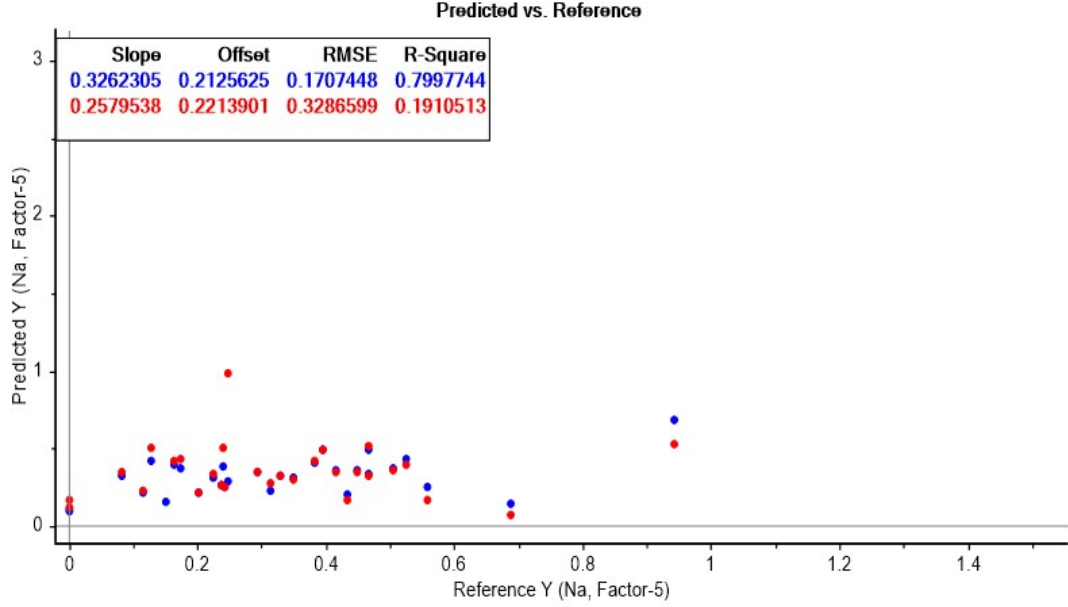
Şekil 4.13. Bitki örneklerine ait spektral yansımalar

İncelenen bitki parametreleri, spektral yansımalar ile bitki parametreleri arasındaki ilişkiye dayalı PLSR modelleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Model performansı, çapraz doğrulama ile R^2 ve RMSEP değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. R^2 değerleri, modelin tahmin doğruluğunu kategorize etmektedir: 0,50-0,66 (sınırlı doğruluk), 0,66-0,80 (orta düzey), 0,81-0,90 (yüksek doğruluk) ve $>0,90$ (mükemmele yakın). Sonuçlar, modelin bitki parametrelerini değişen doğruluk seviyelerinde tahmin edebildiğini göstermektedir (Saeys vd., 2005).

Bu çalışmada, 350-2500 nm spektral aralığındaki yansıma verileri kullanılarak tahminler gerçekleştirilmiştir. 350-2500 nm dalga boyu aralığında ölçülen spektral veriler kullanılarak hesaplanan potasyum (K) ve Sodyum (Na) içeriğine yönelik tahminler modellenememiştir. Sodyum (Na) parametrelerine ait R^2 değerlerinin tahmin edebilmiştir. Fakat Na parametresi için tahmin yapılamamıştır. Spektral verilere ait sonuçlar şekil 4.14 ve çizelge 4.5'te verilmiştir.

Uzaktan algılamada en çok ilgilenilen husus; hedeften yansıyan radyasyonun ölçülmesidir. Çünkü bitkiler fotosentez faaliyetleri sırasında kullanmak amacıyla kırmızı ışığın büyük bir kısmını bünyelerinde tutup depolarken, diğer taraftan yakın infrared dalga boyundaki ışıkların büyük bir kısmını da yansıtırlar. Uzaktan algılamada bitkinin fotosentez yaptığı bölge süngerimsi dokusundan dolayı spong mezofil olarak adlandırılan bölgedir. Yakın infrared dalga boyuna sahip ışınlar bitkinin mezofil kısmına penetre olabilmektedir. Bu sayede bitkilerin canlı olduğu, yüksek fotosentez yaptığı dönemler tespit edilmektedir (Çelik, 2013). Yaprak görsel kalitesi, su içeriği ve besin maddesi konsantrasyonlarının değerlendirilmesi için

dijital kameralarla makine görüşü, SPAD değerlerini ölçerler, normalleştirilmiş fark vejetasyon indeksi (NDVI) ölçerler, floresan ölçerler, kronometreler, spektrometreler ve yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi (NIRS) gibi çeşitli araçlar araştırılmıştır (Padilla, 2018; Keskin, 2021; Acosta, 2023).



Şekil 4.14. PLSR modeli kullanılarak elde edilen Na değerine ait tahmin ve ölçüm grafikleri

Çizelge 4.5. PLSR modeline ait RMSE ve R² değerleri

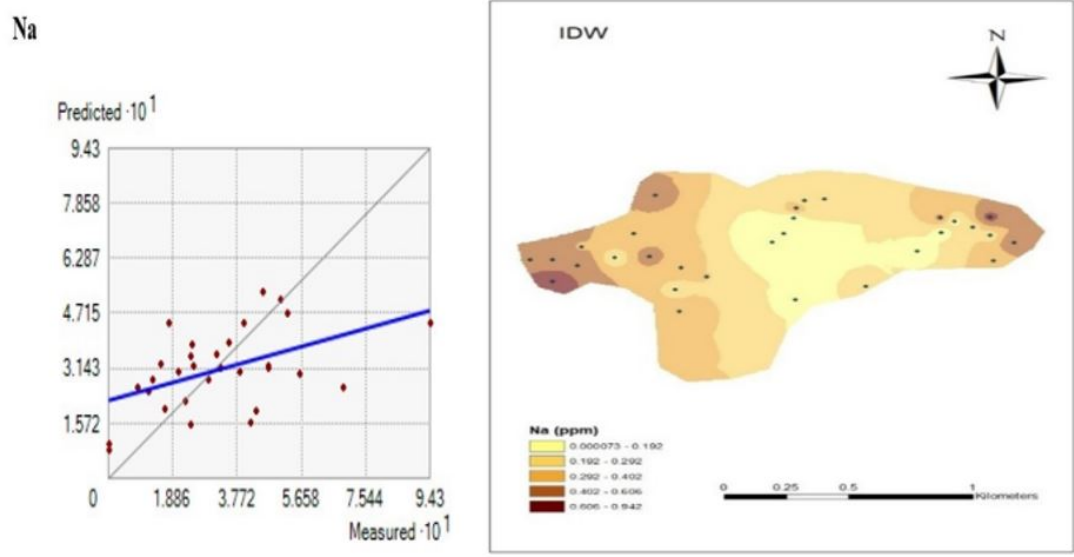
Bitki Parametresi	RMSE	R ²
Na	0,32	0,19
K	6,21	NA
NA: Tahmin Yapılmadı		

4.2.3. Jeostatistiksel analizler

IDW Yöntemi

Şekil 4.15'teki grafikte IDW yöntemi ile yapılan Na (ppm) değerine ait tahmin ölçüm grafiği ile haritası verilmiştir. Na (ppm) değerine ait tahmin ölçüm grafiğinde, kırmızı veri noktaları, ideal çizgiye yakınsa modelin tahminleri ölçümlerle uyumludur. Mavi regresyon çizgisi, gri çizgiyle ne kadar örtüşüyorsa, modelin genel eğilimi o kadar doğrudur. IDW yöntemiyle oluşturulan haritalar, mesafe haritasına göre incelendiğinde parametrelerin mekânsal dağılımında belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir. Na konsantrasyonu mesafe arttıkça artış eğilimi

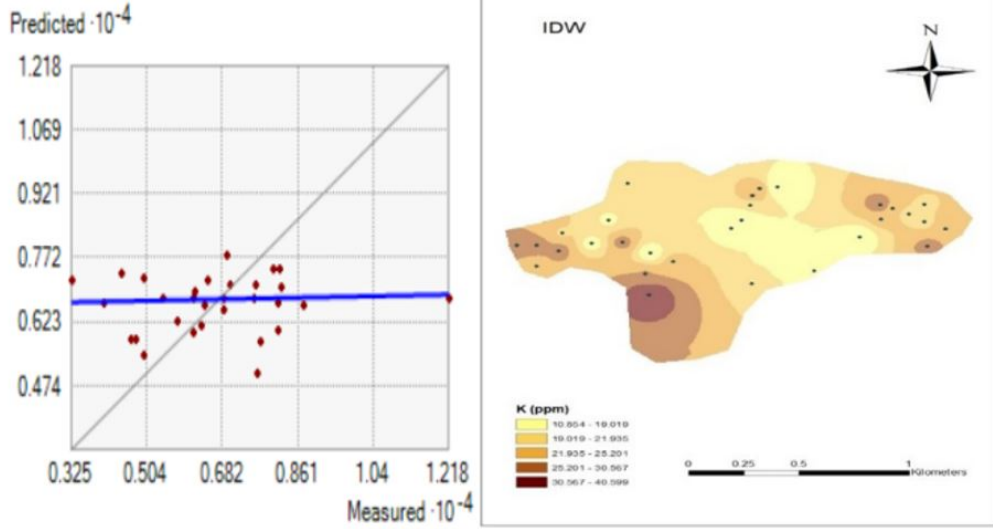
göstermektedir (0,000073-0,942 ppm).



Şekil 4.15. IDW yöntemi ile yapılan Na (ppm) değerine ait tahmin ölçüm grafiği ile haritası

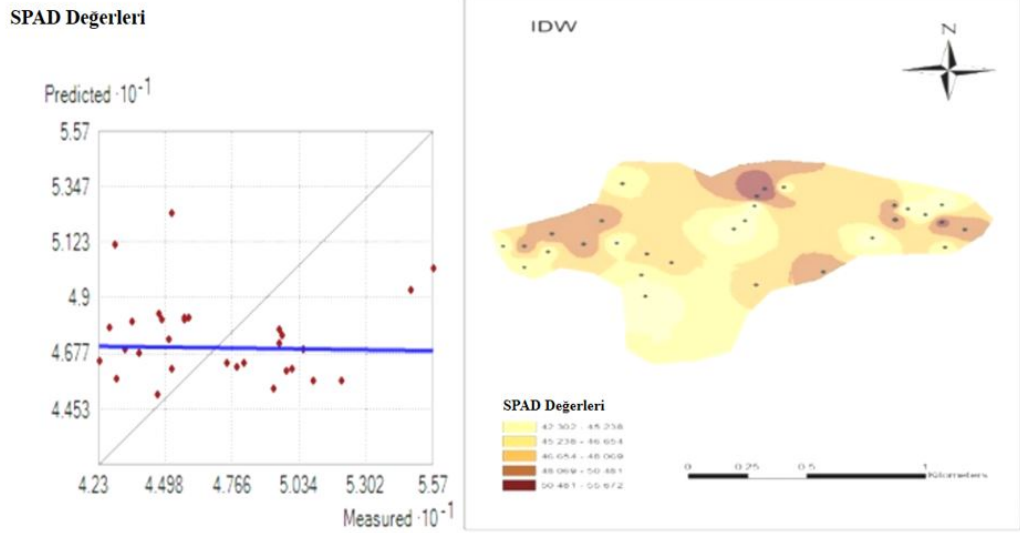
Şekil 4.16'daki grafikte, noktalar gri çizgiye göre dağılmış, ancak mavi çizgi yatay bir eğilim göstermektedir. Bu durum, modelin ölçüm değerlerine duyarlı olmadığını ve tahminlerin ortalama bir değere yakınlaştığını göstermektedir. Yani, IDW tahminleri ölçüm değerlerindeki değişimi tam olarak yansıtmamaktadır. Bunun nedeni IDW, yakın noktalara dayanır; veri seyrekse genelleme artar. Örnekleme sayısı az ve seyrek olduğu için sonuç bu şekildedir. IDW yöntemiyle oluşturulan K (ppm) değerine ait haritada ise heterojen bir yapı sergilemiş (10,05-40,090 ppm) ve yüksek değerler 408-682 metre aralığında yoğunlaşmıştır.

K



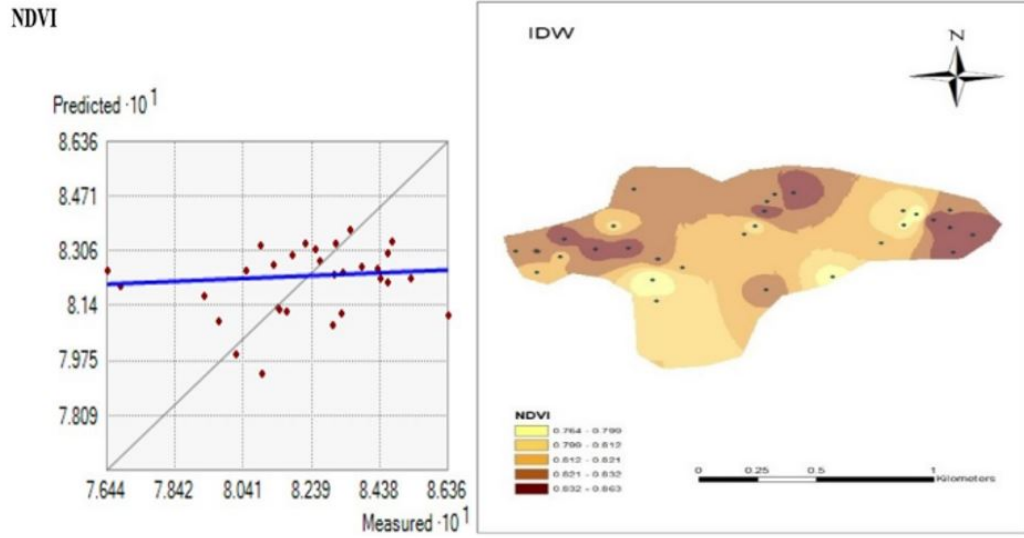
Şekil 4.16. IDW yöntemiyle yapılan K (ppm) değerine ait tahmin ölçüm grafiği ile haritası

Şekil 4.17'deki IDW yöntemi ile yapılan SPAD değerlerine ait tahmin ölçüm grafiğinde, mavi çizgi ölçüm değerleriyle paralel ve yakın eğilimde ilerliyor bu, modelin genel eğiliminin doğru olduğunu gösterir. IDW tabanlı SPAD değerlerinin haritası, bitkisel örtünün sağlık durumunu mekânsal olarak değerlendirmek için etkili bir araçtır. Tarımsal yönetim, çevresel izleme ve hassas tarım uygulamaları için karar destek sağlar.



Şekil 4.17. IDW yöntemi ile yapılan SPAD değerlerine ait tahmin ölçüm grafiği ile haritası

Şekil 4.18’de Kırmızı noktalar, gri çizgiye oldukça yakın konumlanmış bu, modelin tahminlerinin ölçüm değerleriyle yüksek düzeyde örtüştüğünü göstermektedir. Mavi regresyon çizgisi, gri çizgiyle yakınlık göstermektedir. Bu durum modelin genel eğilimi doğru yakaladığını göstermektedir. Noktalar arasında düşük sapma gözlenmektedir bunun nedeni tahmin hatalarının minimal düzeyde olduğunu göstermektedir. Şekil 4.18’deki haritaya göre NDVI değerleri 0,709 ile 0,863 arasında değişmektedir. 0,709–0,764 aralığındaki düşük NDVI değerleri, bitki örtüsünün seyrek veya stres altında olabileceğini göstermektedir. 0,764–0,812 aralığındaki orta NDVI değerleri, dengeli bitki gelişimini ve tarımsal üretim potansiyelini işaret etmektedir. 0,812–0,863 aralığındaki yüksek NDVI değerleri ise yoğun ve sağlıklı bitki örtüsünü göstermektedir.



Şekil 4.18. IDW yöntemi ile yapılan NDVI değerine ait tahmin ölçüm grafiği ile haritası

Ordinary Kriging Yöntemi

Ordinary Kriging yöntemiyle oluşturulan haritalar, mesafe haritasına göre değerlendirildiğinde; Na konsantrasyonunun (0,057-0,757 ppm) ve K değerlerinin (11,19-40,290 ppm) mesafe arttıkça genel olarak artış eğilimi gösterdiği, ancak K dağılımında belirgin bir heterojenlik olduğu görülmüştür. SPAD değerleri (46,633-48,729) ve NDVI (0,80-0,84) ise 304-682 metre aralığında yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir.

Semivariogram Grafikleri ile Tahmin Ölçüm Grafikleri ve Variogram değerleri

Aşağıdaki şekillerde bitki parametrelerine ait Ordinary Kriging yöntemi ile yapılan semivariogram ve tahmin-ölçüm grafikleri ile haritaları verilmiştir. Ayrıca variogram değerleri (sill, nugget, variogram modeli, range) çizelge 4.6'te verilmektedir.

Çizelge 4.6. Bitki parametrelerine ait variogram değerleri

Bitki Parametrelerine ait Variogram Değerleri							
Bitki Parametreleri	Model	Range	Nugget (Co)	Partial Sill (C)	Sill (Co+C)	Nugget to Sill oranı (Co/(Co+C))*100	Model Kalitesi
Na (%)	Spherical	235	0.013	0.044	0.057	23	Güçlü
	Gaussion	235	0.024	0.035	0.059	40	Orta
K (%)	Spherical	540	1368549	2265585	3634134	38	Orta
	Gaussion	306	1190017	2316761	3506778	34	Orta
SPAD Değeri	Spherical	2055	12.79	0	12.79	100	Zayıf
	Gaussion	2055	12.79	0	12.79	100	Zayıf
NDVI	Spherical	2055	0.000527	0	0.000527	100	Zayıf
	Gaussion	2055	0.000527	0	0.000527	100	Zayıf

Jeoistatistiksel analizler, tarımsal verilerin mekânsal dağılımını anlamada önemlidir. Variogram modelleri nugget, sill ve range parametreleriyle bağımlılığı tanımlar (Webster & Oliver, 2007). Cambardella et al. (1994) sınıflandırmasına göre Nugget/Sill oranı %0–25 güçlü, %25–75 orta, >%75 zayıf bağımlılığı gösterir.

Çizelge 4.6'ya göre:

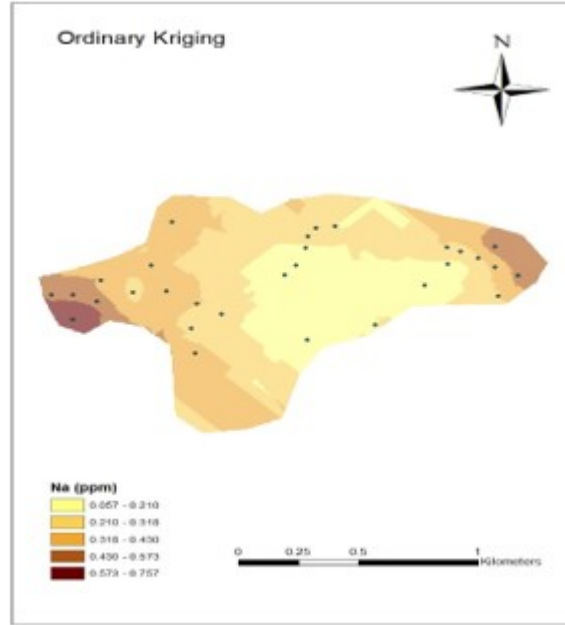
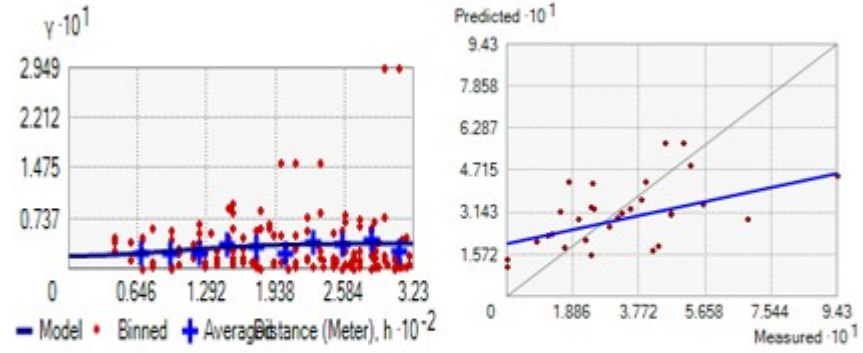
Na (%): Spherical modelde %23 → güçlü bağımlılık; Gaussian modelde %40 → orta düzey açıklayıcılık.

K (%): Spherical ve Gaussian modelde %38 ve %34 → orta düzey açıklayıcılık.

SPAD değerleri ve NDVI: Her iki modelde %100 → bağımlılık yok, model kalitesi zayıf.

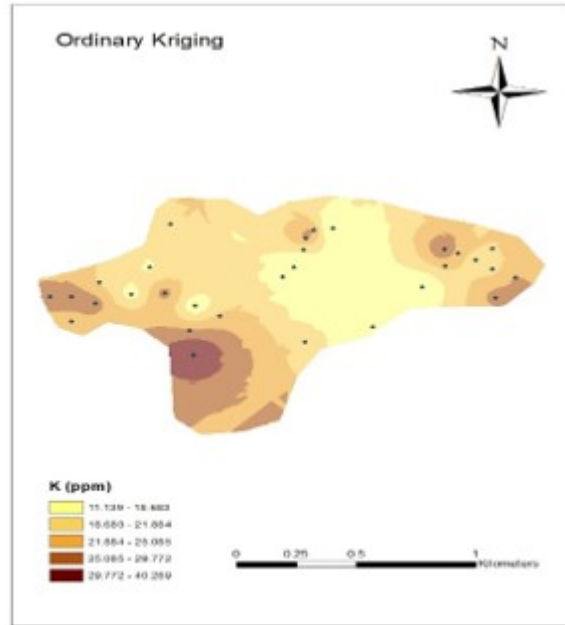
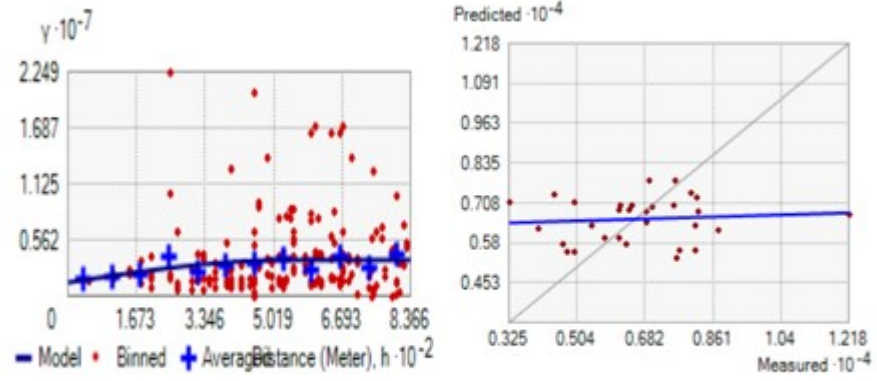
Özetle: Na ve K parametreleri mekânsal bağımlılık gösterirken, SPAD değerleri ve NDVI için modeller açıklayıcı değildir.

Na



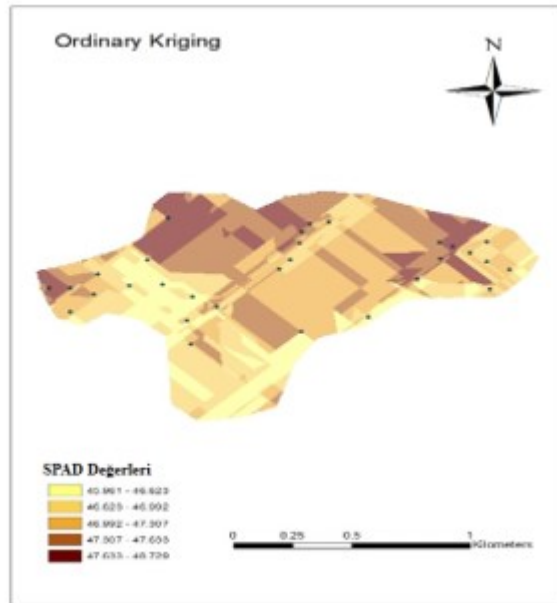
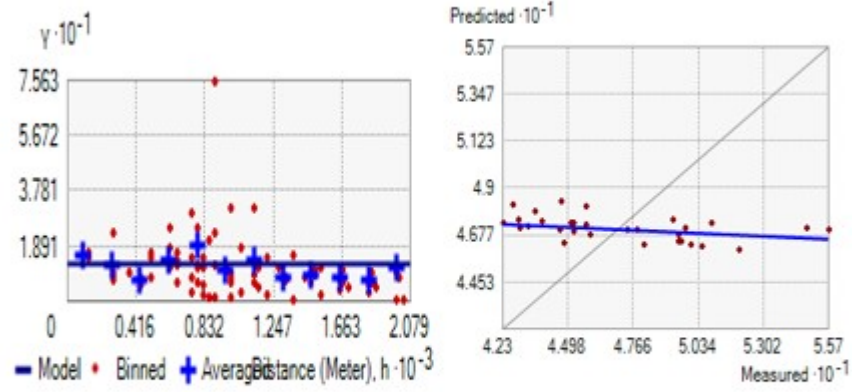
Şekil 4.19. Ordinary Kriging yöntemi ile yapılan Na(ppm) değerine göre tahmin ölçüm grafikleri ile haritası

K



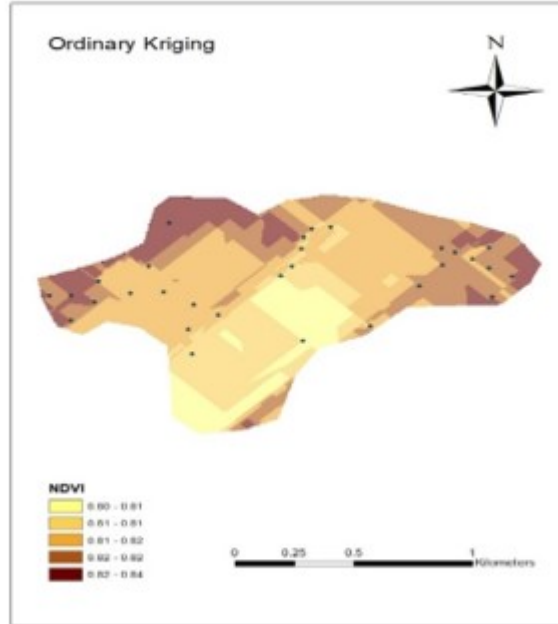
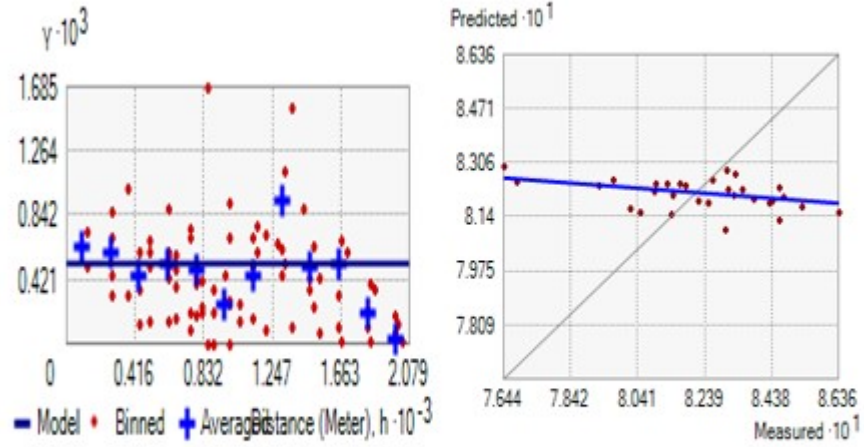
Şekil 4.20. Ordinary Kriging yöntemi ile yapılan K(ppm) değerine göre tahmin ölçüm grafikleri ve haritası

SPAD değerleri



Şekil 4.21. Ordinary Kriging yöntemi ile yapılan SPAD değerlerine ait tahmin ölçüm grafikleri ve haritası

NDVI

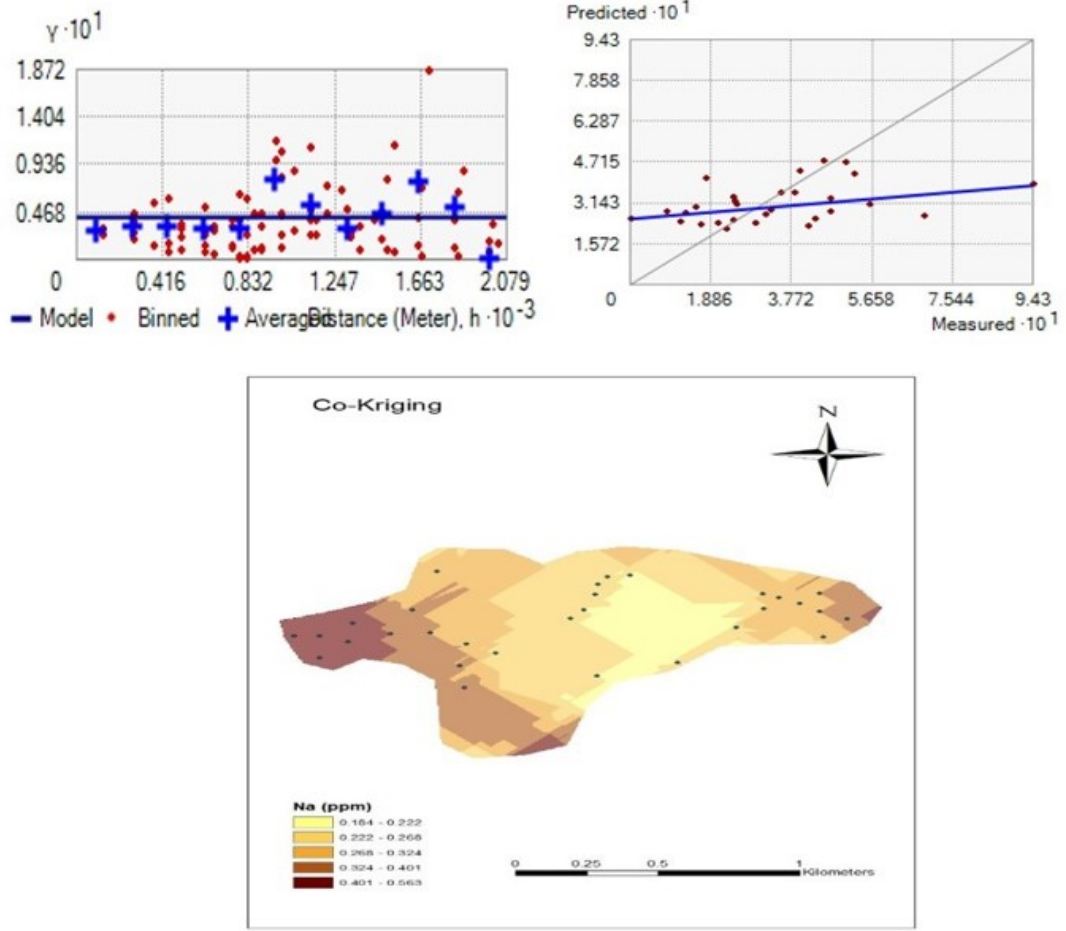


Şekil 4.22. Ordinary Kriging yöntemi ile yapılan NDVI değerine göre tahmin ölçüm grafikleri ve haritası

Co-Kriging yöntemi ile yapılan tahmin-ölçüm grafikleri ile semivariogram ve haritaları

Şekil 4.23 ve şekil 4.24'te Na ve K parametreleri için ikinci değişkenler kullanılarak elde edilen sonuçlar verilmiştir.

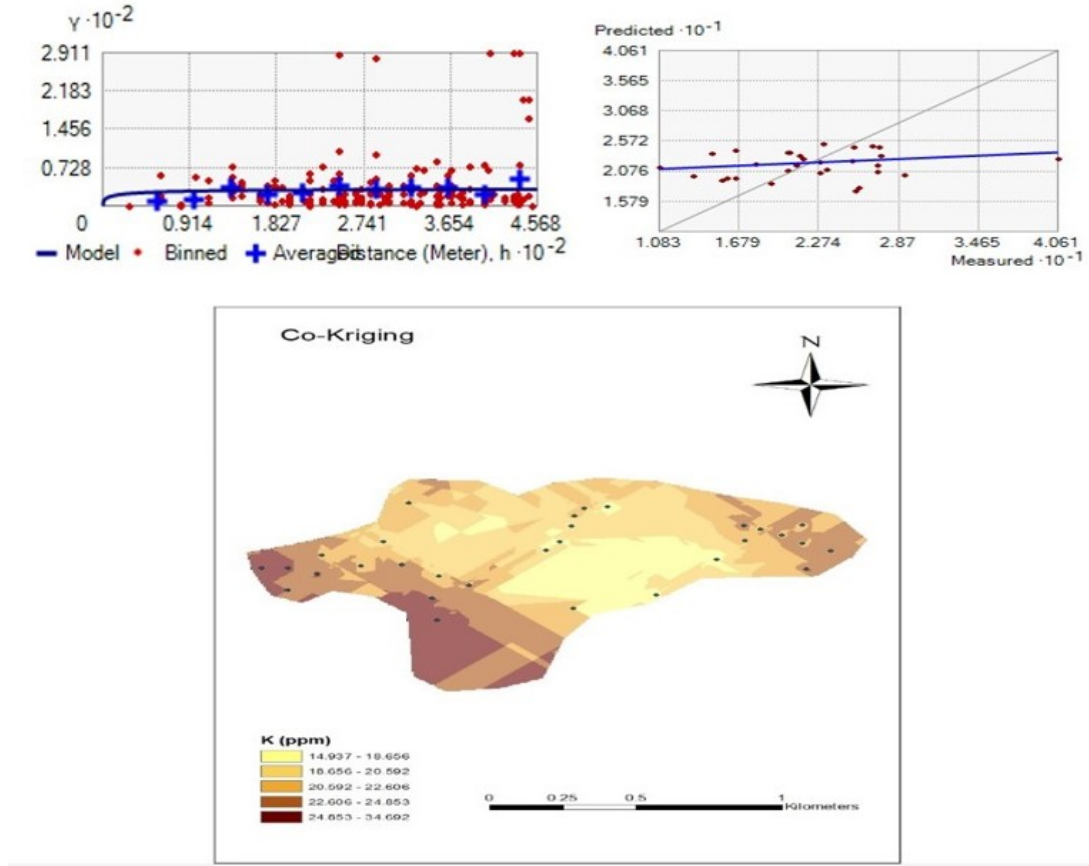
Co-Kriging yöntemi ile Na



Şekil 4.23. Co-Kriging yöntemi ile Na parametresinin tahmin edilmesi

Şekil 4.23'te verilen harita ve grafikler incelendiğinde, Na tahminlerinde SPAD değerlerinin ikincil değişken olarak kullanılması, modelin mekânsal ilişkileri daha hassas şekilde yakaladığını göstermektedir. Semivariogramda görülen artan varyans ($0,468-2,079 \times 10^{-1}$), Na ve SPAD değerleri arasındaki güçlü mekânsal bağımlılığı desteklerken, özellikle 0,288-0,401 ppm aralığında lokal yoğunlaşmalar dikkat çekmektedir. Tahmin-ölçüm grafiğindeki ($9,43 \times 10^{-1}$) yüksek korelasyon, modelin Na konsantrasyonlarını SPAD değerleri verileriyle destekleyerek başarılı şekilde tahmin ettiğini kanıtlamaktadır.

Co-Kriging yöntemi ile K



Şekil 4.24. Co-Kriging yöntemi ile K parametresinin tahmin edilmesi

Şekil 4.24' da verilen Co-Kriging yöntemiyle SPAD değerleri kullanılarak modellenen K dağılım haritası (14,937-34,092 ppm), semivariogram ve tahmin-ölçüm grafiği incelendiğinde; modelin K konsantrasyonundaki mekansal değişimi başarıyla yakaladığı görülmektedir. Semivariogramdaki yarı-varyans değerlerinin $(0,728-2,911 \times 10^2)$ mesafeyle artışı, K ve SPAD değerleri arasında güçlü bir mekansal ilişki olduğunu, özellikle 145-200 metre mesafede bu ilişkinin stabilize olduğunu göstermektedir. Tahmin-ölçüm grafiğindeki yüksek uyum $(1,579-4,061 \times 10^{-1})$, modelin güvenilirliğini desteklemektedir. Özellikle 24,853-34,092 ppm aralığındaki yüksek K değerleri, SPAD değerlerinin potasyum tahmininde etkili bir yardımcı değişken olduğunu kanıtlamaktadır.

5. TARTIŞMA

Taş ocağı çevresinden alınan toprak örneklerinde silt için varyasyon katsayısı %26,35, pH için %0,90 bulunmuştur. Aygür (2020), Siverek Güvenli Köyü bazaltik topraklarında en yüksek VK'nin silt (%21,10), en düşük VK'nin pH (%2,97) olduğunu bildirmiştir. VK, standart sapmanın ortalamaya oranı olup %15'in altı düşük, %16–35 orta, %36 üzeri yüksek değişkenliği gösterir (Zhou, 2010; Wilding vd., 1994). Bu sınıflandırmaya göre en düşük değişkenlik pH'da görülmüştür.

Spektroradyometre bulguları 1400, 2200 ve 2350 nm dalga boylarında belirgin pikler göstermiştir. 1400 nm suya, 2200 ve 2350 nm kil mineralleri ve kirece karşılık gelmektedir. Yansımaya değerleri %6–41 arasında değişmiştir. İnci (2022) çalışmasında da 2200 nm'de kil mineralleri, 2350 nm'de CaCO₃ pikleri gözlenmiş, yansımaya %2–51 aralığında bulunmuştur.

Çapraz doğrulamada kireç için R²=0,90, RMSE=2,40; kum için R²=0,150, RMSE=3,99; kil için RMSE=5,89 hesaplanmıştır. İnci (2022) çalışmasında kireç R²=0,830, RMSE=11,40; kum R²=0,820, RMSE=9,350; kil R²=0,840, RMSE=7,250 bulunmuştur. R²'nin 0,81–0,90 aralığı yüksek doğruluk, >0,90 çok yüksek güvenilirlik; RMSE' nin düşük olması ise iyi performans göstergesidir (Saeys vd., 2005). Buna göre kireç modeli güvenilir, kum ve kil modelleri sınırlı doğruluk sağlamaktadır.

Variogram analizinde kireç için Spherical modelde nugget %65, Exponential modelde %19 bulunmuştur. Kil, kum, silt ve EC' de nugget oranları yüksek olup güvenilirlik düşüktür. Kesen (2018) çalışmasında kil için mesafe 2084 m, agrega stabilitesi için 202 m bulunmuş; kil, silt, kum, pH, organik madde ve toprak kalite endeksleri orta, manganez indeksi yüksek bağımlılık göstermiştir. Nugget/Sill oranı %25'in altı güçlü, %25–75 orta, >%75 zayıf bağımlılıktır (Cambardella vd., 1994). Bu sınıflandırmaya göre kireç modeli güvenilir, diğer parametreler düşük güvenilirliktedir; pH orta bağımlılık sergilemektedir.

Bitki parametrelerinde Na ortalama 0,32, standart sapma 0,20 ile düşük varyasyon göstermiştir. K ortalama 6653 ppm standart sapma 1766 ile orta düzeyde değişkenlik sergilemiştir. SPAD değerlerinin ortalaması 47,11, standart sapma 3,57; NDVI ortalama 0,82, standart sapma 0,023 bulunmuştur. Bozgeyik ve Çimrin, Antep fıstığı yapraklarında K'nin %0,47–1,22 arasında olduğunu, bahçelerin %93,33'ünde K noksanlığı (<%1,00) bulunduğunu bildirmiştir. Aktaş (2005), topraktaki yüksek Ca'nın K alımını azalttığını belirtmiştir. Bölgedeki toprakların tuzsuz, organik

maddece fakir, yüksek kireç içerikli ve hafif alkalın olduğu, ağır metal kirliliği bulunmadığı rapor edilmiştir (Bozgeyik ve Çimrin, 2020).

Spektroskopik teknikler bitki sağlığı ve besin içeriğinin değerlendirilmesinde yaygın kullanılmaktadır. Galvez-Sola vd. (2015) NIRS ile narenciye yapraklarını, Neto (2017) Vis-NIR ile ayçiçeği yapraklarını, Sridevy (2018) mısırdaki K ve N eksikliklerini, Mani ve Shanmugam (2019) yer fıstığında N, P, K içeriklerini değerlendirmiştir. Şekerli (2024), Antep fıstığında NIR spektroskopisinin fizyolojik özelliklerin analizinde kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak NIR teknolojisinin hassas tarıma entegrasyonu sınırlıdır (Jacygrad, 2022; Yaghoubi ve Karami, 2022). Literatürde Antep fıstığı yapraklarındaki besin elementleri için NIR çalışmalarının azlığı önemli bir araştırma boşluğunu göstermektedir.

NIR spektroskopisi gıda araştırmalarında yaygın olup tarımda da beslenme durumu, hasat zamanı, hastalık ve zararlı tespiti, kuraklık etkileri, ıslah programları ve toprak analizinde kullanılmaktadır (Keskin, 2019; Kinhal, 2022; Pandiselvam, 2022; Tsuchikawa ve Minolta, 2022).

6. SONUÇLAR

Bu çalışma, açık ocak madenciliğinin çevresindeki tarım topraklarının fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini multidisipliner bir yaklaşımla değerlendirmiştir. Elde edilen bulgular, çalışma alanındaki toprakların genel olarak killi tın tekstürüne sahip olduğunu ve orta düzeyde kireç içerdiğini göstermektedir. Jeostatistiksel yöntemler, özellikle IDW ve Ordinary Kriging'in toprak parametrelerinin mekânsal dağılımını modellemede etkili olduğunu kanıtlamıştır. Co-Kriging yöntemiyle EC kullanılarak yapılan CaCO_3 tahminleri doğruluğu artırmış, spektrometrik analizler ise umut verici sonuçlar vermiştir. Toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar, özellikle kil-silt ilişkisi, toprak oluşum süreçlerini anlamada kritik öneme sahiptir. Çalışma, madencilik faaliyetleri çevresindeki tarım topraklarının sürdürülebilir yönetimi için bilimsel veriler sunarken, uzaktan algılama ve jeostatistiksel yöntemlerin toprak karakterizasyonundaki potansiyelini göstermektedir. Sonuçlar, benzer ekosistemlerde toprak restorasyonu ve yönetim stratejilerine katkı sağlamaktadır.

Taş ocaklarından yayılan tozun Antep fıstığı (*Pistacia vera* L.) ağaçlarının yaprak besin içeriği, SPAD değerlerinin düzeyi ve NDVI üzerindeki etkileri incelenmiştir. Farklı mesafelerdeki ağaçlardan alınan yapraklarda Na ve K içerikleri sırasıyla 0,32 ppm ve 6653 ppm bulunmuştur. Korelasyon analizinde Na konsantrasyonu taş ocağına yakınlıkla negatif, K ise pozitif ilişki göstermiştir. Co-kriging analizlerinde SPAD değerlerinin yardımcı değişken olarak kullanılması Na tahminini iyileştirmiştir. NDVI ile SPAD değerleri arasında güçlü pozitif korelasyonlar, bitki sağlığının uzaktan algılama ile izlenebilirliğini desteklemiştir. Bulgular, taş ocaklarının yakın çevrede bitkisel üretimi olumsuz etkilediğini ve çevresel etkilerin mekânsal olarak izlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, spektral verilerin Na tahmininde sınırlı da olsa kullanılabileceği, geliştirilecek kapsamlı modellerin sürdürülebilir tarım için önemli potansiyel taşıdığı görülmüştür.

Sonuç olarak; tarım alanlarına yakın taş ocakları uzun vadede ürün verimini azaltmakta, çiftçinin gelirini düşürüp, çevresel sürdürülebilirliği tehlikeye atmaktadır.

7. ÖNERİLER

Alınabilecek önlemler;

1) Tarım alanlarına, yerleşim yerlerine ve su kaynaklarına belirli bir minimum mesafe bırakılmalı, ÇED (Çevresel Etki Değerlendirmesi) raporlarında bu mesafe kriteri sıkı uygulanmalı.

2) Ocak alanında düzenli sulama yapılmalı, tozun yayılmasını azaltmak için filtreleme ve kapalı kırma–eleme sistemleri kullanılmalı.

3) Patlatmalar en az şiddetle, belirli zaman aralıklarında yapılmalı, gürültü bariyerleri kurulmalı.

4) Atık sular arıtılmadan doğaya bırakılmamalı, yeraltı sularının yönünü değiştirecek kazılardan kaçınılmalı.

5) Ocak faaliyeti biten alanlar ağaçlandırılmalı, tarıma kazandırılmalı, erozyonu önlemek için uygun bitki örtüsüyle kaplanmalıdır.

Çiftçilere öneriler: Tozdan etkilenen bölgelerde, yaprakların yıkanması ve düzenli sulama yapılabilir. Toprağın verimliliği, organik madde (kompost, gübre) ilavesiyle artırılabilir. Hasar tespit edildiğinde, yetkili kurumlara (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İl Tarım Müdürlükleri) başvuruda bulunulabilir.

Denetim Öneriler: Sıkı denetimler: izinlerin verilmesinden önce, ayrıntılı çevre etki değerlendirme raporları hazırlanmalıdır. Şeffaflık: Yerel topluluk karar alma sürecine dahil edilmelidir. Alternatif bir yer seçimi: Taş ocakları tarım arazilerinden ve su kaynaklarından uzak alanlarda açılmalıdır.

Özetle: Taş ocakları tamamen yasaklanmasa bile, doğru alan seçimi, sıkı denetim, çevre dostu teknikler ve rehabilitasyon çalışmaları ile tarıma ve çevreye verilen zarar en aza indirgenir.

KAYNAKLAR

- Acosta, M., Quinones, A., Munera, S., & De Paz, J. M. (2023). Rapid prediction of nutrient concentration in citrus leaves using Vis-NIR spectroscopy. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s23146530>
- Aktaş, M. (2005). *Bitki besleme ve toprak verimliliği* (3. baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1429.
- Allison, L. E., & Moodie, C. D. (1965). Karbonat. In C. A. Black (Ed.), *Toprak analiz yöntemleri: Bölüm 2 kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler* (Vol. 9, pp. 1379–1396). American Society of Agronomy.
- Anonim. (2007, Aralık 14). Madencilik faaliyetleri ile bozulan arazilerin doğaya yeniden kazandırılması yönetmeliği. *Resmî Gazete*, (26730).
- Aygür, O. (2020). Bazaltik anametaryal üzerinde oluşmuş toprakların özelliklerinin farklı jeostatistiksel yöntemlerle tahmin edilmesi ve haritalanması. Harran Üniversitesi.
- Ben-Dor, E., & Banin, A. (1995). Near-infrared analysis as a rapid method to simultaneously evaluate several soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 59(2), 364–372. <https://doi.org/10.2136/sssaj1995.03615995005900020014x>
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43(9), 434–443. <https://doi.org/10.2134/agronj1951.00021962004300090005x>
- Bozgeyik, T. (2020). Gaziantep ili Nizip ilçesi Antep fıstığı ağaçlarının yaprak ve toprak örnekleri ile beslenme. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(3), 722–732.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F., & Konopka, A. E. (1994). Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58(5), 1501–1511. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>
- Caruso, C., & Quarta, F. (1998). Interpolation methods comparison. *Computers and Mathematics with Applications*, 35(12), 109–126. [https://doi.org/10.1016/S0898-1221\(98\)00101-1](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(98)00101-1)
- Chang, K. L. (2002). Optimal estimation of the granulometric composition of soils. *Soil Science*, 167(3), 135–146. <https://doi.org/10.1097/00010694-200202000-00006>
- Cındık, C., & Acar, Y. (2010). Faaliyeti bitmiş taş ocaklarının yeniden rehabilite edilmesi ve doğaya kazandırılması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11(1), 11–18.
- Çelik, M. A., & Karabulut, M. (2013). Yağış koşullarının Antep fıstığı (*Pistacia vera*

- L.) biomas aktivitesi ve fenolojik özelliklerine etkisinin uzaktan algılama verileri ile analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 60, 37–48.
- Doğan, M., & Gürsoy, Ö. (2025). Şanlıurfa Bozova (Baziki) ovasında arazi toplulaştırmasının ekonomik ve sosyo-teknik etkilerinin coğrafi bilgi sistemleri ile analizi. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 3(2), 167–176.
- Eldeiry, A. A., & Garcia, L. A. (2010). Comparison of ordinary kriging, regression kriging, and cokriging techniques to estimate soil salinity using LANDSAT images. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 136(6), 355–364. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000208](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000208)
- Esbensen, K. H. (2010). Principles of proper validation: Use and abuse of resampling for validation. *Journal of Chemometrics*, 24(3–4), 168–187. <https://doi.org/10.1002/cem.1310>
- Eskikaya, Ş. (2005). *Maden mühendisliği açık ocak işletmeciliği el kitabı*. Kozan Ofset.
- Galvez-Sola, L., Garcia-Sanchez, F., & Perez, J. G. (2015). Rapid estimation of nutritional elements on citrus leaves by near infrared reflectance. *Frontiers in Plant Science*, 6, 571. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00571>
- Gitelson, A. A., Buschmann, C., & Lichtenthaler, H. K. (1999). The chlorophyll fluorescence ratio F735/F700 as an accurate measure of chlorophyll content in plants. *Remote Sensing of Environment*, 68(3), 296–302. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(99\)00023-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(99)00023-0)
- Goovaerts, P. (1999). Geostatistics in soil science: State-of-the-art and perspectives. *Geoderma*, 89, 1–45. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(98\)00078-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(98)00078-0)
- Görücü, M. Z. (2003). Bozova (Urfa) yöresinin sedimentler özellikleri ve bölgenin jeoloji evrimi (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Huete, A. R., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1–2), 195–213. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- İnci, Y. (2022). Asli kullanımlar için toprak özelliklerinin mekânsal değişiminde farklı yöntemlerle belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İşler, B. (2019). *Taş ocaklarında iş güvenliği ve risk değerlendirilmesi*. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı.
- IBISWorld. (2024). *Avrupa'da taş ocağı işletmeciliği – Pazar boyutu, endüstri analizi, trendler ve tahminler (2024–2029)*. <https://www.ibisworld.com/europe/industry/stone-quarrying/200129>
- Isaaks, E. H., & Srivastava, R. M. (1989). *An introduction to applied geostatistics*.

Oxford University Press.

- Jacygrad, E., Kelly, M., Hogan, S., & Preece, J. E. (2022). Comparison between field-measured and UAV-derived pistachio tree crown characteristics throughout a growing season. *Drones*, 6(11), 343. <https://doi.org/10.3390/drones6110343>
- Journel, A. G., & Huijbregts, C. H. J. (1981). *Mining geostatistics*. Academic Press.
- Kacar, B., & İnan, A. (2008). *Bitki analizleri* (Cilt 1). Nobel Yayınları.
- Kantarcı, M. D. (2015). *Yerleşim alanları yakınındaki açık ocak işletmelerinin yetiştirme/yaşama ortamına olumsuz etkileri üzerine ekolojik bir değerlendirme*.
- Kartallı, V. (2006). *İzmir ve çevresindeki eski taş ocaklarının rekültivasyonu ve rehabilitasyonu*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kesen, H. K. (2018). *Hassas tarımda jeostatistik yöntemler kullanılarak toprak özelliklerinin tahmin edilmesi ve haritalanması; Harran Ovası Cullap Sulama Birliği alanı örneği* (Yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Keskin, M., Say, S. M., Şekerli, Y. E., & Şehri, M. (2021). Appraisal of three proximal sensing systems to estimate macronutrient contents of detached soybean leaves. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(16), 1943–1953. <https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1916892>
- Keskin, M. S. (2019). Assessment of applied microwave power of intermittent microwave dried. *Agronomy Research*, 17(2), 476–485. <https://doi.org/10.15159/AR.19.048>
- Kızıldaş, M. (2005). *İstanbul bölgesi taş ocaklarının coğrafi bilgi sistemi ortamında değerlendirilmesi ve yönetilmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kinhal, V. (2022). NIR applications in agriculture—Everything you need to know for 2023. *Felix Instruments Blog*. <https://felixinstruments.com/blog/nir-applications-in-agriculture-everything-you-need-to-know-for-2020>
- Kuzpınarı, H. G. (2016). *Aksaray civarındaki taş ocaklarında ELMERİ® İSG gözlem yöntemi uygulamaları* (Yüksek lisans tezi). Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Li, M. S. (2006). Ecological restoration of mineland with particular reference to the metalliferous mine wasteland in China: A review of research and practice. *Science of the Total Environment*, 357(1), 38–53. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.05.003>
- Maas, S., Rajan, A., & Dunlap, J. (1989). Reflectance, transmittance, and absorbance of light by normal, etiolated, and albino corn leaves. *Agronomy Journal*, 81(1), 105–110.
- Maden Kanunu. (1985). *Mevzuat Bilgi Sistemi*. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=3213&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
- Mani, B., & Shanmugam, J. (2019). Estimating plant macronutrients using VNIR

- spectroradiometry. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(3), 1831–1837.
- Mao, D. W. (2011). Integrating AVHRR and MODIS data to monitor NDVI changes and their relationship with climatic parameters in Northeast China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(4), 513–525. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.02.001>
- Marschner, H. (2012). *Mineral nutrition of higher plants* (3. baskı). Academic Press.
- Meteoblue. (2024). *Simüle edilmiş geçmiş iklim ve hava durumu verileri: Şanlıurfa*. https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/%C5%9Fanl%C4%B1urfa_t%C3%BCrkiye-cumhuriyeti_298333
- Milos, B., & Bensa, A. (2018). Prediction of organic carbon and calcium carbonates in agricultural soils with Vis-NIR spectroscopy. *Poljoprivreda*, 24(1), 45–51. <https://doi.org/10.18047/poljo.24.1.7>
- Minolta, C. (1989). *Manual for chlorophyll meter SPAD-502*. Radiometric Instruments Division.
- Neto, A. J. S., Lopes, D. C., Pinto, F. A., & Zolnier, S. (2017). NIR spectroscopy and chemometrics for non-destructive estimation of water and chlorophyll status in sunflower leaves. *Biosystems Engineering*, 155, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.12.011>
- Özbek, O. (2018). *Spektroradyometre tekniği ile toprak özelliklerinin belirlenmesi; Harran Ovası Cullap Sulama Birliği alanı örneği*. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özvan, A., Dinçer, İ., Gökoğlu, A., & Sevimli, U. (2010). Kaya kütle özelliklerinin şev tasarımına etkisi (Kahramanmaraş–Gaziantep devlet yolu). *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 23(1), 1–8.
- Padilla, F. M., Souza, R., Gimenez, C., & Thompson, R. B. (2018). Different responses of various chlorophyll meters to increasing nitrogen supply in sweet pepper. *Frontiers in Plant Science*, 9, 412024. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01024>
- Pandiselvam, R., Prithviraj, V., & Manikantan, M. R. (2022). Recent advancements in NIR spectroscopy for assessing the quality and safety of horticultural products. *Frontiers in Nutrition*, 9, 973457. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.973457>
- Richardson, A. D., Duigan, S. P., & Berlyn, G. P. (2002). An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*, 153(2), 185–194. <https://doi.org/10.1046/j.0028-646X.2001.00289.x>
- Sarangi, A., Cox, C., & Madramootoo, C. (2005). Geostatistical methods for prediction of spatial variability of rainfall in a mountainous region. *Transactions of the ASAE*, 48(3), 943–954. <https://doi.org/10.13031/2013.18517>

- Sørensen, S. P. L. (1909). Enzyme studies II. On the measurement and importance of hydrogen ion concentration in enzymatic processes. *Biochemische Zeitschrift*, 21, 131–304.
- Sridevy, S. V. (2018). Nitrogen and potassium deficiency identification in maize by image mining spectral and true colour response. *Indian Journal of Plant Physiology*, 23(1), 91–99. <https://doi.org/10.1007/s40502-018-0372-9>
- Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi. (2025). *Hüin II(A) grubu kalker ocağı ve kırma eleme tesisi proje tanıtım dosyası*.
- Şekerli, Y. E. (2024). *Rapid and cost-effective assessment of nutrients in pistachio (Pistacia vera L.) leaves through Fourier transform near-infrared spectroscopy (FT-NIRS)* (Yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şekerli, Y. E., Keskin, M., & Soysal, Y. (2021). Testing of three sensor systems to predict water and nutrient contents of soccer field turfgrass clippings. *Urban Forestry & Urban Greening*, 59, 126909. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.126909>
- Taşçioğlu, Z. (2023). *Bozova ilçesinin antropojenik jeomorfoloji yönünden incelenmesi*. Harran Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tolungüç, H. (2000). *İzmir ili agrega üretim ve tüketim projeksiyonu ve taş ocaklarının çevresel etkileri*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Topay, M., Sertkaya, A. Ş., & Kocan, N. (2007). Taş ocaklarının peyzaja etkileri ve yeniden kullanımına yönelik çözüm önerileri: Bartın ili örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2(1), 134–144.
- Tsuchikawa, S., Ma, T., & Inagaki, T. (2022). Application of near-infrared spectroscopy to agriculture and forestry. *Analytical Sciences*, 38(4), 635–642. <https://doi.org/10.2116/analsci.21P349>
- Tugep. (2025). *Teknoloji ve ürün geliştirme projeleri*. <https://dhap.com.tr/destek/teknoloji-ve-urun-gelistirme-projeleri--tugep--destek-programi-2371986>
- Türk, E. M. (2023, Şubat 6). 6 Şubat 2023 depremlerine müdahale mevzuatının ve silahlı kuvvetlerin müdahalesinin değerlendirilmesi. *Ankara Barosu Dergisi*, 81(Özel Sayı), 301–323.
- Ülger, N., Kızıldaş, M., Akkaya, U., & Kahraman, A. (2006). İstanbul bölgesi taş ocakları bilgi sisteminin oluşturulması. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 19(1), 51–61.
- Ünal, Y. (2005). Near infrared reflektans spektroskopinin hayvan besleme bilim alanında kullanım imkânları (Derleme). *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 45(1), 33–39.
- Viscarra Rossel, R. W. (2006). Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil

properties. *Geoderma*, 131(1–2), 59–75.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.03.007>

Weatherspark. (2024). *Bozova iklimi ve ortalama sıcaklıklar*. <https://weatherspark.com/y/105629/Average-Weather-in-Bozova-Turkey-Year-Round>

Webster, R., & Oliver, M. A. (2007). *Geostatistics for environmental scientists* (2. baskı). Wiley.

Yaghoubi, M., & Niknami, M. (2022). Challenges of precision agriculture application in pistachio orchards: Factor analysis from Iranian agricultural experts' perspective. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3), 473–482.

Yatırım Destek Ofisi. (2018). *Madencilik*. Yatırım Destek Ofisi Şanlıurfa. <https://www.investsanliurfa.com/sektorler/madencilik--64>

YİKOB. (2024). *Yatırım İzleme Koordinasyon Bölge Müdürlüğü*. Şanlıurfa/Merkez.