

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NEVŞEHİR ORGANİZE SANAYİ
BÖLGESİ TOPRAKLARINDA
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ ve
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) İLE
MEKANSAL ANALİZİ**

**Tezi Hazırlayan
Esra CAN**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Şubat 2021
NEVŞEHİR**

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NEVŞEHİR ORGANİZE SANAYİ
BÖLGESİ TOPRAKLARINDA
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ ve
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) İLE
MEKANSAL ANALİZİ**

**Tezi Hazırlayan
Esra CAN**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

Bu çalışma, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından ABAP20F26 nolu proje ve TEMA Vakfı Turan Demiraslan Burs programı kapsamında desteklenmiştir.

**Şubat 2021
NEVŞEHİR**

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen, tecrübeleriyle tezimin her aşamasında katkıları sağlayan değerli danışman hocam Doç. Dr. Cüneyt BAĞDATLI hocama,

Hayatım boyunca maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen her daim yanımda olan canım aileme,

Çalışmalarımnda benden yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Eda Nur ARIKAN, Yiğitcan BALLI, Oğuzhan ARSLAN' a ve manevi abim Serkan ŞEN' e teşekkürlerimi sunarım.

Bunun yanında çalışmanın finansmanını sağlayan ve ABAP20F26 nolu projesi ile araştırmayı destekleyen Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve TEMA Vakfı Turan Demiraslan burs programı koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

**NEVŞEHİR ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ TOPRAKLARINDA
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ ve
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) İLE MEKANSAL ANALİZİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Esra CAN

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Şubat 2021

ÖZET

Bu araştırma Nevşehir Organize Sanayi bölgesi topraklarında ağır metal kirlilik düzeylerinin belirlenerek Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla mekansal analizlerinin gerçekleştirilmesi kapsamında yürütülmüştür. Bu amaçla Nevşehir Organize Sanayi alanı içinden ve sanayi alanının çevresindeki tarım alanlarından 15- 30 cm derinlikten 82 toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinin alındığı noktaların koordinatları el tipi GPS yardımıyla belirlenmiştir. Alınan toprak örneklerinde laboratuvar ortamında pH ve EC ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca toprak örneklerindeki ağır metal miktarının belirlenmesi amacıyla ICP-MS cihazında ağır metal (As, Cu, Ba, Be, Zn, Ag, Cd, Co, Cr, Pb, Mn, Ni, Se, Sr, Tl, U) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler CBS yazılımlarından olan Arc GIS 10.3.1 programı yardımıyla farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak mekansal olarak analiz edilmiştir. Ayrıca çalışma sahasının 1/25.000 ölçekli sayısal toprak haritaları yardımıyla bazı toprak özellikleri de mekansal olarak değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda çalışma sahasının ağır metal kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda araştırmaya konu olan Nevşehir Organize Sanayi Bölgesi topraklarında Dünya Sağlık Örgütü, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ve Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı kriterlerine göre ağır metal kirlilik düzeylerinin toprakta izin verilebilir değerlerinden fazla herhangi bir kirlilik düzeyine rastlanmamıştır.

Anahtar kelimeler: Ağır Metal, Toprak Kirliliği, Mekansal Haritalama, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Nevşehir

Tez Danışmanı: Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI
Sayfa Sayısı: 97

**DETERMINATION OF HEAVY METAL POLLUTION
IN NEVSEHIR ORGANIZED INDUSTRIAL ZONE SOIL AND
SPATIAL ANALYSIS WITH
GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS)**

(Master Thesis)

Esra CAN

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL of NATURAL and APPLIED SCIENCES**

February 2021

ABSTRACT

This research was carried out within the scope of determining the heavy metal pollution levels in Nevşehir Organized Industrial Zone and performing spatial analysis with the help of Geographical Information Systems (GIS). For this purpose, 82 soil samples were taken from Nevşehir Organized Industrial Area and from the agricultural areas around the industrial area at 15- 30 cm depth of soil. The coordinates of the points where soil samples were taken were determined with the help of hand-held GPS. pH and EC measurements were carried out in the laboratory environment on the soil samples taken. In addition, heavy metal (As, Cu, Ba, Be, Zn, Ag, Cd, Co, Cr, Pb, Mn, Ni, Se, Sr, Tl, U) measurements were performed in the ICP-MS device to determine the amount of heavy metals in soil samples. The data obtained were analyzed spatially by using different interpolation methods using Arc GIS 10.3.1 which is one of the GIS software. In addition, some soil properties were evaluated spatially with the help of 1 / 25.000 scaled digital soil maps of the study area. As a result of the research, heavy metal pollution distribution maps of the study area were created. As a result of the study, in the territory of the Nevşehir Organized Industrial Zone, which is the subject of the study, according to the criteria of the World Health Organization, Soil Pollution Control Regulation and the United Nations Environmental Protection Agency, no pollution level of heavy metal pollution levels in the soil was found.

Keywords: Heavy Metal, Soil Pollution, Spatial Mapping, Geography Information Systems (GIS), Nevşehir

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI

Page of Number: 97

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
RESİMLER LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiii
1. BÖLÜM	
GİRİŞ	1
2. BÖLÜM	
GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Ağır Metaller.....	3
2.1.1. Araştırmada incelenen bazı ağır metaller.....	3
2.1.2. Toprakta bulunan ağır metallerin sınır değerleri.....	8
2.1.3. Ağır metal kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri.....	8
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	12
3. BÖLÜM	
LİTERATÜRARAŞTIRMASI.....	16
3.1. Toprakta Ağır Metal Kirliliği Çalışmaları.....	16
3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleriyle Mekansal Analiz Çalışmaları.....	23
4. BÖLÜM	
MATERYAL	30
4.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu.....	30
4.2. İklim özellikleri.....	31
4.3. Toprak özellikleri.....	32
4.4. Tarım Potansiyeli.....	33
5. BÖLÜM	
METOD.....	34
5.1. Toprak Örneklerinin Alınması.....	34

5.2.	Laboratuvar Analizleri.....	35
5.2.1.	pH ve EC analizleri.....	35
5.2.2.	Ağır metal analizleri.....	36
5.3.	Toprak Özelliklerinin Mekansal Analizleri.....	37
5.3.1.	Arazi kullanım kabiliyet sınıflarının mekansal analizleri.....	38
5.3.2.	Büyük toprak grupları.....	38
5.3.3.	Derinlik sınıfları.....	39
5.3.4.	Erozyon sınıfları.....	40
5.3.5.	Eğim dağılımları.....	40
5.3.6.	Şimdiki arazi kullanımları.....	41
5.4.	Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Enterpolasyon Yöntemleri.....	41
5.4.1.	Kriging enterpolasyon yöntemi.....	41
5.4.2.	Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW).....	43
5.4.3.	Spline enterpolasyon yöntemi.....	44
6.	BÖLÜM	
	ARAŞTIRMA BULGULARI	45
6.1.	Çalışma Alanı Topraklarının Mekansal Analizi.....	45
6.1.1.	Arazi kullanım kabiliyetleri (AKK).....	45
6.1.2.	Büyük toprak grupları (BTG).....	47
6.1.3.	Derinlik sınıfları.....	48
6.1.4.	Eğim sınıfları.....	49
6.1.5.	Erozyon sınıfları.....	50
6.1.6.	Şimdiki Arazi Kullanımları (SAK).....	51
6.2.	Toprak Kimyasal Analiz Sonuçlarının Mekansal Analizleri.....	52
6.2.1.	pH değerlerinin mekansal analizleri.....	52
6.2.2.	Elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin mekansal analizleri.....	54
6.2.3.	Arsenik (As) miktarlarının mekansal analizleri.....	56
6.2.4.	Bakır (Cu) miktarlarının mekansal analizleri.....	57
6.2.5.	Baryum (Ba) miktarlarının mekansal analizleri.....	59
6.2.6.	Berilyum (Be) miktarlarının mekansal analizleri.....	61
6.2.7.	Çinko (Zn) miktarlarının mekansal analizleri.....	62
6.2.8.	Gümüş (Ag) miktarlarının mekansal analizleri.....	64
6.2.9.	Kadmiyum (Cd) miktarlarının mekansal analizleri.....	66

6.2.10. Kobalt (Co) miktarlarının mekansal analizleri.....	68
6.2.11. Krom (Cr) miktarlarının mekansal analizleri.....	69
6.2.12. Kurşun (Pb) miktarlarının mekansal analizleri.....	71
6.2.13. Mangan (Mn) miktarlarının mekansal analizleri.....	74
6.2.14. Nikel (Ni) miktarlarının mekansal analizleri.....	75
6.2.15. Selenyum (Se) miktarlarının mekansal analizleri.....	77
6.2.16. Stronsiyum (Sr) miktarlarının mekansal analizleri.....	79
6.2.17. Talyum (Tl) miktarlarının mekansal analizleri.....	80
6.2.18. Uranyum (U) miktarlarının mekansal analizleri.....	82
7.BÖLÜM	
SONUÇ ve TARTIŞMA.....	84
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	97

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Topraktaki ağır metal sınır değerleri	8
Tablo 4.1. Nevşehir merkezinde gözlemlenen uzun yıllık bazı iklim verileri	32
Tablo 4.2. Nevşehir ili genel arazi varlığı.....	33
Tablo 4.3. Nevşehir ili ekilebilir arazi dağılımı	33
Tablo 5.1. Toprakların pH ve EC miktarlarının değerlendirilmesi	36
Tablo 5.2. Derinlik sınıflandırılması	40
Tablo 5.3. Erozyon sınıfları	40
Tablo 5.4. Eğim grupları	41



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Krom(a), nikel(b), gümüş (c), kadmiyum (d) ve arsenik (e) metalleri.....8
Şekil 2.2.	Coğrafi Bilgi Sistemleri bileşenleri.....13
Şekil 4.1.	Çalışma alanının yeri ve konumu.30
Şekil 5.1.	Kriging enterpolasyon yönteminde noktaların dağılımı.....42
Şekil 5.2.	Simple, Olasılık, Universal Kriging enterpolasyon yöntemlerine ilişkin uygulamalar43
Şekil 5.3.	IDW enterpolasyon yönteminde noktaların dağılımı.....44
Şekil 5.4.	Spline enterpolasyon yönteminde noktaların dağılımı.....44
Şekil 6.1.	Arazi kullanım kabiliyetlerinin (AKK) mekansal analizleri.....46
Şekil 6.2.	Büyük toprak gruplarının (BTG) mekansal analizleri.....47
Şekil 6.3.	Derinlik sınıflarının mekansal analizleri.....48
Şekil 6.4.	Eğim sınıflarının mekansal analizleri49
Şekil 6.5.	Erozyon sınıflarının mekansal analizleri50
Şekil 6.6.	Şimdiki arazi kullanımlarının (SAK) mekansal analizleri...51
Şekil 6.7.	pH değerlerinin mekansal analizleri52
Şekil 6.8.	Toprak numunelerinin pH değerleri53
Şekil 6.9.	Elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin mekansal analizleri54
Şekil 6.10.	Toprak numunelerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri.....55
Şekil 6.11.	Arsenik (As) miktarlarının mekansal analizleri.56
Şekil 6.12.	Toprak numunelerinin Arsenik (As) değerleri.57
Şekil 6.13.	Bakır (Cu) miktarlarının mekansal analizleri.58
Şekil 6.14.	Toprak numunelerinin Bakır (Cu) değerleri.59
Şekil 6.15.	Baryum (Ba) miktarlarının mekansal analizleri60
Şekil 6.16.	Toprak numunelerinin Baryum (Ba) değerleri.....61
Şekil 6.17.	Berilyum (Be) miktarlarının mekansal analizleri.61
Şekil 6.18.	Toprak numunelerinin Berilyum (Be) değerleri.62
Şekil 6.19.	Çinko (Zn) miktarlarının mekansal analizleri.63
Şekil 6.20.	Toprak numunelerinin Çinko (Zn) değerleri.64
Şekil 6.21.	Gümüş (Ag) miktarlarının mekansal analizleri.65
Şekil 6.22.	Toprak numunelerinin Gümüş (Ag) değerleri.....65
Şekil 6.23.	Kadmiyum (Cd) miktarlarının mekansal analizleri66
Şekil 6.24.	Toprak numunelerinin Kadmiyum(Cd) değerleri.....67

Şekil 6.25.	Kobalt (Co) miktarlarının mekansal analizleri.	68
Şekil 6.26.	Toprak numunelerinin Kobalt (Co) değerleri.	69
Şekil 6.27.	Krom (Cr) miktarlarının mekansal analizleri.	70
Şekil 6.28.	Toprak numunelerinin Krom (Cr) değerleri.	71
Şekil 6.29.	Kurşun (Pb) miktarlarının mekansal analizleri.	72
Şekil 6.30.	Toprak numunelerinin Kurşun (Pb) değerleri.	73
Şekil 6.31.	Mangan (Mn) miktarlarının mekansal analizleri.	74
Şekil 6.32.	Toprak numunelerinin Mangan (Mn) değerleri.	75
Şekil 6.33.	Nikel (Ni) miktarlarının mekansal analizleri.	76
Şekil 6.34.	Toprak numunelerinin Nikel (Ni) değerleri.	77
Şekil 6.35.	Selenyum (Se) miktarlarının mekansal analizleri.	78
Şekil 6.36.	Toprak numunelerinin Selenyum (Se) değerleri.	79
Şekil 6.37.	Stronsiyum (Sr) miktarlarının mekansal analizleri.....	79
Şekil 6.38.	Toprak numunelerinin Stronsiyum (Sr) değerleri.	80
Şekil 6.39.	Talyum (Tl) miktarlarının mekansal analizleri.	81
Şekil 6.40.	Toprak numunelerinin Talyum (Tl) değerleri.	82
Şekil 6.41.	Uranyum (U) miktarlarının mekansal analizleri.	82
Şekil 6.42.	Toprak numunelerinin Uranyum (U) değerleri.	83

RESİMLER LİSTESİ

- Resim 5.1. Toprak örnekleme ve laboratuvar ortamında yapılan ön işlemler.....34
- Resim 5.2. Laboratuvar ortamında pH ve EC ölçümleri.....35
- Resim 5.3. Laboratuvar ortamında yapılan ön çözme işlemleri.....37



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Ag	:Gümüş
As	:Arsenik
Ba	:Baryum
Be	:Berilyum
Cd	:Kadmiyum
Ce	:Seryum
Co	:Kobalt
Cr	:Krom
Cs	:Sezyum
Cu	:Bakır
Dy	:Disprozyum
Eu	:Evropiyum
Fe	:Demir
Ga	:Galyum
Hf	:Hafniyum
Hg	:Cıva
K	:Potasyum
La	:Lantan
Lu	:Lutesyum
Mn	:Mangan
Mo	:Molibden
Na	:Sodyum
Ni	:Nikel
Pb	:Kurşun
Rb	:Rubidyum
Sb	:Antimon
Sc	:Skandiyum
Se	:Selenyum
Sm	:Samaryum
Sn	:Kalay
Sr	:Stronsiyum

Ta	:Tantal
Tb	:Terbiyum
Th	:Toryum
Ti	:Titanyum
Tl	:Talyum
U	:Uranyum
V	:Vanadyum
Yb	:İterbiyum
Zn	:Çinko
pH	:Asitlik ve baziklik ölçüsü
EC	:Elektriksel İletkenlik
HCl	:Hidroklorik asit
HNO ₃	:Nitrik asit
CaCO ₃	:Kalsiyum Karbonat
OH ⁻	:Hidroksil
H ⁺	:Hidrojen
ppb	:Milyarda bir birim
mg/kg	:Miligram/kilogram
µg/L	:Mikrogram/Litre
µg d/L	:Mikrogram/Desilitre
kWh / m ²	:Kilowattsaat /metrekare
m / s	:Metre/saniye
µm	:Mikrometre
ml	:Mililitre
g	:Gram
cm	:Santimetre
mm	:Milimetre
m ²	:Metrekare
da	:Dekar
ha	:Hektar
°C	:Santigrat derece (Celisius)
Ef	:Zenginleşme Faktörü
Cf	:Kirlilik Faktörü

WHO	:Dünya Sağlık Örgütü
CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri
GPS	:Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System)
IDW	:Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi
AKK	:Arazi Kullanım Kabiliyeti
BTG	:Büyük Toprak Grupları
SAK	:Şimdiki Arazi Kullanımı
IPI	:Entegre kirlilik indeksi
ASS	:Atomik Absorbsiyon Spektrometre
AAS	:Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi
KDK	:Kasyon Değişim Kapasitesi
Igeo	:Jeo-birikim indeks
ESDA	:Explatory Spatial Data Analysis
PXRF	:Taşınabilir X ışını floresanı
ICP-MS	:Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer
ICP-OES	:İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Toprak; organik ve inorganik maddelerden oluşan içerisinde birçok canlıyı barındıran yapıdır. Canlılar için yaşam kaynağıdır. Bu sebeple toprağın kirlenmesi canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir. Nüfusun giderek artması ile birlikte sanayileşme giderek artmaktadır. Sanayi devriminden bu yana artarak devam eden sanayileşme birçok ihtiyacımızı karşılamanın yanında toprak kirliliğine de neden olmaktadır. Toprak kirliliği birçok nedenden kaynaklanabilir. Bunlardan bazıları tarımda aşırı pestisit kullanımı, hava kirliliğinden kaynaklanan asit yağmurları, içeriği kirlenmiş suların toprağa bulaşması sonucu oluşan kirlilik, ağır metal içeren arıtma çamurlarının toprağa önlem alınmaksızın boşaltılması gibi birçok nedenden dolayı toprak kirliliği oluşmaktadır. Endüstrinin giderek gelişmesi ile birlikte ülkemizde ve dünyada toprak kirliliği önemli bir sorun haline gelmiştir. Toprağın absorbe etme gücünün yüksek olması sebebiyle geçmişte toprak kirliliğinin önemi anlaşılamamıştır. Ancak insanların bilinçlenmesi ve bilimin gelişmesi ile durumun ne kadar ciddi olduğu anlaşılabilmiştir. Endüstri ve sanayi alanında ilerlemeler beraberinde ağır metal kirliliğini de getirmektedir. Toprak bünyesinde bulunan ağır metallere ek olarak gelen toprağın absorbe etme gücünü aşmaktadır.

Topraktaki metal içeriği, insan faaliyetlerinden ve doğal süreçlerden kaynaklanan metallerin birleşimidir. Topraktaki metal içeriğindeki artış genellikle endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu alanlarda gözlenir. Ağır metaller, doğal ya da insanlar tarafından oluşan toprak kirleticileri arasında uzun süreli zehirleyici etkisinden dolayı birincil öneme sahiptir. Bu alanlardaki metal birikmesi, kirlenmemiş alanlardan birkaç kat daha yüksektir. Ancak, uzun mesafeli atmosferik taşınımından dolayı, endüstriyel merkezlerinin uzak bölgelerinde de yüksek metal konsantrasyonları tespit edilebilir [1].

Ağır metallerin dağılımları doğal olaylardan çok insanların kendisinin sebep olduğu etkiler sebebiyle olmaktadır. Aynı zamanda kaza sonrasında ağır metallerin doğaya yayılımı önemli seviyelere ulaşabilmektedir. Yıllık olarak doğal döngüler sonucu 7600 ton kadmiyum, 18800 ton arsenik, 3600 ton cıva, 332000 ton kursun atmosfere salınmaktadır [2].

İnsan faaliyetlerinin etkisiyle bu miktarlar selenyum için 19 kat; kadmiyum için 8 kat; cıva, kurşun ve kalay için 6 kat; arsenik, nikel ve krom için 3 kat artmaktadır [2].

Topraklarda görülen ağır metal birikmesi en çok yüzeyde veya yüzeye yakın toprak derinliklerinde oluşmaktadır. Bunun sebebi ağır metallerin tamamı toprakta kil mineralleri üzerinde absorbe olmakta ya da topraktaki organik bileşiklerle organo-mineral bileşikler oluşturarak kararlı forma dönüşmesidir. Toprakta ağır metal birikmesi derinlere inildikçe azalma göstermektedir [3].

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), programa işlenen verilerin daha net ve yorumlanabilir olmasını sağlamaktadır. Karmaşık sorunların çözülebilmesi için tasarlanmış; konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, işlenmesi, yönetimi, analiz edilmesi, görüntülenebilmesi ve modellenmesi işlemlerini kapsayan yazılım ve yöntemler sistemidir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), verilerin toplanması, saklanması, analiz edilmesi, kullanıcıya sunulması gibi işlevleri bütünleştiren bir bilgi sistemidir. CBS, hayatımızın her alanına giren mekansal konumların analizi ile birlikte bilgi katmanları düzenleyerek haritalarda görselleştirme yapılmasını sağlar. CBS harita ve nokta tabanlı çalışıyor. Bu yetenekle CBS, kullanıcıların daha bilinçli karar vermelerine yardımcı olmak için veriler arası modellemeler yaparak ve ilişki kurarak kullanıcıya daha derin bir bakış açısı sunar [4].

Bu çalışmada Nevşehir Organize Sanayi Bölgesi topraklarında ağır metal kirlilik düzeylerinin belirlenerek Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında mekansal olarak haritalanması amaçlanmıştır. Çalışma sahasında sanayi işletmelerinin yanısıra halihazırda tarımsal üretimin devam ettiği alanlarda bulunmaktadır. Bu araştırma sahasında sanayi kaynaklı oluşan ağır metal kirliliği ile tarımsal üretim amaçlı kullanılan kimyasal gübre ve pestisit nedeniyle toprakta biriken ağır metal kirliliğinin olup olmadığını belirlemek için yürütülmüştür. Araştırma, toprakta ağır metal kirlilik yükünün hangi düzeyde olduğu ve bu miktarın araştırma sahasında ki dağılımının mekansal olarak nasıl değişkenlik gösterdiğine ilişkin sorulara cevap verecek nitelikte sonuçlar içermektedir.

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. Ağır Metaller

Ağır metal, fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm^3 değerinden daha yüksek olan metalleri ifade etmektedir. Ağır metaller, periyodik cetvelin geçiş elementleri grubunda yer alırlar. Bu grupta altmıştan fazla element bulunmaktadır. Bunlardan bazıları kurşun, arsenik, kadmiyum, demir, kobalt, bakır, krom, nikel, çinko, molibden, vanadyum, alüminyum, kalay vb.dir [2]. Bu elementler, doğada genellikle kararlı bileşikler olan karbonatları, silikatları, oksitleri ve sülfürleri halinde veya silikatlar olarak bulunurlar [5].

Ağır metaller, erozyon, asit yağmurları, atmosferik yer değiştirme, gibi doğal yollarla çevreye yayılabildiği gibi; atıkların taşınırken sızması, kasti atıklar [6], endüstriyel atıklar, tankerlerin sızdırması gübre üretimi, yakıt ve enerji üretimi [7] gibi nedenlerle toprağa karışabildiği bilinmektedir. Ağır metallerin çevreye dağılmasında etkili olan en önemli endüstriyel faaliyetler arasında çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam sanayi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir [2]. Ağır metallerin doğada yaygın bulunması doğal olaylardan daha çok insan faaliyetleri sebebiyle gerçekleşmektedir [8]. İnsan yoluyla oluşan kirlilik en yaygın, tehlikeli ve zararlı olan ağır metal kirliliğidir [9].

Metal konsantrasyonu toprakta 1-100000 mg/kg arasında değişmektedir. Toprak bünyesinde ağır metal konsantrasyonunun çok üst düzeylerde olması toprak kalitesinin bozulmasına ve insanlar ve diğer organizmalar için tehlikeli hale gelmektedir [7].

2.1.1. Araştırmada incelenen bazı ağır metaller

Toprakta birçok ağır metal bulunmaktadır. Araştırma kapsamında toprakta karşılaşılan ağır metaller; nikel, selenyum, mangan, kurşun, kobalt, kadmiyum, gümüş, çinko, berilyum, baryum, bakır, arsenik, stronsiyum, uranyum, talyumdur. Bu ağır metaller aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

Kurşun (Pb); Kurşunun atom numarası 82 ve atom kütlesi 207,19 olarak bilinmektedir. Mavi-gümüş rengi karışımı bir elementtir [10].

Kurşun 327,5 °C de erir ve 1740 °C de kaynar. Karbon grubu elementlerden biridir. Kurşun elementi asitlere ve özellikle sülfürik aside karşı çok dayanıklıdır. Endüstri, kimya sektörü, tıp, otomotiv sektörü gibi birçok üründe kullanılmaktadır. Savunma sanayiinde kullanılmaktadır. Bu sebeple savaş alanlarındaki ve üretim alanlarındaki topraklarda yüksek oranlarda bulunmaktadır. Çevre kirliliğine neden olan kurşunun büyük bölümü benzinin yanması sonucu ortaya çıkan tetra etil kurşundan kaynaklanmaktadır. Endüstriyel atıkların suya bulaşması sonucu deniz canlılarında kurşuna rastlanmaktadır [10].

Kobalt (Co); Kobalt parlak ve mavimsi beyaz renkte metalik bir elementtir. Atom numarası 27 ve atom kütlesi 58,9332, yoğunluğu ise 8,9 olarak bilinmektedir. Kobalt erime noktası 1495 °C dir. Endüstriyel uygulamalarda ve askeri alanda kullanım alanlarına sahiptir. Kobalt en çok süper alaşımlarda ve roket endüstrisinde kullanılan özel çeliklerde, mobil telefon, dizüstü bilgisayar gibi taşınabilir elektronik cihazların şarj edilebilir bataryalarında kullanılmaktadır. Bileşikleri ise petrol ve seramik endüstrisinde katalizör olarak, boyalarda pigment, mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanılır [11].

Selenyum (Se); Selenyum atom numarası 34 ve atom kütlesi 78,96 olarak bilinmektedir. Gümüş-beyaz rengi karışımı bir elementtir. Selenyum erime noktası 217 °C dir. Yumuşak yarı metal bir elementtir. Toprakta bulunan bir mineraldir. Suda ve bazı yiyeceklerde de bulunmaktadır. Ticari olarak, selenyum, çoğunlukla üretim sırasında bu cevherlerin rafine edilmesinde bir yan ürün olarak üretilir. Selenyum tüm canlıların bünyesinde bulunan bir metaldir. Selenyum çeşitli kimyasal reaksiyonlar için yararlı bir katalizördür. Laboratuvar ve kimya sanayinde kullanılmaktadır. Selenyum seramik sanayi ve pirinç yapımında da kullanılır. Selenyum toprak aracılığı ile hayvansal ve bitkisel gıdalara geçebilmektedir [12].

Stronsiyum (Sr); Stronsiyum atom numarası 38 ve atom kütlesi 87,62 olarak bilinmektedir. Stronsiyum erime noktası 769°C olan yer kabuğunda bol bulunan bir elementtir. Yüzlerce üründe kullanılan bir metaldir. Havai fişeklere kırmızı rengi veren maddedir. Deniz taşımacılığı, uzay araçları, göz hastalıkları ve kemik kanseri tedavisinde kullanılır. Optik yayılımı elmasan fazladır ve bu yüzden optik uygulamalarda kullanılır [13].

Berilyum (Be); Berilyum atom numarası 4 ve atom kütlesi 9,012 olarak bilinmektedir. Berilyum erime noktası 1287 °C dir. Zengin yatakları bulunmaktadır. Otomotiv, elektronik, uzay, seramik, petrokimya, havacılık, bilgisayar, metalürji gibi sanayi alanlarında değişik yoğunlukta kullanılan fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı nükleer çalışmalarda çokça kullanılan bir metaldir [14].

Mangan (Mn); Mangan atom numarası 25 ve atom kütlesi 54,938 olarak bilinmektedir. Mangan geçiş metalidir. Kadmiyum erime noktası 1246°C dir. Mangana olan ihtiyaç endüstride önemli bir yer tutmaktadır. Çelik üretimi yapılan alanlarda kullanımı artmıştır. Manganın çoğunlukla manganlı demir-çelikler üretimi için çelik üreten firmalar talep göstermektedir [15]. Toprakta manganın çözünürlüğü toprak reaksiyonuna, toprak suyunun özelliklerine ve mikroorganizma faaliyetlerine göre değişmektedir [16].

Bakır (Cu); Bakır atom numarası 29 ve atom kütlesi 63,546 olarak bilinmektedir. Erime noktası 1083 °C dir. Bakır; tesisat borularının üretiminde, boya ve elektrik sanayinde kullanılmaktadır. Bakır tuzları tarımda fungusit olarak kullanılmaktadır. Bakır, hava, su, tüketilen yiyeceklerle ya da bakırlı bileşikler ile teması halinde canlıya bulaşabilmektedir [17].

Çinko (Zn); Çinko atom numarası 30 ve atom kütlesi 65,409 olarak bilinmektedir. Çinko erime noktası 419,53 °C dir. Çinko; korozyondan korunma amacıyla, çelik gibi diğer metallerin galvanize edilmesinde, pirinç, nikelli gümüş, değişik lehimlerde, alman gümüşü gibi alaşımların yapımında, otomotiv endüstrisinde döküm kalıplarında, pillerin gövdelerinin yapımında kullanılır ve laboratuvar ortamında arsenik tayininde kullanıldığı bilinmektedir [17].

Baryum (Ba); Baryum, atom numarası 56 ve atom kütlesi 137,34 olarak bilinmektedir. Baryum erime noktası 850 °C olan baryum gümüş beyazı rengindedir. Toprakta çokça olan ağır elementlerden biridir. Hastanelerde röntgen işlemlerinde içeriğinde baryum olan ilaç ve solisyonlar kullanılmaktadır. Havai fişeklerde ve okullarda yapılan deneylerde ve çok sayıda alanda kullanıldığı bilinmektedir [18].

Talyum (Tl); Talyum atom numarası 81 ve atom kütlesi 204,39 olarak bilinmektedir. Bir metal olan talyumun erime noktası 305,5 °C dir.

Talyum; çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Optik camların üretiminde, termometrelerde, katalitik proseslerde vb. alanlarda kullanılmaktadır. Talyum vücutta birikmesi halinde yorgunluk, iştahsızlık, depresyon hali gibi kronik belirtiler göstermektedir. Talyumun kadmiyum, çinko, cıva ve bakırdan daha zehirli olduğu bilinmektedir [19].

Uranyum (U); Uranyum atom numarası 92 ve atom kütlesi 238, 028 olarak bilinmektedir. Uranyum erime noktası 1132°C dir. Uranyum, silikatlarla kolay bileşik yapan elementlerden olup, yeryüzünde genel olarak silikat kayaların içerisinde bulunur. Pegmatit, granit gibi asidik kayalarda ortalamanın üzerinde, bazalt gibi bazik karaktere sahip kayalarda ortalamanın altında bulunur. Uranyum, Nükleer güç reaktörlerinde temel ve ekonomik enerji temininde [20], nükleer enerji santrallerinde santral yakıtı olarak, gemi ve uçak yapımında, zırh kaplamada, Uranil asetat analitik uygulamalarında, üretim reaktörlerin de seramiğe renk vermek amacıyla vb. alanlarda kullanılmaktadır [21]. Uranyum yüksek toksisiteye sahip bir elementtir. Özellikle karaciğer ve böbreklerde yüksek etkileri olduğu bilinmektedir [22].

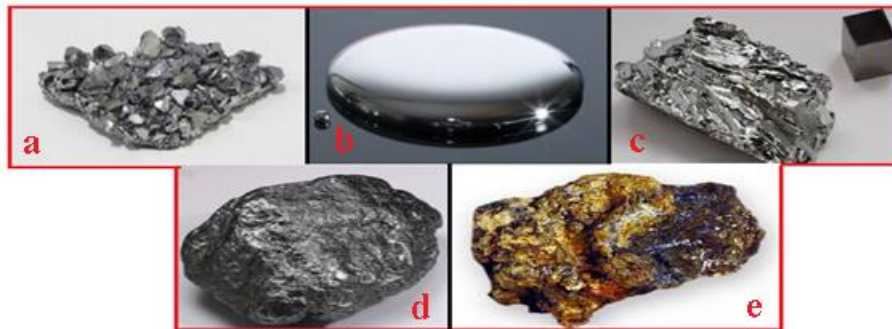
Nikel (Ni); Nikelin atom numarası 28 ve atom kütlesi 58,6 olarak bilinmektedir. Gümüş-beyaz rengi karışımı bir elementtir. Nikel 1455 °C de erir ve 2913 °C de kaynar. Nikel yüksek ısıya karşı dayanıklı olduğu için jet motorlarında kullanılır. Yüksek ısıya karşı olan dayanıklılığından dolayı gaz tribünlerinde de kullanılmaktadır. Otomotiv sektöründe de kullanılan bir elementtir. Nikelin ana kullanım alanı bakır-nikel alaşımları, paslanmaz çelik ve diğer korozyona dayanıklı alaşım üretimleridir. Saf nikel kimyasal katalizör olarak elektrolitik kaplamada ve alkali pillerde, pigmentler, makine parçaları kaynak ürünleri, mıknatıslar, elektrotlarda, madeni para elektrik fişlerinde ve tıbbi protezler de kullanılmaktadır. Bu maddelerin üretim alanında ağır metal kirliliğine rastlanabilmektedir [23].

Krom (Cr); Krom, metalik bir elementtir. Atom numarası 24 ve atom kütlesi 51,996 olarak bilinmektedir. Krom erime noktası 1907 °C dir. Krom içeren minerallerin endüstriyel alanlarda kullanılması, fosil yakıtların, ağaç ve kağıt türevlerinin yanması sonucu doğada altı değerlikli krom oluşmaktadır. Krom kayalardan ve topraktan çözünerek suya, havaya ve sonrasında tekrar toprağa bir dönüşüm ile bir döngü halindedir [2].

Gümüş (Ag); Gümüş, atom numarası 47 ve atom kütlesi 107,87 olarak bilinmektedir. Beyaz parlak renkli değerli bir elementtir. Erime noktası 961,9 °C dir. Dövülebilen, ışığı çok iyi yansıtan, sünek bir metaldir. Gümüş genel olarak; fotoğraf endüstrisi, elektronik parçalar, bozuk para üretimi, süs eşyası ve takılar, alaşımlar ve dişçilik endüstrisinde kullanılır. Ayna sırlarının yapımında, pil yapımında ve bilgisayar röle kontaklarında kullanılmaktadır.

Kadmiyum (Cd); Kadmiyum atom numarası 48 ve atom kütlesi 112,41 olarak bilinmektedir. Gümüş-beyaz rengi karışımı bir elementtir. Kadmiyum erime noktası 320,9 °C dir. Kadmiyum, pillerde ve birçok üründe kullanılan bir metaldir. Kolay eridiği için alaşım yapmak için, çelik üretiminde yüzeyleri pasa karşı koruyucu olarak ve metalik parlaklık elde etmek için kullanılır. Kadmiyum suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle toprakta hızlı yayılım gösterir. İnsan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. Kadmiyum gübre ve pestisitler de bulunduğu için kolayca topraklara bulaşabilmektedir [23].

Arsenik (As); Arsenik atom numarası 33 ve atom kütlesi 74,91 olarak bilinmektedir. Arsenik erime noktası 614 °C dir. Element halinde arsenik çok az yerde kullanılmaktadır. Tüfek saçmalarına yuvarlak biçim vermek için kurşuna element halinde katılır. Tunç kaplamacılığında, fişekçilikte ve bazı alaşımların yüksek sıcaklıklara direncini artırmakta kullanılmaktadır. Doğada su ve toprakta doğal olarak da bulunmaktadır. İçme ve sulama suyunda sürekli kullanım halinde birikim sonucu toksik etki yaratmaktadır. Arsenik gibi maddeler toprak aracılığı ile bitkilere ve bunların yenilmesiyle de hayvanlara geçebilmektedir [12]. Krom, nikel, gümüş, kadmiyum ve arsenik elementinin işlenmemiş halleri Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Krom(a), nikel (b), gümüş (c), kadmiyum (d) ve arsenik (e) metalleri

2.1.2. Toprakta bulunan ağır metallerin sınır değerleri

Topraktaki ağır metal kaynaklı kirlilik değerleri dünyanın her yerinde sorun haline gelmektedir. Fazla olması halinde birçok canlı ve doğaya zarar vermektedir. Bu sebeple Dünya Sağlık Örgütü (WHO) başta olmak üzere her ülke kendi şartlarına uygun standartlar belirlemiştir. WHO ve Çevre Şehircilik Bakanlığının belirlemiş olduğu toprakta ağır metal sınır değerleri Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Topraktaki ağır metal sınır değerleri [24, 25, 26]

Elementler	Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (mg/kg)	Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği pH>6 (mg/kg)	Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı (U.S. EPA) (mg/kg)
<i>Be</i>	-	-	-
<i>Cr</i>	100	100	3000
<i>Mn</i>	2000	-	-
<i>Co</i>	50	20	-
<i>Ni</i>	50	75	75
<i>Cu</i>	100	140	4300
<i>Zn</i>	300	300	7500
<i>As</i>	20	20	75
<i>Se</i>	-	5	100
<i>Sr</i>	-	-	-
<i>Ag</i>	-	-	-
<i>Cd</i>	3	3	85
<i>Ba</i>	-	200	-
<i>Tl</i>	-	1	-
<i>Pb</i>	100	300	420
<i>U</i>	-	5	-

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi toprağın ağır metal kirliliğini absorbe etme yeteneği elementin yapısına göre değişmektedir. Toprağın pH değerinin toprakta ağır metal konsantrasyonunun limit değerini etkilediği bilinmektedir. Bakır, nikel, çinko toprak pH değeri 6’dan büyük olması, çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği sınır değerleri %50’ye kadar artırabilmektedir.

2.1.3. Ağır metal kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri

Metallerin canlı biyolojisinde önemli rolleri olmasına rağmen derişimlerinin olması gerekenin üzerine çıkması toksik belirtilerin görölmesine sebep olmaktadır.

Metallerin toksik etkileri metalin özelliklerine atom dizilimine göre değişmektedir. Genelde, ağır metaller organik bileşiklerle kompleks oluşturarak toksik hale gelirler. Bu metaller organizma tarafından emildikten sonra önemli hücresel birimlere bağlanarak aktivitelerini bozabilmektedir [27].

Ağır metallerin ve metal içeren bileşiklerin (metaloid) birçoğu zehirlidir, bu nedenle de çok küçük derişimlerde dahi istenmeyen etkilere ve sorunlara neden olabilirler [28] ve serbest radikal formlarıyla da oksijene bağlı strese neden olabilirler [29]. Kararsız yapıya sahip olan serbest radikaller hücrelere saldırarak kararlı hale geçmek için hücrelerde hasara neden olmaktadır [30].

Çok ciddi çevre problemlerinden biri haline gelen ağır metal kirliliği endüstrileşmenin artmasıyla birlikte, doğal biyolojik döngülerin dengesi de olumsuz bir biçimde etkilenmektedir [30]. Ağır metaller çevreye yayıldıkça, ortamdaki derişimlerine bağlı olarak bitkilerde, hayvanlarda ve insanlarda şiddetli rahatsızlıklara neden olurlar [28].

Ağır metaller organik maddeler gibi parçalanmaz ve çevrede birikirler. Toprakta ve sulardaki bu birikme çevre ve canlı sağlığı açısından ciddi risk oluşturmaktadır. Canlı dokularında ağır metal konsantrasyonunun giderek artması, canlılarda çok çeşitli sağlık sorunlarına ve mikroorganizmaların aktivitelerinin bozulmasına neden olabilmektedir [31]. Araştırmada incelenen ağır metallerin insan sağlığı üzerine etkileri aşağıda verilmiştir.

Kurşun; Toksik etki yaratması için vücutta belli bir seviyeye kadar birikmesi gerekir. Toksik belirtilerin görülebileceği düzey çocuklar için 40-80 µg Pb/ 100 ml dir [32]. Zekâ geriliğine, kısa dönem hafıza kaybına, gelişim bozukluklarına, koordinasyon problemlerine neden olur [33]. Vücutta birikmesi halinde iştahsızlık, karın ağrıları, kabızlık gibi sorunların yanında IQ skorlarında azalma, duyu ve motor sinir iletim hızında yavaşlama, zekâ geriliği, hafıza kaybı, öğrenme sorunları gibi ciddi belirtiler ortaya çıkmaktadır [34]. Böbrek yetmezliği, kardiyovasküler hastalıklar için risk oluşturmaktadır [33].

Kobalt; Sürekli olarak kobalta maruz kalındığında alerjik tepkilere kronik bronşite neden olmaktadır. Ama kobalt kaynaklı hastalıklar nadir gözlenir ve vücutta bazı bölgelerde kızarıklık ya da ellerde egzamaya sebep olur [35].

Selenyum; İnsanların hücre yapısında bulunması nedeniyle büyük öneme sahiptir fakat alım dozuna bağlı olarak toksik etki oluşturabilecek bir elementtir [36]. Fazla miktarlarda tüketilmesi halinde kandaki Se seviyelerinin sınır değeri olan 100 µg/ dL daha fazla artabilir [37]. Saç dökülmesi, nefeste sarımsak kokusu, beyaz lekeler, yorgunluk, sinirlilik selenyum toksisitesi için tanımlanan yaygın belirtilerdendir [38].

Berilyum; Akciğer fonksiyon testlerinde ise akciğerin azalmış difüzyon kapasitesi tıkanmış veya karışık fizyolojik sonuçlar gözlenmiştir [39]. Maruziyeti halinde öksürük, nefes darlığı, gibi akciğer sorunları göstermektedir [14]. Berilyum kaynaklı hastalıklarda ileri seviyelerde bitkinlik ile göğüs ve eklem ağrısına, balgamsız öksürüğe rastlanmaktadır [40]. Bunun dışında karaciğer, deri, dalak, böbrekler, kemikler ve tükürük bezleri de etkilenmektedir [41].

Mangan; Merkezi sinir sistemi ve beyin gelişimi için önemlidir [41]. Mangan buharının solunması durumunda oluşan akciğer tahribatı [43], çocuklarda beyin gelişimini, öğrenme, yetenek ve hafıza odaklı olarak etkilediğini, geçici ya da kalıcı olabilen yürüme ve konuşma bozukluklarına neden olduğu görülmüştür [44]. Sinir sistemini etkilediğinde ilk olarak yürüyüşleri, el koordinasyonunu bozduğu tespit edilmiştir [45].

Bakır; Bakırın fazla dozlarda vücuda alınması sağlık üzerinde olumsuz etkilere sebebiyet vermektedir. Tükürük salgısının artması, kusma, kramp, mide bulantısı, abdominal ağrı ve ishaldir [46]. Karaciğerde tahribat, mide ve bağırsak ağrısına, beyin ve böbrek hasarına, anemiye, böbrek rahatsızlıklarına [47] dokularda patolojik değişiklikler gözlenebilmektedir [17] neden olabilir.

Çinko; İnsanların bünyesinde olan bir elementtir. Ağızdan alınması halinde zararlı bir etkisi olmadığı kabul edilmektedir. Ancak birçok elementte olduğu gibi çinko da fazla alınması halinde toksik etki oluşturabilmektedir ve mide bulantısı, kusma, yorgunluk vb. etki gösterebilmektedir [48]. Yüksek dozda alınması halinde vücutta görünen başka etkileri ise baş dönmesi ve yorgunluktur [49].

Baryum; Baryumun insan ile buluşması halinde beyin, karaciğer, kalp ve sinir reflekslerine vb. ciddi reaksiyonlar oluşmaktadır [18].

Talyum; Talyum vücutta birikmesi halinde yorgunluk, iştahsızlık, depresyon hali gibi kronik belirtiler [19] ve karın ağrısı görülür ve sinir sisteminin tahrip [50] olduğu görülmektedir. Talyumun kadmiyum, çinko, cıva ve bakırdan daha zehirli olduğu bilinmektedir [19]. Bazı durumlarda tahrip geri dönülemeyecek kadar ciddi boyutlara ulaşır ve ölümle sonuçlanabilir. Talyum zehirlenmesi yaşayan ve ölmeyen bir insanda davranış bozuklukları, titreme, felç olma, gibi belirtilerde görülebilir [50].

Uranyum; Bileşiklerinin yüksek oranda kanserojen özellikte ve toksik olduğu bilinmektedir. Akut böbrek yetmezliği ve karaciğer üzerinde de negatif etkileri bulunmaktadır [51].

Stronsiyum; Kalsiyumla benzerliği nedeniyle vücuda alındığında kalsiyum yerine kullanılabilir ama bu durum bazı sorunlara yol açar. Stronsiyum, insan vücudunda bazı kimyasal reaksiyonlara girerek çözünür. Bu da insan sağlığı için tehdit oluşturur. Vücutta bulunduğu ortamda birikebilir, dokuları bozabilir veya dışarı atılabilir. Çözünmüş stronsiyum, içme suyunu da kirletir. Stronsiyumun bazı tuzları organizmalar için toksiktir. Yüksek doz kullanımında kemik mineralizasyonunu bozar [13].

Nikel; Zehirleyici miktarlarda alınması halinde bulantı, kusma, ishal, nefes darlığı, karaciğer ve böbrek hasarı oluşabilmektedir [52]. Ayrıca nikel kaşıntısı olarak belirlenen alerjik rahatsızlığa, burun, sinüslerde, boğaz ve midede kansere, saç dökülmesine neden olabilir [53].

Krom; Akciğer hasarı, burun kanaması ve yaralarına neden olabilir. Saç dökülmesine neden olabilir [54]. Sindirim yoluyla yüksek düzeylerde alınması halinde ise mide şikayetlerine ve ülser, böbrek ve karaciğer hastalıklarına, hatta ölüme neden olabilir [54]. Kromun bitki bünyesinde hareketi de oldukça sınırlıdır. Buna karşılık çok yüksek düzeylerde uygulanan Cr, bitkilerde toksik etkide bulunabilmektedir. Yapraklarda küçük yanık lekeler oluşur [12].

Kadmiyum; Kadmiyuma maruz kalındığında en fazla böbrekler etkilenmektedir. Böbreklerde yüksek oranda birikmesi halinde fonksiyonlarının bozulduğu ve geri dönüşü olmayan sonuçlara neden olduğu görülmüştür. Kadmiyum, önemli enzim ve organ fonksiyonlarında çinkonun yerini alabilmektedir ve bu fonksiyonların gerekli şekilde gerçekleşmesini engellemektedir [55].

Hormonal dengeyi bozduğu, böbrek yetmezliğine, teratojenik, mutajenik kanserojen etki gösterdiği, kronik anemiye neden olduğu [56] belirlenmiştir.

Arsenik; Arsenik ile kirlenmiş süttten tüketen bebeklerde, tırnaklarda çizgiler, kansızlık belirtileri karaciğer büyümesi saptanmıştır. Yetişkinlerde deri dökülmesi, deride nasır şeklinde kalınlaşma, idrarda protein ve reflekslerde yavaşlama görülmüştür [16]. Arsenik zehirlenmelerinde kas krampları, karın ağrısı, ishal, yutma güçlüğü, kusma, koma ve ölüm gözlenmektedir [17]. Genellikle arsenat formunda, oksidatif fosforilasyon gibi hücrenin yaşamsal faaliyetlerini olumsuz etkilemektedir [57].

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Coğrafi bilgi Sistemleri (CBS), Kanada Tarım Bakanlığı tarafından orman, tarım, vahşi yaşam, nüfus dağılımı, doğal kaynak ve envanter çalışmalarında kullanılmak üzere birçok farklı alanın toplanan verilerin daha detaylı incelenebilmesi amacıyla arazi kullanım haritalarının oluşturulması istenmiştir ve ilk burada kullanılmıştır [109].

Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilgisayar Destekli Tasarım uygulamaları yapan diğer uygulamalardan daha farklıdır. Vektörel olarak alınan bilgileri yerküredeki gerçek enlem ve boylamlarına yerleştirerek çalışmasını sağlar. Bu özellikleri ile Coğrafi Bilgi Sistemlerinin veri kaynağı sayısal ve raster verilerdir [110].

Raster formatındaki konuma dayalı veriler hücrelere bağlı olarak hareket etmektedir. Raster veriler aynı boyuttaki hücreler bir araya getirilerek oluşturulmaktadır. Piksellerden oluşmaktadır. Raster haritalarda verinin hassasiyetine, yakınlığına göre ve piksel boyutuna göre çözünürlüğü değişebilmektedir. Raster veride her piksel, bir değeri temsil etmektedir. Bu değer piksel 0-255 renk aralığında bir renk ile değer taşır veya coğrafi bir özelliğe ait kod değeri olarak tanımlanabilmektedir [111].

Coğrafi bilgi Sistemleri uygulamalarından faydalanarak Arc GIS, Map Info, NETCAD vb. çok sayıda yazılım üretilmiştir [112]. Coğrafi Bilgi Sistemleri kendi başına bir yazılım ismi değildir ve kullanılmaya devam eden yöntem ve teknolojilerin bütünüdür [113]. Coğrafi Bilgi Sistemleri bir ekipman ile verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, transfer ve görüntülenmesi işlevlerini yerine getiren araçların tümüdür [114].

CBS birçok alanda kullanılabilen bir program olma özelliğine sahiptir. Üniversitelerden kamu kurumlarına kadar sayısız sektörde kullanılmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin bileşenleri Şekil 2.2 de verilmiştir.



Şekil 2.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri bileşenleri

Veri; Coğrafi Bilgi Sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Coğrafi veri, konum ile ilişkilidir. Geometrik veriler, tablo verilerini içinde barındıran geometrik olmayan verilerden meydana gelmektedir.

Yazılım; Elde edilen coğrafi verilerin elektronik ortamlarında depolanması, veri tabanlarında yönetilerek insanlar tarafından işlenmesi, analizi sonrasında kullanıcıya sunulması için gerekli özellikleri içeren, bilgisayar ortamında çalıştırılabilen programlardır.

Donanım; Coğrafi Bilgi Sistemlerinin fonksiyonlarını uygulamada kullanacağı bilgisayar ve diğer ekipmanların hepsi donanımdır. Bu bilgisayarların işlemleri yerine getirebilecek düzeyde verileri depolamada zorluk çıkarmayacak kapasiteye sahip olması gerekir.

İnsan; Coğrafi Bilgi Sistemlerinin özelliklerini kullanabilen bu konuda deneyimli kişi veya kişilerdir.

Yöntemler; Coğrafi Bilgi Sistemleri çok iyi bir planlama ve işin getirdiği kurallara uygun çalışma şartlarında uygulanabilmektedir. Gerekli yönetmelikler kullanılarak coğrafi veri

paylaşımında ve yönetiminde ve standartların hazırlanması ve kuralların uygulanıyor olması şarttır [115].

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde amaç Coğrafi bilginin; üretimini, yönetimini, analizini kapsayan dağınık halde bulunan veri tabanındaki coğrafi verileri insanların paylaşabileceği ve kullanabileceği bir bilgi sistemidir [58]. Bu sistem birçok avantaja sahiptir. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

- Hızlı ve kolay kullanım
- Daha verimli üretim ve envanter yönetimi
- Bağlantılı ve bağlantısız verilere ulaşma
- Yapılan uygulamalarda yakında ve uzakta veri sorgulama imkânı
- Kritik bilgi analizleri
- Mühendislik, planlama, emlakçılık, topoğrafik, hidrografik, arazi kullanımı ve vergileme haritaları gibi sektörleri destekleme imkânı
- Acil durumda müdahale analizleri
- Yüksek kalitede çıktı alma imkânı
- Adres bulma ve eşleniğini bulma
- Verileri güncelleştirme ve yeniden tanımlama imkânı
- Vektör ve raster yöntemini kullanma imkânı
- Kapalı bölge veya tampon bölge sorgulama imkânı
- Ekran veri sınıflandırması, sembol değiştirme, etiketleme ve nokta yoğunluğu için kullanılır.
- Şekil formatlarının herhangi bir çeşidini görebiliriz.
- Özel analiz ve sorgulama yapılabiliyor.

- Adres coğrafyasını bulma
- Geniş bir veri setinde caddeleri, nüfusu, zip kotları, ülke sınırı ve birçok bilgilere sahiptirler.
- Veri dağılımı mevcuttur.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)' nin ölçme, sınıflama, sorgulama, çakıştırma yöntemlerini kapsayan “Spatial Analysis” yöntemleri ile kolayca mümkündür [59].

3. BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

3.1. Toprakta Ağır Metal Kirliliği Çalışmaları

Jajmau ve Unnao sanayi bölgelerinde topraktaki ağır metallerin belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Sanayi bölgelerinden toprağın en üst 15 cm katmanından 53 toprak örneği toplanmış ve Philips Magix PRO-PW 2440 X-ışını floresan spektrometresi kullanılarak ağır metaller analiz edilmiştir. Çalışılan topraklarda elde edilen yüksek Cr ve Zn konsantrasyonları alandaki bu ağır metal kirlenmesinin, temel olarak bölgedeki endüstrilerden kaynaklandığını ya endüstriyel atığın boşaltılmasından ya da kontrolsüz atıkların toprağa salınmasından kaynaklandığını belirtilmiştir [60].

Hindistan'ın Surat şehrinde sanayi alanında toprak kirliliği üzerine yapılan bir çalışmada toprak örnekleri sanayi toprağının en üst 10 cm katmanından toplanılmıştır. Bu örnekler, ağır metaller için Philips PW 2440 X-ışını floresans spektrometresi kullanılarak analiz edilmiştir. Veriler alandaki toprakların önemli ölçüde kirlendiğini ve bu da normal dağılıma göre daha yüksek düzeyde toksik element seviyelerine ulaştığı görülmüştür. Çalışma alanındaki toprakların ağır metal yükleri Ba için 471,7 mg/kg, Cu 137,5 mg/kg, Cr için 305,2 mg/kg, Co için 51,3 mg/kg, Ni için 79,0 mg/kg, Sr için 317,9 mg/kg, V için 380,6 mg / kg ve Zn için 139,0 mg / kg şeklinde okunmuştur. Sonuçlara baktıklarında çalışma alanında toprağın kirlenmesine yol açan çevre Surat topraklarındaki endüstriyel faaliyetten antropojenik olan kirlenme kaynağını olduğu doğrulanmıştır [61].

Çankırı Ilgaz Gökdere Havzasında yürütülen bir çalışmada Gökdere Havzası'na ait jeolojik, topoğrafik ve mescere haritaları Arc Info yazılımı ile altlık sayısal haritaları üretilmiştir. İki farklı bakıda orman, mera ve tarım arazilerinden ikişer adet olmak üzere 12 toprak çukurundan 55 toprak örneği üzerinde bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Aynı bölgelerden 0-15 cm toprak derinliğinden 18 adet bozulmuş toprak örneği ve bozulmamış hacim ağırlığı silindir toprak örneği (100 cm³) alınmıştır. Hidrofiziksel toprak özelliklerini belirlemek için 60 adet bozulmamış silindir toprak örneği (400 cm³) alınmıştır. Ayrıca toprakların infiltrasyon kapasitelerini belirlemek için 12 örnek alanda tansiyon infiltrometresi ile ölçümler yapılmıştır [62].

Havza karakteristiklerinin incelenmesi sonucunda Gökdere havzasının alanı 7243,85 ha, ortalama yüksekliği 1714 m, ortalama eğimi %20,24, genel bakışı kuzey ve güneydir. Laboratuvar analizleri sonucuna göre, toprak özelliklerinden hacim ağırlığı, organik madde miktarı, toplam azot, kritik tansiyonlarda nem kapsamları, hidrolik iletkenlik ve infiltrasyon kapasitesinin arazi kullanım türlerine göre önemli ölçüde değiştiğini belirlenmiştir. Kuzey bakıda infiltrasyon kapasitesi ve hidrolik iletkenlik değerleri yüksek ölçülürken, organik madde miktarı güney bakı orman topraklarında yüksek diğer kullanım türlerinde ise daha düşük ölçülmüştür [62].

Muallimköy ve Dilovası sınırları içerisinde yapılan ağır metal kirlilik analizinde numunelerin alınacağı 10 farklı nokta seçilmiştir. Küresel konumlandırma sistemi (GPS) ile numunelerin noktaların koordinatları ve yükseklikleri belirlenmiştir. Muallimköy ve Dilovası sınırları içerisinde 10 farklı noktadan alınan toprak örneklerinde kadmiyum (Cd), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Demir (Fe) analizleri yapılmıştır. Topraklar paslanmaz çelik küçük küreklerle her bir noktadan yüzeyden (0-10cm) ve derinden (10-20cm) olmak üzere 2 adet numune, hava almayacak şekilde kilitli naylon poşetler içine konulmuştur. Ağır metal analizinin yapılması için Mikrodalga fırında ekstraksiyon işlemi için tüplerin içerisine yerleştirilip 8 ml nitrik asit, 1 ml perklorik asit ve 2 ml hidroflorik asit ile 600 watt ısı gücü, 150° C’de muamele edilmiştir. Soğutulmuş sistemden alınan asidik sıvı, kaba filtrelerden süzülerek saf su ile 100 ml’ye tamamlanarak AAS cihazında ağır metal analizlerine alınmıştır. AAS cihazının ağır metal ölçümlerinden önce kalibrasyonu yapılmıştır. Tüm filtrelerin aynı anda ekstraksiyon yapılmış ağır metal ölçümleri de her bir parametre için aynı günde gerçekleşmiştir. Görüldüğü gibi (10 - 20 cm)’den alınan topraklarda ölçülen en yüksek Fe, Cu, Pb değerleri DLV 2 noktasında ölçülmüştür [63].

Çanakkale ili Karamenderes Havzasında tarım alanlarında yapılan bir çalışmada bazı ağır metallerin kirlilik düzeyleri araştırılmış ve havzada 0-20 cm derinlikten 80 farklı noktadan toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde özü çıkarılabilir Cr, Ni ve Pb analizleri yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre Çanakkale ili Karamenderes Havzası topraklarında Pb kirliliği, toprakların Cr ve Ni içerikleri için izin verilebilir sınırlar arasında olduğu bulunmuştur [64].

Samsun-Tekkeköy bölgesinde sanayi tesislerinde yapılan ağır metal kirlilik analizleri, sanayiden kaynaklanan toprak kirliliğini belirlemek üzere karelej yöntemiyle, merkezde sanayi tesislerinin bulunduğu alandan 0-20 cm derinlikten 24 toprak  rneği alınmıştır. Toprak  rneklerinin kimyasal analizleri için standart metotlar kullanılmış, As, Ba, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Eu, Fe, Ga, Hf, Hg, K, La, Lu, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, U, V, Yb ve Zn eser elementleri XRF metodu ile  l lm şt r. Toprak kalitesinin ve kirlilik durumunun tespit edilmesi amacı ile tane boyu analizi yapılmış, pH, CaCO₃, organik madde, toplam N, KDK, SO₄⁻² ve P parametreleri  l lm şt r. Toprakların özellikle sanayi tesisleri yakınılarında asidik özellik gösterdiği, sanayi tesislerinden uzaklaştıka pH değerlerinin artarak alkali özelik gösterdiği tespit edilmiştir. Makro element konsantrasyonları incelenerek, N ve SO₄⁻² konsantrasyonlarının sanayi bölgesinde yüksek iken bölgeden uzaklaştıka azaldığı, P ve K konsantrasyonlarının ise sanayi bölgesinde düşük iken bölgeden uzaklaştıka arttığı tespit edilmiştir. Eser element analizi sonucunda bölgede As, Cr, Cu, Ni ve Zn konsantrasyonlarının kritik değerler üzerinde olduğu görülmüştür [65].

Kanada-Sudbury'de yapılan kirlilik çalışmasında; Sudbury yakınılarında maden çıkarılan ve eritilen alanının üst toprağındaki mevcut Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn' nin kimyasal ve madensel biçimlerini tespit etmek ve ölçmek amaçlanmıştır. Sudbury'den 3 eriticinin bulunduğu (rüzgâr yönü doğu ve güneydoğu) CopperCliff (CCF), Falconbridge (FBR) ve Coriston (CON) alanlarından 20 toprak  rneği toplanmıştır. Eriticilere olan uzaklık 0,5-6,2 cm arasında değişmiş ve 0-20 cm derinlikten örnek alınmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde Cu ve Ni'in toprakta geniş aralıklardaki başlıca metal kirletici olduğu görülmüştür ve analiz edilen örneklerin çoğunda Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, Zn ve artık mineral kısımları (ortalama %50'nin üzerinde) tespit edilmiştir. Cu tüm örneklerde aynı dağılımı göstermiş, Ni'e göre daha hareket edebilir biçimde ve Ni 'ye oranla artma eğilimi içinde olduğu görülmüştür. Fe, Mn, Zn, Pb, Cr, Cd konsantrasyonlarının Sudbury toprağında arka pl n değerlerine yakın olduğu görülmüştür [66].

Kocaeli ilinde sanayi kuruluşlarının yoğun olarak bulunduğu bir alanda gerçekleştirilen bir çalışmada; alan içerisinde belirlenen yedi köyden toprak örnekleri alınarak, toprak nemi, organik madde ve element içerikleri belirlenmiştir. Her bir örnekleme noktasında, derinliğe bağlı etkileri gözlemleyebilmek için 5 ve 15 cm'den örnekler alınmıştır [67].

Bu çalışmada; Örnek alma işlemi, TS ISO 10381-6 “Toprak Kalitesi- Numune Alma - Bölüm 6-Toprakların Aerobik Mikrobiyal Faaliyetlerinin Laboratuvar Şartlarında Değerlendirilmesi için Numune Alma, Taşıma ve Muhafaza Kılavuzu” standardı dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Toprak örneklerinin nem, organik madde, pH ve element analizleri yapılmıştır. Her örnek noktası için belirlenen pH değerleri 5,2-7,8 arasında bulunmuştur. Ayrıca toprak nemi ile organik madde miktarları belirlenmiştir. Bunlar arasında pozitif bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Toprak nem içeriği ile organik madde değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 0,63 olarak bulunmuştur [67].

Erzurum-Aşkale yöresinde yapılan çalışmada çimento fabrikasından kaynaklı çimento tozları kaynaklı bazı karakteristiklerinin değişimi incelenmiştir. Erzurum-Aşkale çimento fabrikasının 4 km ilerisindeki alandan, 5 farklı noktadan yaklaşık 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Örneklerde pH, organik madde, CaCO₃, KDK analizleri ve ayrıca elek analizi yapılmıştır. Sonuçlar kirlenmeden önceki ve sonraki değerler olarak iki ayrı grupta incelenmiştir. Kirlenmiş toprakta; organik madde miktarından %6,5 oranında azalma, pH 'da %12,6 oranında artış, KDK miktarından %15,93 oranında artış gözlenmiştir. Değişimler çimento fabrikasından kaynaklanan emisyonların toprağın kalitesini olumsuz yönde etkilediğini göstermiş ve tozların atmosfere verilmeden önce mutlaka filtre edilmesi gerektiği saptanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda fabrikaya filtre sistemi tahsis edilmiştir [68].

Adıyaman ilinde bulunan Gölbaşı Gölü, Kahramanmaraş ilinde bulunan Gavur Gölü ve Hatay ilinde bulunan Amik Gölü sulak alan topraklarındaki bazı ağır metal düzeyleri araştırılmıştır. Sulak alan çevresinde meydana gelen ve göl alanına taşınmış materyaller üzerinde oluşmuş topraklarda olmak üzere göl aynasından enine kesit alınarak 24 adet bozulmuş toprak örneği alınmış ve 2 tekrarlı olarak 48 toprak örneğinde çalışılmıştır. Toprak örneklerinde nikel (Ni), krom (Cr), bakır (Cu) ve çinko (Zn) ağır metallerin toplam içerikleri belirlenmiştir. Bunun için topraklara üç asit emilim yöntemi uygulanmış ve indüktif eşleşmiş plazma (ICP-OES) cihazı kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre toplam ve konsantrasyonları sırasıyla Ni: 49,04-1954,094 mg/kg, Cr:36,65-1630,609 mg/kg, Cu: 7,02-48,776 mg/kg ve Zn:7,607-34,788 mg/kg arasında değişmiştir [69].

Ayrıca, ölçülen parametrelerin ana materyalle ilişkili Ni ve Cr haricinde Cu ve Zn ağır metallerinin kirlilik sınır değerlerini geçmediği tespit edilmiştir. Araştırma alanı topraklarında Cr ve Ni ağır metallerin kirliliğinin bulunduğu (Gavur Gölü>Amik Gölü>Gölbaşı Gölü), Cu ve Zn ağır metallerin olmadığı saptanmıştır. Özellikle toprakların oluştuğu kayaçların kireçtaşı, bazalt ve serpantin kayaç olması Cr ve Ni ağır metallerinin fazla olmasında etkisinin olabileceği sonucuna varılmıştır [69].

İzmit (Kocaeli) civarında endüstrileşmenin toprak ağır metal derişimine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, İzmit civarı üst topraklarında ağır metallerden kaynaklanan toprak kirliliği araştırılmıştır. Çalışmada 16 istasyondan alınan örneklerde çevre açısından önemli Cu, Pb, Zn, Ni, Co, As, Cd, Cr, Hg, Se elementlerinin konsantrasyonları ölçülmüştür. Ayrıca karşılaştırma amacıyla kirlenmemiş uzak alanlardan 3 adet örnek alınmıştır. Ölçümler Cu, Zn, Ni ve Co elementlerinin konsantrasyon değerlerinin, yer yer, Türkiye Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği sınır değerlerinin üstüne çıktığını göstermektedir. Diğer element derişimleri bu limit değerlerin altında bulunmuştur [70].

Niğde-Kayseri yolu boyunca ağır metal kirliliğinin araştırılması için yapılan çalışmada; çalışma alanı olarak Niğde ve Kayseri şehirlerini birbirine bağlayan D765 yolu boyunca yol kenarındaki toprakları seçilmiştir. Bölgeden alınan örneklerin ağır metal analizleri yapılmış ve önemli derecede kirlenmenin ortaya çıktığı belirtilmiştir. Bulunan ortalama ölçüm ve standart sapma sonuçları; As: 27,90 (7,64), Cd: 3,99 (0,35), Co: 35,80 (2,19), Cr: 158,33 (46,27), Cu: 48,37 (24,73), Fe: 31516,83 (6545,26), Mn: 771,83 (121,41), Mo: 28,52 (5,51), Ni: 118,11 (27,90), Pb: 107,48 (37,90), Sn: 6,34 (1,35), Ti: 3369,87 (1172,44) Zn: 135,64 (32,42) mg/kg olarak verilmiştir. Bu çalışmada, ağır metaller arasında, As, Cd, Co, Cr, Mo, Ni ve Pb toksik metaller de çalışılmıştır. Toprakta ağır metal birikimlerinin, trafik yoğunluğu ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir [71].

İstanbul'da bahçelerin yüzey topraklarında ağır metallerin incelenmesine dair çalışmada İstanbul'un yeşil kentsel mekanları ve bahçelerinin yüzey topraklarının ağır metal açısından (Cu, Ni, Zn ve Pb) incelemesi gerçekleştirmiştir. Ayrıca bu ağır metallerin aralarındaki etkileşimlerini incelemiş ve zenginleşme faktörlerini hesaplamıştır [72].

Bakır ve Pb için zenginleşme faktörü (EF) değerleri Gülhane Parkı'nda, Cu için 30,125 ppb, Pb için 125,77 ppb olarak belirlenmiştir. Çinko ve Ni için ise EF değerleri Fethi Paşa Koruluğunda Zn için 39,61 ppb, Pb için 69,78 ppb olarak belirlenmiştir [72].

Başka bir çalışmada, Çorlu ve civarında toprak kirlenmesinin boyutlarını belirlemek amacıyla sanayinin yoğun olarak yerleştiği ve tarımsal üretim için kullanılan verimli topraklara sahip bir alanda yapılmıştır. Örnek istasyonları topraklarda ağır metal konsantrasyonunu karakterize edebilecek şekilde, 14 ayrı istasyon olarak tespit edilmiştir. Çalışma bölgesine ait toprağın karakteristiği çıkarılmıştır. Alınan örneklerin Cd içeriği 0 ile 2,44 mg/kg, Pb içeriği 12,15 mg/kg ile 181,5 mg/kg, Cr içeriği 10,13 mg/kg ile 150,1 mg/kg arasında değişen değerlerde saptanmıştır. Toprak örneklerinde genel olarak risk yaratacak kadar Cd, Pb ve Cr kirliliği olduğu sonucuna ulaşılmıştır [73].

Kuzey Irak (Dhok, Erbil, Koyia, Süleymaniye) topraklarında endüstriden kaynaklanan ağır metal kirliliğinin belirlenmesini amaçlayan çalışmada bütün örnekleme noktalarında kirlenici kaynağa yakın (0,2 km) ve uzak (2 km ve 10 km) olmak üzere dört pozisyonda, Erbil'de sekiz adet, Süleymaniye'de sekiz adet Kyoia'da 2 adet ve Dhok' da altı adet örnekleme noktası olmak üzere, kaynağa yakın (kirlenmiş) ve uzak (temiz) pozisyonlarda toplam 48 toprak örneği 0-30cm derinlikten alınmıştır. Kuzey Irak topraklarında içerikleri Fe 2,92 ppm, Ni 179,39 ppm, Zn 116,44 ppm, Cd 109,05 ppm, Cu 30,30 ppm, Co 20,71 ppm, Pb 15,40 ppm, As 6,40 ppm, Mo 0,83 ppm, Cr 0,53 ppm, Se 0,46 ppm, Sb 0,22 ppm ve Hg 18,23 ppb olarak bulunmuştur. Ni, Cd, Hg ortalamaları sınır değerlerden yüksek bulunmuştur. En yüksek Fe ve Zn konsantrasyonları da sınır değerlerden yüksek bulunmuştur. Genel olarak kirlenici kaynağa olan uzaklık artarken ağır metal içerikleri azalmıştır. Cd, Mo ve Cu içeriklerinde kirlenici kaynağa olan uzaklığa bağlı olarak belirlenen ağır metal içeriklerindeki azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur [74].

Yumurtalık ve Karataş ilçeleri arasındaki sahil şeridini kapsayan bir çalışmada iki bölge arasındaki sahil kumlarında canlı sağlığını olumsuz yönde etkileyen ağır metal kirliliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Yumurtalık-Karataş arasındaki sahil şeridindeki 24 lokasyondan örnekleri alınmış ve Atomik Absorbsiyon Spektrometre (ASS) cihazı ile Fe, Mn, Cu, Zn, Hg, Ni, Cr, As ve Cd elementlerine ait kimyasal analizler yapılmıştır [75].

Elde edilen sonuçlar Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Türkiye ve dört farklı ülkelere ait ağır metal konsantrasyon sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. As, Zn, Cu, Mn ve Hg elementleri standartların altında kalırken; Fe ve Cr elementleri Karataş bölgesinde sınırların üzerinde bulunmuştur. Cd ve Ni elementlerine ait analiz sonuçları ise her iki bölgede de standartların üzerinde saptanmıştır. Kirliliği oluşturan parametrelerin çevresel faktörlere bağlı olarak oluştuğu, Ni element miktarlarının artışıdaysa kısmen bölgedeki jeolojik yapının etkisi olduğu düşünülmektedir. Bulunan tüm veriler CBS ortamına aktarılarak semboloji ve dağılım haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca kum örneklerinde; Zenginleşme Faktörü (Ef), Kirlilik Faktörü (Cf), Kirlilik Derecesi (Cd), Korelasyon ilişkileri ve Jeo-birikim İndeks (Igeo) değerleri hesaplanmıştır [75].

Şanlıurfa-Viranşehir karayolu güzergâhındaki topraklarda ağır metal kirliliğinin boyutlarını belirlemek ve topraktaki ağır metal miktarının kara yolundan olan mesafeyle değişimini ortaya koyabilmeyi amaçlayan çalışmada karayolunun kuzey ve güney tarafından 2 şer km'lik 6 farklı noktadan 0, 15, 30 ve 60 metre uzaklıklarla 0-15 cm derinlikten dört tekrarlamalı olarak toplam 96 toprak örneği alınmıştır. Elde edilen sonuçlarda kurşun, kadmiyum, nikel, krom, bakır ve çinko için tüm ağır metallerin yoğunlukları topraklarda izin verilebilir sınır değerlerine yaklaşamamalarına rağmen, çinko hariç mesafeye bağlı olarak karayolundan uzaklaştıkça ağır metal yoğunluklarının azaldığı tespit edilmiştir. Bu durumdan dolayı çalışma alanındaki topraklarda gözlenen ağır metal kirliliğinin trafik kökenli olduğu düşünülmektedir [76].

Yoğun nüfuslu bir bölge olan ve aynı zamanda büyük bir küresel üretim üssü olan altı farklı şekilde kullanılan topraklarda bulunan yüzey topraklarındaki ağır metaller, kentleşme ve sanayileşmenin toprak kirliliği üzerindeki etkisini değerlendirmek için analiz edilmiştir. Mikrodalga destekli asit sindirimi ve indüktif olarak bağlanmış plazma kullanılarak toplam 227 yüzey toprağı örneği toplanmış ve ana ağır metaller (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn) için analiz edilmiştir. Zenginleştirme faktörleriyle birleştirilen çok değişkenli analiz, bölgedeki yüzey topraklarının ($> 7,2 \times 10^4 \text{ km}^2$) Cd, Cu, Zn ve As konsantrasyonlarının arka plan değerlerinden iki kat daha yüksek olduğu ve Cd, Cu ve Zn 'nin antropojenik kaynaklar tarafından açıkça katkıda bulunduğu görmüşlerdir [77].

Pb'nin neden olduğu toprak kirliliği, çoğunlukla antropojenik kaynakların katkıda bulunduğu diğer ağır metallerden daha yaygın olduğunu ayrıca yüzey topraklarındaki Mn, Co, Fe, Cr ve Ni 'nin öncelikle litojenik kaynaklardan elde edildiğini, yüzey topraklarındaki Hg ve As içeriklerinin ise hem doğal hem de antropojenik kaynaklar tarafından kontrol edildiği sonucuna ulaşılmıştır [77].

Çin'in Yangtze Deltası'nda hızla sanayileşen bir bölge olan Jiaying'in de yapılan çalışmada tarım alanlarından 0-20 cm derinlikten toplanan 230 yüzey toprağı örneğinin sekiz metal (Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Cd, Hg ve As) için ağır metal kirliliğinin kaynaklarını belirlemek ve keşfetmek için kullanılmış ve Cu, Zn, Pb, Cr, Ni ve Cd için bölgesel kirlilik noktaları sırasıyla % 0,48, %0,58, %2,84, %2,41, %0,74 ve %0,68 alan yüzdeleri , Hg kirliliğine sahip alanlar yaklaşık %38'i kaplarken, As için potansiyel kirlilik riski bulunmamıştır. Hg kirlilik riskinin kaynakları, endüstriyel emisyonların atmosferde birikmesine ve Hg içeren pestisitlerin geçmiş kullanımına bağlanmıştır [78].

3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleriyle Mekansal Analiz Çalışmaları

Yatağan Termik Santrali çevresinde yürütölen bir çalışmada topladıkları toplam 16 adet Xanthoria parietina türü likenleri biyoindikatör olarak kullanmış, ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer) kullanarak toplam altı elementin (Hg, Ni, Pb, Cu ve Fe) analizlerini yapmışlar ve elde ettikleri sonuçları Arc GIS 9.3 ortamında harita ortamına aktarıp önceki çalışmalarla karşılaştırarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları çalışma kapsamında mekansal dağılışı belirlemek amacıyla yazılıma aktarmış, yazılım içindeki Geostatistical Analyst modölünü kullanarak enterpolasyonları yapılmıştır. Bu değerlendirmede veri seti ESDA (Explatory Spatial Data Analysis) araçlarıyla incelemiş ve en uygun enterpolasyon tekniğinin deterministik bir yöntem olan Ters Ağırlıklı Mesafe (Inverse Distance Weighting- IDW) olduğuna karar verilmiştir. Ölçtükları ağır metal konsantrasyonlarının hava kirliliği ve çevreye etkilerini değerlendirilmiştir ve en kirli alanların santralin yakın çevresi (daha çok batı) ile hâkim rüzgâr yönü ve topografya özelliklerine göre, Yatağan depresyonunun güneydoğusunda yer alan yamaçlar olduğu belirlenmiştir [79].

Sakarya ili Erenler ilçesi sınırlarında D100 karayolunun kenarındaki topraklarda yapılan bir çalışmada trafikten, tarım uygulamalar ve endüstri kuruluşlarından kaynaklanan olası Pb ve Cd kirliliği ele alınmıştır. Karayolunun her iki tarafından 4,5 km'lik alanda 500 m aralıklardan yola dik olacak şekilde 10 hat üzerinde yola paralel 1, 5, 10, 25, 50, 100, 250 ve 500 metre mesafelerinden toplam 160 toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmış, Pb ve Cd miktarlar ise ICP-OES ile belirlenmiştir. Arc GIS 10.1 yazılımında Geostatistical Analysis aracında enterpolasyon yapılarak kirliliğin dağılımı haritalandırılmış ve yapılan istatistiksel almalara göre karayolunun güneyinden alınan toprak örneklerinde hem Pb hem de Cd miktar, kuzeyden alınanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Toprak örneklerinin Pb miktar ile istikamet ve karayoluna olan mesafe arasında anlamlı ve negatif ilişki olduğu Cd miktar ile istikamet arasında da anlamlı ve negatif bir ilişki olduğu tespit etmiş, karayoluna olan mesafe ile arasında ise anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Araba yoğunluğunun fazla olduğu D100 karayolunun etrafında gerek yerleşmelerin bulunması gerekse tarım uygulamalarının yapılması ve sanayi kuruluşlarının Pb ve Cd kirliliğine neden olmuştur. Bu sonuçlar, CBS ile gösterilen kirliliğin mekansal dağılım haritasında gösterilmiştir [80].

Tekirdağ İli Çorlu ve Çerkezköy çevresindeki bir çalışmada önemli sanayi kuruluşlarının etki alanı civarında bulunan tarım toprakları ve bu topraklarda yetiştirilen özellikle buğday bitkisindeki bazı ağır metal ve iz elementlerden ileri gelen çevre kirliliği sorunu araştırılmıştır. Bu amaçla Toprak ve bitki örnekleri, sanayi kuruluşlarına yakın mesafelerdeki tarım alanlarından 0-20 cm derinlikte olmak üzere 20 adet toprak ve buğday bitki örnekleri alınmıştır. Topraklarda yapılan ağır metal analiz sonuçları değerlendirildiğinde ortalama As:6,85; B:1,82; Cd:6,38; Co:0,15 Cr:4,92; Cu:12,05; F:0,48; Fe:8,61; Mn:22,33; Mo:1,22; Ni:1,95; Pb:14,24; Se:1,55; Si:1,45 ve Zn:10,18 konsantrasyonlarında mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur Alınan toprak örneklerindeki Cd, Co, Pb, Cr değerleri fazla, Zn ve Fe değerlerinin çok fazla seviyede olduğu belirlenmiştir. Elde edilen çıktılar Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında Arc GIS 10.3.1 yazılımı yardımıyla mekansal olarak değerlendirilmiş ve bu bağlamda ağır metal kirlilik düzeylerini gösteren dağılım haritaları üretilmiştir [81].

Toplanan toprak örneklerinde As, B, Cr, Cu, F, Mn, Mo, Ni, Se ve Si elementlerinin "izin verilebilir" düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Fakat bahsi geçen bu elementlerin bazı noktalarda sınır değerlerde olduğu gözlemlenmiştir [81].

Gerekli önlemler alınmadığı takdirde kirlilik parametrelerinin artmasıyla birlikte ‘yeterli’ ve "izin verilebilir" durumda olan tarım alanlarının "toksik" duruma geçerek olumsuz etkiler doğurabileceği dikkate alınması gerektiği belirlenmiş olduğu görülmektedir [81].

Kastamonu ili Devrekani ilçesindeki tarım topraklarının temel verimlilik özelliklerinin belirlenmesi ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak toprak dağılım haritalarının oluşturulması amaçlayan bir çalışmada Devrekani ilçesinde 55000 da alanda 55 ayrı noktadan alınan toprak örnekleri tarım alanlarını temsil edecek şekilde 0-30 cm ve 30-60 toprak derinliğinden alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde toprak verimlilik analizleri tekstür analizi ve mikro besin elementleri analizleri yaptırıldı ve toprak analiz sonuçları, belli kriterlere göre sınıflandırılarak, besin maddelerinin eksiklik, yeterlilik veya fazlalık seviyeleri belirlenmiştir. Toprak parametrelerinin sınıflandırılmasından sonra Coğrafi Bilgi Sistemleri kapsamında veri tabanı oluşturularak toprak verimlilik haritaları üretilmiştir. Toprak karakterleri 17 parametre bazında değerlendirilerek üst toprak ve alt toprak değerlerine göre ayrı ayrı 34 adet harita oluşturulmuştur [82].

Batı İrlanda'da bulunan Galway şehrinde yapılan bu çalışmada şehrin çevresel kalitesini değerlendirmek için, 166 toprak örneği kullanılmıştır. Örnekler 10 cm derinlikten park ve otlak alanlardan alınmış ve sonuçlar ICP-AES kullanılarak analiz edilmiştir. Sınıflandırmak için CBS haritalandırma teknikleri uygulanmıştır. Şehir merkezinde, eski yerleşim alanlarında ve ana trafik yolları boyunca nispeten yüksek Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları bulunduğunu ve bu da trafik kirliliğinin önemli etkilerini gösterdiğini ve eski yerleşim alanlarının topraklarında zenginleştirilmiş As elementi, bu, ev ısıtması için kömür ve turba yanmasından kaynaklanabileceğini belirtilmiştir [83].

Çin'in Sichuan Eyaleti, Yibin Şehrinden ağır metallerin konsantrasyonlarını, kaynaklarını belirlemek ve toprak çevre kalitesini değerlendirmek için 63 toprak örneği toplanmış ve ortalama konsantrasyonları As 10, 55; Pb 61.23; Zn 138.88 ve Cu 56,35 mg / kg olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek konsantrasyonların sanayi alanlarında, en düşük konsantrasyonların parklarda olduğu görülmüştür [84].

Mekansal dağılım haritaları, Pb, Zn ve Cu'nun esas olarak antropojenik faaliyetler tarafından kontrol edildiğini, As' ın temel olarak toprak ana materyalleri tarafından açıklanabileceğini göstermiştir. As, Pb, Zn ve Cu'nun kirlilik değerleri sırasıyla 0,86, 1,98, 1,61 ve 1,78 ortalama değerlerle 0,24–1,93, 0,66–7,24, 0,42–4,19 ve 0,62–5,25 aralığında değişmiştir. Bu metallerin entegre kirlilik indeksi (IPI) değerleri 0,82 -3,54 arasında değişmekte olup, ortalama 1,6 ve toprak örneklerinin %90'ın dan fazlası ağır metallerle orta derecede veya yüksek derecede kontamine olmuştur. Toprak örneklerinin %6'sı ve %90'ından fazlası orta veya yüksek derecede ağır metallerle kontamine olmuştur. IPI'nin mekansal dağılımı, daha yeni kentsel alanların, eski kentsel alanlara kıyasla nispeten daha düşük ağır metal kirliliği sergilediğini göstermiştir. Toprak örneklerinin %6'sı ve %90'ından fazlası orta veya yüksek derecede ağır metallerle kontamine olmuştur. IPI'nin mekansal dağılımı, daha yeni kentsel alanların, eski kentsel alanlara kıyasla nispeten daha düşük ağır metal kirliliği sergilediğini belirtilmiştir [84].

Cezayir'in Annaba şehrinde yapılan metallerin besin ağlarında transferini ve etkilerini değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışma da sistematik olarak 1km² alanda örneklenmiş 101 alt yüzey topraklarında Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn 'nin mekansal dağılımı incelenmiştir. Cd ve Cr, diğer tüm konsantrasyonlar pedolojik arka plana yakın olmakla birlikte, yalnızca bir anormal derecede yüksek değer sergilemiştir. Şehrin merkezindeki bazı yerler Pb tarafından kirlendiği (823 mg/kg 'e kadar), bu kirliliğin ise benzin egzozlarından haya yoluyla birikme kaynaklı olabileceğini, Zn örnekleme alanının tamamında sınır değerini aşmadığını, Cu, uzamsal bir otokorelasyonun meydana geldiği tek unsur olduğunu belirtilmiştir. Yaklaşımlarının çeşitli antropojenik kirlilik kaynaklarını, yerel anormalliklerden daha büyük ölçekli modeller için daha verimli bir şekilde ortaya çıkardığını görülmüştür [85].

İrlanda'daki Galway Şehri'nin kentsel topraklarındaki Pb konsantrasyonları kullanılarak kirlilik sıcak noktalarının tespitinin sonuçlarını etkileyen faktörler araştırılmıştır. Uzamsal modellerin görselleştirilmesi yoluyla sonuçların değerlendirilmesine yardımcı olmak için CBS haritalaması uygulanmış ve bu çalışmada seçilen kirlilik noktaları (uç değerler) yeniden analizler ve yeniden örnekleme ile doğrulanmıştır [86].

İrlanda'daki kentsel toprakların daha önce araştırılması sırasında, Claddagh'daki South Park spor sahasında Pb, Cu, Zn ve As 'ın bir kirlilik noktası tespit edilmiştir. Spor sahası eskiden hem belediye hem de endüstriyel atıklar için bir çöp boşaltma alanı olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, taşınabilir bir X-ışını floresan (PXRF) analizörü, Güney'de 20 × 20 ml'lik bir ızgara üzerinde 200 konumda üst toprağın 5-10 cm aralığında temel analizlerde kullanılmıştır. Parkta sırasıyla 10,297; 24,716; 2224 ve 744 mg/kg toprak maksimum Pb, Zn, Cu ve As değerleri ile son derece yüksek kirlenici değerleri bulunmuştur. Çalışma alanındaki kirlenicilerin elemental mekansal dağılım haritaları, üç boyutlu görüntüleri ve yorumlayıcı tehlike haritalarını oluşturmak için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri uygulanmıştır [87].

Sırbistan'ın Novi Sad şehrinin kentsel topraklarındaki metal konsantrasyonları ölçülmüştür. 2010 yılında Temmuz ve Ağustos aylarında, 20 km² yüzölçümünü kaplayan kentin orta kısmında 121 yüzey toprağı örneğı toplanmıştır. ICP-OES cihazı kullanılarak As, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları belirlenmişler ve incelenen yerlerde Pb konsantrasyonunun 8,9 mg kg⁻¹ ile 999,1 mg/kg arasında değiştiğini görülmüştür. Metal kirliliğinin noktalarını gösteren jeokimyasal haritalar üretmek için CBS haritalama tekniğı uygulanmıştır. Korelasyon matrisindeki temel ilişki ve çok değişkenli istatistiklerin sonuçları, As, Co, Cr, Mn ve Ni 'nin doğal bir kaynağını desteklerken, Cu, Pb ve Zn antropojenik girdilerden kaynaklandığını ve CBS haritalama tekniğı kullanılarak elde edilen dağıtım modelleri, trafiğın en önemli kirlilik kaynağı olduğu sonucuna varılmıştır [88].

Hindistan'ın Karnataka Eyaleti'ndeki yenilenebilir enerji potansiyelini haritalamak için Coğrafi Bilgi Sistemini (GIS) kullanılmıştır. Karnataka için yenilenebilir enerji (güneş, rüzgâr, biyoenerji ve küçük hidroenerji) potansiyelinin CBS kullanarak haritalanmasına odaklanılmıştır. CBS, kaynakların ve talebin mekansal ve zamansal analizine yardımcı olduğu belirtilmiştir. Hindistan'ın Uttara Kannada şehri kıyısında güneş enerjisi haritaları küresel güneş radyasyonu verilerine dayanarak oluşturulmuş ve yüksek küresel güneş radyasyonu yaz aylarında (6.31 olması kWh /m²), muson zamanında (4.16 kWh/m²) ve kış aylarında (5.48 kWh/m²) olduğunu bulunmuştur [89].

Rüzgâr enerjisini kullanmaya uygun bölgelerin haritalanması ise rüzgâr hızı verilerine dayanılarak yapılmıştır ve Belgaum ilçesine bağlı Chikkodi Tuluk'un yaz (6,06 m/s), muson (8,27 m/s) ve kış (5,19 m/s) boyunca daha yüksek potansiyele sahip olduğunu görülmüştür [89].

Yunanistan'ın Lavrio kentinde bilinen yüksek ağır metal yüklerine sahip, hizmet dışı bırakılmış bir dizi mineral üretim ve işleme sahasının etrafındaki büyük bir endüstriyel alanda yapılan bu çalışma CBS içinde olasılıksal bir risk değerlendirme modelini içeren bir metodoloji ile gösterilmiştir. Topraktan toplam 120 km'lik bir alan üzerinden toplanan 425 toprak örneğinden Pb konsantrasyonunun mekansal dağılımı elde edilmiştir. Çalışma alanındaki topraklardaki yüksek Pb yükleriyle ilişkili riski simüle etmek ve değerlendirmek için bir risk değerlendirme modeli oluşturulmuştur. Metodoloji, yetişkin ve çocuk popülasyonları için oluşturulmuş tipik bir maruz kalma değerlendirme modelinden oluşmuştur. Her iki popülasyon için Pb maruziyeti, tehlike oranları sağlayan ilgili referans doz seviyeleri ile karşılaştırılmış ve nicel risk değerlendirme çalışmasının sonuçları analiz edip çalışma alanını kapsayan CBS haritaları şeklinde sunulmuştur [90].

Çin'in Pekin şehrinin dışındaki Shunyi'de tarımsal topraklardaki ağır metallerin mekansal dağılımını ve olası kaynaklarını belirlemek için kapsamlı bir çalışma yapılmış ve km² başına bir numune yoğunluğunda toplam 412 yüzey toprağı numunesi toplanmış ve As, Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn konsantrasyonları analiz edilmiştir. Ağır metallerin ortalama değerleri sırasıyla $7,85 \pm 2,13$; $0,136 \pm 0,061$; $22,4 \pm 6,31$; $0,073 \pm 0,049$; $20,4 \pm 5,2$ ve $69,8 \pm 16,5$ mg kg⁻¹ As, Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn için, Pb hariç üst toprağının Pekin sınır değerlerinden biraz daha yüksek olduğu ancak Çin Çevresel Kalite Standardının kılavuz değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Çok değişkenli ve jeostatistiksel analizler, Cd, Cu ve Zn 'nin toprak kirliliğinin esas olarak tarımsal uygulamalardan kaynaklandığını ama As ve Pb nin temel olarak toprak ana malzemelerinden kaynaklandığını ve Hg nin Pekin Şehrindeki atmosferik birikintilerden kaynaklandığını belirlenmiştir [91].

Zhejiang Eyaletinin tarımsal topraklarındaki ağır metal konsantrasyonları izlenilmesi amacıyla Zhejiang Eyaletindeki 38 ilçeden toplam 908 toprak numunesi toplanmış ve tarım topraklarında sekiz ağır metal (Cd, Cr, Pb, Hg, Cu, Zn, Ni ve As) konsantrasyonları değerlendirilmiştir [92].

Çin Toprak Çevresel Kalitesi Standartları'na göre Nemerow'un ikinci sınıfa göre sentetik kirlilik indeksi yöntemi ile bu ilde 775 numunenin kirlenmemiş olduğu ve 133 numunenin hafif kirliliği olduğu ve sırasıyla yaklaşık %14,65'inin ağır metal konsantrasyonunun eşik seviyesinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerin Cd kontaminasyonu olduğu onu Ni takip ettiği, As ve Zn buna göre daha düşük olduğunu belirlenmiştir. Ayrıca, Nemerow'un kirlilik indeksine dayalı olarak toprak çevre kalitesinin bir değerlendirme haritasını yapmak için (IDW) enterpolasyon yöntemini kullanılmış ve toprak çevre kalitesi beş sınıfa ayrılmıştır. Çay topraklarının çevresel kalitesinin çeltik toprakları, bitkisel topraklar ve meyve topraklarından daha iyi olduğunu ortaya koyulmuştur [92].

4.2. İklim özellikleri

Sıcak ve ılıman bir iklime sahip olan Nevşehir; kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış almaktadır. Nevşehir ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 10,73 °C, ortalama yağış miktarı ise 362,9 mm dir [93, 94].

Çalışma alanının iklim özelliklerine bakıldığında Nevşehir ilinde kara iklimi hüküm sürer. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk geçmektedir. Nevşehir ilinde 1986-2019 yıllarını kapsayan 50 yıllık verilerle yapılan bir çalışmada yıllık ortalama yağışın Merkez ilçede 362,9 mm olduğunu görülmüştür. İlde toplam yağış değerlerine bakıldığında ilkbahar aylarında 130,3 mm, kış aylarında 123,5 mm, sonbahar aylarında 71,6 mm, yaz aylarında 37,5 mm olarak gözlemlenmiştir [93].

1970-2017 yılları arasında alınan sıcaklık verileri ile yapılan bir çalışmada Nevşehir Merkez ilçesinde uzun yıllar ortalama minimum sıcaklık -1,99 °C, maksimum sıcaklık 26,85 °C, tüm sıcaklık değerlerinin ortalaması ise 10,73 °C olarak hesaplanmıştır. 48 yıllık zaman diliminde maksimum sıcaklık değerlerinin uzun yıllık ortalamaları ilkbahar ayları için 27,1 °C, kış ayları ortalaması 15,17 °C, sonbahar ayları ortalaması 28,36 °C, yaz ayları ortalaması 36,76 °C ve genel ortalaması ise 26,85 °C olarak belirlenmiştir [94].

Nevşehir merkez ilçe sınırları dahilinde 34 yıllık uzun yıllar aylık toplam yağışlı gün sayılarının belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada; minimum yağışlı gün sayısının 77 gün, maksimum yağışlı gün sayısının 142 gün, toplam ortalama yağışlı gün sayısı değerlerinin ortalamasının ise 109 gün olduğunu saptanmıştır [95].

Nevşehir ilinde uzun yıllar (2001-2019) gözlemlenen iklim verileri üzerinde yürütülen bir çalışmada Nevşehir Merkezinde uzun yıllar ortalama olarak maksimum açık yüzey buharlaşması 59,7 mm, toplam açık yüzey buharlaşması ise 1017,6 mm olarak hesaplanmıştır. Açık yüzey buharlaşması değerlerinde ilkbahar, kış ve sonbahar aylarında yıllar bazında değişen anlamlı bir artışın olduğu görülmüştür [96].

Nevşehir ilinde gözlemlenen uzun yıllık bazı iklim verilerinin mevsimsel dağılımı Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Nevşehir merkezinde gözlemlenen uzun yıllık bazı iklim verileri [93, 94, 96].

Mevsimler	Maksimum Sıcaklık (1970-2017) (°C)	Minimum Sıcaklık (1970-2017) (°C)	Ort. Sıcaklık (1970-2017) (°C)	Toplam Yağış (1986-2019) (mm)	Toplam Açık Yüzey Buharlaşması (2001-2019) (mm)
İlkbahar	27,1	-2,55	9,94	130,3	157,7
Yaz	36,76	7,85	20,38	37,5	616,3
Sonbahar	28,36	-0,91	11,89	71,6	243,6
Kış	15,17	-12,36	0,73	123,5	-
Yıllık	26,85	-1,99	10,73	362,9	1017,6

4.3. Toprak Özellikleri

Toprak birçok canlıya ev sahipliği yapmaktadır. Uzun yıllar kayaçların hava olayları etkisiyle çözünmesi ile oluşmaktadır. Nevşehir toprakları volkanik tüflerden oluşmuştur.

Potasyumca zengin, kil minerali ve organik koloitlerce fakir bir topraktır. İl toprakları regosol büyük topraklar grubuna girmektedir. III. ve IV. sınıf arazilerden oluşmasına rağmen, lokal düzlüklerde toprak derinliği arttığında II. sınıf arazilere de rastlanır. Topraklarının üst kısmı genellikle kumlu-tınlıdır.

Merkez ilçe, Ürgüp ve Derinkuyu ilçelerinin topraklarının büyük çoğunluğu, tuf ve tuf kayalarının aşınmasından oluşan topraklardır. Avanos ilçesinin kuzey bölgesindeki Kozaklı ilçesiyle sınır köylerde toprak çorak, taşlı bazı kesimlerde kalkerlidir. Derinkuyu, Acıgöl, Gülşehir, Avanos ve merkeze bağlı Kaymaklı, Çardak ve çevresinde topraklar kumlu ve alüvyal olup çok verimli topraklardır [97].

Çalışma alanında ise regosol toprakların büyük bir alanı oluşturduğu ve az miktarda kahverengi toprakların olduğu ve bu arazilerin III. ve VI. sınıf araziler olduğu bilinmektedir.

4.4. Tarım Potansiyeli

Nevşehir ilinin 538.630 hektarlık yüzölçümünün %2,5'i orman, %65,4'ü ekilebilir arazi, %18,8 'si tarıma elverişsiz ve %13,3'ü çayır-meradır. Ekilebilir arazilerin çoğunluğunu (2.209.395 da) tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerin ekilen alanı oluşturmaktadır. Meyve, içecek ve baharat bitkilerinin alanı diğer alanlara göre (230.989 da) çok az alan kaplamaktadır. Nevşehir bitki örtüsü bakımından çok zayıftır. Tarım ürünleri olarak patates üretiminde büyük bir payı elinde tutmaktadır ve üzüme bağlı gıda ve içki sanayi ekonomide önemli bir yere sahiptir. Bunlara ek olarak ilde kabak, şekerpancarı, buğday, arpa, çavdar, bakla, nohut, fasulye, mercimek, sarımsak yetiştirilebilmektedir. Çalışma alanının çevresinde de bulunan çerezlik kabak üretimi 211654 da alanda yetiştirilmektedir ve yıllık üretimim 16.000 tonu aşmaktadır. Nevşehir ili genel arazi varlığı ve ekilebilir arazi dağılımı özet olarak Tablo 4.2 ve 4.3'de verilmiştir [98].

Tablo 4.2. Nevşehir ili genel arazi varlığı [98]

Arazi Varlığı	Alan (ha)	%
Ekilebilir Arazi	352217,8	65,4
Orman Arazisi	13664,6	2,5
Çayır Mera	71624,3	13,3
Tarıma Elverişli Olmayan Arazi	101123,3	18,8
Toplam Arazi Varlığı	538630	100

Tablo 4.3. Nevşehir ili ekilebilir arazi dağılımı [98]

Ürünler	Alan (da)	%
Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Ekilen Alanı	2209395	67.50
Nadas Alanı	602090	18.40
Sebze Alanı	230506	7.04
Meyve, İçecek ve Baharat Bitkilerinin Alanı	230989	7.06
Toplam Alan	3272980	100

5. BÖLÜM

METOD

5.1. Toprak Örneklerinin Alınması

Organize sanayi alanından ve bu alanın çevresinden 100 m uzaklığa kadar olan çevresinden toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin alınacağı noktalar Google Earth programı üzerinden ve çalışma alanını homojen olarak temsil edecek şekilde 82 toprak örneği alma noktası belirlenmiştir. Çalışma sahasından alınan toprak numunelerinin koordinatları el tipi GPS yardımıyla alınmıştır. Toprak örnekleri belirlenen noktalardan toprak yüzeyinden 15-30 cm derinde olacak şekilde bir kürek yardımıyla alınmıştır. Alınan toprak örnekleri plastik poşetlerde muhafaza edilmiştir. Daha sonra laboratuvar ortamında serilerek 48 saat kurutulmuş ve içerisindeki taş, kök ve diğer yabancı maddeler elle temizlenmiştir. Örnekler 2 mm elekten geçirilerek elenmiş ve kilitli şeffaf poşetlere aktarılarak etiketlenmiştir [116].

Arazi toprak örneklerinin alınması ve laboratuvar da yapılan ön uygulamalara ilişkin görüntüler Resim 5.1’de verilmiştir.



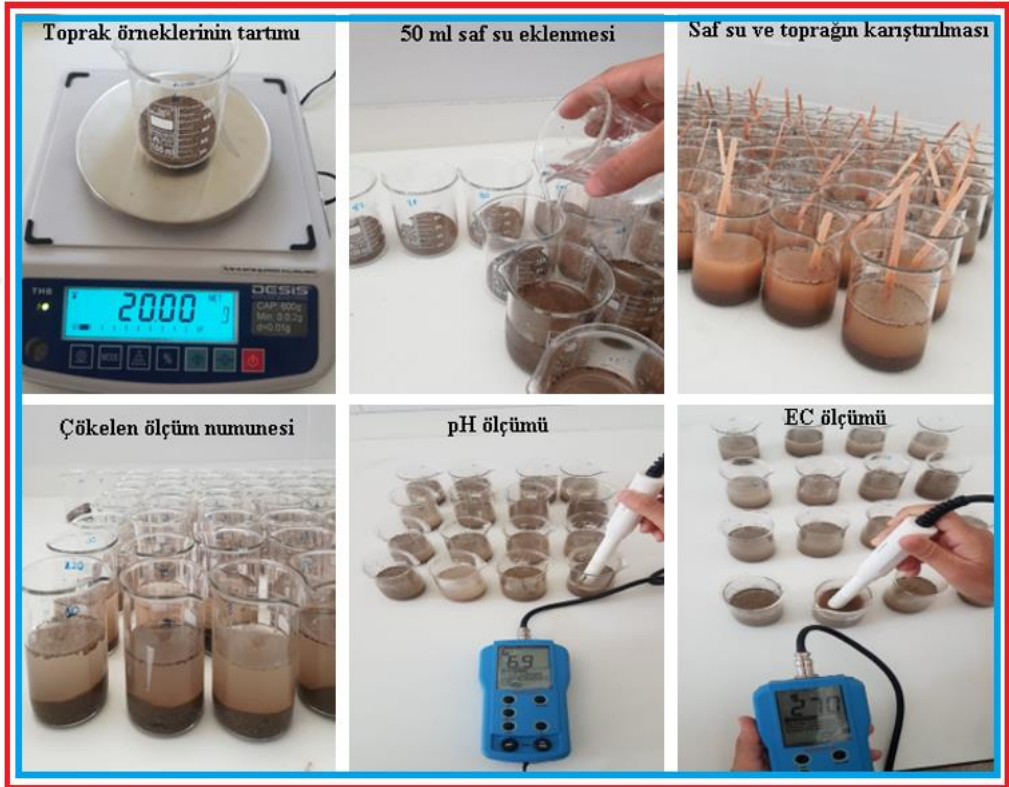
Resim 5.1. Toprak örnekleme ve laboratuvar ortamında yapılan ön işlemler

5.2. Laboratuvar Analizleri

5.2.1. pH ve EC analizleri

Toprakların pH ve EC değerleri 1:2,5 oranına göre hazırlanan ekstraksiyon çözeltisinde ölçülmüştür. Ölçümler için 20 gr toprak örnekleri tartılmış ve 50 ml saf su eklenerek karıtırılmıtır. Saf su ile karıştırılan örneklerin içerisindeki toprakların çökelmesi beklenmiştir. Çökelen örneklerin sularında pH ve EC metre cihazı yardımı ile ölçümleri yapılmıştır [99].

Laboratuvar ortamında yapılan pH ve EC ölçümlerine ilişkin uygulama Resim 5.2’de görülmektedir.



Resim 5.2. Laboratuvar ortamında pH ve EC lmleri

Çalışma kapsamında Toprak çözeltisinde okunan pH ve EC miktarlarının değerlendirilmesinde Tablo 5.1’de sunulan kriterler dikkate alınmıştır.

Tablo 5.1. Toprakların pH ve EC miktarlarının değerlendirilmesi [73,100]

Toprak Özellikleri	Sınır Değerleri	Değerlendirme
pH	<4,5	Ekstrem Asit
	4,5-5	Çok Kuvvetli Asit
	5,1-5,5	Kuvvetli Asit
	5,6-6	Orta Asit
	6,1-6,5	Hafif Asit
	6,6-7,3	Nötr
	7,4-7,8	Hafif Alkali
	7,9-8,4	Orta Alkali
	8,5-9	Kuvvetli Alkali
	>9,1	Çok Kuvvetli Alkali
Elektriksel İletkenlik (EC) (dS m⁻¹)	<4	Tuzsuz
	4-8	Hafif tuzlu
	8-16	Orta tuzlu
	16<	Çok tuzlu

5.2.2. Ağır metal analizleri

Araştırma sahasından alınan toprak örneklerinden laboratuvar ortamında yapılan toprak eleme işlemlerinden sonra her bir örneklem noktasına ilişkin numuneden hassas terazi yardımıyla 10 g toprak örnekleri tartılmıştır. Tartılan örnekler 100 ml'lik beherlere aktarılmıştır. Çeker ocak altında ısıtıcı ocak üzerine konan toprak örnekleri üzerine kral suyu (3 ml HNO₃ + 9 ml HCl) eklenmiştir. Çözüldükten kral suyu tamamen buharlaştırılıncaya kadar örnekler ısıtılmıştır. Örneklerde kral suyu tamamen uzaklaştırıldıktan sonra yukarıda bahsedilen ölçülerde kral suyu tekrardan toprak örnekleri üzerine ilave edilmiş ve yine ısıtıcı tabla yardımıyla çözelti buharlaştırılıncaya kadar çeker ocak altında ısıtılmıştır. Daha sonra ısıtıcı tabla üzerinde tamamen kuruyan örnekler 0.45 µm süzgeç kâğıdından ultra saf su yardımıyla süzülerek çözeltinin son hacmi 25 ml'ye tamamlanmıştır [117].

Yapılan bu işlemle birlikte toprak içerisindeki ağır metallerin çözelti ortamına alımı sağlanmıştır. Her bir toprak örneğine ilişkin elde edilen çözeltilerde ICP-MS cihazı yardımıyla ağır metal analizleri gerçekleştirilmiştir.

Laboratuvar ortamında ağır metal okumalarının yapılması için toprak numunelerinde yapılan ön çözme işlemlerine ilişkin görüntüler Resim 5.3’de verilmiştir.



Resim 5.3. Laboratuvar ortamında yapılan ön çözme işlemleri

5.3. Toprak Özelliklerinin Mekansal analizleri

Çalışma alanına ilişkin bazı toprak özelliklerinin mekansal olarak değerlendirilmesi amacıyla 1/25.000 ölçekli sayısal toprak haritaları kullanılmıştır [118].

Coğrafi bilgi sistemleri yazılımlarından olan Arc GIS 10.3.1 programı yardımıyla sayısal toprak haritaları kullanılarak araştırma sahasının arazi kullanım kabiliyetleri, büyük toprak grupları, toprak derinlik, erozyon ve eğim sınıfları mekansal olarak değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler Tarım ve Orman Bakanlığı, Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik talimatnamesinde sunulan kriterler ölçüsünde yorumlanarak toprak özelliklerine ilişkin mekansal dağılım haritaları oluşturulmuştur [101].

5.3.1. Arazi kullanım kabiliyeti sınıflarının mekansal analizleri

Çalışma kapsamında değerlendirilen araştırma sahasının arazi kullanım kabiliyet sınıflarının detaylı açıklamaları aşağıda özetlenerek sunulmuştur.

I. Sınıf; Alışılmış ziraat metotları uygulanabilen düz veya düze yakın, derin, verimli ve kolayca işlenebilen toprakları ihtiva eden arazidir. Bu sınıf arazide pek az su ve rüzgâr erozyonu olabilir. Topraklar iyi drenaja sahiptirler, su taşkın zararlarına maruz değildirler.

II. Sınıf; Hafif meyilli, orta derecede erozyona maruz kalabilir, orta derecede kalın toprağa sahiptir ve ara sıra orta derecede taşkınlara uğrayabilir toprakların bulunduğu sınıftır

III. Sınıf; Bu sınıftaki topraklar orta derecede meyilli, erozyona karşı fazla hassas, fazla ıslaktır, fazla kumlu ya da çakıllı, düşük su tutma kapasitesine sahip ve az verimli topraklardır.

IV. Sınıf; Bu sınıftaki toprakların en belirgin özellikleri kötü drenaja sahip, az meyilli, erozyona maruz kalmayan, verimlilikleri de pek az olduğu bilinen topraklardır.

V. Sınıf; Genellikle taşlı ve ıslak olan bu toprak arazileri düz veya düze yakındır. Fazla miktarda su ve rüzgâr erozyonuna maruz kalmayan topraklardır.

VI. Sınıf; Bu toprak sınıfındaki araziler fazla meyillidir ve şiddetli erozyona maruz kalır. Bu sınıf topraklar yüzlektir, ıslak veya çok kurudur veya başka sebeplerden dolayı kültüvasyona müsait değildir.

VII. Sınıf; Çok meyilli, erozyona fazla uğramış, taşlı ve arızalı olup, yüzlek, kuru, bataklık veya diğer bazı elverişsiz toprakları ihtiva eden toprak grubudur. Çok fazla ihtimam gösterilmek şartıyla çayır veya orman olarak kullanılabilir. Üzerindeki bitki örtüsü azalırsa erozyon çok şiddetlenir.

VIII. Sınıf; Bu topraklar çayır veya ormanlık olarak kullanılmaya mâni özellikleri ihtiva eder. Bu tür araziler doğal hayata ortam teşkil ettikleri gibi, dinlenme yeri olarak da kullanılır veya akan sulara su toplama havzası olarak muhafaza edilirler. Bu topraklar; bataklık, çöl, çok derin oyuntuları ihtiva eden arazilerle, yüksek dağlık, fazla arızalı, taşlı arazileri kapsar [101].

5.3.2 Büyük toprak grupları

Araştırma sahasının büyük toprak gruplarına ilişkin mekansal sınıflandırmada kullanılan açıklamaları aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

Alüviyal Topraklar; Genellikle taze tortul depozitler üzerinde oluşan bu genç topraklardır ve katmanları bulunmaz ya da çok zayıf gelişmiştir.

Değişik özellikte mineral katlar bulunur. Bu topraklar çoğunlukla taban suyunun etkisi altındadır. Verimi değişkenlik gösterir.

Kahverengi Topraklar; Bu topraklar daha çok kurak ve yarı kurak iklimlerde bulunur. Üzerlerindeki doğal bitki örtüsü kısa ot ve çalılardan ibarettir. Kalsiyum bakımından zengin topraklardır. Doğal drenajları iyidir. Renkleri kahverengidir. Organik madde içerikleri orta düzeydedir. Bu topraklar yazın uzun periyotlar için kuru kalır. Yağışın çoğunun düştüğü kış ve ilkbaharda sıcaklık düşüktür. Bu nedenle, ilkbahar ve sonbahardaki kısa periyotlar hariç, toprakta kimyasal ve biyolojik etkinlikler yavaştır.

Kırmızımsı Kahverengi Topraklar; Renk hariç, Kahverengi topraklar ile büyük benzerlik göstermektedir. Yine onlar gibi, kurak ve yarı kurak iklimlerde bulunurlar. Doğal bitki örtüsü ot ve çalılardır. Doğal drenajları iyidir. Bu topraklarda biyolojik etkinlik düşüktür. Doğal verimleri yüksektir.

Kollüviyal Topraklar; Dik eğimlerin eteklerinde yerçekimi, toprak kayması, yüzey akışı veya yan dereler ile kısa mesafelerden taşınarak biriktirilmiş ve kolliviyum denen materyal üzerinde oluşmuş genç topraklardır ve özellikleri daha çok çevredeki yukarı arazi topraklarına benzemektedir. Yağış ve akışın şiddetine, eğim derecesine göre değişik parça büyüklüklerini içeren katlar ihtiva ederler.

Regosoller; Bunlar gevşek ve bağlantısız depozitler üzerinde oluşan, fazla kumlu, su tutma kapasitesi düşük, fazla geçirgen sığ topraklardır. Gelişmemiş bir profile sahiptirler. Bitki kökleri ana maddeye işleyebilir.

Kireçsiz Kahverengi Topraklar; Bu topraklarda üstte koyu renkli bir kat ve altta bundan biraz farklı bir kat bulunur. Topraklar kireçsizdir ve reaksiyon asit, nötr veya kalevidir. Doğal verimlilikleri fazla değildir [101].

5.3.3. Derinlik sınıfları

Araştırmada incelenen Nevşehir Organize Sanayi Bölgesi topraklarının mekansal analiz sonucunda derinlik sınıflandırmasında kullanılan kriterleri Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2. Derinlik sınıflandırılması [101]

Sembol	Sınıfı	Toprak Derinliği (cm)
A	Derin	150+
B	Orta Derin	90-150
C	Sığ	50-90
D	Çok Sığ	20-50
E	Litozolik	0-20

5.3.4. Erozyon sınıfları

Erozyon toprağın akarsular veya dış etkilerle taşınarak mevcut durumunda koparılarak taşınması olarak ifade edilmektedir. Çalışma alanının erozyon sınıfları mekansal olarak incelenmiş ve bu bağlamda sınıflandırmada Tablo 5.3’de sunulan kriterler kullanılmıştır.

Tablo 5.3. Erozyon sınıfları [101]

Erozyon Dereceleri	Açıklama
1	Hafif (üst toprağın %25'inden azı aşınmış)
2	Ortanca (üst toprağın %25-75'i aşınmış)
3	Şiddetli (üst toprağın %75'inden fazlası ve alt toprağın %25'inden azı aşınmış)
4	Çok Şiddetli (tüm üst toprak, alt toprağın %35-75'i aşınmış)

5.3.5. Eğim dağılımları

Tarımsal üretimde arazi eğimi tarımsal faaliyetleri etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Arazi eğiminin bilinmesi yapılacak tarımsal uygulamalarını da planlanmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Bu anlamda çalışma alanında arazi eğim özellikleri mekansal olarak Tablo 5.4’de verilen kriterler doğrultusunda değerlendirilmiş ve sınıflandırılmıştır.

Tablo 5.4. Eğim grupları [101]

Eğim Grubu	Eğim Yüzdesi (%)	Açıklama
0	0-2	Düz veya Düze yakın
1	2-6	Hafif Eğim
2	6-12	Orta Eğim
3	12-20	Dik Yamaç
4	20-30	Çok Dik Eğim
5	30-45	Sarp
6	45+	Çok Sarp

5.3.6. Şimdiki arazi kullanımları

Şimdiki arazi kullanımında belirli arazi topraklarının nasıl değerlendirildiği ve amacına uygun olarak kullanılıp kullanılmadığı görülebilmektedir.

5.4. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Enterpolasyon Yöntemleri

Karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekandaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemidir.

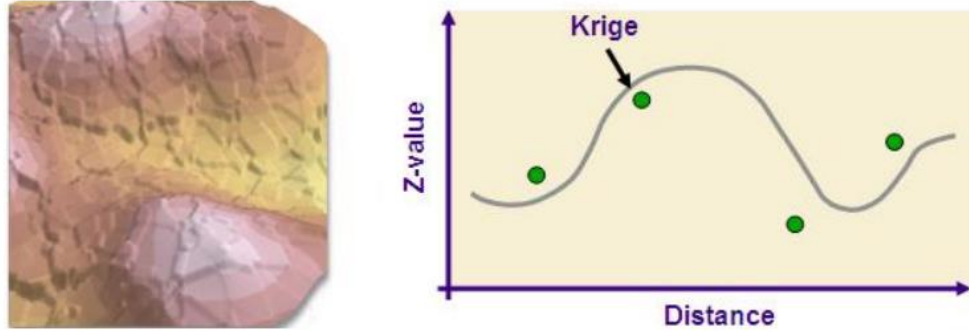
Mekansal analiz; mekansal modelleme ve analiz fonksiyonlarını içerir. Mekansal analiz modülü ile hücre bazlı raster verileri üretebilir, sorgulayabilir, bu verileri kullanarak haritalar oluşturabilir ve veriler üzerinde mekansal analizler gerçekleştirebilirsiniz [102].

Mekansal analiz yöntemlerini 3 ayrı başlıkta toplayabilmek mümkündür. Bunlar; Kriging, IDW ve Spline enterpolasyon yöntemidir.

5.4.1. Kriging enterpolasyon yöntemi

Kriging enterpolasyon yöntemi, bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak, diğer noktalardaki verilerin olabilecek değerlerini kestiren bir enterpolasyon yöntemidir. Kriging enterpolasyon, yarı variogram yapısal özellikleri kullanılarak örneklenmemiş noktalardaki konumsal değişikliklerin yansız tahmininin optimal şekilde yapıldığı bir tekniktir.

Kriging yöntemi diğer enterpolasyon yöntemlerinden ayıran en önemli özellik, tahmin edilen her bir nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir ki bu tahmin değerinin güven derecesinin bir ölçüsüdür [103]. Kriging enterpolasyon yönteminde noktaların dağılımına ilişkin örnek gösterim Şekil 5.1’de sunulmuştur.

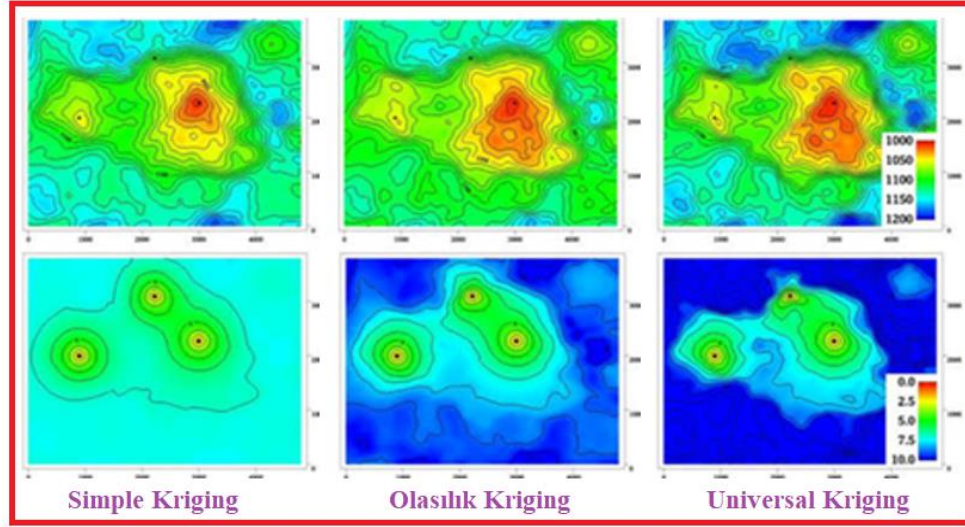


Şekil 5.1. Kriging enterpolasyon yönteminde noktaların dağılımı [102]

Kriging enterpolasyon yönteminde yapılan tahmin iki unsur içerir: Bunlar trend ve rasgele hatadır. Trend örnek veriye yerleştirilmiş bir düzlemdir. Rasgele hata ise trend çevresindeki lokal düzensiz değişimdir. Kriging çeşitlerine bakıldığında dört ayrı kriging çeşidi bulunmaktadır. Bunlar universal, indicator, olasılık ve basit krigingdir.

Universal kriging trend yüzey analizini sıradan kümelemeyle birleştirerek trendleri hesaplayarak yapılmaktadır. Indicator krigingde kentsel ve kentsel olmayan hücreler gibi ikili verilerle normal kümelemeden geçmektedir. Olasılık kriging ise ikili veri kullanılır ve bir dizi kesim için bilinmeyen noktaları tahmin etmektedir.

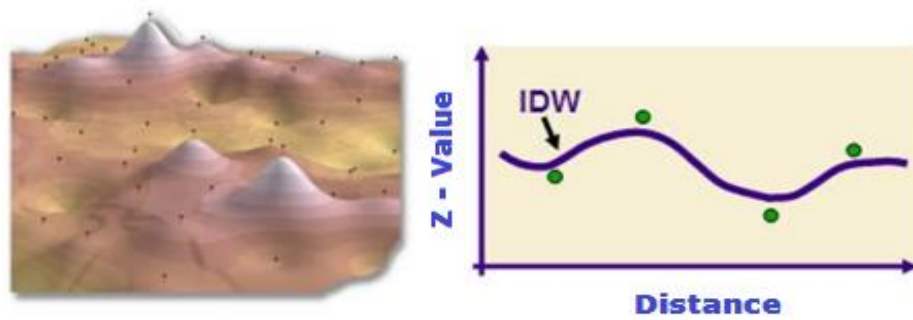
Basit kriging metodunda ise matematiksel olarak en basit olmasına rağmen en az genel olan kriging yöntemidir ve içinde rastgele alanları bilinen bir kovaryans fonksiyonuna dayanmaktadır. Şekil 5.2’de Simple, olasılık, universal kriging yöntemlerinin coğrafi bilgi sistemleri ortamında yapılan uygulamalarına ilişkin mekansal dağılımları örnek olarak sunulmuştur.



Şekil 5.2. Simple, Olasılık ve Universal Kriging enterpolasyon yöntemlerine ilişkin uygulamalar [119]

5.4.2. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW)

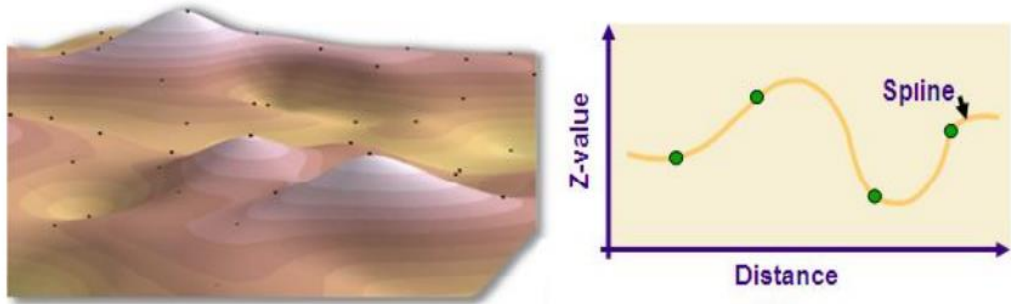
Bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan bir enterpolasyon yöntemidir. Bu yöntemde verilen genel dağılımı, eğilimi, kümelenmesi gibi özellikler incelenmektedir. İlgili hücreden uzaklaşan çeşitli noktalar gözetilerek ve mesafedeki artışa bağlı olarak hücre değeri hesap edilir. Tahmin edilen değerler, komşu civardaki noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki azalır [104]. IDW enterpolasyon tekniği örneklem nokta verilerinden enterpolasyon grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir [105]. IDW enterpolasyon yönteminde noktaların dağılımına ilişkin örnek gösterim Şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.3. IDW enterpolasyon yönteminde noktaların dağılımı [102]

5.4.3. Spline enterpolasyon yöntemi

Spline enterpolasyon yöntemi ise giriş değerlerinden (değeri bilinen noktalar) minimum eğrilik yüzeyi geçirek enterpolasyon işlemini gerçekleştirmektedir. Bu fonksiyon kısa yatay mesafelerde büyük değişimlerin olduğu veriler için uygun değildir [58]. Spline enterpolasyon yöntemi, veride bulunmayan yüksek ve düşük değerleri tahmin edip kullanışlı hale getirmektedir. Spline yöntemi Regularized ve Tension Spline olarak iki farklı şekilde bulunmaktadır. Tension Spline, düzlemseldir ve tahmin değerlerinin örnek verilere daha yakın kalmasını sağlar ve daha keskin yüzeyler oluşturur. Regularized Spline yöntemi ise daha elastik bir yüzey oluşturur. Spline with barrier yönteminde Spline enterpolasyon yönteminde kullanılan tekniğe benzer bir yöntem kullanır; en büyük farkı, bu aracın hem giriş engellerinde hem de giriş noktası verilerinde kodlanan süreksizlikleri karşılamasıdır. Bu enterpolasyon yöntemi, yükseklik, su tablası yükseklikleri veya kirlilik konsantrasyonları gibi hafifçe değişen yüzeyler oluşturmak için en iyisidir [106]. Spline enterpolasyon yönteminde noktaların dağılımına ilişkin örnek gösterim Şekil 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.4. Spline enterpolasyon yönteminde noktaların dağılımı [102]

6. BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. Çalışma Alanı Topraklarının Mekansal Analizleri

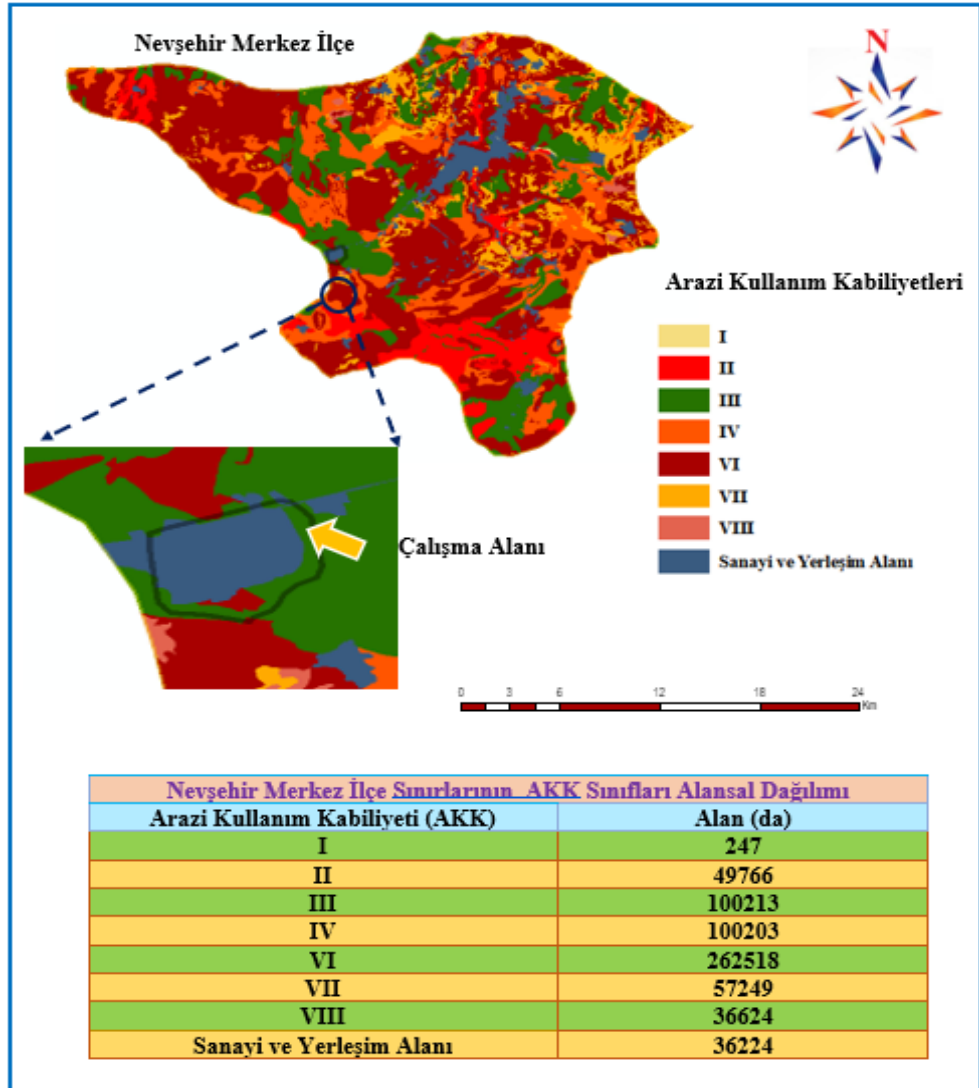
Toprakların daha verimli ve kaliteli yönetilmesi ihtiyacı ile ortaya çıkan toprak bilimi sadece altmış yıldır kullanılmaktadır. Toprak alanı konusundan uzmanların yetişmesi ile bu alanda çalışmalar hız kazanmıştır ve topraklar giderek birçok problem karşısında korunabilmiştir. Toprak su teşkilatının kurulmasıyla Toprak kaynaklarının önemi ve toprakların incelenmesi toprak özelliklerinin bilinmesi ve haritalandırılması ihtiyacı doğmuştur [107].

Sürdürülebilir toprak yönetimi erozyon gibi toprak için zarar verecek etkilere karşı önlem almak, uygun işleme, çevre koşullarının bilinmesi vb. etkileri hesaplar ve toprağı korunması konusunda büyük rol oynar [108].

Çalışma alanı kapsamında incelen Nevşehir Organize Sanayi Bölgesi topraklarının bazı özellikleri 1/25.000 ölçekli sayısal haritalar kullanılarak mekansal olarak incelenmiştir. Bu bağlamda araştırma sahasının büyük toprak grupları, arazi kullanım kabiliyet sınıfları, şimdi arazi kullanımları, toprak derinlik, erozyon ve eğim dağılımları aşağı başlıklar halinde sunulmuştur.

6.1.1. Arazi kullanım kabiliyetleri (AKK)

Topraklardaki arazi kullanım kabiliyetinin mekansal olarak dağılım haritası, alansal olarak harita bazlı dağılımı ve alan değerleri Şekil 6.1’de verilmiştir.

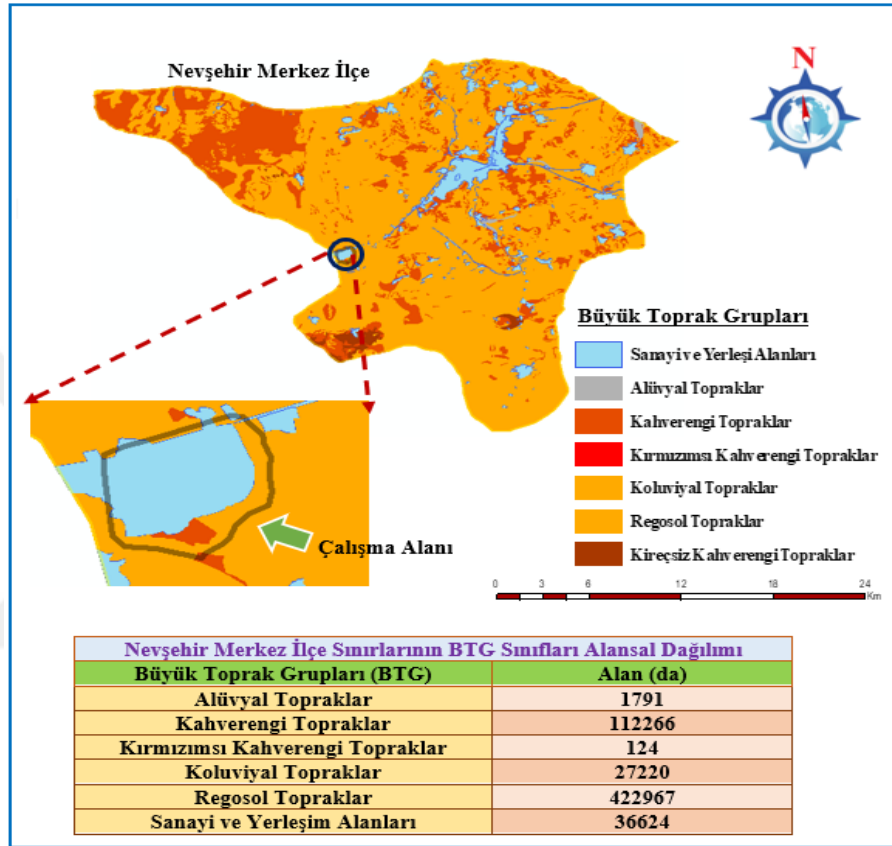


Şekil 6.1. Arazi kullanım kabiliyetlerinin (AKK) mekansal analizleri

Nevşehir merkez ilçe sınırlarında AKK sınıflarının mekansal dağılımına bakıldığında alanın genelinde VI. sınıf arazilerin çoğunlukta olduğu ve 262518 da alanı oluşturduğu görülmektedir. Bu sınıftaki alanlar fazla meyillidirler ve şiddetli erozyona maruz kalırlar. Bu tür alanlar ıslak veya çok kurudurlar ve toprak işlemesine pek müsait değildirler. Nevşehir merkez ilçe sınırlarında 247 da'lık alanı ise I. sınıf araziler oluşturmaktadır. Bu sınıf araziler düz ve işlenebilir arazilerdir ve tarımsal üretime en uygun alanlardır. Çalışma alanı olan Nevşehir Organize Sanayi Bölgesi etrafındaki alanların ise çoğunlukla III. sınıf arazilerden olduğu ve bu arazilerin erozyona karşı hassas, hafif meyilli yapıya sahip araziler olduğu bilinmektedir.

6.1.2. Büyük toprak grupları (BTG)

Nevşehir Merkez ilçe sınırları ve çalışma alanı bölgesindeki büyük toprak gruplarının mekansal analizleri Arc GIS yazılımında değerlendirilmiş ve büyük toprak gruplarının mekansal dağılımı Şekil 6.2’de verilmiştir.

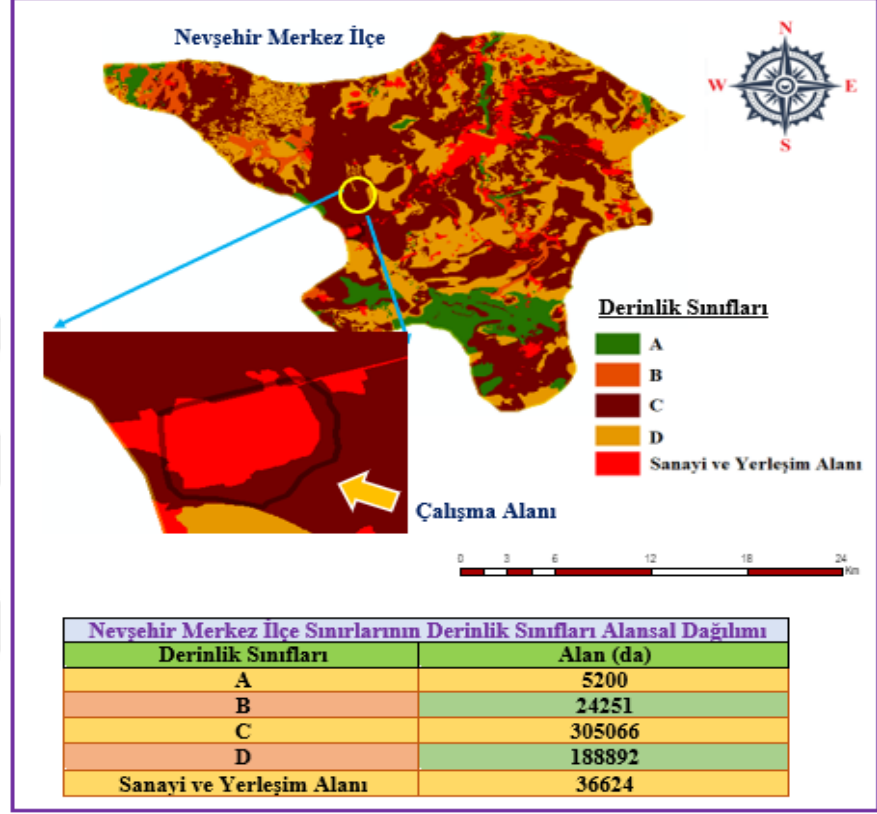


Şekil 6.2. Büyük toprak gruplarının (BTG) mekansal analizleri

Genel olarak Nevşehir merkez ilçe sınırlarındaki büyük toprak gruplarına bakıldığında regosol toprakların çok büyük bir alana hâkim olduğu ve bu alanın 422967 da olduğu belirlenmiştir. Regosol topraklar gevşek yapıya sahip fazla geçirgen topraklardır. Alanın genelinde ise yer yer kahverengi topraklar hâkim olup bu toprakların kapladığı alan ise 112266 da olarak hesaplanmıştır. Bölgede kırmızımsı kahverengi toprakların 124 da ile en az alana sahip olduğu görülmektedir. Kırmızımsı kahverengi topraklar biyolojik etkinliği düşük ve verimli topraklardır. Çalışma alanında ise Nevşehir merkez ilçe sınırlarında olduğu gibi regosol toprakların hakim olduğu görülmektedir. Çalışma alanının güneydoğu kısmında ise çok az bir alanda kırmızımsı toprak alanların bulunduğu belirlenmiştir.

6.1.3. Derinlik sınıfları

Çalışma sahası ve Nevşehir merkez ilçe sınırlarının toprak derinlik sınıfları mekansal olarak değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 6.3’de verilmiştir.

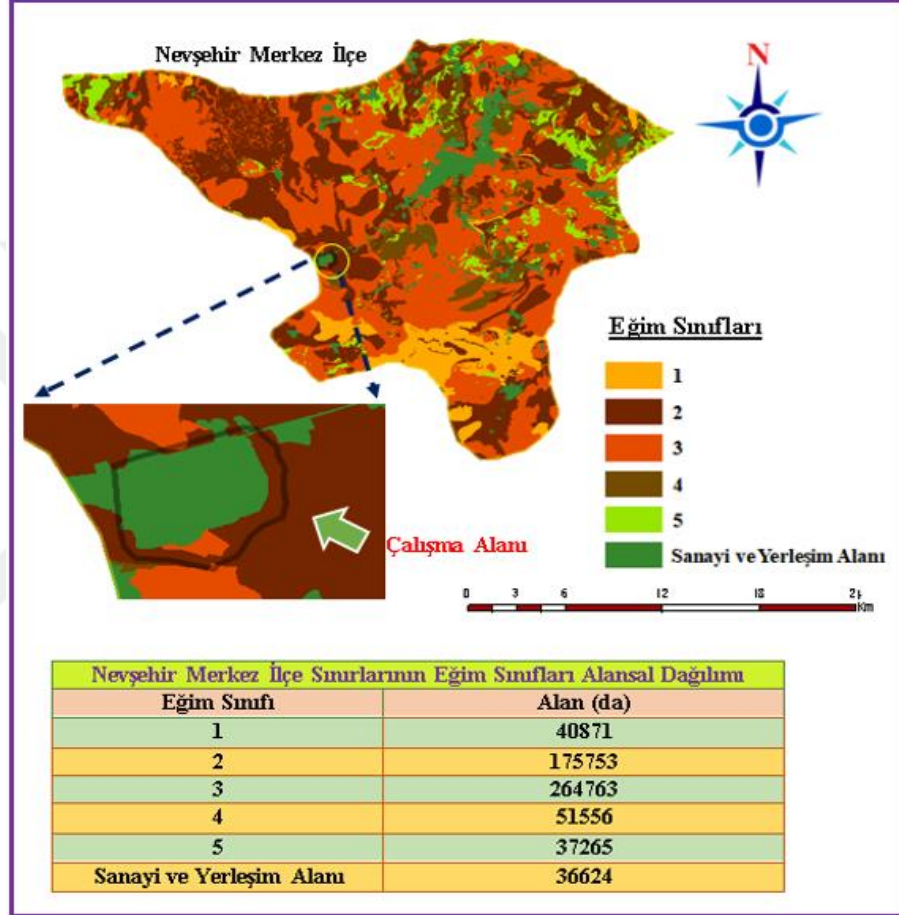


Şekil 6.3. Derinlik sınıflarının mekansal analizleri

Nevşehir merkez ilçe sınırlarının toprak derinlik sınıfları dağılımları genel olarak C sınıfı derinlikteki toprakların oluşturduğu görülmektedir. C sınıfı toprak derinliği sıg toprak derinlik sınıfını temsil edip bu alanlardaki toprak derinliklerinin 50-90 cm arasında değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. C sınıfındaki toprakların alansal dağılımı 305066 da ile toplam alının %54,5’ini oluşturmaktadır. Toprak derinliği 150 cm’den fazla olan A sınıfı topraklar ise toplam alanın %0,9’una karşılık gelmekte ve bu tür alanlarda tarımsal üretim açısından toprak derinliği önemli katkılar sağlayacak niteliktedir. B sınıfı toprak derinliğine sahip alanlar orta derin topraklar sınıfından nitelendirilmekte olup bu tür alanlardaki toprak derinlikleri 90-150 cm arasında değişkenlik göstermektedir. Nevşehir merkez ilçe sınırlarında B sınıfı toprak alanları toplam alanın 24251 da ile toplam anın %4,3’üne karşılık gelmektedir. Çalışma alanı olan Nevşehir Organize Sanayi Bölgesi ve civarındaki toprakların C sınıfı toprak derinlik sınıfında yer aldığı görülmektedir.

6.1.4. Eğim sınıfları

Eğim, tarımsal üretimi etkileyen ve toprak erozyonu taşınımında önemli etkileri olan bir durumdur. Nevşehir merkez ilçe sınırları içerisindeki alanın eğim dağılımı ve çalışma alanının eğim gruplarının mekansal dağılımı Şekil 6.4’de verilmiştir.

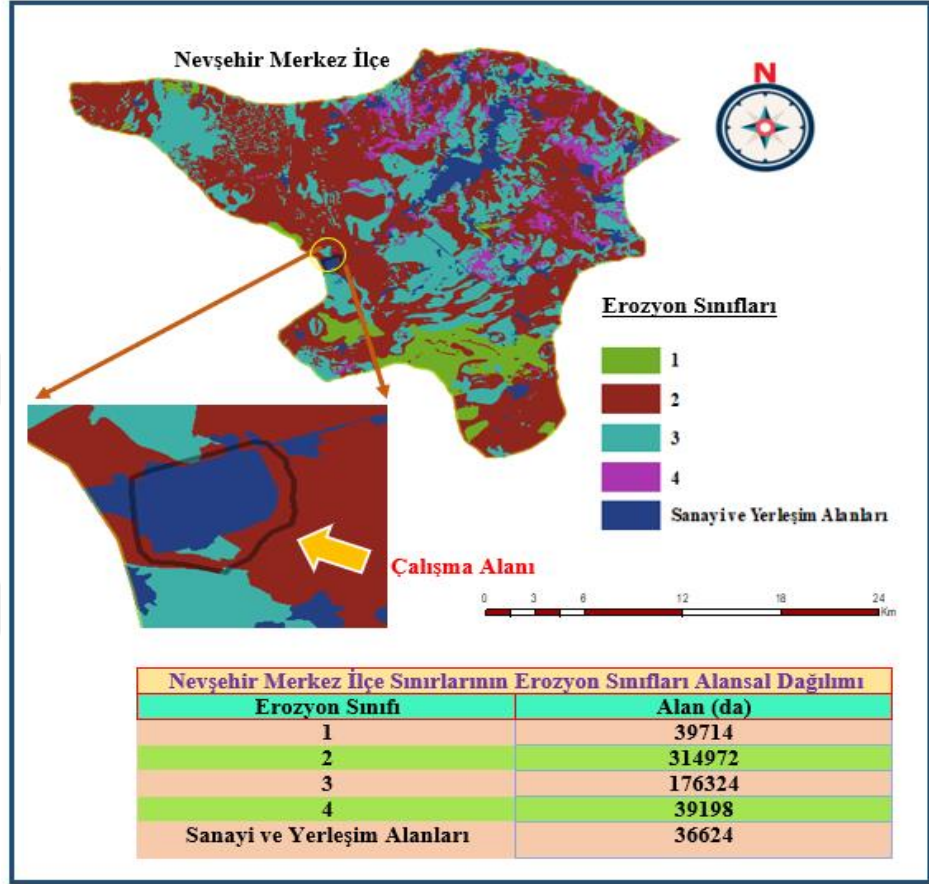


Şekil 6.4. Eğim sınıflarının mekansal analizleri

Nevşehir Merkez ilçe genelinde toprakların eğim gruplarına bakıldığında düz ve düze yakın eğim grubuna sahip 3. derece eğimli arazilerin oluşturduğu ve bu alanında 264763 da ile en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Hafif eğimli arazileri ifade eden 5. derece araziler ise 37265 da'lık alana sahiptir. Hafif eğim grubunda 1. sınıf eğim grubuna sahip alanlar toplam alanın %3,5'ünü ve 2. sınıf eğim grubuna sahip arazilerin ise toplam alan içerisindeki oranının %14,9 olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında ise 2. (%6-12) ve 3. (%12-20) derece eğim sınıfı içerisinde yer alan arazilerin hâkim olduğu görülmüştür.

6.1.5. Erozyon sınıfları

Erozyon toprağın her türlü etkilere maruz kalarak taşınması ve yerinden koparılmasını ifade eden bir kavramdır. Nevşehir merkez ilçe sınırları ve çalışma sahasındaki alanın erozyon sınıfları mekansal olarak incelenmiş ve sonuçlar Şekil 6.5’ de sunulmuştur.

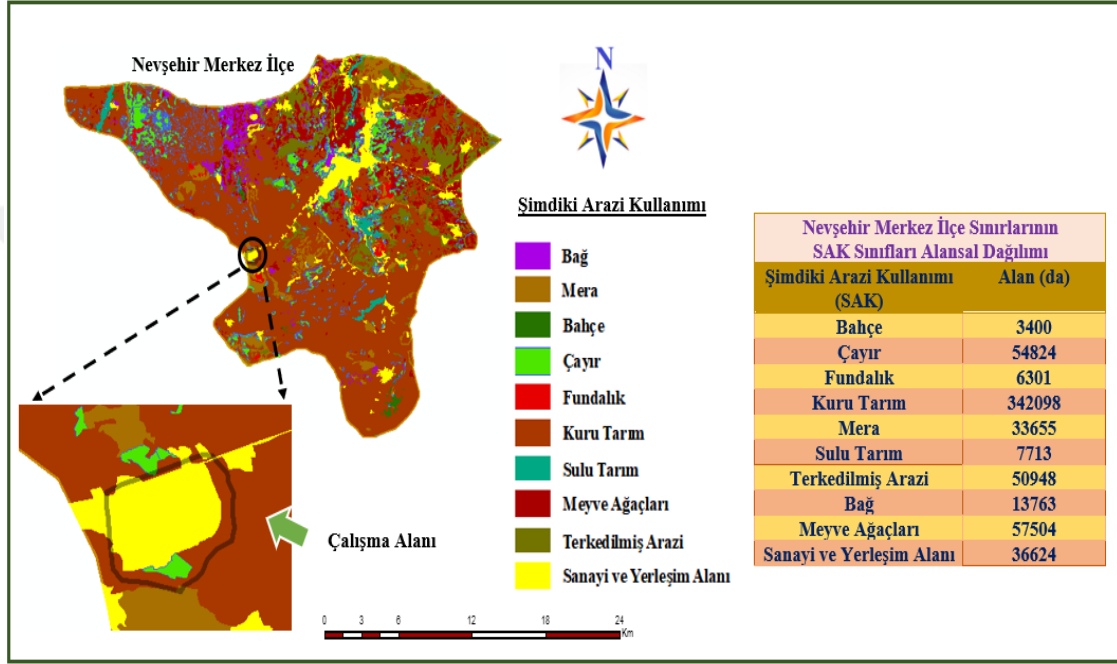


Şekil 6.5. Erozyon sınıflarının mekansal analizleri

Alanın geneline bakıldığında ağırlıklı olarak 2. derece erozyona sınıfına sahip toprakların oluşturduğu ve bu alanın ise 314972 da'lık bir alan kapladığı belirlenmiştir. Bu tür alanlardaki toprakların %25-75'i erozyonla taşınmış durumda ve zamanla da bu taşınımın çevre koşullarına bağlı olarak artan bir süreklilik arz ettiği söylenebilir. 4. derece erozyon grubuna sahip alanların 39198 da ile diğerlerine göre daha az alana sahip olduğu bu toprakların ise çok şiddetli (%35-75) derecede erozyona maruz eğiliminde olduğu bilinmektedir. Çok şiddetli erozyona maruz kalarak tüm üst toprak katmanı ile alt toprağın %35-75'i nin aşınmaya maruz kaldığı 4. sınıf erozyon derecesine maruz kalan alanların toplam alanın %6,5'ünü oluşturduğu görülmektedir. Çalışma alanında ise genel olarak 2. ve 3. derece erozyona uğramış arazi sahalarının hâkim olduğu görülmektedir.

6.1.6. Şimdiki arazi kullanımları (SAK)

Çalışma alanı ve Nevşehir merkez ilçe sınırları içerisindeki kalan alanların şimdiki mevcut arazi kullanımlarının mekansal dağılımları Topraklardaki şimdiki arazi kullanımı mekansal olarak dağılım haritası, alansal olarak harita bazlı dağılımı ve alan değerleri Şekil 6.6’da verilmiştir.



Şekil 6.6. Şimdiki arazi kullanımlarının (SAK) mekansal analizleri

Alanın genelinde kuru tarım alanlarının hâkim olduğu ve 342098 da’lık bir alanı kapladığı görülmüştür. Kuru tarım alanlarının kapladığı alan toplam alanın %56,4’lük bir kısmını oluşturmaktadır. Sahanın kuzey kısımlarında ise 13763 da’lık bir alanda bağ alanlarının olduğu ve bu alanın ise toplam alanın %2,3’üne karşılık gelmektedir. Meyve bahçesi alanları toplam alanın %9,5’ini, sulu tarım alanları %1,3’ünü, Çayır alanları %9’unu oluşturmaktadır.

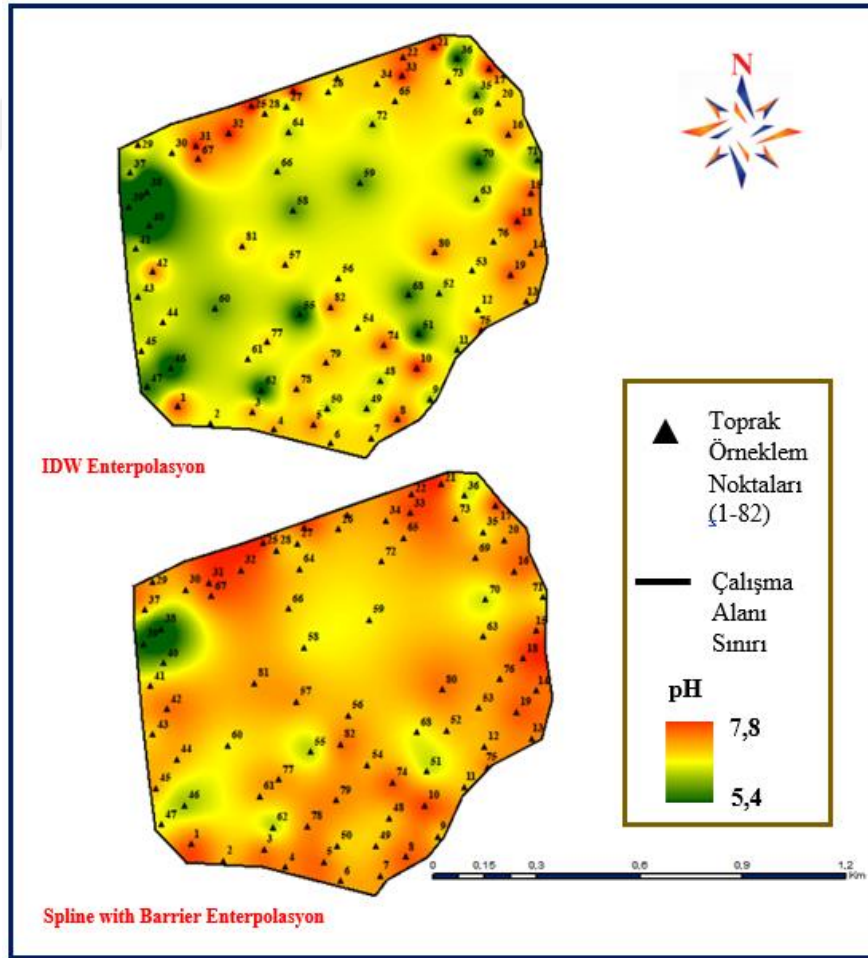
Çalışma sahası olan Nevşehir Organize Sanayi bölgesi ve civarındaki alanlarında kuru tarım yapıldığı ve tarımsal üretim açısından çayır alanı sınıfına girdiği görülmektedir. Sanayi bölgesi alanı ise şimdiki arazi kullanımları sınıflarında sanayi bölgesi alanı olarak mekansal analizde sınıflandırılmıştır.

6.2. Toprak Kimyasal Analiz Sonuçlarının Mekansal Analizleri

Yapılan çalışmalar sonucunda sanayi bölgesinde belirlenen 82 ayrı noktanın pH, EC ve ağır metal kirlilik seviyeleri ölçülmüş ve coğrafi bilgi sistemleri Arc GIS 10.3.1 yazılımı kullanılarak mekansal haritaları oluşturulmuştur. Haritalandırmada iki farklı enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen sonuçların mekansal dağılımları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

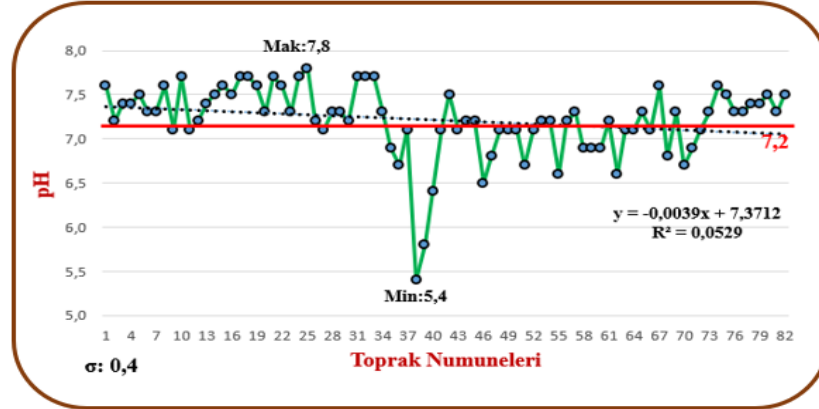
6.2.1. pH değerlerinin mekansal analizleri

Çalışma sahasından alınan toprak örneklerinde belirlenen pH değerlerinin mekansal analiz dağılımları IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemleri kullanılarak analiz edilmiş ve elde edilen dağılımın sonuçları Şekil 6.7’de verilen mekansal harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 6.7. pH değerlerinin mekansal analizleri

Çalışma alanında IDW ve Spline Enterpolasyon yöntemleri ile pH değeri için yapılan mekansal analiz sonucunda çalışma sahasında en yüksek pH değeri 7,8 ve en düşük pH değeri ise 5,4 olarak belirlenmiştir. Dağılım haritasından pH değerinin en yüksek olduğu alanlar ağırlıklı olarak bölgenin kuzeyinde yer almışken en düşük pH dağılımı ağırlıklı olarak sahanın orta ve batı kısımlarında dağılım gösterdiği görülmektedir. Toprakta OH⁻ ve H⁺ iyonlarının dengesine bağlı olarak pH, toprakta değişkenlik göstermektedir. pH'nın 7'den yüksek olması toprağın bazik bir karakterde olması anlamına gelir. Yüksek pH'ya sahip topraklar fosfor gibi iz elementlerinin toprakta hareket edemez hale gelmesine yol açmakta buda tarımsal verimin düşmesine neden oluşturmaktadır. Alınan toprak örneklerinin pH seviyelerinin nötre yakın ve düşük pH'lı topraklardan oluşması çalışma alanı yakınındaki tarım toprakları açısından sorun teşkil edecek bir durum olarak gözükmemektedir. Çalışma alanında örneklem noktalarından alınan toprak numunelerinin noktasal bazda değişimleri Şekil 6.8'de sunulan grafik üzerinde detaylı olarak verilmiştir.

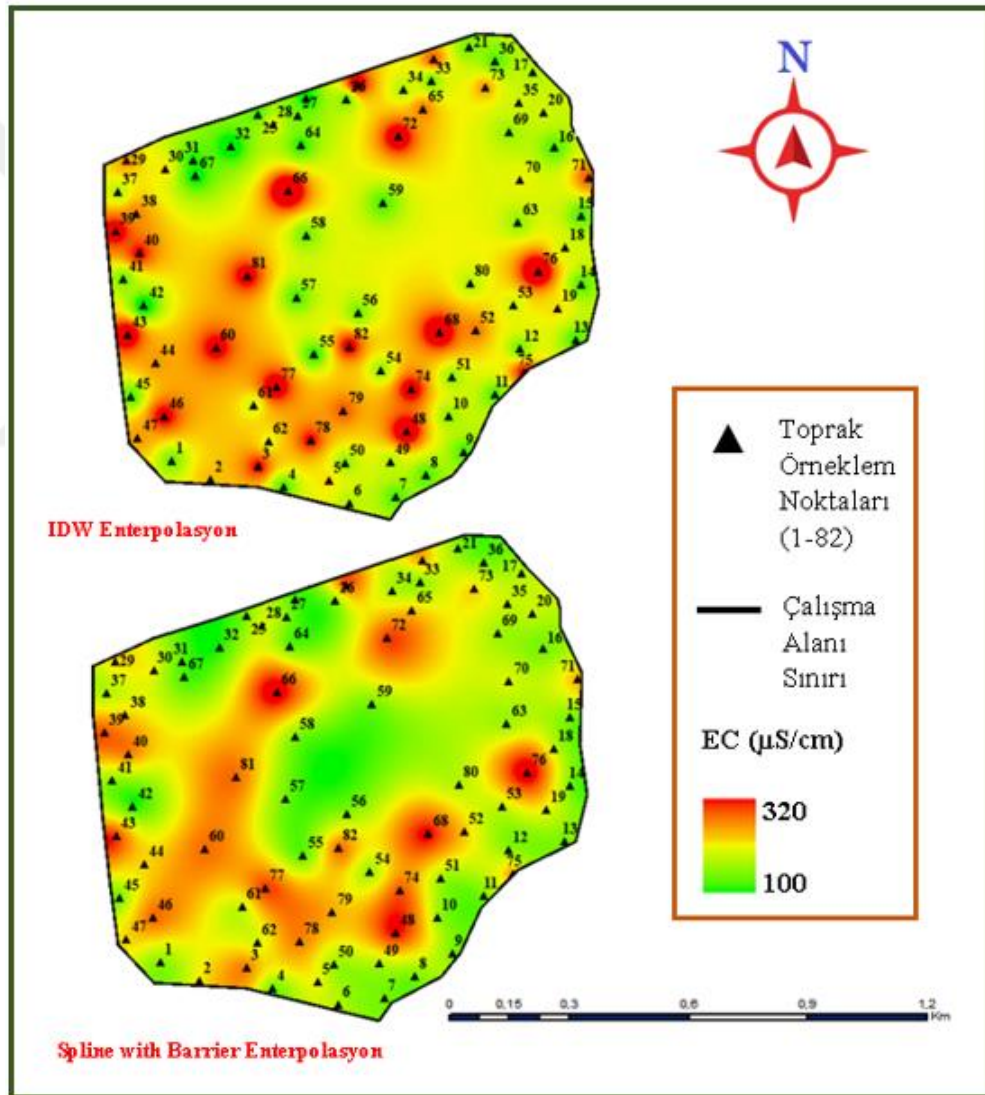


Şekil 6.8. Toprak numunelerinin pH değerleri

pH açısından çalışma sahasındaki en yüksek değer 7,8 ile 26.noktadan alınan örnektir ve hafif alkali özelliğe sahiptir. En düşük pH değeri ise 5,4 ile 39. noktadan alınan numunede ölçülmüştür ve bu örnek kuvvetli asit sınıfında yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak çalışma alanı topraklarının ortalama pH seviyeleri 7,2 olduğu ve nötre yakın bir değerde seyrettiği görülmektedir. Yapılan analizler sonucunda alınan toprak numunelerindeki pH değerleri arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı ($R^2:0,0529$) belirlenmiş ve örneklem noktalarındaki pH değerlerinin standart sapmasının ise 0,4 olduğu görülmüştür.

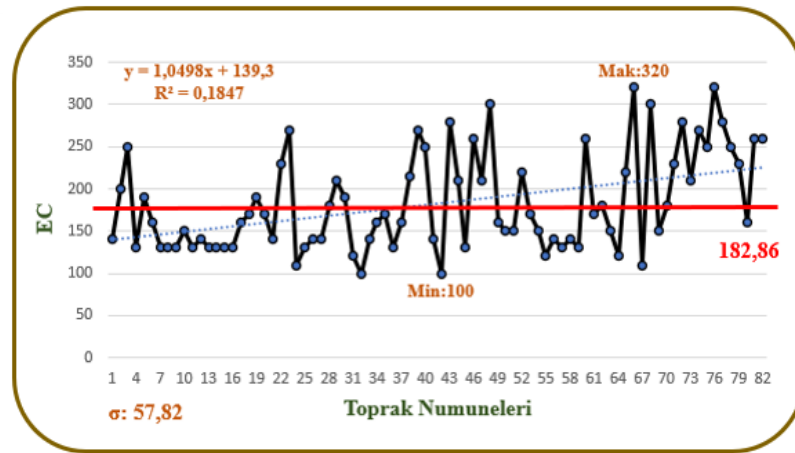
6.2.2. Elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin mekansal analizleri

Araştırma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak numunelerinde laboratuvar ortamında yapılan EC analizleri sonucunda elde edilen değerler mekansal olarak analize tabi tutulmuşlardır. Bu anlamda farklı enterpolasyon yöntemlerine bağlı olarak EC miktarlarının alansal olarak analizi gerçekleştirilmiş ve çalışma sahasına ilişkin EC mekansal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen ıktılar Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



Şekil 6.9. Elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin mekansal analizleri

Araştırma sahasında IDW ve Spline Enterpolasyon yöntemi ile elektriksel iletkenlik değerlerinin mekansal dağılımlarını belirlemek amacıyla yapılan analiz sonucunda; EC değerinin 100-320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. EC miktarlarının mekansal dağılımına bakıldığında kullanılan her iki enterpolasyon yönteminde de EC değerlerinin en yüksek olduğu bölge çalışma sahasının batı, kuzey ve güney kesimlerinde olduğu ve bu kısımlara doğru yoğunluk gösterdiği görülmüştür. Topraklarda EC değerinin seviyesi toprak ve topraktaki canlılar açısından çok önemlidir. EC miktarı arttıkça topraklarda tuzlulaşmakta ve tarımsal üretim açısından sorunlar oluşmaktadır. Çalışma sahasının etrafından tarım alanları bulunmaktadır ve bu alanlarında tarımsal üretim faaliyetleri devam etmektedir. Bu anlamda tarımsal üretim açısından topraktaki EC miktarında sorun oluşabilecek bir durum görülmemektedir. Topraktaki EC seviyelerinden aşırı değişim meydana geldiğinde bitki strese girmekte ve tarımsal açıdan sorun oluşabilmektedir. Çalışma alanındaki örneklem noktalarından alınan toprak numunelerinin elektriksel iletkenlik değişimleri Şekil 6.10' da verilen grafik üzerinde detaylı olarak görülmektedir.

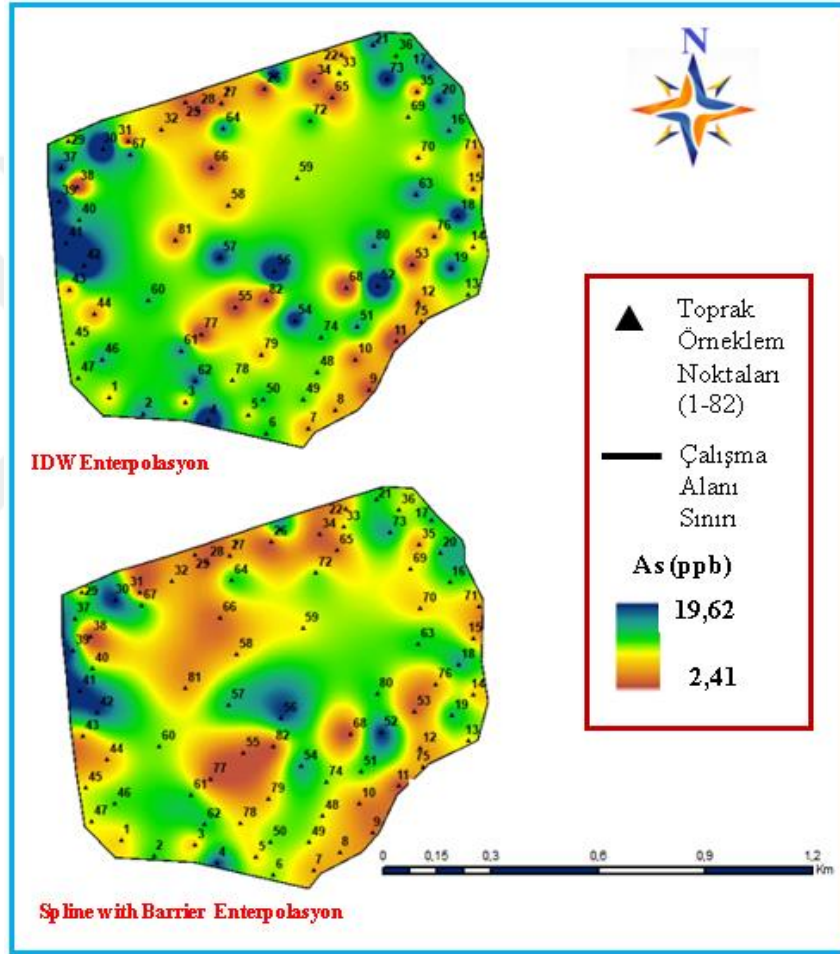


Şekil 6.10. Toprak numunelerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri

Alınan toprak örneklerinde en yüksek EC değeri 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 65.noktadan alınan toprak örneğinde saptanmıştır. En düşük EC değeri ise 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 42. noktadan alınan numuneden ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlardan oluşturulan grafikte ortalama değer 182,86 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu ve araştırma sahasında genel olarak tuzsuz toprakların olduğu görülmüştür. Alınan toprak örneklerindeki EC dağılımlarına bakıldığında ölçülen değerler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı ($R^2:0,1847$) ve örneklerin standart sapmasının ise 57,82 olduğu belirlenmiştir.

6.2.3. Arsenik (As) miktarlarının mekansal analizleri

Nevşehir Organize Sanayi bölgesinde yapılan bu çalışmada araştırma sahasından toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde laboratuvar ortamında Arsenik (As) içerikleri saptanmış ve As'nin alansal dağılımının belirlenmesi amacıyla farklı enterpolasyon yöntemleri de kullanılarak Arc GIS yazılımı ortamında mekansal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen As dağılım haritaları Şekil 6.11'de gösterilmiştir.

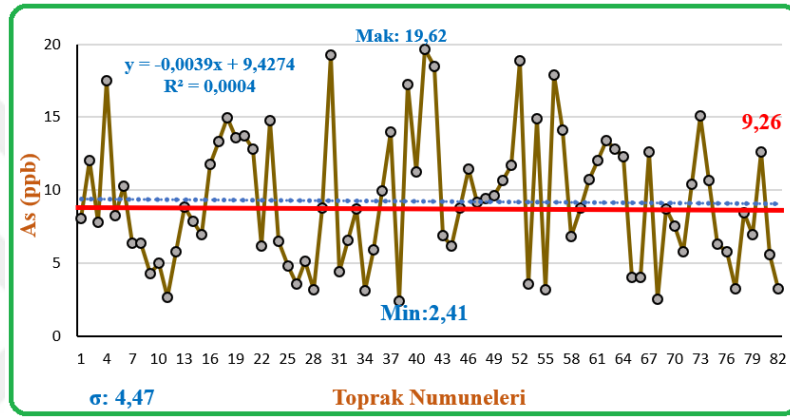


Şekil 6.11. Arsenik (As) miktarlarının mekansal analizleri

Çalışma sahasında As içeriklerinin dağılımına bakıldığında As değişiminin 2,41-19,62 ppb arasında değiştiği görülmüştür. As miktarının alansal dağılımında ise her iki enterpolasyon yönteminde de özellikle çalışma sahasının kuzeybatı ve orta kesimlerinde As'nin en yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Bu bağlamda araştırma sahasındaki topraklarda As'e rastlanması bölgenin jeolojik yapısından kaynaklı olabileceği ile yorumlanabilir.

Toprakta arsenik miktarının fazla olması tarımsal üretim faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyebilir. Ancak yapılan değerlendirmeler sonucunda çalışma sahasının As değerlerinin izin verilen sınır değerlerinin (20 ppm) çok altında olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışma alanındaki noktalardan alınan toprak numunelerinin arsenik seviyelerinin örneklem noktalarına göre dağılımı Şekil 6.12’de sunulan grafik üzerinde detaylı olarak gösterilmiştir.

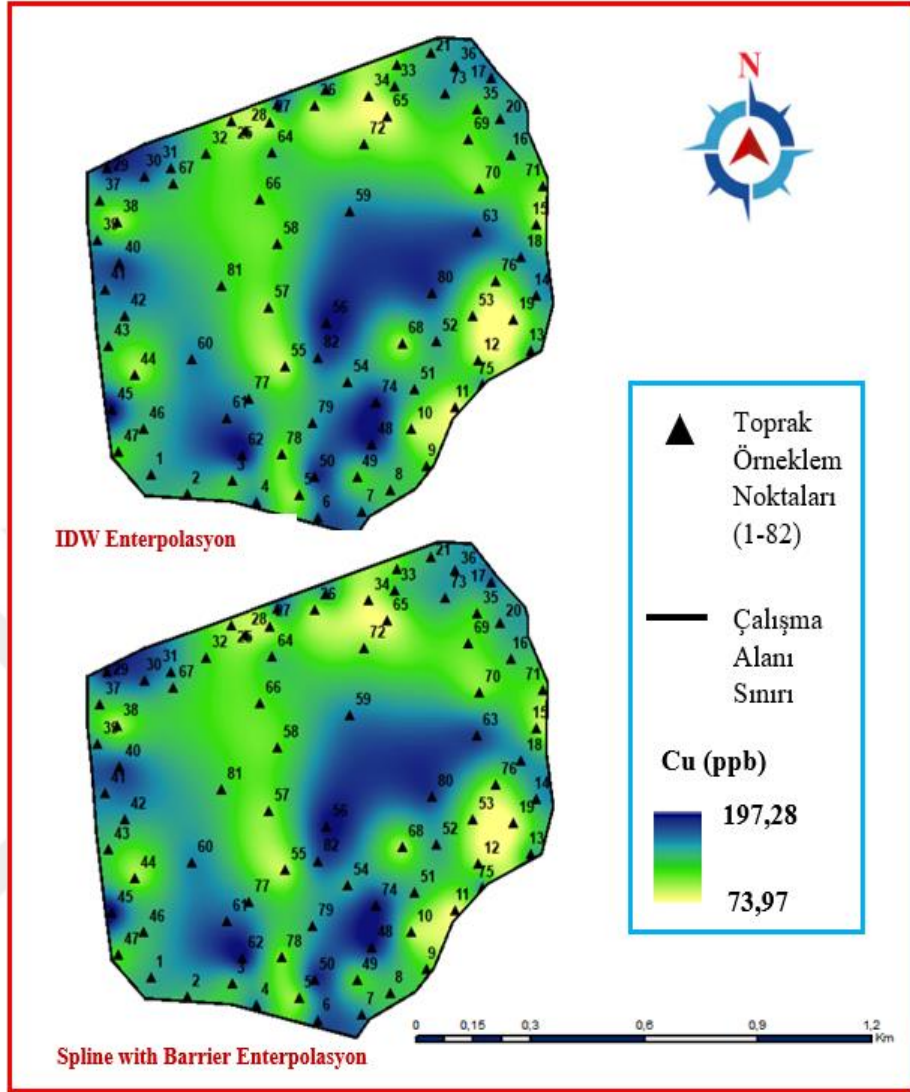


Şekil 6.12. Toprak numunelerinin Arsenik (As) değerleri

Alınan toprak örneklerindeki As içeriklerine bakıldığında en yüksek değer 19,62 ppb ile 41. noktadan alınan toprak örneğinde olduğu görülmüştür. En düşük As içeriğinin ise 2,41 ppb ile 38. noktadan alınan örnekte olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sahasından alınan toprak örneklerinde As içeriklerinin ortalamasının 9,26 ppb olduğu toprak örneği alınan noktalar arasından anlamlı bir ilişkinin olmadığı ($R^2:0,0004$) ve standart sapmasının ise 4,47 olduğu görülmüştür.

6.2.4. Bakır (Cu) miktarlarının mekansal analizleri

Çalışma sahasından alınan toprak örneklerinde belirlenen Bakır (Cu) miktarlarının mekansal analiz dağılımları IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve elde edilen dağılımın sonuçları Şekil 6.13’de gösterilmiştir.

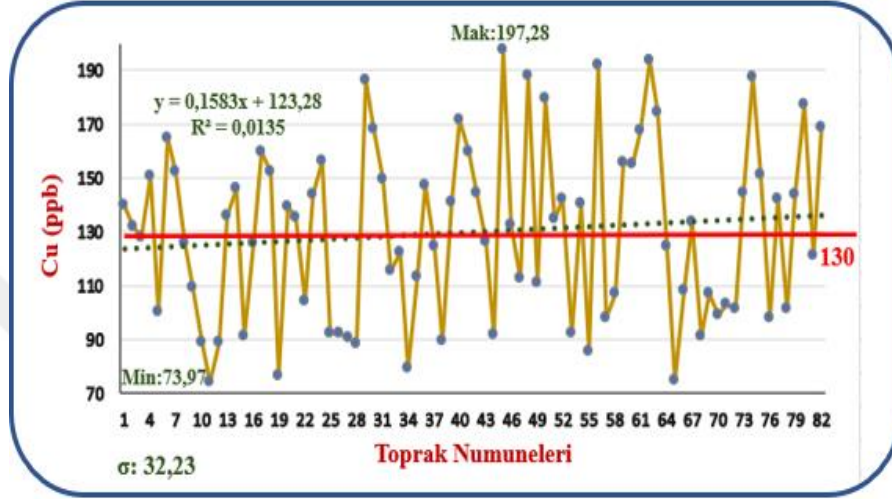


Şekil 6.13. Bakır (Cu) miktarlarının mekansal analizleri

Sahadan alınan toprak örneklerinde Cu değerleri 73,97-197,28 ppb arasında değişkenlik göstermektedir. IDW ve Spline Enterpolasyon yöntemi ile yapılan mekansal dağılım haritalarının her ikisinde de bakır analiz sonuçları arasında en yüksek değerlerin ara bölgelerde belli alanlarda olduğu görülmektedir. Ancak en çok Cu seviyesinin bölgenin orta alanlarında dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bölgenin kuzeyindeki yüksek bakır değerlerinin karayolunda ki araçların egzoz gazlarından kaynaklanabileceği, bölgenin güneyindeki yüksek bakır değerlerinin ise inşaat malzemelerinin çevreye gelişigüzel bırakılmasından atılmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Bakır insan bünyesinde bulunmasına rağmen fazla miktarda vücuda alındığında toksik etki yaratmaktadır. Bu sebeple Dünya Sağlık Örgütü kriterlerine göre toprakta Cu miktarının izin verilebilir en üst sınırının 100 ppm olduğu belirtilmektedir.

Çalışma alanındaki noktalardan alınan toprak numunelerinin Bakır seviyelerinin noktalara göre dağılımları Şekil 6.14’de verilen grafik üzerinde görülmektedir.

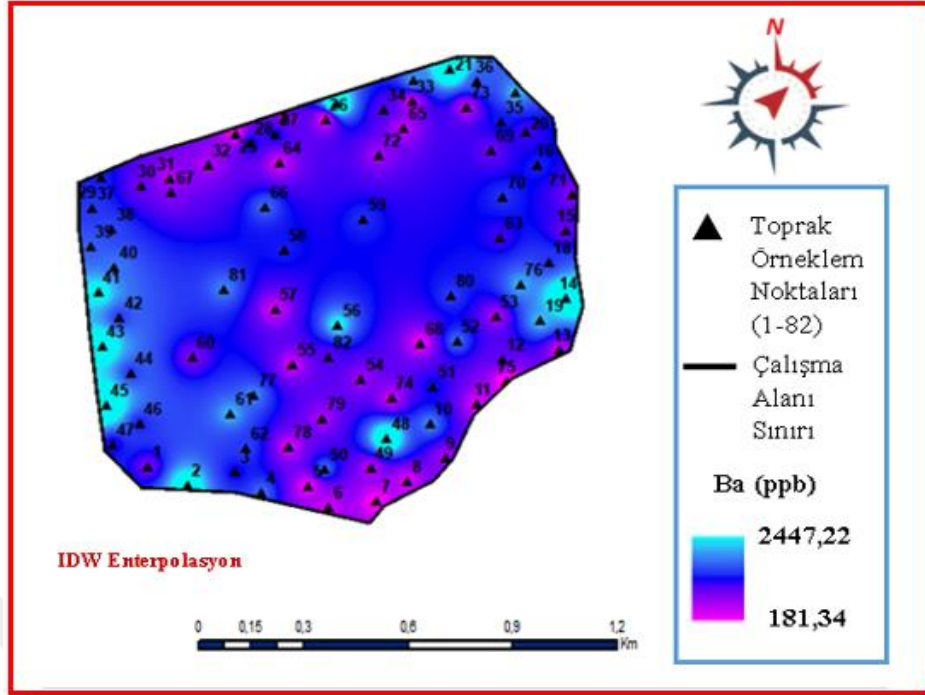


Şekil 6.14. Toprak numunelerinin Bakır (Cu) değerleri

Toprak örneklerinde en yüksek Cu değeri 197,28 ppb ile 45.nokta olduğu ve en düşük değer ise 73,97 ppb ile 11. nokta olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan oluşturulan grafikte sahadan alınan toprak örneklerindeki Cu değerlerinin ortalamasının 130 ppb olduğu, örnekler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı ($R^2:0,0135$) ve örneklerin standart sapmasının ise 32,23 olduğu belirlenmiştir.

6.2.5. Baryum (Ba) miktarlarının mekansal analizler

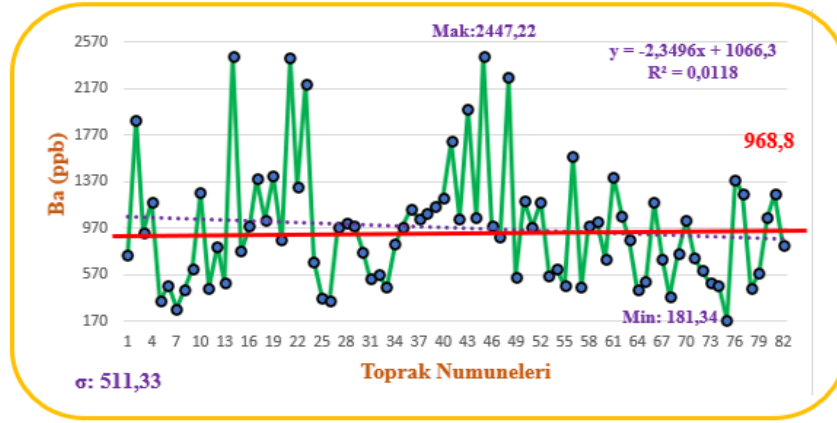
Araştırmaya konu olan bölgeden alınan toprak örneklerinde Baryum (Ba) miktarları belirlenmiş ve Ba miktarlarının mekansal dağılımının belirlenmesi amacıyla IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak araştırma sahasına ilişkin Ba mekansal dağılım haritası oluşturulmuş ve elde edilen mekansal dağılım haritası Şekil 6.15’de verilmiştir.



Şekil 6.15. Baryum (Ba) miktarlarının mekansal analizleri

Sahadan alınan toprak örneklerindeki Ba seviyesi 181,34 - 2447,22 ppb arasında değişkenlik göstermektedir. IDW enterpolasyon yöntemi ile yapılan mekansal haritada Ba'un en yüksek değerleri çalışma sahasının sınır çizgisine yakın alanlarında olduğu belirlenmiştir. Ancak en yüksek Ba değerinin çalışma sahasının batı bölgesinde olduğu görülmektedir. Ba seviyesinin yüksek olduğu noktalara bakıldığında tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü alanların olduğu görülmüştür. Bazı pestisitlerin yapısında bulunan Ba elementinin bu noktalarda birikim yaptığı düşünülmektedir.

Ba için Spline with Barrier enterpolasyon yöntemi ile de analiz gerçekleştirilmiş ancak sonuçlara ilişkin dağılımın sahadaki gerçek değerlerden uzaklaştığı görülmüştür. Bu anlamda çalışmada Ba'un mekansal dağılımı için anlamlı bir sonuç vermesinden dolayı sadece IDW enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Baryum insanların vücutlarında gerekli olmayan bir elementtir. Çok az miktarları vücutta absorbe edilmekte fakat çok miktarlarda toksik etki oluşturmaktadır. Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre toprakta izin verilebilir Ba miktarının 200 ppm olduğu ve araştırma sahasındaki toprakların Ba seviyelerinin ise belirtilen sınır değerlerinin altında olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma alanındaki noktalardan alınan toprak numunelerinin baryum seviyeleri Şekil 6.16'da verilmiştir.

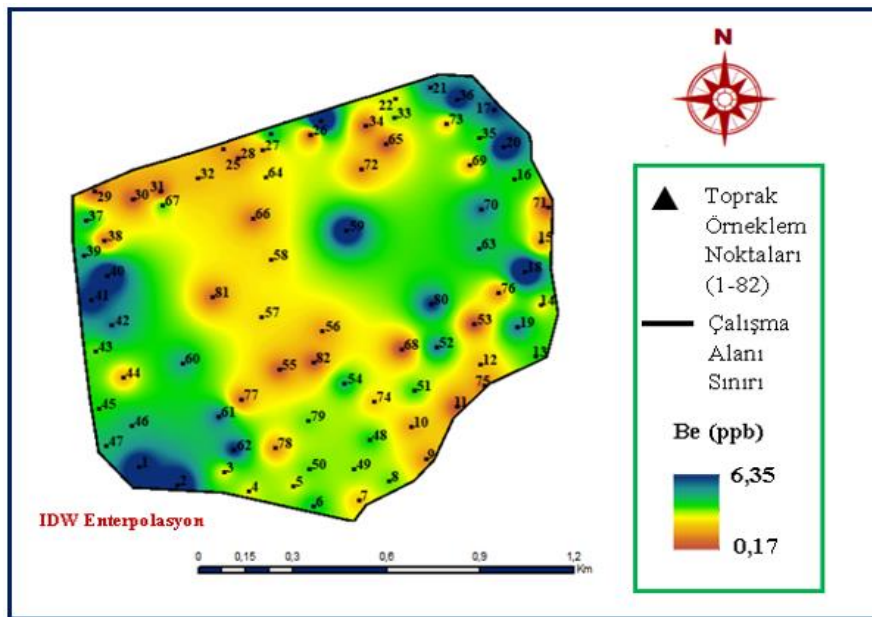


Şekil 6.16. Toprak numunelerinin Baryum (Ba) değerleri

Toprak örneklerinde en yüksek Ba değerinin 2447,22 ppb ile 46.nokta olduğu ve en düşük değer ise 181,34 ppb ile 75. nokta olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan oluşturulan grafikte sahadaki ortalama Ba değerinin ise 968,8 ppb olduğu, örnekler arasında Ba içeriği bakımından anlamlı bir ilişkinin olmadığı (R^2 : 0,0118) belirlenmiştir.

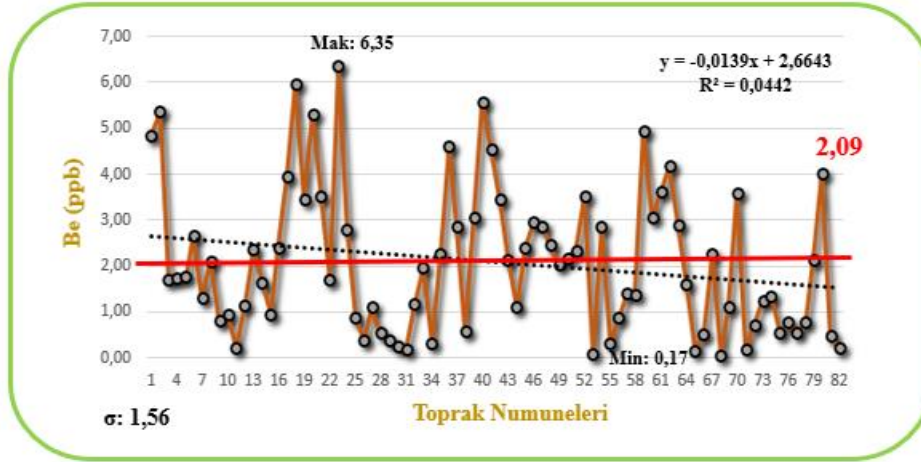
6.2.6. Berilyum (Be) miktarlarının mekansal analizleri

İnceleme sahasından alınan toprak örneklerinde yapılan analizler neticesinde Berilyum (Be) miktarlarının mekansal analiz dağılımları IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak analize tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar neticesinde Be değerlerinin mekansal dağılım sonuçları Şekil 6.17’de gösterilmiştir.



Şekil 6.17. Berilyum (Be) miktarlarının mekansal analizleri

Çalışma alanında IDW enterpolasyon yöntemi ile yapılan mekansal analiz haritasında en yüksek Be değerlerinin 1, 2, 18, 20, 23, 36, 40, 41, 59, 61, 62 ve 80 numaralı noktalardan alınan toprak örneklerinde olduğu görülmüştür. Endüstriyel alanlarda karşılaşılan bir element olan berilyum çalışma sahasında 0,17 ile 6,35 ppb değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. 59 nolu noktadan alınan toprak numunesinde tespit edilen yüksek Be değerinin; civarında bulunan makine sanayisi ile uğraşılacak bir işletmeye yakın olması sebebiyle olabileceği, 18. noktadan alınan toprak örneğindeki Be elementinin diğer noktalara göre yüksek olması ise bu alana rastgele bırakılan sanayi atıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Sahadaki noktalardan alınan toprak numunelerinin berilyum değerlerinin alınan noktalara göre dağılımı Şekil 6.18’de verilen grafik üzerinde detaylı olarak verilmiştir.



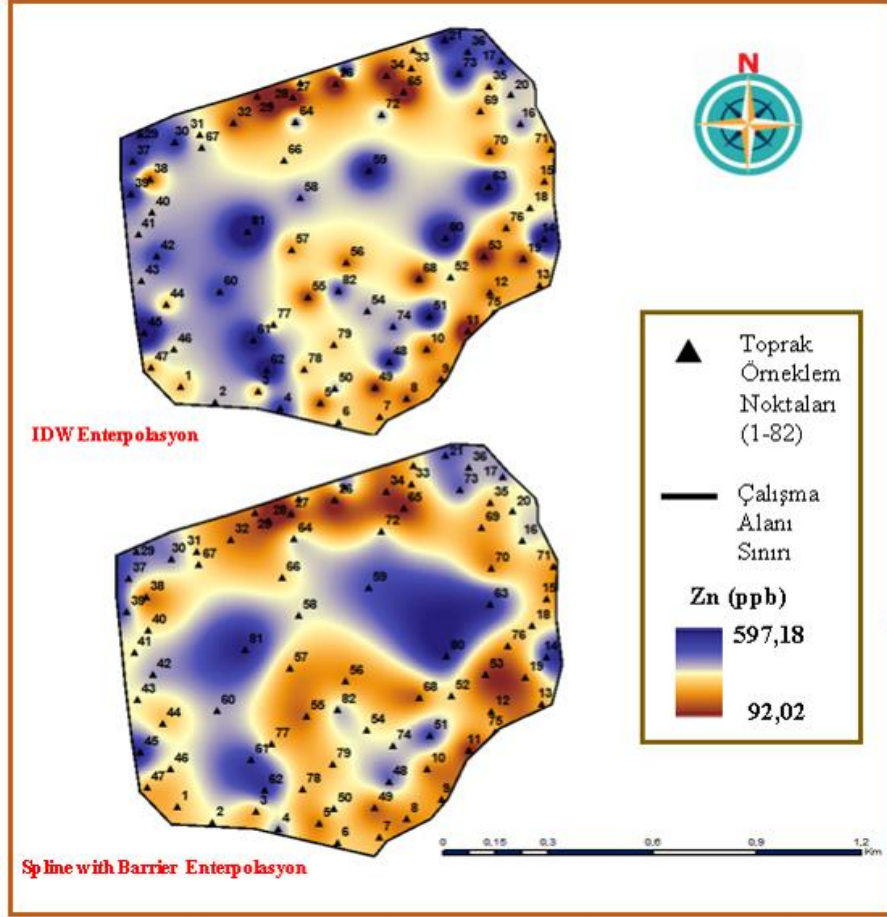
Şekil 6.18. Toprak numunelerinin Berilyum (Be) değerleri

Belirlenen çalışma sahası sınırlarından alınan toprak örneklerindeki Be değerleri incelendiğinde en yüksek Be değerinin 23.nokta olduğu ve değerinin 6,35 ppb ile olduğu görülmüştür. Bu noktaya ise değer olarak en yakın nokta olan 18 numaralı nokta takip etmektedir. En düşük Be seviyesinin 0,17 ppb ile 65. nokta olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında oluşturulan bu grafikte ortalama değer 2,09 ppb olduğu, standart sapmasının ise 1,56 olduğu tespit edilmiş ve örnekler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir.

6.2.7. Çinko (Zn) miktarlarının mekansal analizleri

Toplanan toprak numunelerinin analizi ile belirlenen Çinko (Zn) seviyelerinin mekansal dağılımı için IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemleri kullanılmıştır.

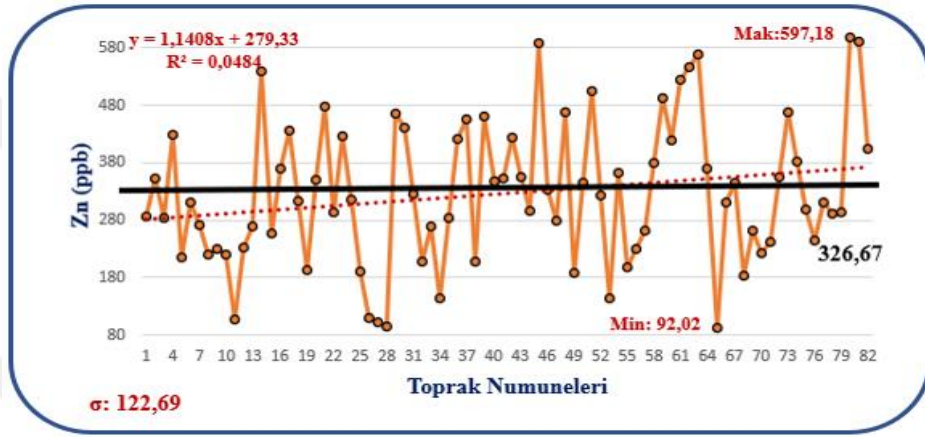
Elde edilen mekansal analiz dağılımları ve Zn değerlerinin sonuçları Şekil 6.19’da verilen mekansal dağılım haritasında görülmektedir.



Şekil 6.19. Çinko (Zn) miktarlarının mekansal analizleri

Çalışma sahasından IDW ve Spline enterpolasyon yöntemi kullanılarak çinko elementi için yapılan mekansal haritalarda bölgenin orta ve batı kısmında Zn elementinin yoğun olarak ağırlık gösterdiği görülmüştür. Çinko toprak içeriğinde bulunması gereken bir elementtir. Hem bitki hem de insan sağlığı açısından önemli bir yeri olan ve mutlaka belirli miktarlarda bulunması gereken Zn konsantrasyonu alanda 92,02- 597,18 ppb değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. Zn toprakta normal seviyelerinden fazla olmasının sebebi aşırı kömür yakılması, madencilik faaliyetlerinden olabilmektedir.

Çalışma alanının orta bölgesinde çinko değerlerinin yüksek olduğu noktalara bakıldığında metal malzeme üretim alanlarına yakın olması sebebiyle bu işletmelerden çıkan atık parçalardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. İnsan vücudu için gerekli bir element olan çinko fazla alımı halinde vücut için zararlı hale gelebilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sınır değerleri incelendiğinde topraktaki Zn konsantrasyonunun 300 ppm seviyesini geçmemesi gerekmektedir. Alınan toprak numunelerinin Zn seviyeleri bu seviyenin çok altında kalmaktadır ve toprak için herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. İnceleme alanındaki toprak numunelerinin Zn miktarlarının toprak örneği alınan noktalara göre dağılımı Şekil 6.20’ de verilen grafikte görülmektedir.

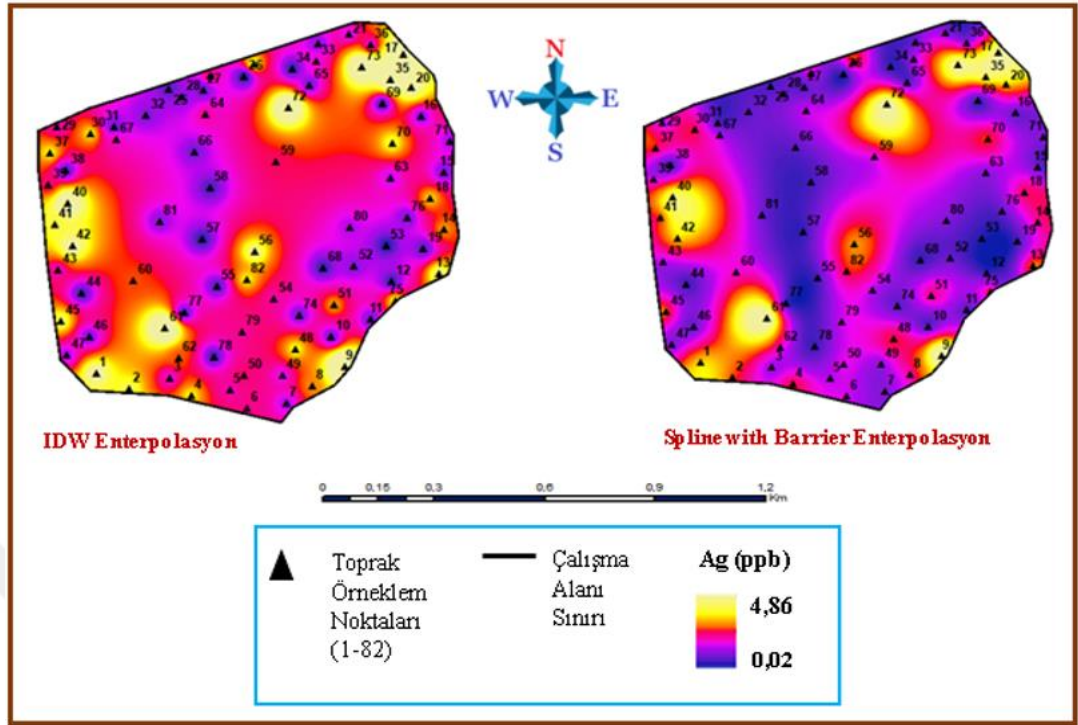


Şekil 6.20. Toprak numunelerinin Çinko (Zn) değerleri

Analizi yapılan toprak örneklerinde en yüksek Zn değerinin 597,18 ppb ile 80. nokta olduğu en düşük Zn değerinin ise 92,02 ppb ile 65. nokta olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan ortalama Zn değerinin 326,67 ppb olduğu, standart sapmasının ise 122,69 olduğu görülmüştür. Alınan toprak örneklerindeki Zn değerleri arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı ($R^2: 0,0484$) belirlenmiştir.

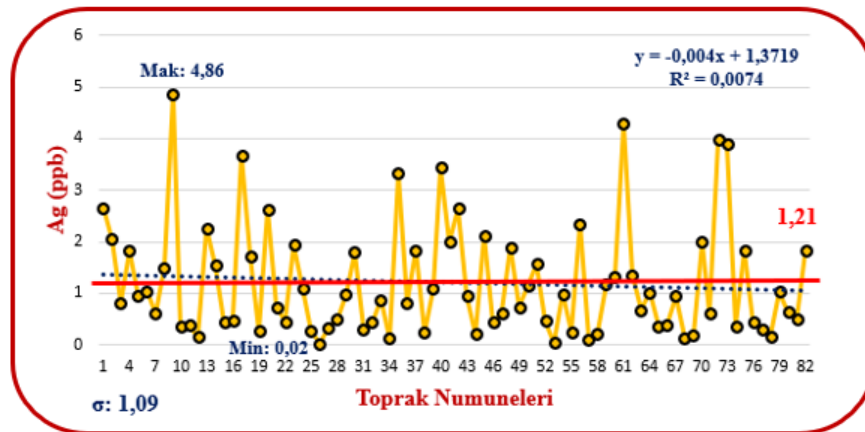
6.2.8. Gümüş (Ag) miktarlarının mekansal analizleri

İnceleme sahasından alınan toprak örneklerinde belirlenen Gümüş (Ag) miktarlarının mekansal analiz dağılımları IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemleri kullanılarak analize tabi tutulmuş ve elde edilen Gümüş değerlerinin mekansal dağılım haritaları Şekil 6.21’de verilen Ag elementinin mekansal analiz çıktısında gösterilmiştir.



Şekil 6.21. Gümüş (Ag) miktarlarının mekansal analizleri

IDW ve Spline enterpolasyon yöntemi ile çalışma alanında oluşturulan Ag haritalarından hareketle Ag dağılımının bölgenin belirli noktalarında yoğunluk gösterdiği belirlenmiştir. Ag'nin yüksek değerlerinin sarı renk ile temsil edildiği bu analiz çıktısında 1, 40, 41, 42, 61, 72, 73, 17, 35 ve 20 nolu noktaların üzerinde en yüksek düzeylerde bulunduğu görülmektedir. Çalışma sahasındaki gümüş değerlerinin yüksek olduğu noktalarda metal malzemelerin kullanıldığı işletmelerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çalışma sahasındaki noktalardan alınan toprak numunelerinin Gümüş düzeyleri Şekil 6.22'de detaylı olarak verilmiştir.



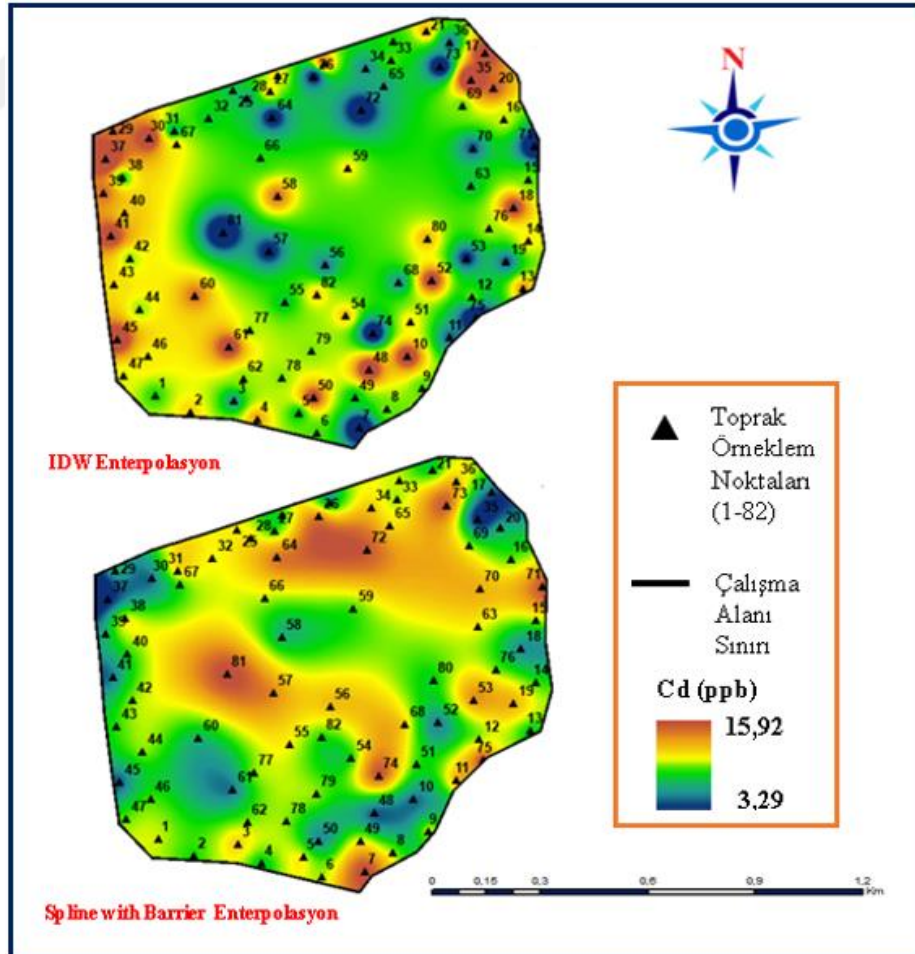
Şekil 6.22. Toprak numunelerinin Gümüş (Ag) değerleri

Analizler sonucunda gümüş elementi için en yüksek değerin 4,86 ppb ile 8.nokta olduğu, en düşük gümüş değerinin ise 0,02 ppb ile 26. nokta olduğu tespit edilmiştir. Gümüş konsantrasyonu değerlerinin yarısından fazlası 1,21 ppb olan ortalama gümüş miktarının altında bir değerde olduğu tespit edilmiştir.

Gümüş eser miktarlarda bile toksik etki yapabilen bir element olup çalışma sahasında Ag miktarının çok düşük düzeylerde olduğu görülmektedir. Toprak numunelerinde ki Ag değerlerinin standart sapmasının 1,09 olduğu ve örnekler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı ($R^2:0,0074$) görülmüştür.

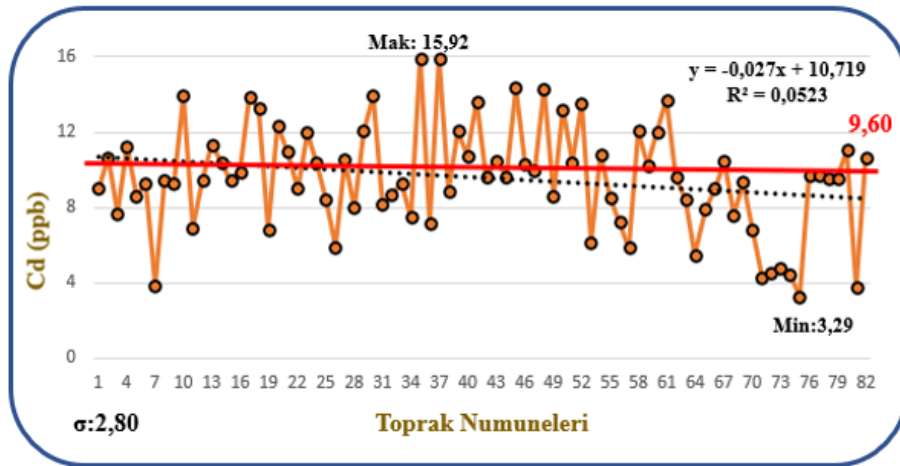
6.2.9. Kadmiyum (Cd) miktarlarının mekansal analizleri

Araştırma alanında yapılan incelemeler ile toprak örneklerinde belirlenen Kadmiyum (Cd) miktarlarının IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemi kullanılarak yapılan mekansal analiz dağılımları ve elde edilen sonuçlar Şekil 6.23’de gösterilmiştir.



Şekil 6.23. Kadmiyum (Cd) miktarlarının mekansal analizleri

İnceleme sahasında IDW ve Spline enterpolasyon yöntemi ile kadmiyum elementi için yapılan analizlerden sonuçla, Cd değerlerinin en yüksek olduğu kısımların bölgenin batı sınır çizgisine yakın alanlarda ve kuzey bölgelerinde daha yoğunluk gösterdiği görülmüştür. Cd değerlerinin yüksek olduğu noktalara bakıldığında bu alanların tarım yapılan topraklar olduğu görülmüştür. Kadmiyum değerinin yüksek olmasının nedeni tarımda kullanılan kimyasal gübre ve pestisit kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Kadmiyum değerlerine bakıldığında çalışma alanının orta kuzeyinde bulunan gübre satışı yapan ve makine ekipmanları üreten firmaların bulunması sebebiyle bu işletmelerden kaynaklanan atıkların sebep olabileceği üzerinde durulmuştur. Cd toprakta eser miktarlarda bulunabilmektedir. Artış göstermesinin bir nedeni de sanayi alanlarından hava yoluyla gelen bulaşmadır. Kaynağı sanayi olması halinde toprak yüzeyinden derinlere inildikçe azalma gösterecektir. Toprakta Cd değeri bir limitin üstünde toksik etki ortaya çıkmaktadır. U.S. EPA (Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı)'ya göre sınır değeri 85 ppm olarak belirlenmiştir. Çalışmada bulunan Cd değerleri bu sınır değerinin altında olması sebebiyle canlılar ve toprak için herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. Sahadan alınan toprak numunelerinin Cd değerleri Şekil 6.24'de verilen grafik üzerinde noktasal bazlı olarak detaylı bir şekilde sunulmuştur.

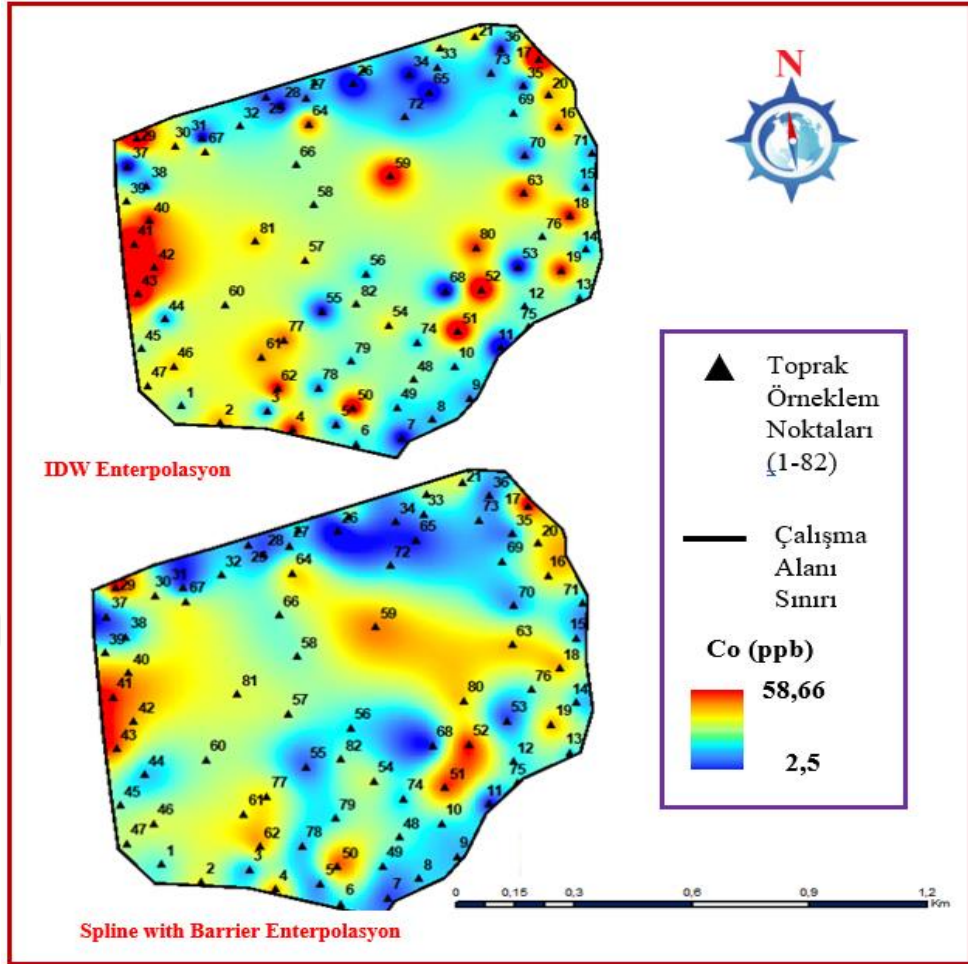


Şekil 6.24. Toprak numunelerinin Kadmiyum (Cd) değerleri

Çalışma bölgesinde ki Cd'un en yüksek değeri 35 numaralı noktadır ve burada kadmiyum 15,92 ppb olarak belirlenmiştir. Analizlerde elde edilen en düşük Cd değerinin ise 75 nolu nokta olduğu ve 3,29 ppb değerine sahip olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlardan oluşturulan grafikte ortalama değer 9,60 ppb olduğu, standart sapmasının ise 2,80 olduğu sonucuna varılmıştır.

6.2.10. Kobalt (Co) miktarlarının mekansal analizleri

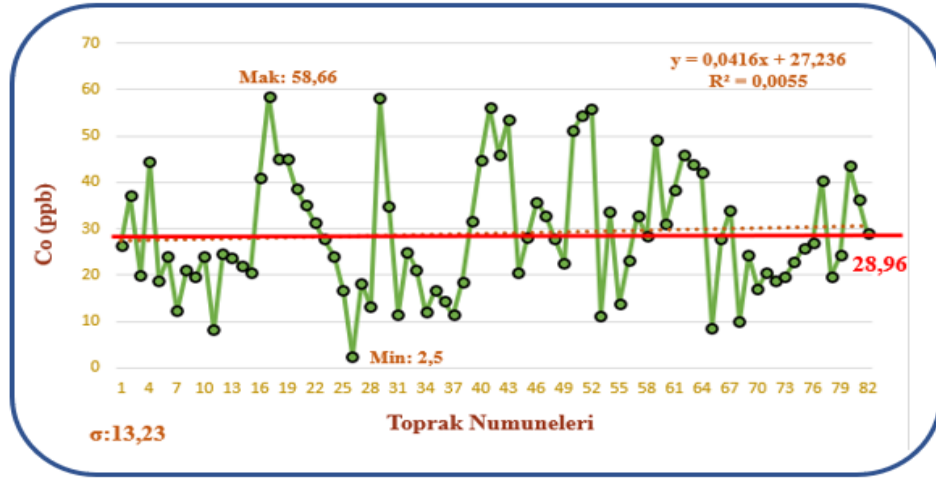
Kobalt (Co) seviyelerinin belirlenmesi için toprak örneklerinden analizler yapılması suretiyle belirlenen miktarların Spline with Barrier ve IDW enterpolasyon yöntemleri kullanılarak yapılan mekansal analiz dağılımları Şekil 6.25’de sunulmuştur.



Şekil 6.25. Kobalt (Co) miktarlarının mekansal analizleri

Çalışma alanında en yüksek Co değerlerinin araştırma sahasının batı ve güneydoğu bölgelerine yakın alalarında olduğu görülmektedir. Yoğunluk olarak en çok 41, 42, 43, 29, 51, 52, 59 ve 17. noktalarda artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu değerler 2,5 ile 58,66 ppb arasında değişiklik göstermektedir. Bir alanda kobalt elementinin yoğunluk göstermesi halinde endüstriyel faaliyetlerden şüphelenilebilmektedir. Çalışma sahasında kobalt değerlerine bakıldığında yüksek olduğu noktaların yakınında kobalt değerlerini yükseltecek herhangi bir işletme olmaması sebebiyle sanayi kaynaklı bir kobalt kirliliği olmayacağı ancak bu durumun toprağın kendi yapısında ki kobalt elementlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kobalt insan bünyesinde doğrudan kullanılmaz. Toprakta her element gibi belirli düzeylerde bulunması gerekir. Toprak kirliliği Kontrolü Yönetmeliği kapsamında kobalt değeri için izin verilebilir üst sınır değeri 20 ppm olarak belirlenmiştir. Çalışma alanından alınan numunelerden bu değeri aşan herhangi bir nokta bulunmamaktadır. Araştırma alanı noktalarından alınan toprak numunelerinin kobalt seviyeleri Şekil 6.26’da sunulan grafikte detaylı olarak görülmektedir.

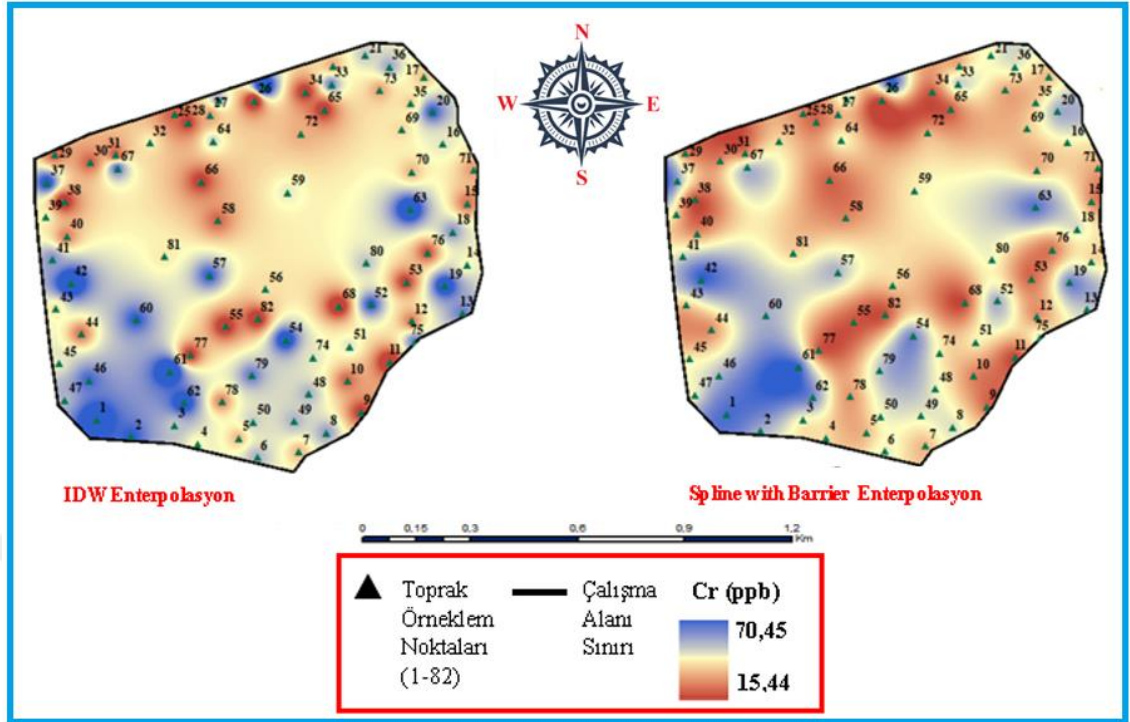


Şekil 6.26. Toprak numunelerinin Kobalt (Co) değerleri

Alanda en yüksek Co değerinin 58,66 ppb ile 18.nokta olduğu belirlenmiştir. Analizlerde elde edilen en düşük Co değerinin ise 2,5 ppb ile 26. nokta olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan oluşturulan grafikte ortalama değer 28,96 ppb olduğu, standart sapmasının ise 13,23 olduğu görülmüş ve noktalar arasındaki Co değerleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

6.2.11. Krom (Cr) miktarlarının mekansal analizleri

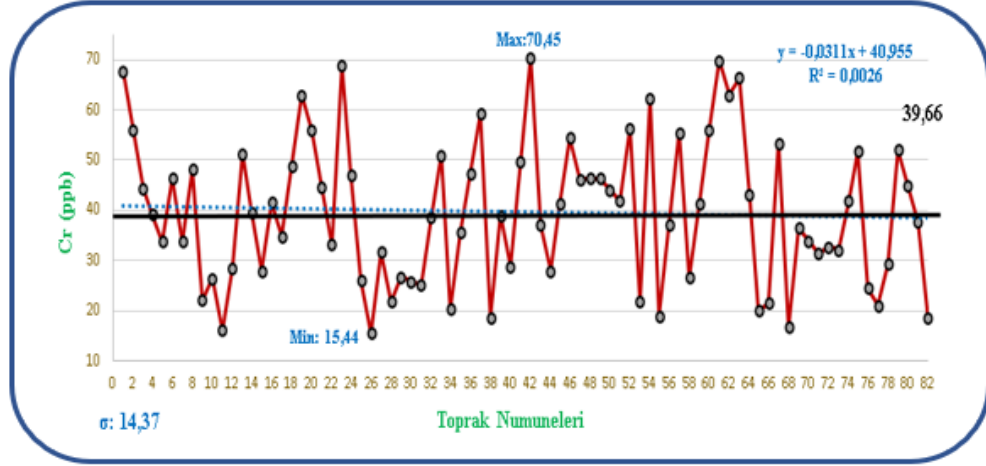
Çalışma sahası sınırlarındaki örneklem noktalarından alınan toprak numunelerinde belirlenen krom (Cr) miktarlarının mekansal analiz dağılımları IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemleri kullanılarak analize tabi tutulmuş ve elde edilen alansal harita çıktıları Şekil 6.27’de gösterilmiştir.



Şekil 6.27. Krom (Cr) miktarlarının mekansal analizleri

Krom elementinin en yüksek değerlerinin ağırlıklı olarak çalışma sahasının güneybatısında yoğunluk gösterdiği görülmektedir. Bu bölgede bulunan orman malzemeleri üretilmesi sırasında oluşabilecek ürün atıkları ve yakma sırasında oluşabilecek gazların bu kirliliğe sebep olabileceği düşünülmüştür. Bu alanlarda özellikle tarımsal üretim yoğun olarak yapılmaktadır. Toprakta kromun çok olması insan sağlığı açısından ciddi problemlere neden olabilmektedir. Krom toprakta su ile buluşana kadar durgun halde bulunabilmektedir. Bu şekilde az risk oluşturmaktadır. Ancak su ile çözündüğünde daha fazla toprak kütesine ulaşarak daha çok alanı kirletebilmektedir.

Krom için sınır değerlerine bakıldığında Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinin her ikisinde de krom sınır değeri 100 ppm olarak belirlenmiştir. Bu anlamda çalışma alanında Cr değeri açısından herhangi bir risk olmadığı görülmüştür. Araştırma sahasındaki örneklem noktalarından alınan toprak numunelerinin krom seviyeleri Şekil 6.28’de verilmiştir.



Şekil 6.28. Toprak numunelerinin Krom (Cr) değerleri

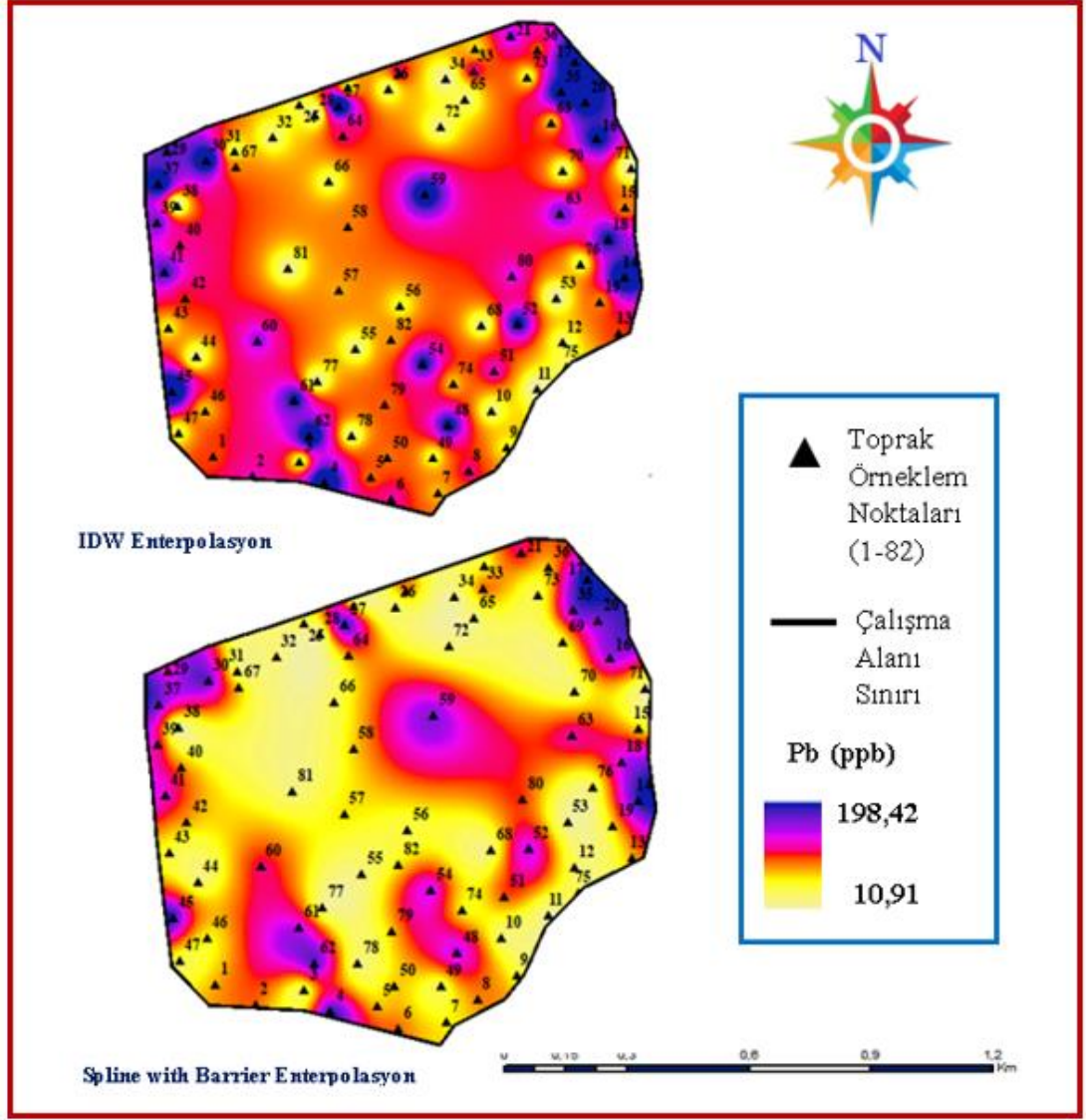
En yüksek Cr değerinin 70,45 ppb ile 42. noktada olduğu en düşük değer ise 15,44 ppb ile 26. nokta olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan oluşturulan grafikte ortalama değer 39,66 ppb olduğu, standart sapmasının ise 14,37 olduğu görülmüş ve çalışma sahasından 82 noktadan alınan toprak örneklerindeki Cr seviyeleri arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir.

6.2.12. Kurşun (Pb) miktarlarının mekansal analizleri

Çalışma sahası olan Nevşehir Organize Sanayi bölgesi civarından alınan toprak örneklerinde yapılan kurşun (Pb) analizlerinde elde edilen değerler Arc GIS 10.3.1 yazılımı yardımıyla IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve çalışma sahasında Pb'nin mekansal dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Enterpolasyon yöntemleri noktadaki değerlere bağlı olarak noktalar arasındaki mesafelerinde önem kazandığı ve buna bağlı olarak ağırlıklı istatistiksel analizlerin gerçekleştirdiği yöntemlerdir. Bu bağlamda araştırma alanındaki Pb'nin dağılımı farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak analiz edilmiş ve mekansal dağılımın farklılıkları da ortaya konulmuştur.

Araştırmada elde edilen Pb mekansal dağılım haritalarının farklı enterpolasyon yöntemlerine göre dağılımları Şekil 6.29'da gösterilmiştir.

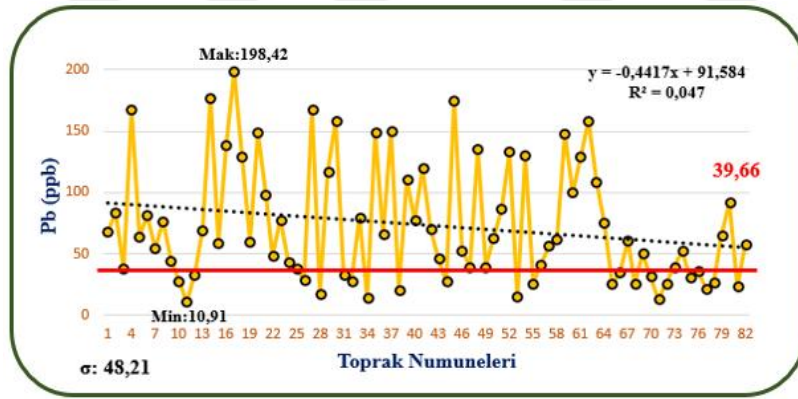


Şekil 6.29. Kurşun (Pb) miktarlarının mekansal analizleri

Araştırma alanında kurşun elementinin mekansal dağılımı iki farklı enterpolasyon yöntemi ile (IDW ve Spline with Barrier) analiz edilmiştir. Oluşturulan Pb haritalarına bakıldığında topraktaki kurşun değerlerinin 10,91- 198,42 ppb değerleri arasında olduğu görülmüştür. Çalışma alanının çevresinde sınır bölgelere yakın alanlarda Pb miktarlarının en yüksek düzeyde olduğu ayrıca çalışma sahasının orta bölgesinde Organize Sanayi alanı içinde de Pb miktarının yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sahasının çevresinde tarımsal üretim yoğun olarak yapılmaktadır. Bu alanlarda Pb miktarının fazla olması kimyasal gübre ve pestisit kullanımından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çalışma sahasının kuzey kısmından Aksaray-Nevşehir karayolu geçmektedir. Bu alanda da kısmi yoğunlukta Pb miktarlarında yüksek seviyelerin olduğu görülmektedir. Bu alanlardaki Pb miktarının yüksek seviyelerde değişkenlik göstermesi araçların egzoz gazlarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bununla beraber Organize Sanayi bölgesinin orta kısımlarında da Pb miktarları da yüksek düzeyde gözükmemektedir. Sahada yapılan incelemelerde bu alanlarda galvaniz işleme fabrikalarının yer aldığı görülmüştür.

Kurşun toprak ve bitkilerde normal şartlarda az miktarda bulunmaktadır. Kurşun yoğunluğu toprak alt katmanlara gidildikçe daha da azalmaktadır. Toprakta fazla oranlarda bulunması doğal yapısını bozmaktadır. Pb'nin toprakta zamanla birikmesi halinde toksik etkiler oluşturabilmektedir. Bu durum canlılar ve toprak için risk oluşturmaktadır. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği incelendiğinde Kurşun için sınır değerinin 300 ppm olduğu görülmüş olup bu değer baz alındığında sahadan alınan toprak örneklerinin bu değer altında olduğu sonucuna varılmıştır. Analizler ve ICP-MS cihazında numunelerin okuması sağlanmasının sonucunda belirlenen kurşun seviyeleri Şekil 6.30'da verilmiştir.

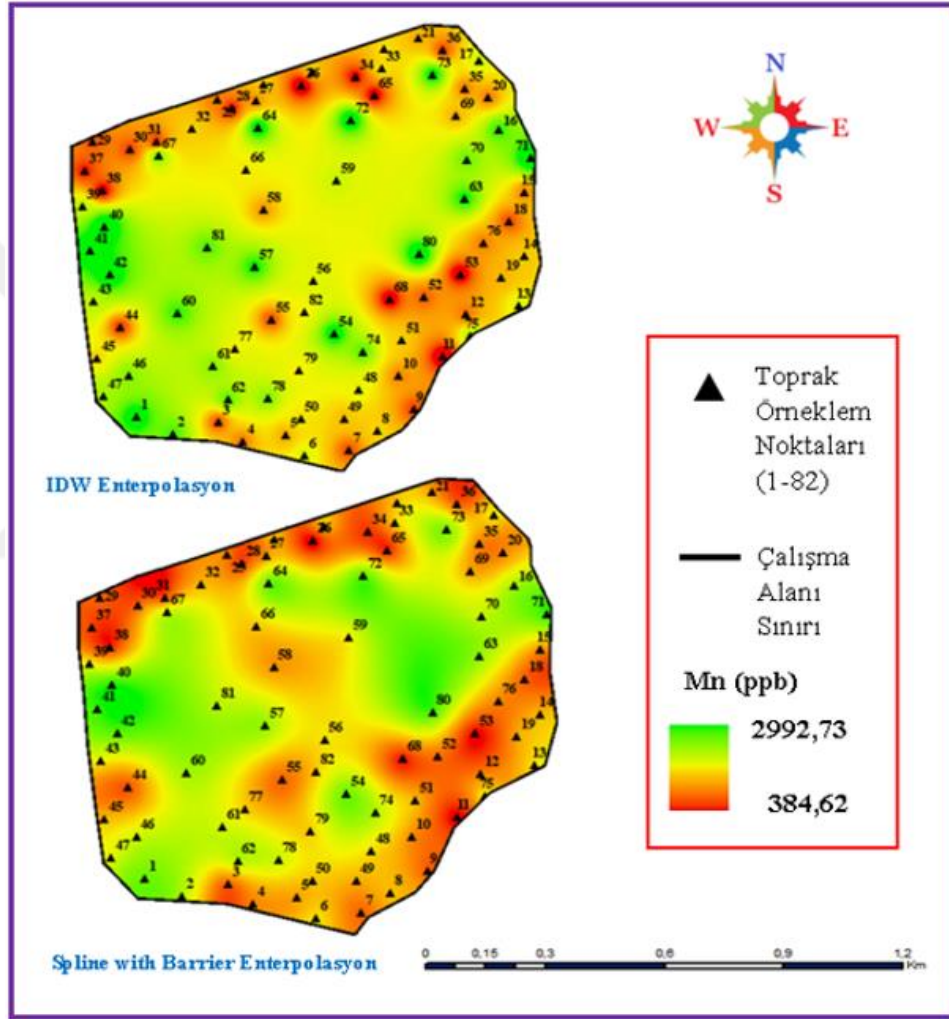


Şekil 6.30. Toprak numunelerinin Kurşun (Pb) değerleri

Araştırma sahasından alınan toprak örneklerinde en yüksek değer 198,42 ppb olan 17 numaralı nokta olduğu, en düşük değer ise 10,91 ppb ile 11. nokta olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında oluşturulan bu grafikte ortalama kurşun değerinin 39,66 ppb olduğu ve numunelerin yarısından fazlasının bu ortalama üzerinde kurşun konsantrasyonuna sahip olduğu, standart sapmasının ise 48,21 olduğu görülmüştür. Toprak numune örneklerinin Pb değerleri arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı ($R^2 = 0,047$) saptanmıştır.

6.2.13. Mangane (Mn) miktarlarının mekansal analizleri

Çalışma bölgesinden alınan toprak örneklerinin incelenmesi ile belirlenen mangane miktarlarının mekansal analiz dağılımları IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve elde edilen sonuçların mekansal dağılım sonuçları Şekil 6.31’de gösterilmiştir.

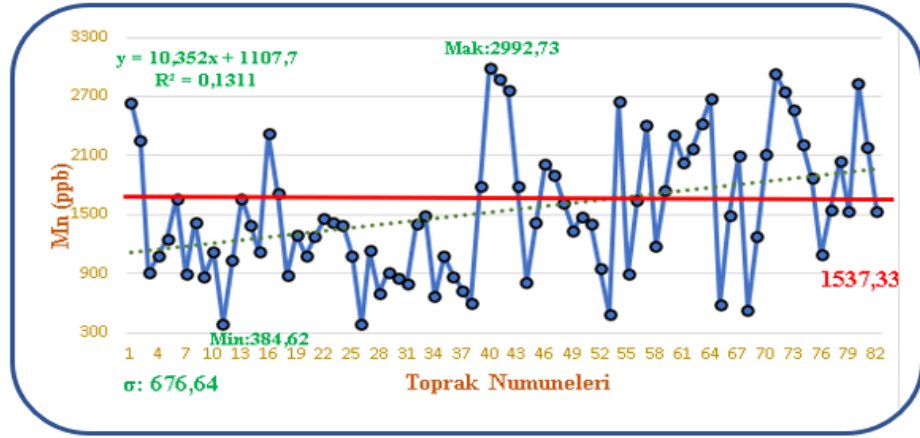


Şekil 6.31. Mangane (Mn) miktarlarının mekansal analizleri

Yapılan mekansal analiz sonucunda Mangane değerinin en yüksek olduğu alanlar çalışma sahasının orta noktalarında yoğunluk göstermektedir. Bölgenin bu alanında makine ekipmanları üretimi ve cam malzeme üretimi yapan işletmelerin çıkardığı atıklardan ve üretim sırasında çıkan zararlı gazlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Araştırma sahasının orta kısımları özellikle demir işlemeye yönelik organize sanayi işletmelerinin olduğu alanlardır.

Manganın toprakta az oranlarda bulunması toprak ve bitki sağlığı açısından 3nemlidir. Ancak her element gibi fazla oranlarda olması evre kirliliği açısından arzu edilen bir durum değildir. Fazla olması halinde topraktaki bitki ve mikroorganizmalar başta olmak 3zere b3t3n canlıları olumsuz etkilemektedir.

Toprakta mangan miktarı WHO (D3nya Sağlık 3rg3t3) standartlarına g3re 2000 ppm değerini geçmemelidir. Çalışma sahasında ki toprak 3rneklerinin değerlerine bakıldığında izin verilebilir standartların altında değerlere sahip olduğu g3r3lm3řt3r. İnceleme alanındaki 82 ayrı noktadan alınan toprak numunelerinin 3rneklem noktalarına g3re dağılımı Şekil 6.32' de verilen grafik 3zerinde detaylı g3r3lmektedir.

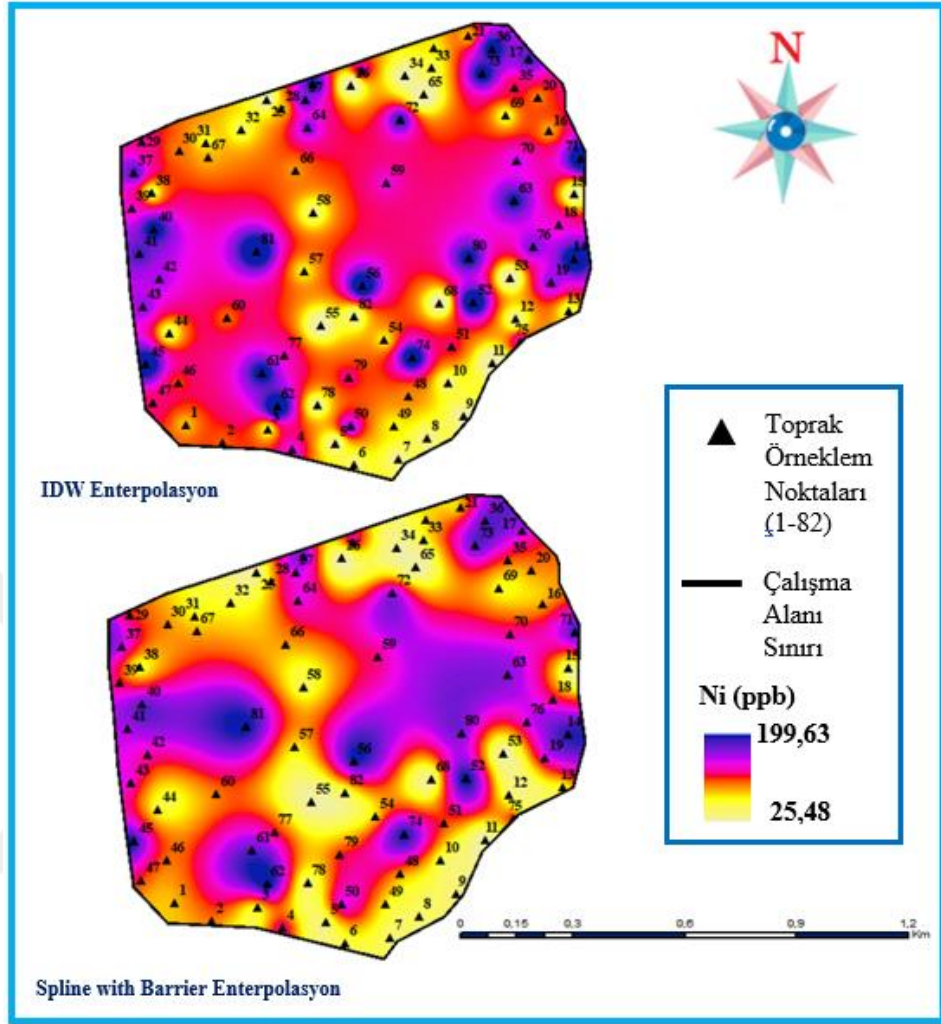


Şekil 6.32. Toprak numunelerinin Mangan (Mn) değerleri

Toprak 3rneklerindeki Mn seviyelerine bakıldığında en y3ksek değerin 2992,73 ppb ile 42.nokta, en d3ř3k değerin ise 384,62 ppb ile 11. nokta olduğu tespit edilmiştir. En d3ř3k 2. değer ise 26 numaralı noktadan alınan toprak 3rneğinde tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan hareketle oluşturulan grafikte ortalama değerin 1537,33 ppb olduğu, standart sapmasının ise 676,64 olduğu g3r3lm3řt3r.

6.2.14. Nikel (Ni) miktarlarının mekansal analizleri

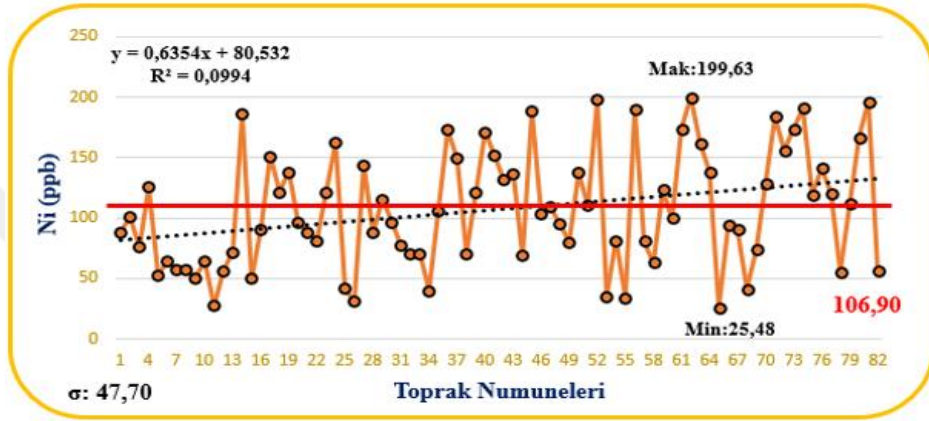
Araştırma sahasından alınan toprak 3rneklerinin Nikel (Ni) miktarları Coğrafı Bilgi Sistemleri ortamında IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon y3ntemleri kullanılarak mekansal olarak analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 6.33' de g3sterilmiştir.



Şekil 6.33. Nikel (Ni) miktarlarının mekansal analiz dağılımları

Nikel elementinin mekansal analiz sonuçlarına bakıldığında en az nikel konsantrasyonu alanın güney doğusunda yoğunluk gösterdiği belirlenmiştir. Bu alan tarım alanlarını ve ana yol kenarını içinde bulundurmaktadır. Kirliliğin kaynağının tarımsal alanlardaki yapılan uygulama faaliyetlerinden, yol kenarlarındaki kirliliğin ise taşıtların egzoz gazlarından kaynaklanabileceği ve 72 nolu noktada yüksek çıkmasının sebebinin ise yakınında bulunan gübre tedarigi yapan firmadan çıkan taşıma sırasında ya da benzer sebeplerle çevreye dağılması sebebiyle olduğu düşünülmektedir. Nikel topraktan bitki yoluyla insana ulaşabildiği gibi doğrudan toprakla teması sonucunda da insanlara ve diğer canlılara geçebilmektedir.

Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı (US EPA) kriterlerine göre toprakta izin verilebilir nikel konsantrasyonunun üst sınır değerinin 75 ppm'i geçmemesi gerekmektedir. Toprak numunelerindeki Ni değerlerine bakıldığında çalışma sahasında tespit edilen 199.63 ppb maksimum Ni değeri izin verilebilir değerin altında kalarak toprakların insan ve diğer canlıların sağlığına tehdit oluşturmadığı görülmüştür. Araştırmada belirlenen noktalardan alınan toprak numunelerinin Nikel seviyeleri Şekil 6.34'de verilmiştir.

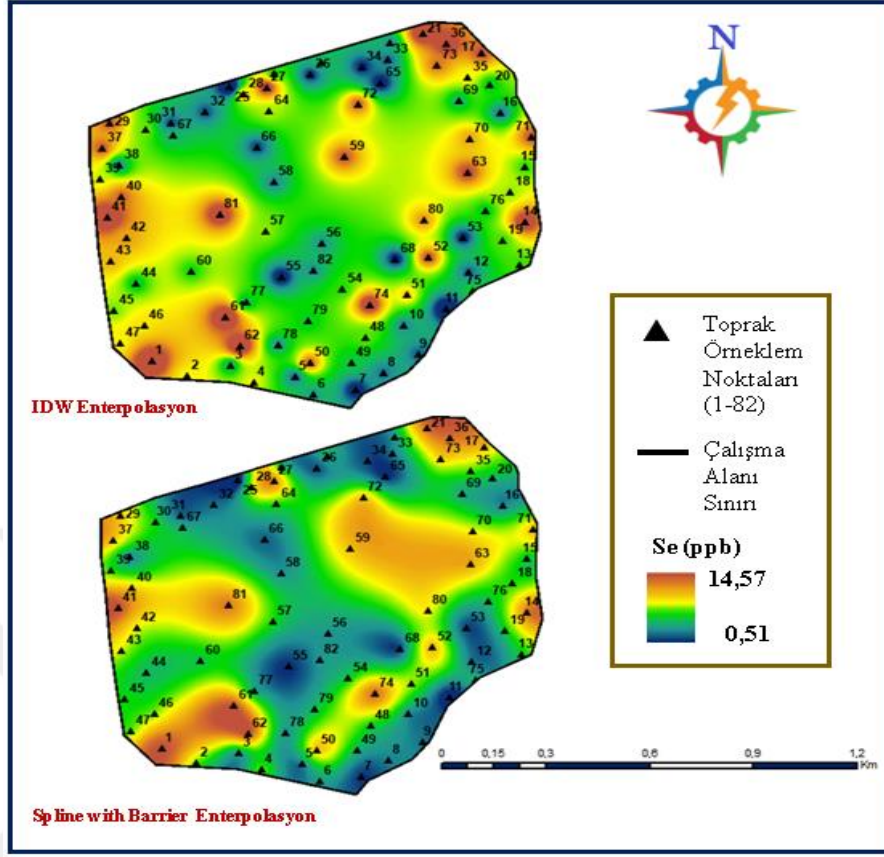


Şekil 6.34. Toprak numunelerinin Nikel (Ni) değerleri

Toprak numunelerinin Ni değerlerini gösteren grafiğe bakıldığında en yüksek değer 199,63 ppb ile 63.noktada olduğu, en düşük değer ise 25,48 ppb ile 65. noktada olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların ortalama değerinin 106,90 ppb olduğu, standart sapmasının ise 47,70 olduğu görülmüştür. R^2 değeri 0,0994 bulunmuş olup bu değer toprak örneklerindeki Ni değerlerinde anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir.

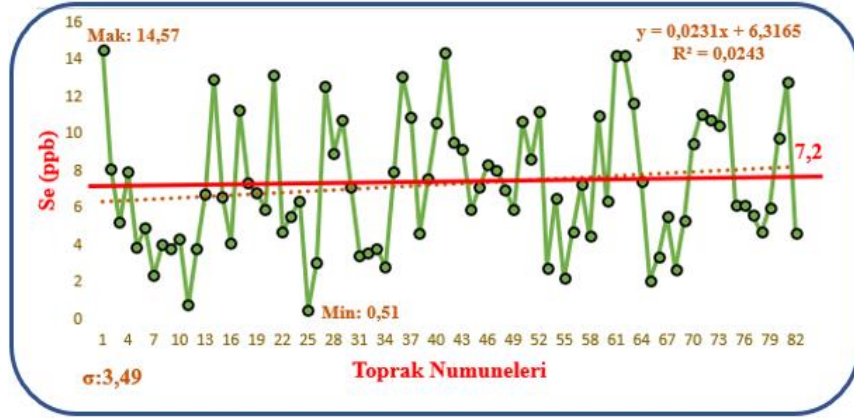
6.2.15. Selenyum (Se) miktarlarının mekansal analizleri

Nevşehir Organize Sanayi bölgesinde Selenyum (Se) miktarlarının toprak numunelerinde analiz edilmesiyle Ni miktarları belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak Arc GIS yazılımında selenyumun miktarının alansal dağılımının belirlenmesi amacıyla IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemleri kullanılmış ve Se miktarlarının çalışma sahasına göre dağılımları Şekil 6.35'de gösterilmiştir.



Şekil 6.35. Selenyum (Se) miktarlarının mekansal dağılımları

Araştırma sahasından alınan toprakların analizi neticesinde IDW ve Spline Enterp olasyon yöntemi ile selenyum elementi için mekansal haritalar oluşturulmuştur. Selenyum konsantrasyonları alanda 0,51- 14.57 ppb aralığında değişmektedir. Bölgedeki selenyum değerlerinin dışarıdan herhangi bir etki sonucu değil toprağın kendi bünyesinde bulundurduğu selenyum elementlerinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bitkiler için çok gerekli olmayan bir element olmasa da insan vücudu için gerekli bir elementtir ve bu elementi topraktan bitki yoluyla almaktadır. Toprak Selenyum elementiyle çok fazla kontamine olması durumunda bu Selenyum fazlalığının insan yapısına girmesi kaçınılmazdır. Gereğinden fazla Selenyum alımı canlılar ve insanlar için tehlike oluşturabilmektedir. Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı'nın yayınlamış olduğu sınır değerlerine bakıldığında Selenyum için sınır 100 ppm olarak belirlenmiştir. Çalışmada incelenen toprak numunelerinin bu sınırı geçmediği ve herhangi bir sorun teşkil etmediği belirlenmiştir. Araştırma alanındaki noktalardan alınan toprak numunelerinin Selenyum seviyeleri Şekil 6.36'da verilmiştir.

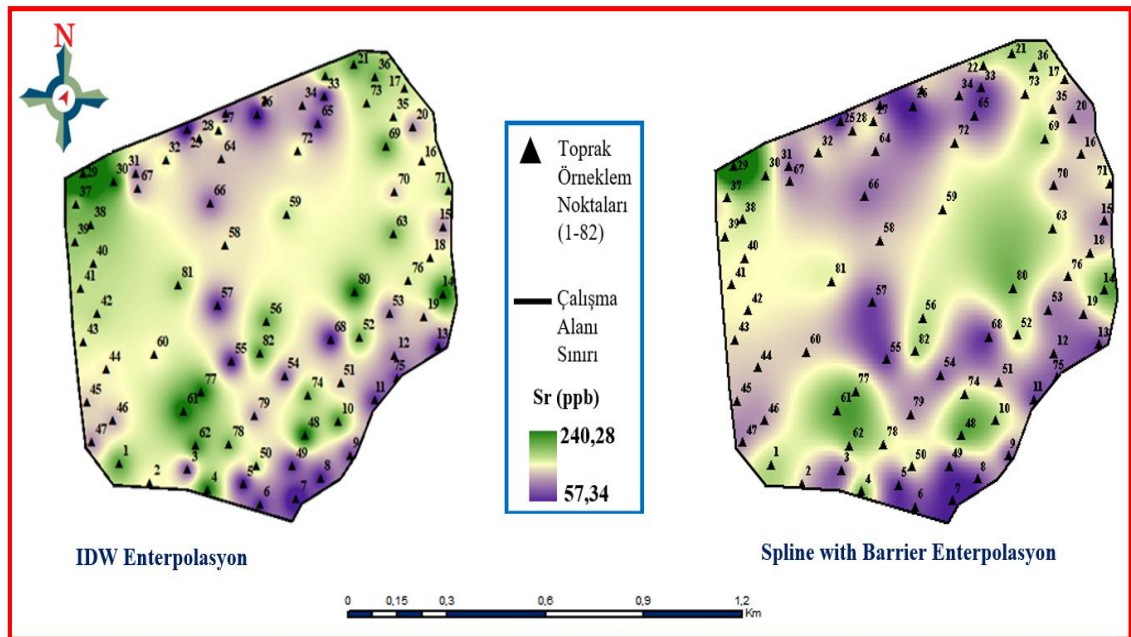


Şekil 6.36. Toprak numunelerinin Selenyum (Se) değerleri

Selenyum sonuçlarına bakıldığında çalışma bölgesinde en yüksek Se değeri 14,57 ppb ile 1.nokta da görülürken, en düşük değer ise 0,51 ppb ile 25. noktada tespit edilmiştir. Laboratuvar ortamında elde edilen sonuçlar ile oluşturulan grafikte ortalama değer 7,2 ppb olduğu, standart sapmasının ise 3,49 olduğu görülmüştür.

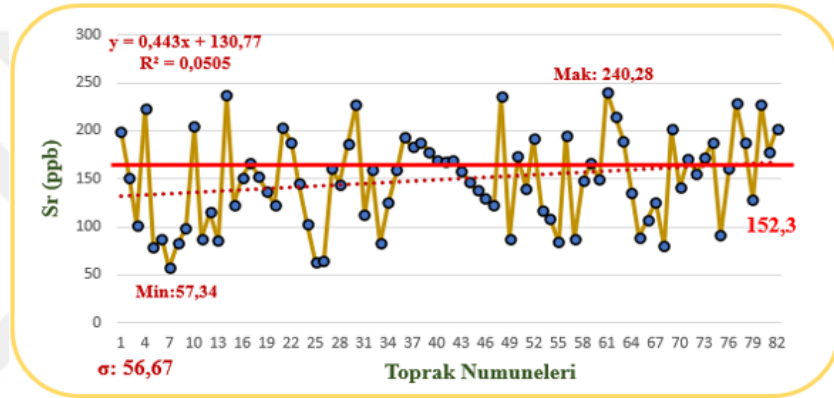
6.2.16. Stronsiyum (Sr) miktarlarının mekansal analizleri

Toprak örneklerindeki Stronsiyum (Sr) miktarlarının mekansal analiz dağılımları IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemleri kullanılarak analiz edilmiş ve çalışma alanındaki elde edilen stronsiyumun mekansal dağılımı Şekil 6.37’de gösterilmiştir.



Şekil 6.37. Stronsiyum (Sr) miktarlarının mekansal dağılımları

Sr elementinin çalışma sahasındaki mekansal dağılımına bakıldığında Sr'nin en düşük olduğu alanların ağırlıklı olarak çalışma sahasının orta kısımlarında sanayinin yoğun olarak faaliyet gösterdiği alanlarda dağılım gösterdiği görülmektedir. Bölgenin güney batısında görülen stronsiyum kirliliğinin plastik malzeme üretimi sırasında çevreye yayıldığı, doğusundaki kirliliğin ise araçların tamiri sırasında çevreye yayılabileceği düşünülmektedir. Doğada yaygın bulunan bir element olan stronsiyum elementi toprakta yoğun olarak bulunması halinde insan vücuduna girmesiyle birlikte zamanla birikerek toksik etki oluşturur. Çalışma bölgesindeki 82 ayrı noktadan alınan toprak numunelerinin stronsiyum seviyelerinin örneklem noktalarına göre dağılımı Şekil 6.38'de verilmiştir.

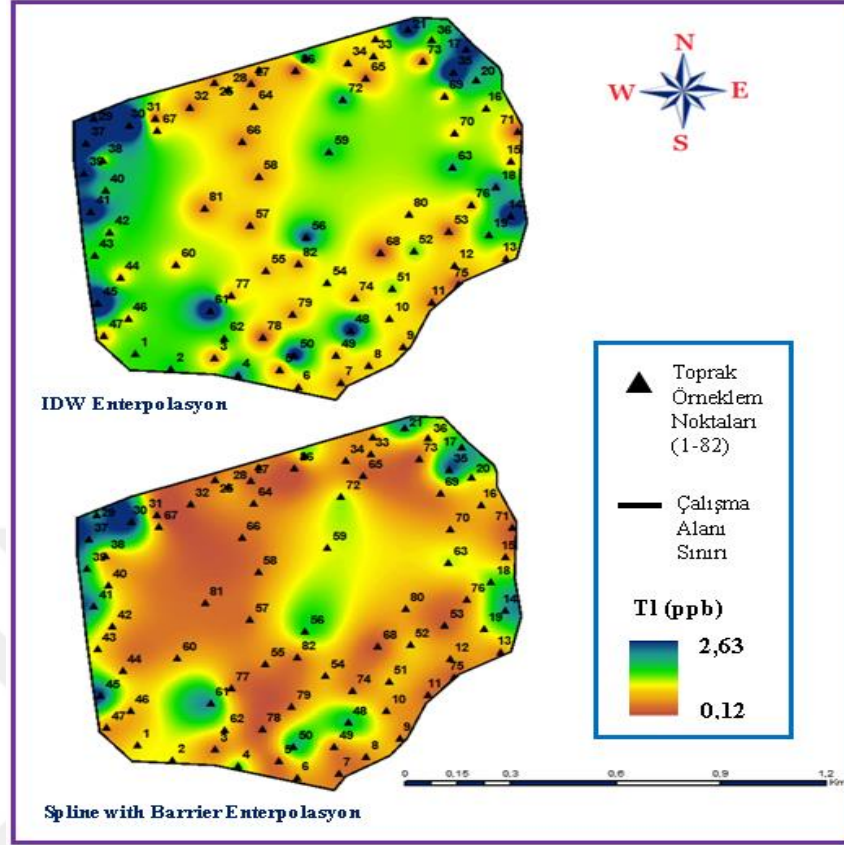


Şekil 6.38. Toprak numunelerinin Stronsiyum (Sr) değerleri

Stronsiyum elementinin bölgeden alınan toprakların analiz edilmesiyle alınan veriler ışığında oluşturulan grafiğe bakıldığında en yüksek stronsiyum değerinin 61. noktada olduğu ve bu değer 240,28 ppb değerini gösterdiği, en düşük değer ise 7. noktada ve 57,34 ppb olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan hareketle ortalama değer 152,3 ppb olduğu, standart sapmasının ise 56,67 olduğu görülmüştür. Örneklem noktaları arasında stronsiyum içerikleri bakımından anlamlı bir ilişkinin olmadığı ($R^2:0,0505$) belirlenmiştir.

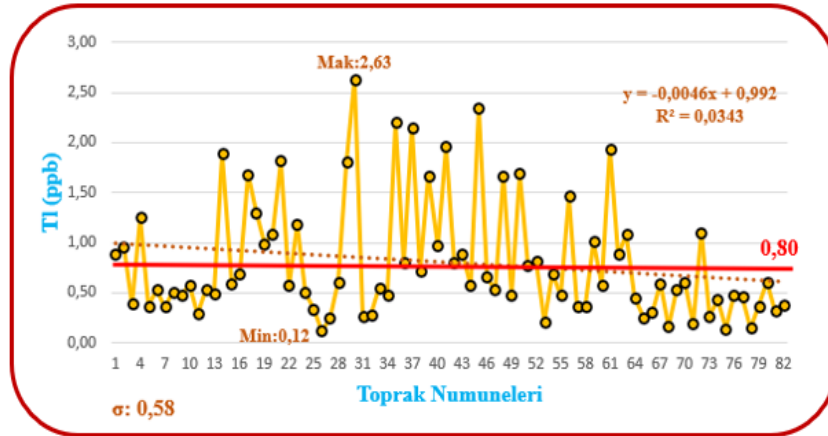
6.2.17. Talyum (Tl) miktarlarının mekansal analizleri

Nevşehir Organize Sanayi Bölgesinden alınan toprak örneklerinde belirlenen Talyum (Tl) miktarlarının mekansal analiz dağılımları IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve elde edilen dağılımın sonuçları Şekil 6.39'da gösterilmiştir.



Şekil 6.39. Talyum (Tl) miktarlarının mekansal dağılımları

Talyum elementi için yapılan analizler sonucu oluşturulan mekansal analiz dağılımlarına bakıldığında en yüksek Tl değerlerinin çalışma alanının batısında yoğunlukta olduğu görülmüştür. Talyum çok zehirli bir element olması sebebiyle çok az miktarda bulunsa dahi çevre kirliliği açısından büyük etkiler oluşturabilmektedir. Özellikle sanayi bölgelerinde yapılan bazı uygulamalarda boya pigmentlerinde çok daha fazla rastlanan bir elementtir. Bölgede yola yakın alanlarda en yüksek değerlere sahip olmasının sebebi olarak karayolundaki araç aktivitesinden kaynaklı bir birikme olabileceği düşünülmektedir. Toprakla buluşması halinde toprak içindeki bitki ve mikroorganizmaları etkilemesi kaçınılmazdır. Talyum endüstriyel alanlarda rastlanılabilen bir elementtir. Özellikle buralara yakın alanlarda çevreye yayılmamasına dikkat edilmelidir. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde talyum için toprakta izin verilebilir maksimum üst sınır değeri 1 ppm olarak belirlenmiştir. Sınır değerinin bu kadar düşük olması fazla olması halinde ne kadar problem oluşturabileceğini açıklar niteliktedir. Çalışma alanındaki noktalardan alınan toprak numunelerinin talyum seviyeleri Şekil 6.40’ da verilmiştir.

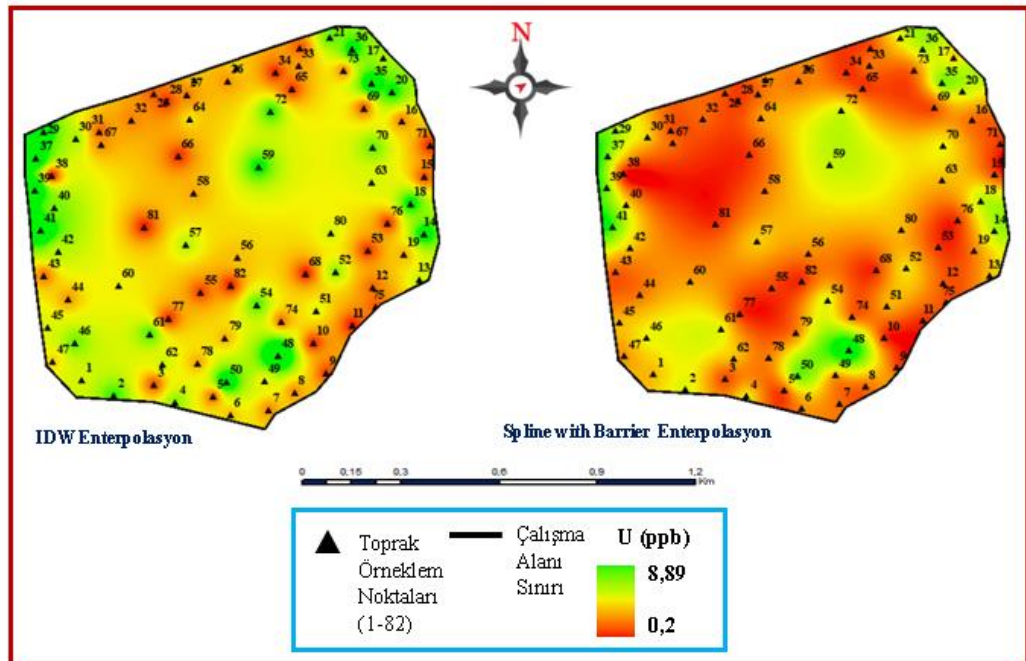


Şekil 6.40. Toprak numunelerinin Talyum (Tl) değerleri

Alınan toprak numunelerindeki noktalar bazında en yüksek değer 2,63 ppb ile 30.nokta olduğu, en düşük değer ise 0,12 ppb ile 26. noktadan alınan toprak örneğinde tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan oluşturulan grafikte toprak örneklerindeki ortalama Tl değerinin 0,80 ppb olduğu, standart sapmasının ise 0,58 olduğu görülmüştür.

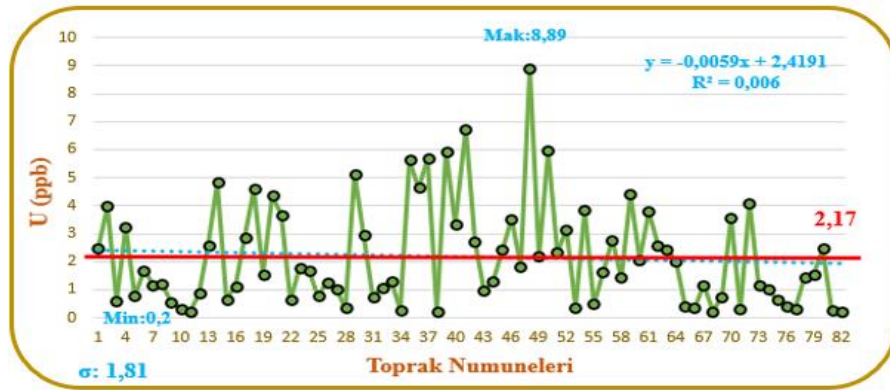
6.2.18. Uranyum (U) miktarlarının mekansal analizleri

Araştırma sahasından alınan toprak örneklerinde belirlenen Uranyum (U) miktarlarının mekansal analiz dağılımları IDW ve Spline with Barrier enterpolasyon yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve elde edilen dağılımın sonuçları Şekil 6.41’de gösterilmiştir.



Şekil 6.41. Uranyum (U) miktarlarının mekansal dağılımları

Araştırmaya konu olan Nevşehir Organize Sanayi Bölgesinde IDW ve Spline Enterpolasyon yöntemi kullanılarak Uranyum elementi için yapılan analizler sonucunda oluşturulan mekansal dağılımlara bakıldığında; en yüksek uranyum değerlerinin bölgenin kuzeyinde ve batısındaki sınır çizgisine yakın alanlarda yoğunluk gösterdiği ve çalışma sahasının bazı kısımlarında ise uranyum elementine rastlanıldığı görülmektedir. Çalışma alanında uranyum elementini kullanabilecek herhangi bir işletme olmaması sebebiyle bulunan uranyum elementinin toprak kayaçlarının yapısından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Toprak ve kayaçların yapısında uranyum elementi bulunabilmektedir. Yüksek oranda bulunması halinde maruz kalınan uranyum oranı da artış gösterebilmektedir. Uranyum etki derecesi yüksek bir elementtir. Bunun sebebi uranyumun radyoaktif bir element olmasıdır. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğince uranyum elementinin toprakta izin verilebilir üst sınır değerinin 5 ppm’i geçmemesi istenmektedir. Araştırmada ise birçok örneklem noktasından alınan toprak örneklerinde bu sınır değerini geçen herhangi bir toprak örneğine rastlanmamıştır. Çalışma alanındaki noktalardan alınan toprak numunelerinin Uranyum miktarlarının örneklem noktalarına göre dağılımları Şekil 6.42’ de verilen grafik üzerinde detaylı olarak sunulmuştur.



Şekil 6.42. Toprak numunelerinin Uranyum (U) değerleri

Araştırmada alınan toprak örneklerindeki Uranyum için en yüksek değer 8,89 ppb olduğu ve bu değer 48 nolu noktada belirlendiği, en düşük değer ise 0,2 ppb ile 11 nolu nokta olduğu tespit edilmiştir. Toprak örneklerindeki ortalama uranyum miktarı 2,17 ppb ve örneklerin standart sapmasının ise 1,81 olduğu görülmüştür. R^2 değerine bakıldığında ise 0,006 bulunmuştur. Bu alınan numuneler arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir.

7. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

Toprak canlıların hayatı için önemli bir bileşendir. Toprakların en verimli düzeyde kullanımını da bu sebeple çok önemlidir. Topraklar çevre kirliliğine karşı korunmalıdır. Ağır metal kirlilik tespit edilen topraklar zamanla kullanım dışı bırakılmakta ve kullanılmamaktadır. Bu topraklarda yetişen bitkiler canlı yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Ağır metaller kendi kendine yok olamamaktadır. Toprağa ağır metaller, endüstriyel faaliyetler, maden işletmeciliğinden, tarımda kullanılan pestisitlerden vb. gibi nedenlerle bulaşmaktadır. Bu tür faaliyetler toprağa mümkün mertebede az zarar verecek seviyede yürütülmelidir.

Organize Sanayi bölgeleri kurulduktan ve bu alanlarda işletmeler faaliyete başladıktan sonra atık yönetiminin iyi planlanmaması ve bu konularda dikkat edilmeden atıkların çevreye gelişigüzel bırakılması sonucu toprak ve sularda zamanla kirlilik belirtileri başlamaktadır. Bu durum ise zamanla insan ve bitki sağlığını tehdit edecek düzeylere ulaşmaktadır.

Çalışma alanı olan Nevşehir Organize Sanayi bölgesi 2003 yılında özel organize sanayi bölgesi olarak kurularak ilk faaliyetlerine başlamıştır. Bu alanın dışındaki kısımlarda halen tarımsal üretim faaliyetleri devam etmektedir. Bu çalışmada ise ortaya atılan hipotez doğrultusunda acaba bu bölgede sanayiden veya tarımsal üretim sahalarında yoğun olarak kullanılan kimyasal ve pestisit kullanımından kaynaklı bir çevre kirliliği söz konusu mudur? sorusu araştırılmaya çalışılmıştır.

Araştırma Nevşehir Merkez ilçe sınırları içerisinde yer alan organize sanayi bölgesi içerisinde ve sanayi alanı dışındaki 100 metre genişlikteki alanlardaki topraklarda ağır metal birikim düzeylerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Organize sanayi alanında işletmelerin kapladığı alanların dışında kalan yerler boş arsa alanı olarak bulunmaktadır. Ayrıca organize sanayi alanı dışında da hali hazırda tarımsal üretim faaliyetleri devam eden araziler yer almaktadır.

Bu anlamda çalışma sahası olan Nevşehir Organize Sanayi bölgesi ve çevresindeki toprak alanlarından 82 farklı noktadan toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde pH, EC ve bazı ağır metal analizleri gerçekleştirilmiştir.

Toprak örneklerinden elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında Arc GIS 10.3.1. yazılımı kullanılarak farklı enterpolasyon teknikleri yardımıyla mekansal olarak analiz edilmiştir. Çalışma sahasına ilişkin elde edilen sonuçlar ışığında mekansal dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Araştırma sonuçlarına bakıldığında; çalışma sahasından alınan toprak örneklerinde ki pH değerlerinin 5,4 ile 7,8 arasında değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Bu da toprakların genel olarak bakıldığında daha asidik olduğunu göstermektedir. EC değerlerine bakıldığında EC seviyesi minimum 100 mS/cm iken maksimum EC değerinin ise 320 mS/cm olduğu belirlenmiştir. Halihazırda bu topraklar tuzsuz toprak sınıfına girmekte olup eğer bu alanda çevre kirliliğini oluşturacak etmenlerin iyi kontrol edilmemesi durumunda bu topraklar tuzlulara dönüşerek çoraklaşabilecektir.

Yapılan bu araştırma sonuçlarına bakıldığında toprak örneklerindeki ağır metal miktarlarının ortalama değerleri; Co: 28,96, As: 9,26, Cu: 130, Ba: 968,8, Be: 2,09, Zn: 326,67, Ag: 1,21, Cd: 9,6, Cr: 39,66, Pb: 39,66, Mn: 1537,33 , Ni: 106,9, Se: 7,2 , Sr: 152,3, Tl: 0,8 ve U: 2,17 ppb olarak bulunmuştur.

Araştırma yapılan alandan alınan toprak örneklerinin ağır metal içerikleri bakımından Dünya Sağlık Örgütü ve Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ve Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı kriterlerine göre toprakta izin verilebilir sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Ancak halihazırda bu alanlarda atık yönetimine ilişkin daha sıkı tedbirlerini alınmaması durumunda araştırma sonucunda tespit edilen değerlerin giderek artan bir eğilim göstermesi kaçınılmaz olacaktır. Bu alanlarda sanayi üretim faaliyetleri artan bir eğilim göstererek devam etmektedir.

Toprak kirliliğinden şüphelenilen sahalarda toprak örnekleme çalışmaları etkin olarak yapılması gerekmektedir. Alınacak toprak örneklerinin sahayı temsil etmesi ve örneklemenin çalışma alanına homojen olarak dağılım göstermesine özellikle önem gösterilmelidir. Toprak örnekleme çalışmalarına gerek görüldüğü durumlarda toprakların 15-30 cm'den daha fazla derinliklerden de alınması yağışlarla derinlere sızan ağır metallerin tespit edilmesine de imkân tanıyacaktır.

Özellikle bu tür çalışmalarda CBS ortamında mekansal analizlerin yapılması ve çalışma sahalarına ilişkin haritaların oluşturulması kirlilik değerlerinin hangi kısımlarda ağırlık gösterdiği veya hangi bölgelerde daha düşük seyrettiğinin görsel bir çıktı şeklinde yorumlanmasına imkân tanıyacaktır. Toprak kirliliğine yönelik olarak yapılacak bu tür mekansal analiz çalışmalarında analiz edilecek değerlere ilişkin olarak CBS ortamında farklı enterpolasyon tekniklerinin de kullanılması oluşturulacak dağılım haritalarının yorumlanmasında hata payını da minimum düzeyde tutacağı da kaçınılmaz olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Yaylalı Abanuz, G., “Heavy metal contamination of surface soil around Gebze industrial area, Turkey”, *Microchemical Journal*, 99, p.82-92, 2011.
2. Kahvecioğlu, O., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., “Metallerin çevresel etkileri I”, *Metalurji Dergisi*, 136, s. 47-53, 2004.
3. Tok, H.H., “Çevre kirliliği”, *Anadolu Matbaacılık*, İstanbul, 1997.
4. Kol, Ç., Kıpçü, S., “Esri Arc GIS Spatial Analiz”, *İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dokümanları*, 2008.
5. Yücel, D., “Sakarya ili sanayi bölgesinin yakın çevresinde ve şehir merkezinde oluşturduğu atmosferik ağır metal birikim seviyelerinin bir biyomonitör karayosunu (*Hypnum Cupressiforme Hedw.*) ve toprak örnekleri üzerinden araştırılması”, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak, 2010.
6. Nayar, S., Goh, B., Chou, L., “Environmental impact of heavy metals from dredged and resuspended sediments on phytoplankton and bacteria assessed in situ mesocosms”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 59, p.349-369, 2004.
7. Terzi, H., Yıldız, M., “Ağır metaller ve fitoremediasyon: fizyolojik ve moleküler mekanizmalar”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11, s.1-22, 2011.
8. Akhter, S., Al-Jowder, O., “Heavy metal concentration in sediment from the coast of Bahrain”, *Int. Journal of Environmental Health Research*, 7, p. 85-93, 1997.
9. Abdu, N., Abdullahi, A.A., Abdulkadir, A., “Heavy Metals and Soil Microbes”, *Environmental Chemistry Letters*, 15, p.65-84, 2017.
10. Karaçağıl, D., “İstanbul’da belirlenmiş sahil şeritlerinde toprak kalitesi ve ağır metal kirliliği”, *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 4(8), s.11-12, İstanbul, 2013.
11. Okudan, M., “Kobalt ve Molibden içeren kullanılmış Hidrodesülfürizasyon (HDS) katalizör atıklarına asidik ve alkali liç uygulaması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 6, s.9-13, Isparta, 2009.
12. Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., “Toprak kirliliği”, *T.C. Sağlık Bakanlığı Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, 40, 1997.
13. Özdemir, F., Esen, E., “Stronsiyum ve osteoporoz”, *Osteoporoz Dünyasından*, 10, s. 77-79, 2004.

14. Çaylak, E., Aytekin, M., “Endüstriyel bir risk: Berilyum”, *Journal of Clinical and Experimental Investigations*, 3 (1), s.141-148, 2012.
15. Zhang, W., Cheng, C., “Manganese metallurgy review. Part I: Leaching of ores/secondary materials and recovery of electrolytic/chemical manganese dioxide”, *Hydrometallurgy*, 89, p.137-159, 2007.
16. Kantarcı, M. D., “Toprak İlimi (Soil Science)”. İstanbul Üniversitesi yayını, 4261, 2000.
17. Alkış, M.İ., “Türk şaraplarında ağır metallerin belirlenmesi”, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi*, Ankara, 2011.
18. Yeltekin, Çilingir, A., “Eser elementler, ağır metaller ve analiz yöntemleri”, *In Mathematics and Natural Sciences*, s.83, 2019.
19. Dündar, M. Ş., Altundağ, H., “Talyumun sağlığa etkisi, çevresel kaygı ve talyum türülenmesi”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi I*, 1(1), s. 71-77, 2007.
20. Maney, J.P., Luciano, V., Ward, A.F., “Analysis of Energy Resources by ICP Spectroscopy”, *Jarrell-Ash Plasma Newsletter*, 2 (1), 1979.
21. Eroğlu, G., Şahiner, M., “Dünyada ve Türkiye’de uranyum ve toryum”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı*, Ankara, Eylül 2017.
22. Kucera, J., Mizera, J., Randa, Z., Vavrova, M., “Pollution of agricultural crops with lanthanides, thorium and uranium studied by instrumental and radiochemical neutron activation analysis”, *Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry*, 271, s.581–587, 2007.
23. Özkan, G., “Endüstriyel bölge komşuluğunda kıyısal kırsal alandaki hava kalitesi; Muallimköy ’de partikül maddede ve topraktaki ağır metal kirliliği”, *Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 9, s.12-22, Gebze, 2009.
24. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, *Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*, 2001.
25. Chiroma, T. M., Ebewe, R. O., Hymore, F.K., “Comparative Assessment of Heavy Metal Levels in Soil, Vegetables and Urban Grey Waste Water used for Irrigation in Yola and Kano”, *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 3(2), p.1-9, 2014.
26. Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı (U.S. EPA.), “Clean Water” Act, sec. 503, vol. 58, no. 32. (U.S. Environmental Protection Agency Washington, D.C.), 1993.
27. Seiler, H.G., Sieger, H., “Handbook on Toxicity of Inorganic Compounds”, *Marcel Dekker*, New York, p.10-1069 ,1988.

28. Kara, Y., “Bioaccumulation of Cu, Zn and Ni from the wastewater by treated *Nasturtium officinale*”, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2, s. 63-67, 2005.
29. Mudipalli, A., “Metals (micro nutrients or toxicants) and global health”, *Indian Journal of Medical Research*, 128, p.331–334, 2008.
30. Krystofova, O., Shestivska, V., Galiova, M., Novotny, K., Kaiser, J., Zehnalek, J., Babula, P., Opatrilova, R., Adam, V., Kizek, R., “Sunflower plants as bioindicators of environmental pollution with lead (II) ions”, *Sensors*, 9, p.5040- 5058, 2009.
31. Khan, S., Hesham, A., Qiao, M., “Effects of Cd and Pb on soil microbial community structure and activities”, *Environmental Science and Pollution Research*, 17, p.288-296, 2010.
32. Vural, H., “Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler”, *Çevre Dergisi* 8,s.3-8, 1993.
33. Iqbal, M.P., “Lead pollution a risk factor for cardiovascular disease in Asian developing countries”, *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 25, p.289– 294, 2012.
34. Özpolat, G., Tuli, A., “Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri”, *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), s. 502-521, 2016.
35. Habashi, F., “Handbook of extractive metallurgy”, Wiley-Vch, 2, Germany, 1997.
36. Solovyev, N., Drobyshev, E., Bjørklund, G., Dubrovskii, Y., Lysiuk, R., Rayman, M. P., “Selenium, selenoprotein P, and Alzheimer's disease: is there a link?”, *Free Radical Biology and Medicine*, 127, p.124-133, 2018.
37. Koller, L. D., Exon, J. H., “The two faces of selenium-deficiency and toxicity are similar in animals and man”, *Canadian Journal of Veterinary Research*, 50(3), s.297, 1986.
38. Spiller, H. A., Pfeifer, E., “Two fatal cases of selenium toxicity” *Forensic Science International*, 171(1), p.67-72, 2007.
39. Newman, L.S., Kreiss, K., “Nonoccupational beryllium disease masquerading as sarcoidosis: identification by blood lymphocyte proliferative response to beryllium”, *Am Rev Respir Dis.*, 145(5), p., 4-1212, 1992.
40. Sprince, N.L., Kanarek, D.J., Weber, A.L., Chamberlin, R.I., Kazemi, H., “Reversible respiratory disease in beryllium workers”, *Am Rev Respir Dis.*, 117(6), p.7-1011, 1978.

41. Stoeckle, J.D., Hardy, H.L., Weber, A.L., “Chronic beryllium disease: Longterm follow up of sixty cases and selective review of the literature”, *Am J Med*, 46(4), p.545-61, 1969.
42. Okada, M.A., Filipak, Neto, F., Hideo, Noso, C., Voigt, C.L., Campos, S.X., Oliveira, Ribeiro, C.A., “Brain effects of manganese exposure in mice pups during prenatal and breastfeeding periods”, *Neurochemistry International*, 97, p.109-116, 2016.
43. Michalke, B., Fernsebner, K., “New insight into manganese toxicity and speciation”, *Jornal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28, p.106- 116, 2014.
44. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, CDC, “Public health statement; Manganese”, Atlanta, p.1-10, 2012.
45. Santos, D., Batoreu, C., Mateus, L., Marreilha dos Santos, A.P, Aschner, M, “Manganese in human parenteral nutrition: Consideration for toxicity and biomonitoring”, *NeuroToxicology*, 43,p.36-45, 2014.
46. Turnlund, J.R., Keyes, W.R., Kim, S.K., Domek, J.M., “Long-term high copper intake: effect on copper absorption, retention and homeostasis in men”, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 4(81), p.822-828, 2005.
47. Çay, S., Uyanık, A., Özaşık, A., “Single and binary component adsorption of copper (II) and cadmium (II) from aqueous solution using tea-industry waste”, *Separation Purification Technology*, 38, p.273-28, 2004.
48. Fosmire, G. J., “Zinc toxicity”, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 51(2), February, p.225–227, 1990.
49. Hess, R., Schmid, B., “Zinc supplement overdose can have toxic effects”, *Journal of Pediatric Hematology Oncology*, 24, p.582–584, 2002.
50. Arabinda, K., Das, A.K., Dutta, M., Cervera, L., Guardia, M., "Determination of thallium in water samples", *Microchemical Journal*, 86, p.2-8, 2007.
51. Kucera, J., Mizera, J., Randa, Z., Vavrova, M., “Pollution of agricultural crops with lanthanides, thorium and uranium studied by instrumental and radiochemical neutron activation analysis”, *Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry*, 271, p.581–587, 2007.
52. Tunçok, Y., “İçme suyunda ağır metaller ve insan sağlığına etkileri”, Dokuz Eylül Tıp Fakültesi, Farmakoloji Anabilim Dalı Klinik Toksikoloji, *B.D. İlaç ve Zehir Danışma Merkezi*, İzmir, 2008.

53. Duda, Chodak A., Baszczy, U., “The impact of nickel on human health”, *Journal of Elementology*, 13, p. 685–696, 2008.
54. Kalve, S., Sarangi, B.K., Pandey, R.A., Chakrabarti, T., “Arsenic and chromium hyperaccumulation by an ecotype of *Pteris vittata*-prospective for phytoextraction from contaminated water and soil”, *Current Science*, 100, p.888–894, 2011.
55. Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., “Metallerin çevresel etkileri I”, *Metalurji Dergisi*, 136, s.47-53, 2003.
56. Awofolu, O., “A survey of trace metals in vegetation, soil and lower animal along some selected major roads in metropolitan city of Lagos”, *Environmental Monitoring and Assessment*, 105, p. 431-447, 2005.
57. Tripathi, R.D., Srivastava, S., Mishra, S., Singh, N., Tuli, R., Gupta, D.K., Maathuis, F.J.M., “Arsenic hazards: strategies for tolerance and remediation by plants”, *Trends in Biotechnology*, 25, p.158–165, 2007.
58. Şen, A., “Elektrik alan şiddetlerinin ölçümü ve Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında yapay sinir ağları ile analizi”, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, 2007.
59. Ahmed, I., Greenaway, F., “GIS application for land planning and management in montserrat, west indies”, *Proseeding of the Open Source GIS-GRASS User Conference*, Italy, 2002.
60. Gowd, S., S., Reddy, M., R., Govil, P., K., “Assessment of heavy metal contamination in soils at Jajmau (Kanpur) and Unnao industrial areas of the Ganga Plain, Uttar Pradesh, India”, *Journal of Hazardous Materials*, 174, p.113–121, 2010.
61. Krishna, A., K., Govil, P., K., “Soil contamination due to heavy metals from an industrial area of Surat, Gujarat, Western India”, *Environ Monit Assess* 124, p. 263–275, 2007.
62. Yılmaz, H., Göl, C., “Çankırı Gökdere Havzasının Havza Karakteristiklerinin Ve Bazı Hidrofiziksel Toprak Özelliklerinin Araştırılması”, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Çankırı, 2010.
63. Özkan, G., “Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısal Kırsal Alandaki Hava Kalitesi; Muallimköy ‘de Partikül Maddede ve Topraktaki Ağır Metal Kirliliği”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, 2009.

64. Sümer, A., Adiloğu, S., Çetinkaya, O., Adiloğlu, A., Sungur, A., Akbulak, C., “Karamenderes Havzası Topraklarında Bazı Ağır Metallerin (Cr, Ni, Pb) Kirliliğinin Araştırılması”, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (1), 2013.
65. Apaydın, A., “Sanayiden Kaynaklanan Toprak Kirliliğinin Araştırılması: Samsun-Tekkeköy Bölgesi”, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara, 2005.
66. Adamo, P., Dudka, S., Wilson, M.J., Mchardy, W.J., “Chemical and mineralogical forms of Cu and Ni in contaminated soils from the sudbury mining and smelting region”, *Environ Pollution*, 91(1), p.11-19, Canada, 2002.
67. Uytun, A., “Kocaeli kentinde seçilen kırsal bölgelerde toprak nemi ve toprak kirliliğinin belirlenmesi”, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli, 2012.
68. Bayhan, Y., Nuhoglu, A., Cakici, Yapici, S.A., Kocaman, B., “The effects of cement dust on some soil characteristic”, *Fresenius Environmental Bulletin*, 11, p. 11, 2002.
69. Abacıbayar, A.A., Yılmaz, K., “Adıyaman, Kahramanmaraş ve Hatay sulak alanı topraklarında bazı ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi”, *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(2), p.128-134, 2020.,
70. Özkul, C., “İzmit (Kocaeli) civarında endüstrileşmenin toprak ağır metal derişimine etkisi”, *Uygulamalı Yerbilimleri*, 2, 2008.
71. Yalçın, M.G., Battaloğlu, R., “Investigation of heavy metals pollution along the Nigde-Kayseri road”, *Asian Journal of Chemistry*, 19(3), p.2257-2264, 2007.
72. Özbaş, E.E., “Heavy metals in surface soils of groves: A study from Istanbul”, *Scientific Research and Essays*, 6(7), p.1667-1672, 2011.
73. Dağdeviren, Ş., “Çorlu ve civarındaki topraklarda ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi ve sonuçlarının yapay sinir ağları ile değerlendirilmesi”, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi*, Edirne, 2007.
74. Ahmed, A.N., “Heavy metal pollution in north iraq soils caused by industry”, *Yüzüncüyıl Üniversitesi Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Van, 2017.
75. Dardan, Yumurtalık, E., “Karataş (Adana) arasındaki sahil kumlarındaki ağır metal kirliliğinin araştırılması”, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi* Adana, 2019.

76. Öztemel, Z., “Şanlıurfa-Viranşehir karayolu kenarındaki topraklarda motorlu taşıtlardan kaynaklanan ağır metal kirliliği”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Van, 2012.
77. Hu, Y., Liu, X., Bai, J., Shih, K., Zeng, Y.E., Cheng, H., “ Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization”. *Environ Sci Pollut Res*, 20, p.6150–6159, 2013.
78. Xu, X., Zhao, Y., Zhao, X., Wang, Y., Deng, W., “Sources of heavy metal pollution in agricultural soils of a rapidly industrializing area in the Yangtze Delta of China”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 108, p. 161-167, 2014.
79. Ölgen, M. K., Gür, F., “Yatağan termik santrali çevresinden toplanan likenlerde (*Xanthoria parietina*) saptanan ağır metal kirliliğinin coğrafi dağılışı”, *Türk Coğrafya Dergisi*, 57, p.43-54, 2012.
80. Çelenk, F., “Erenler ilçesi D100 karayolu boyunca uzanan topraklardaki ağır metal (Pb ve Cd) kirliliğinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile gösterilmesi”, *Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 66, p. 37-42, 2016.
81. Kocaman, P., “Çorlu-Çerkezköy civarındaki bazı fabrikalara yakın tarım arazilerindeki çeşitli ağır metal kirlilik düzeylerinin toprak ve bitki analizleri ile belirlenmesi”, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Tekirdağ, 2016.
82. Melek, T., “Devrekani tarım topraklarında bazı toprak özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla değerlendirilmesi”, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Kastamonu, 2020.
83. Zhang, C., “Using multivariate analyses and GIS to identify pollutants and their spatial patterns in urban soils in Galway”, Ireland, *Environmental Pollution*, 142(3), p. 501-511, 2006.
84. Guo, G., Wu, F., Xie, F., Zhang, R., “Spatial distribution and pollution assessment of heavy metals in urban soils from southwest China”, *Journal of Environmental Sciences*, 24(3), p. 410-418, 2012.
85. Maas, S., Scheifler, R., Bens lama, M., Crini, N., Lucot, E., Brahmia, Z., Benyacoub, S., Giraudoux, P., “Spatial distribution of heavy metal concentrations in urban, suburban and agricultural soils in a Mediterranean city of Algeria”, *Environmental Pollution*, 158(6), p. 2294-2301, 2010.

86. Zhang, C. , Luo, L., Xu, W. , Ledwith, V., “Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland”, *Science of The Total Environment*, 398(1–3), p. 212-221, 2008.
87. Carr, R., Zhang, C., Moles, N., Harder, M., “Identification and mapping of heavy metal pollution in soils of a sports ground in Galway City, Ireland, using a portable XRF analyser and GIS”. *Environ Geochem Health* ,30, p.45–52, 2008.
88. Mihailović, A., Budinski-Petković, L., Popov, S., Ninkov, J., Ralević, N.M., Vučinić Vasić, M., “Spatial distribution of metals in urban soil of Novi Sad, Serbia: GIS based approach”, *Journal of Geochemical Exploration*, 150, p.104-114, 2015.
89. Ramachandra, T.V., Shruthi, B.V., “Spatial mapping of renewable energy potential”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11 (7), p. 1460-1480, 2007.
90. Korre, A., Durucan, S., Koutroumani, A., “Quantitative-spatial assessment of the risks associated with high Pb loads in soils around Lavrio, Greece”, *Applied Geochemistry* 17(8), p.1029-1045, 2002.
91. Lu,A., Wang, J., Qin, X., Wang, K., Han, P., Zhang, S., “Multivariate and geostatistical analyses of the spatial distribution and origin of heavy metals in the agricultural soils in Shunyi, Beijing, China”, *Science of The Total Environment*, 425, p. 66-7415, 2012.
92. Cheng, J., Shi, Z., Zhu, Y., “Assessment and mapping of environmental quality in agricultural soils of Zhejiang Province, China”, *Journal of Environmental Sciences*, p.50-54, 2007.
93. Bağdatlı, M.C., Can, E., “Analysis of precipitation datas by mann kendall and sperman’s rho rank correlation statistical approaches in Nevsehir province of Turkey”, *Recent Research in Science and Technology*, 11, s.24-31, 2019
94. Bağdatlı, M. C., Arıkan, E. N., “Evaluation of Monthly Maximum, Minimum and Average Temperature Changes Observed for Many Years in Nevsehir Province of Turkey”, *World Research Journal of Agricultural Science*, 7(2), p.209-220, 2020.
95. Bağdatlı, M.C., Arslan, O., “Evaluation of The Number of Rainy Days Observed for Long Years Due to Global Climate Change in Nevşehir / Turkey ”, *Recent Research in Science and Technology Journal*, 11, p. 9-11, 2019.
96. Bağdatlı, M.C., Ballı, Y., “Evaluation with Trend Analysis of The Open Surface Evaporation in Observed for Many Years: The Case Study in Nevsehir Province of Turkey”, *Recent Research in Science and Technology Journal*, 11, p.15-23, 2019.

97. Engiz, A.M., “Türkiye’de patates tohumluğu üretiminin ekonomik yönden değerlendirilmesi -Nevşehir örneği”, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Ankara, 2007.
98. İnternet: Tarım ve Orman Bakanlığı Nevşehir İl Tarım Ve Orman Müdürlüğü, <https://nevsehir.tarimorman.gov.tr>.
99. Horneck, D. A., Hart, J. M., Topper, K., Koepsell, B., “Methods of soil analysis used in the soil testing laboratory at Oregon State University”. *Agr. Exp. Sta. Oregon*, p. 1-21, USA, 1989.
100. Richards, L.A., “Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils”, U.S. Dept. Agr. Handbook, p.60, 1954.
101. Tarım ve Orman Bakanlığı, *Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı*, 2005.
102. Kol, Ç., Küpçü, S., “ArcGIS Spatial Analiz”, *Ankara: İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti.*, 2008.
103. Yaprak, S., Arslan, E., “Kriging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerinin Enterpolasyonu, Jeodezi”, *Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 98, s.36-42, 2008.
104. Taylan, E.D., Damçayırı, D., “Isparta Bölgesi Yağış Değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon Yöntemleri ile Tahmini”, *İMO Teknik Dergi*, s. 7551-7559, 2016.
105. Arslanoğlu, M., Özçelik, M., “Sayısal arazi yükseklik verilerinin iyileştirilmesi”, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, 28 Mart - 1 Nisan 2005.
106. Elangovan, R., Yadava Mudaliar, P., Rahaman, K., Muttavarapu, R., Rajan, V., “Evaluation of noise climate in a campus environment using geospatial technology”, *Acoustical Society of America*, 19, 2013.
107. Çullu, M.A., “Toprak Etüt Haritalama ve Toprak Yönetimi Gerekliliği”, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1), p.23-25, 2012
108. Mollavelioğlu, Ş., “Sürdürülebilir tarımın ölçümü ve Türkiye açısından değerlendirilmesi”, *Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi*, Ankara, 2009.
109. Schuurman, N., “GIS: A Short Introduction Oxford: Blackwell Publishing”, 2004.

110. Gülbay, Y., “Ankara Çukurambar Mahallesi’nde kentsel rantın Coğrafi Bilgi Sistemleri (C.B.S.) kullanılarak belirlenmesi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara, 2006.
111. Küpçü, S., “Arc GIS Uygulama Dokümanı”, *İşlem Eğitim*, Ankara, 6-11, 2000.
112. Kırıcı, H.K., “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarıyla Türkiye’de fay hatları ile depremsellik ilişkisinin belirlenmesi” *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ağustos, 2019.
113. Turoğlu, H., “Coğrafi bilgi sistemlerinin temel esasları”, *İstanbul: Çantay*, 2008 .
114. Yomralıoğlu, T., “Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar”, *Seçil Ofset*, İstanbul, s. 376-384, 2000.
115. Aydınlioğlu, A.Ç., Tın, E., Lenk, O., Çobanoğlu, S., Toksoy, A., Güney, M., Kara, A., Bovkır, R., “INSPIRE Direktifinin Uygulanmasına Yönelik Yatay Sektörde Kapasite Geliştirme İçin Teknik Destek Projesi” TC Çevre Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Veri Alt Yapısı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Ankara
116. Öztemel, Z., “Şanlıurfa – Viranşehir karayolu kenarındaki topraklarda motorlu taşıtlardan kaynaklanan ağır metal kirliliği”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Kasım, 2012.
117. Beccaloni, E., Vanni, F., Beccaloni, M., Carere, M., “Concentrations of arsenic, cadmium, lead and zinc in homegrown vegetables and fruits: Estimated intake by population in an industrialized area of Sardinia, Italy”, *Microchemical Journal*, 107, p.190-195, 2013.
118. Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, *Sayısal Toprak Haritaları*, Ankara, 2000.
119. İnternet,”Kriging ne anlama geliyor? Kriging ne için kullanılır?”
<https://jeolojibilgileri.wordpress.com/2020/10/28/kriging-ne-anlama-geliyor-kriging-ne-icin-kullanilir>