

**NİLÜFER ÇAYI İLE SULANAN ALANLARIN BAZI
ÖNEMLİ TOPRAK ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL
İÇERİKLERİNİN KONUMSAL ANALİZİ İLE GÜNCEL
ARAZİ KULLANIM TÜRLERİNİN BELİRLENMESİ**

Duygu ÖZSOY



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**NİLÜFER ÇAYI İLE SULANAN ALANLARIN BAZI ÖNEMLİ TOPRAK
ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN KONUMSAL ANALİZİ
İLE GÜNCEL ARAZİ KULLANIM TÜRLERİNİN BELİRLENMESİ**

Duygu ÖZSOY

0000-0002-9510-8131

Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY

(Danışman)

0000-0003-4443-3652

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

TEZ ONAYI

Duygu ÖZSOY tarafından hazırlanan "NİLÜFER ÇAYI İLE SULANAN ALANLARIN BAZI ÖNEMLİ TOPRAK ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN KONUMSAL ANALİZİ İLE GÜNCEL ARAZİ KULLANIM TÜRLERİNİN BELİRLENMESİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY
0000-0003-4443-3652

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

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

Üye : Doç. Dr. Barış Bülent AŞIK
0000-0001-8395-6283
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

04/10/2019

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

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

beyan ederim.

02 / 09 / 2019

Duygu ÖZSOY



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NİLÜFER ÇAYI İLE SULANAN ALANLARIN BAZI ÖNEMLİ TOPRAK ÖZELLİKLERİ
VE AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN KONUMSAL ANALİZİ İLE GÜNCEL ARAZİ
KULLANIM TÜRLERİNİN BELİRLENMESİ

Duygu ÖZSOY

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

Danışman: Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY

Bursa ilinde son otuz yıldır süregelen sanayileşme ve kentleşme sonucunda Nilüfer Çayı su kalitesi kaynağında 1-2. sınıf iken 4. sınıf su kalitesine gerilemiştir. Bölge için önemli olan bu su kaynağının uzun yıllar sulama amacıyla kullanılması sonucu toprak ve bitkilerin ağır metaller açısından kirlendiği düşünülmektedir. Bu araştırmada, Nilüfer Çayı'nın ana kolları ve kirlilik kaynakları yorumlanarak, altı farklı araştırma alanı oluşturulmuştur. Araştırma alanları, kirlenici faktörlerin (bazı endüstriyel arıtma tesislerinin deşarj noktaları) ve sulamanın yoğun yapıldığı yöreler tespit edilerek belirlenmiştir. Bu bölgelerden sulama yapılan ve sulama yapılmayan dönemleri temsil eden iki farklı zaman diliminde (Mayıs-Ekim) toprak örnekleri toplanmıştır. Alınan toprak örneklerinde kimi toprak verimliliği analizleri ile ağır metal (toplam ve DTPA ile ekstrakte edilebilir) içerikleri belirlenmiştir. Sonuçlar uluslararası kirlilik sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bunlara ek olarak, araştırma alanlarının kirlilik endeksleri (kirlilik faktörü (CF), zenginleşme faktörü (EF) ve jeobirikim endeksi (Igeo)) belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen tüm laboratuvar sonuçları çalışma için oluşturulan CBS veri tabanına girilmiştir. Toprakların kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri ile güncel kirlilik durumunu gösteren mekansal dağılım haritaları CBS içinde oluşturulmuş ve bazı istatistiksel analizler yapılmıştır. Bu çalışmalara ek olarak sayısal orto foto verisine dayalı güncel arazi kullanım/örtü türleri de belirlenmiş, haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre araştırma alanlarında Nilüfer çayının sulamada kullanılması sonucu topraklarda ağır metal birikiminin olduğu ve özellikle bitki yetiştiriciliğinde önemli olan alınabilir miktarlar (DTPA ile ekstrakte edilebilir) açısından Nilüfer Çayı kenarında tarım yapılan topraklarda artışın olduğu belirlenmiştir. Çalışma yörelerinde kirlilik faktörü (CF) değerleri 0,31 ve 6,31 arasında; zenginleşme katsayısı (EF) değerleri 0,19 ve 5,54 arasında değişim göstermiştir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar kentleşme ve sanayileşme sürecindeki Bursa ilinin önemli bir su kaynağı olan Nilüfer Çayı ve onun havzasının kirlilik durumunun tespiti ve mekansal dağılım haritalarının oluşturulmasını konu alacak gelecekteki araştırma projeleri için bir yol haritası ve veri kaynağı olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Nilüfer Çayı, ağır metaller, toprak kirliliği, toprak verimliliği, CBS.

2019, viii + 84 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

SPATIAL ANALYSIS OF SOME IMPORTANT SOIL PROPERTIES AND HEAVY METAL CONTENTS WITH DETERMINING OF LANDUSE TYPES OF THE AREAS IRRIGATED BY THE NILUFER STREAM

Duygu ÖZSOY

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ertuğrul AKSOY

Consequently on going industrialization and urbanization in the last 30 years in Bursa province, the Nilufer creek water quality is reduced to class-4 from class-1-2. By long term use of this important water source for irrigation in the region, it is considered that the soil and plants may be contaminated in terms of heavy metals. In this research, six different research areas were created by interpreting the main tributaries and pollution sources of the Nilufer Creek. The research areas were determined considering where pollution factors (points of discharges of some industrial water treatment facilities) and irrigation were intense. Soil samples were collected in two different time series (May-October) representing the irrigation and non-irrigation period of the area. In the soil samples some soil fertility analysis were performed. Heavy metal (extracted by DTPA and total content) contents of the soil and sediment samples were also determined. The results were compared with international pollution limits. In addition, contamination indexes (contamination factor (CF), enrichment factor (EF), pollution load index (PLI) and geo-accumulation index (I_{geo})) of the study areas were determined. All results obtained in this research were entered to a GIS database, which was created for the studied areas. Value results of all laboratory analysis were entered to the database and spatial distribution colour maps were created for each value and some statistical analysis were computed. As a result, the current state of pollution of the soils was established and mapped. In addition, actual land use/cover types based on digital satellite data were also identified and mapped. According to the results, because of use of Nilufer Creek as an irrigation source, heavy metal accumulation in soil was determined and it was significant for the available to plant forms (extracted by DTPA). In the study area contamination factor (CF) values were ranged between 0.31 and 6.31 while enrichment factor (EF) values were ranged between 0.19 and 5.54. The results obtained from this research can be used as a roadmap and data source for future research projects which will be related with the Nilüfer Creek, an important water source for Bursa which is in the process of urbanization and industrialization.

Key words: Nilufer Creek, heavy metals, soil pollution, soil fertility, GIS.

2019, viii + 84 pages.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, tez alışmamın planlanması, yürütülmesi ve yazımı aşamasında olduğu gibi diğer alışma ve eğitim hayatımda bana fikir ve bilgisi ile büyük katkı sağlayan değerli danışman hocam Doç.Dr. Ertuğrul AKSOY'a teőekkürlerimi sunarım.

Bu tez TÜBİTAK-TOVAG tarafından desteklenen 1140713 no'lu projenin katkılarıyla yapılmıştır. Bu fırsatla TÜBİTAK'a tezimin yürütülmesinde finansal katkı sağladığı için teşekkür ederim.

Projenin yürütülmesi, toprak örneklerinin alınması ve laboratuvar çalışmalarında bana destek olan proje yürütücüsü değerli hocam Doç.Dr. Barış Bülent AŞIK'a ve verilerimin haritalandırılması ve tez yazımı aşamasında yardımlarını gördüğüm değerli hocam Doç.Dr. Gökhan ÖZSOY'a da teőekkürlerimi sunarım.

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

Duygu ÖZSOY
02 / 09 / 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	9
3.1. Materyal.....	9
3.1.1. Çalışma alanı konumu ve çalışma bölgelerinin belirlenmesi.....	9
3.1.2. Çalışma alanı iklimi.....	12
3.1.3. Çalışma alanı toprakları.....	12
3.1.4. Çalışmada kullanılan donanım ve yazılımlar.....	13
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Toprakların örneklenmesi.....	14
3.2.2. Toprak analizleri.....	15
3.2.3. Toprakların kirlilik açısından değerlendirilmesi.....	18
3.2.4. Jeostatistik analizler ve verilerin haritalandırılması.....	22
3.2.5. Arazi kullanım/örtü durumu ve haritalandırılması.....	24
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	25
4.1. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	25
4.2. Toprakların Besin Elementi İçerikleri.....	34
4.3. Topraklarının Ağır Metal İçerikleri.....	35
4.4. Toprakların Kirlilik ve Birikim Faktörleri.....	49
4.4.1. Kirlilik faktörü (CF).....	49
4.4.2. Birikim (zenginleştirme) faktörü (EF).....	58
4.4.3. Coğrafi birikim faktörü (Igeo).....	63
4.4.4. Kirlilik yük endeksi (PLI).....	66
4.5. Arazi Kullanım/Örtü Durumu.....	70
5. SONUÇ.....	78
KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1.	Çalışma alanı konum haritası ve Nilüfer Çayı boyunca seçilen örnek çalışma bölgeleri.....	10
Şekil 3.2	Nilüfer Çayı boyunca seçilen örnek çalışma bölgeleri ve toprak örnekleme noktaları.....	11
Şekil 4.1.	Yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların bünye dağılımı haritası.....	28
Şekil 4.2.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların pH dağılımı haritası.....	29
Şekil 4.3.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların EC dağılımı haritası.....	29
Şekil 4.4.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların kireç içeriği dağılımı haritası.	33
Şekil 4.5.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların organik madde içeriği dağılımı haritası.....	33
Şekil 4.6.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe içeriği dağılımı haritası.....	39
Şekil 4.7.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn içeriği dağılımı haritası.....	40
Şekil 4.8.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn içeriği dağılımı haritası.....	42
Şekil 4.9.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu içeriği dağılımı haritası.....	43
Şekil 4.10.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd içeriği dağılımı haritası.....	44
Şekil 4.11.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr içeriği dağılımı haritası.....	45
Şekil 4.12.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni içeriği dağılımı haritası.....	47
Şekil 4.13.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb içeriği dağılımı haritası.....	48
Şekil 4.14.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Fe değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	54
Şekil 4.15.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Cu değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	54

Şekil 4.16.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Zn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	55
Şekil 4.17.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Mn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	55
Şekil 4.18.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Cd değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	56
Şekil 4.19.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Cr değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	56
Şekil 4.20.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Ni değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	57
Şekil 4.21.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Pb değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	57
Şekil 4.22.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Fe değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	58
Şekil 4.23.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Cu değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	59
Şekil 4.24.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Zn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	59
Şekil 4.25.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Mn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	60
Şekil 4.26.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Cd değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	60
Şekil 4.27.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Cr değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	61
Şekil 4.28.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Ni değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	61
Şekil 4.29.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Pb değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	62
Şekil 4.30.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Fe değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	65
Şekil 4.31.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Cu değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	67
Şekil 4.32.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Zn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	67
Şekil 4.33.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Mn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	68
Şekil 4.34.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Cd değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	68
Şekil 4.35.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Cr değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	69
Şekil 4.36.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Ni değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	69
Şekil 4.37.	Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Pb değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.....	70
Şekil 4.38.	Araştırma bölgeleri ve ortofoto görüntüleri üzerindeki konumu.....	71
Şekil 4.39.	Araştırma bölgelerinin arazi kullanım/örtü türleri yorum sınırları ve ortofoto görüntüsü.....	71

Şekil 4.40.	Araştırma bölgelerinin arazi kullanım/örtü türleri alansal ve oransal dağılım haritası ve ortofoto görüntüsü.....	72
Şekil 4.41.	Birinci bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.....	73
Şekil 4.42.	İkinci bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.....	74
Şekil 4.43.	Üçüncü bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.....	74
Şekil 4.44.	Dördüncü bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.....	75
Şekil 4.45.	Beşinci bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.....	77
Şekil 4.46.	Altıncı bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.....	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Bursa ili çok yıllık (ölçüm periyodu 1926-2017) ortalama meteorolojik verileri (Anonim 2018).....	12
Çizelge 3.2. Çalışma kapsamında kullanılan kartoğrafik veri ve yazılımlar.....	13
Çizelge 3.3. Çalışma kapsamında toprak örneği alınan noktaların yersel koordinatları.....	16
Çizelge 3.4. Kalite endeks değerleri ve başvuru kaynakları.....	19
Çizelge 4.1. Birinci örnekleme döneminde alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	26
Çizelge 4.2. İkinci örnekleme döneminde alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	30
Çizelge 4.3. Birinci ve ikinci dönemde alınan toprak örneklerinin ağır metal içerikleri.....	36
Çizelge 4.4. Çalışma bölgelerinden alınan toprak örneklerinde kirlilik ve birikim faktörleri.....	51
Çizelge 4.5. Çalışma alanı topraklarının Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerine göre hesaplanan kirlilik ve birikim faktörlerinin alansal dağılımı.....	52
Çizelge 4.6. Çalışma alanı topraklarının Cd, Cr, Ni ve Pb içeriklerine göre hesaplanmış kirlilik ve birikim faktörlerinin alansal dağılımı.....	53
Çizelge 4.7. Çalışma alanı topraklarının hesaplanan kirlilik yük endeksi (PLI) sınıflarının alansal dağılımı.....	66

1. GİRİŞ

Son yıllarda toprak ve su kirliliği gerek insan yaşamını gerekse de diğer canlıların yaşamını etkileyen önemli bir çevresel sorun haline gelmektedir. Endüstrileşme ve kentleşme ile meydana çıkan atık suların doğal kaynaklara deşarj edilmesi kirliliğin en yaygın sebeplerindendir. Atık sular üretildiği kaynağa göre bazı elementler içerirler. Bu elementler kısaca; zararlı patojen mikroorganizmalar, organik ve inorganik bileşikler, alkaliler, metal tuzları, fenoller, oksitleyiciler, boyalar, sülfatlar, hidrokarbonlar, yağlar, demir, bakır, alüminyum, civa, kadmiyum, arsenik, kobalt, kurşun, krom gibi ağır metaller ile organik fosfor ve azot gibi elementler olabilmektedir.

Endüstriyel atıksu kirliliği sonucu ekolojik denge çoğu zaman geri dönüşü olmayacak biçimde bozulmaktadır (Tan 2006). Özellikle Hg, Cd ve Pb gibi çok düşük konsantrasyonlarda bile zehir etkisi gösteren ağır metaller doğal yaşam için büyük tehlikeler oluşturmaktadır (Galal-Gorchev 1991). Çoğu bölgelerde atıksular ile kirletilmiş su kaynakları tarımsal amaçlı sulamada kullanılmakta ve kirliliğin boyutu çok daha fazla alanı etkilemekte ve yayılmaktadır. Sulama ile su içerisinde ve dip çamurunda bulunann ağır metaller toprak sistemine ve bitkiye geçmektedir. Atıksular ile sulanan tarlalardan elde edilen ürünler sadece yerel pazarlara değil ülke içindeki diğer pazarlara da ulaştırıldığı düşünülürse, söz konusu kirlilikten aslında tüm ülke etkilenmektedir.

Ağır metaller topraktaki nitrifikasyon, organik maddenin mineralizasyonu, solunum ve enzim aktiviteleri gibi biyokimyasal reaksiyonları etkilerler. Ağır metallerin topraktaki biyolojik olaylar üzerine toksik etkisi, onların mobiliteleri, topraktaki konsantrasyonları, ana materyalin kimyasal bileşimi, toprak bileşimi ve bileşimin çözünürlüğüne bağlıdır. Bu sebeplerden dolayı topraktaki ağır metal konsantrasyonu belirli sınırları aşmaması gerekmektedir. Bunun yanında ağır metallerin çözünürlüğü ve mobilitesi etki düzeylerini belirlemektedir. Örneğin Kadmiyum (Cd) düşük konsantrasyonlarda olsa bile zehir etkisine sahiptir. Bu nedenle ağır metallerin topraktaki miktarlarının yanısıra bitkiye taşınım düzeyleri de önem taşımaktadır.

Günümüzde kentleşmeye ve sanayileşmeye bağlı olarak, hem evsel hem de endüstriyel atıkların artması ile birlikte toprak ve su kirliliği önemli boyutlara ulaşmıştır. Bursa ili için önemli bir su kaynağı olan Nilüfer Çayı da aynı şekilde endüstriyel ve kentsel kaynaklı kirletilmiş ve su kalitesi kötüleşmiştir. Bu durumun ana sebeplerini; arıtma tesisi olan işletmelerin arıtma tesislerini düzenli çalıştırmamaları, ovada tarım arazileri içinde bulunan kaçak sanayi kuruluşlarının atıksularını Nilüfer Çayı'na doğrudan deşarj etmeleri oluşturmaktadır. Öyleki; Nilüfer Çayı, kaynağında “kaliteli su” özelliğinde iken, Bursa kent yerleşimini doğudan batıya doğru geçerek şehir yerleşimini terk edinceye kadar “aşırı kirli su” sınıfına kadar kirletilmektedir.

Bu durum “Su Havzalarında Kirlenme Durumlarının İncelenmesi ve Bu Havzalarda Kalite Sınıflarının Tespiti Projesi” kapsamında incelenen Susurluk Havzası'nda yer alan çaylar ve kirlilik durumları ile ilgili olarak Nilüfer Çayı'nın hem organik hem de ağır metal açısından aşırı derecede kirlenmiş olduğu ve Nilüfer Çayı'nın diğer bir kolu olan Soğanlıdere ve Ayvalı Dereleri'nin su kalitesi “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”ne (SKKY) göre IV. sınıfta yer aldığı şeklinde belirtilerek ortaya konulmuştur (Burak ve ark. 1997).

Nilüfer Çayı ve kolları bazı bölgelerde yoğun olarak tarımsal sulama amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle suların içerdiği ağır metal ve diğer kirletici bileşenler nedeniyle sulama yapılan toprakların ağır metal içeriklerinin ve tuzluluk düzeylerinin arttığı düşünülmektedir. Yoğun tarımın yapıldığı bu bölgelerde, Nilüfer Çayı ile sulama sonucu topraklarda meydana gelen değişimin sürekli takip edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma, TÜBİTAK TOVAG tarafından 114O713 no'lu proje ismiyle desteklenmiş olan bilimsel araştırma projesinin bir kısmını kapsamaktadır. Çalışmada, Nilüfer Çayı ve bazı ana kollarının yer aldığı inceleme alanları belirlenmiş ve bu bölgeler içinde sulama yapılan tarım parsellerinin ağır metal içerikleri analiz edilmiş ve kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Söz konusu projede toprak analizleri yanında sulama suyu (Nilüfer Çayı), dip çamuru ve bitki analizleri de yer almaktadır.

Bu çalışmanın hedefleri şu şekilde özetlenebilir;

1. Nilüfer Çayının tarımsal sulama amaçlı kullanıldığı yörelerde iki farklı derinlikten toprak örnekleri alınarak numunelerdeki ağır metal içeriklerinin ve kimi fiziksel-kimyasal özelliklerin laboratuvar analizleri ile belirlenmesi,
2. Çalışma alanı topraklarının kimi fiziksel-kimyasal özellikleri ile toprakların ağır metal içeriklerinin güncel durumunu gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı renkli mekansal dağılım haritaları ve kirlilik haritalarının oluşturulması,
3. Nilüfer Çayı boyunca belirlenmiş olan çalışma bölgelerinin güncel arazi kullanım/örtü durumunun sayısal orto foto verileri ve arazi gözlemleri ile belirlenerek CBS içinde haritalandırılması hedeflenmiştir.

Bu çalışma TUBİTAK TOVAG tarafından 114O713 no'lu proje ile desteklenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Hızlı sanayileşme ve kentleşme, beraberinde kontrolsüz büyüme ve yüksek kar uğruna doğal kaynakların acımasız biçimde kullanılmasını getirmiştir. Doğal kaynakların aşırı kullanımı, süratli nüfus artışı ve kontrolsüz şehirleşme, toprak, su ve hava kirliliği gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır.

Toprak yeryüzündeki en önemli doğal kaynaklardan biridir. Toprakların başta erozyon ile taşınarak kaybolması, endüstriyel ve evsel kökenli olarak kirlenmesi, amacı dışında kullanımı (sanayi ve konut amaçlı işgal edilerek yok olması) gibi büyük çevresel sorunlar ile topraklar gün geçtikçe verimsizleşmekte ve bazen de kullanım dışına çıkarılmaktadır.

Doelsch ve ark.'na (2006) göre başlıca toprak kirleticileri ağır metaller, organik bileşikler, hormonlar, pestisitler ve radyoaktif hidrokarbon yanma ürünleri oluşturmakta ve çevre için giderek daha büyük problemler yaratmaktadır. Ağır metaller arasında ise Hg, Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn başlıca toprak kirleticilerdir. Topraktaki ağır metaller bitkiler tarafından alınarak tolere edebilme durumuna göre çeşitli dokularında birikebilirler. Bitkilerdeki ağır metaller ise onlardan beslenen insan ve hayvanlara geçerek gıda zincirine dahil olurlar.

Son yıllarda ülkemizde ve Dünya'da birçok çalışma ile topraklardaki kirlilik boyutuna dikkat çekilmekte ve olası önlemler üzerine ağırlık verilmektedir. Güleryüz ve ark. (2008) Nilüfer Çayı dip çamuru ve Nilüfer Çayının taşkın alanlarında yetişen farklı bitki türlerinde (*Rumex obtusifolius* L. ve *Polygonum lapathifolium* L., *Urtica dioica* L. ve *Xanthium strumarium* L.) Cr, Cu, Mn, Ni ve Zn miktarındaki değişimleri belirlemiştir. Dört farklı noktadan (BUSKİ, Cilimboz, BUTTİM ve Büyük Balıklı) almış oldukları dip çamuru örneklerinde amonyum asetat (pH:7,3) çözeltisi ile ekstrakte edilebilir Cr: 0,6-2,3 mg kg⁻¹, Cu: 0,7-3,6 mg kg⁻¹, Mn: 86-152 mg kg⁻¹, Ni: 0,9-5,6 mg kg⁻¹, Zn: 1,4-43,1 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişim gösterirken, Cr: 97-231 mg kg⁻¹, Cu: 38-50 mg kg⁻¹, Mn: 454-599 mg kg⁻¹, Ni: 54-89 mg kg⁻¹ ve Zn: 91-174 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Aynı noktalardan alınan bitki örneklerinde Cr: 38-146 mg kg⁻¹, Cu 65-372

mg kg⁻¹, Mn 234-566 mg kg⁻¹, Ni: 65-195 mg kg⁻¹ ve Zn: 166-434 mg kg⁻¹ arasında belirlenmiştir. Araştırmacılar bitkilerin türlerine bağlı olarak ağır metal toksisitesine dayanım gösterdiğini ve kimi bitkilerin yüksek ağır metal alımının toprakların ıslahında değerlendirilebileceğini belirtmişlerdir.

Liang ve ark. (2011) yaklaşık 20 yıldır atık su ile sulama yapılan alandan 270 adet toprak ve 23 adet bitki örneği alarak ağır metal kirlilik durumunu belirlemişlerdir. Ağır metal içeriklerinin kök>gövde>yaprak>dane şeklinde azaldığını, üst toprakta birikimin daha fazla olduğunu, ağır metal kirlilik derecesine göre metallerin Cd>Cr>Pb şeklinde sıralandığını ve çalışma alanlarında sulama ile birlikte ağır metal kirliliğinin arttığını belirtmişlerdir. Çalışmada ağır metallerin bitkide birikimi (plant concentration factor, PCF); mısır: Cr>Cd>Pb; soya fasulyesi; Cd>Cr>Pb ve ayçiçeği: Cr=Cd>Pb şeklinde sıralanmıştır.

Manoj ve ark. (2012) Subarnarekha Nehri üzerinde belirlemiş oldukları 6 farklı noktada baraj ve liman projesi öncesi su ve toprak örneklerinde ağır metal analizleri yapmışlar, kirlilik katsayısı (CF), kirlilik derecesi (CD) ve kirlilik yükü endeksi (PLI) değerlerinden yararlanarak bölgenin ağır metal durumunu ortaya koymuşlardır. Çalışma kapsamında alınan su ve sediment örnekleri değerlendirme sonuçlarına göre nehir suyu ve dip çamurunun kirlenmemiş ve ekolojik olarak sürdürülebilir değerlerde olduğunu; ancak su ve dip çamuru kalitesinin daha sonra da takip edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Abidemi (2013) Nijerya'da Ikirun endüstriyel bölgesinden toprak ve bitki örnekleri alarak ağır metal kirliliği ve bitki ağır metal alım durumunu araştırmıştır. Farklı bölgelerde yapılan çalışmada, çalışma alanlarının Fe, Cr, Pb ve Ni açısından kirli olduğunu belirlemiştir. Bitkide birikim faktörlerini ise Fe: 0,03-0,63, Co: 0,10-0,62, Ni:0,01-0,76, Pb: 0,00002-0,02 ve Cr: 0,09-0,95 olduğunu bildirmiştir.

Rahman ve ark. (2013) Dhaka kenti Peripheral Nehri kenarında bulunan şehirleşme etkisindeki sulama kanalları ve nehirlerden aldıkları su örneklerinde Cd, Cr, Ni, Pb ve Zn değerlerini ulusal standartlarla karşılaştırmışlardır. Yaklaşık 10 yıllık ağır metal miktarlarının değerlendirilmesi sonucu özellikle kurşun (Pb) miktarının standart değer

üzerinde bulunduğunu ve ağır metallerin içme suyu standartlarının üstünde olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada yıllara bağlı olarak Cd miktarının 0,0012-0,10 mg L⁻¹, Cr: 0,001-0,167 mg L⁻¹, Ni: 0,005-0,15 mg L⁻¹, Pb:0,004-0,224 mg L⁻¹, Zn: 0,062-4,60 mg L⁻¹ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmacılar, çalışmada ağır metallerin hangi noktalardan deşarj edildiğini CBS kullanarak belirlemişlerdir.

Khan ve ark. (2013) Pakistan'ın Lahor Kent'i civarında atık su ile sulanan alanlarda ağır metallerin bitki yaprak ve meyvesine taşınım durumunu araştırdıkları çalışmada 25 adet su, 76 adet toprak, 40 adet yaprak ve 30 adet sebze örneğinde ağır metal analizleri yaparak sınır değerler ile karşılaştırmışlardır. Su örneklerinin Cu, Mn, Ni ve Cd açısından sınır değerleri geçtiğini, Zn, Fe ve Pb yönünden ise sınır değerlerin altında kaldığını belirlemişlerdir. Toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn miktarını 1,30-8,02 mg kg⁻¹, Cu: 1,06-5,42 mg kg⁻¹, Fe: 8,60-35,03 mg kg⁻¹, Mn: 8,7-30,07 mg kg⁻¹, Pb: 2,11-30,86 mg kg⁻¹, Ni: 0,28-1,76 mg kg⁻¹, Cd: 0,05-0,52 mg kg⁻¹ arasında belirlemişlerdir. Yaprak ve bitki örneklerinde ağır metal miktarlarının WHO/FAO tarafından izin verilen değerleri geçtiğini ve toprakta ağır metal miktarlarının düşük olmasına rağmen bitkiye taşınımının meyveden çok yapraklarda olduğunu belirtmişlerdir.

Castane ve ark. (2015) Arjantin'de Luján Nehri su kalitesindeki değişimi belirlemek amacıyla 3 farklı noktada su kalitesi değişimini incelemişlerdir. Çalışmada ağır metaller de olmak üzere besin elementi düzeyi, fiziksel parametreler, organik kirleticiler, hidrokarbonlar, pestisitler, koliformlar ve çözünebilir tuzların analizleri yapılarak sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Nehrin başlıca kirlilik kaynağının kentsel kökenli deşarjlar olduğunu ve özellikle üçüncü örnekleme noktasının daha fazla kirlendiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar kirliliğe karşı özellikle nehrin orta ve üst bölümlerinde tedbirlerin alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Köktürk ve Atamanalp (2015) Tortum Çayı ve kollarında evsel atıkların ve hidroelektrik santral inşaatının su kalitesine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, Tortum Çayı ve kollarında belirlenen 9 istasyonda Haziran 2012- Mayıs 2013 tarihleri arasında aylık su örnekleri almışlardır. Bu örneklerde toplam fosfor, ortofosfat, toplam demir ve silikat değerlerine ek olarak sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, Ca-sertliği, toplam sertlik,

alkalinite, askıda katı madde, sülfat, amonyak-azotu, nitrit-azotu, nitrat-azotu değerleri analiz edilmiştir. Tortum Çayı ve kollarının fiziksel ve kimyasal özellikleri, “Su Çerçeve Direktifi ve Su Kirliliği Yönetmeliği Kıta İçi Su Kalite Standartları”na göre incelendiğinde su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve sülfat değerleri hariç düşük kaliteli su standartlarında olduğunu belirlemiştir. Araştırmacılar sonuç olarak Tortum Çayı ve kollarından gelen evsel atık, hayvansal orjinli gübre ve hidroelektrik santrallerinin inşaat atıkları sebebiyle kirlilik tehdidi altında olduğunu bildirmişlerdir.

Shirkhanloo ve ark. (2015) petrol rafinerisi civarındaki 9 farklı tarladan aldıkları, sebze ve su örneklerinde V, Co, Ni, As ve Hg miktarlarını incelemiştir. Bitki ve su örneklerinde V, Ni ve Co değerlerinin WHO tarafından bildirilen standartların üzerinde olduğunu belirlemiştir. Bu elementlerin topraktaki miktarları ise referans değerlerden daha düşük bulunmuştur. Araştırmacılar, ortaya çıkan atık suyun yüksek ağır metal içeriğinden dolayı bölgedeki tarımsal üretim için uygun olmadığını bildirmişlerdir.

He ve ark. (2015) ağır metal kirliliğinin endüstrileşme, hızlı nüfus artışı ve yoğun tarımdan kaynaklandığını, dünya genelinde 10 milyon bölgede ağır metal kirliliği bulunduğunu ve kirliliğin ekonomik zararının yıllık 10 milyar dolardan fazla olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, ülkelerin toprak kirliliği ile ilgili yönetmeliklerindeki sınır değerleri hakkında bilgiler vermiş, örnekleme ve toprak özelliklerine bağlı olarak belirlenen ağır metal miktarlarının sınır değerlerle karşılaştırılmasının zor olduğunu belirtmiştir. Bunun yanında, son yıllarda toprak kirliliği ile ilgili olarak potential ecological risk index (RI), geoaccumulation index (GI), enrichment factor (EF), nemero comprehensive index (NCI) ve pollution index (PI) gibi değerlerin daha yaygın kullanılmaya başladığını ve gelecekte yeni yönetmelik standartlarının geliştirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Kocaman ve ark. (2015) Ergene ve Maritza Nehri ile sulanan topraklardaki ağır metal içeriğini ve ağır metallerin bölgede yetişen çeltik bitkisindeki miktar ve taşınımını belirlemiştir. Araştırmacılar, söz konusu nehirlerle endüstriyel ve kentsel atık suların deşarj edildiğini, sulama suyu sınıfının dönemlere bağlı olarak 1. ve 3. sınıf olarak belirlendiğini bildirmişlerdir. Çalışma alanı toprakları Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn açısından

kritik değerin altında olmasına rağmen Ni miktarı açısından sınır değerin üzerinde (32,1-43,8 mg kg⁻¹) belirlenmiştir. Çeltik bitkisinde yapılan analizlere göre, ağır metallerin en fazla kökte biriktiği ve Pb içeriği açısından Türk Gıda Kodeksinde belirtilen 0,2 mg kg⁻¹ değerinin üzerinde (0,25-0.35 mg kg⁻¹) olduğu bildirilmiştir.

Aşık ve zsoy (2016) yaptıkları bir çalışmada Bursa İli'nde önemli bir su kaynağı olan Nilüfer ayı ve bazı kollarından topladıkları su ve dip çamuru örneklerinin ağır metal içeriklerini belirlemişlerdir. Ayrıca alışma kapsamında Nilüfer ayı ve bazı yan kolları ile sulanan tarım alanlarından da toprak ve bitki örnekleri almışlar ve bu numunelerde kimi fiziksel-kimyasal analizler ile ağır metal analizleri yapmışlardır. Çalışma kapsamında toplanan tüm toprak, su, dip çamuru ve bitki örneklerine ait yersel koordinatlar, Nilüfer ayı drenaj deseni ve örnek çalışma bölgelerinin sınırları ile araştırmada elde edilen tüm laboratuvar sonuçlarının yer aldığı bir CBS veri tabanı oluşturulmuştur. Ek olarak, toprak, su, bitki ve Nilüfer ayı dip çamurunun incelenen özellikler bazında güncel durumunu gösteren renkli mekansal dağılım haritaları ve kirlilik haritaları CBS içinde oluşturmuş ve bazı istatistiksel analizler gerçekleştirmişlerdir. Söz konusu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, Nilüfer ayının ötrifikasyon nedeni olan N ve P açısından 4. sınıf su kalitesinde olduğu; Pb, Cu ve Ni içeriği yönünden ise 3. ve 4. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Dip amuru kalite kriterlerine göre değerlendirildiğinde Nilüfer ayı dip çamuru örneklerinin ağır metal içerikleri (Zn, Cu, Cr, Ni ve Pb) “orta” ve “aşırı düzeyde kirlenmiş” sınıflarında yer aldığı belirlenmiştir. Proje kapsamında belirlenen araştırma alanlarında Nilüfer ayının sulamada kullanılması sonucu topraklarda ağır metal birikiminin olduğu ve özellikle bitki yetiştiriciliğinde önemli olan alınabilir miktarlar (DTPA ile ekstrakte edilebilir) açısından Nilüfer ayı kenarında tarım yapılan topraklarda artışın olduğu belirlenmiştir. Çalışma yörelerinde kirlilik faktörü (CF) değerleri 0,31 ile 6,31 arasında; zenginleşme katsayısı (EF) değerleri 0,20 ile 5,54 arasında değişim göstermiştir. Bazı alışma alanlarından alınan bitki örneklerinde Cu, B, Cr ve Ni miktarının toksik etki sınırlarında olduğu belirlenmiştir. Ağır metallerin bitkiye taşınım katsayıları ise Cd > Zn > Cu > Pb > Mn > Ni > Cr > Fe şeklinde sıralanmıştır (Aşık ve zsoy 2016).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

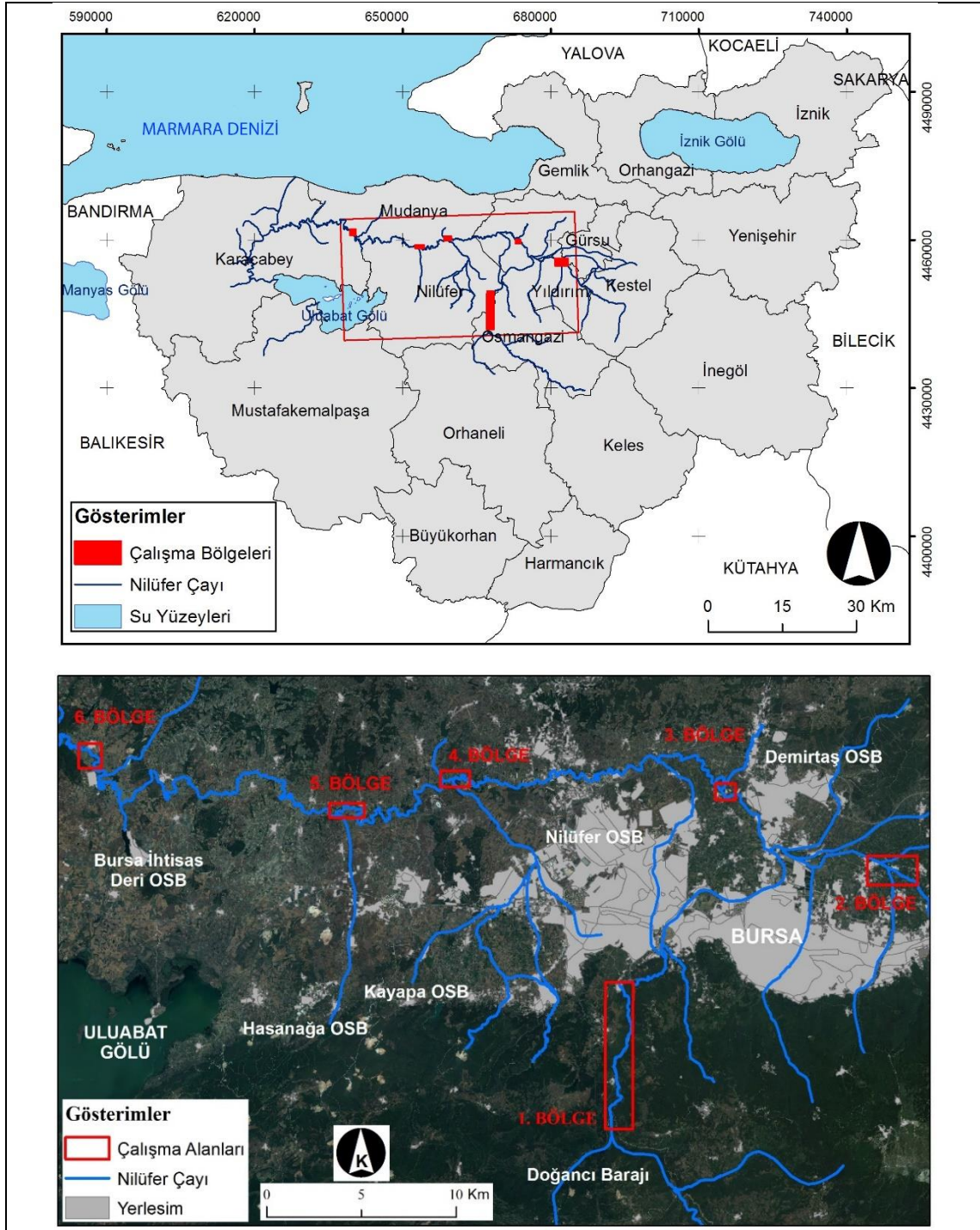
3.1. Materyal

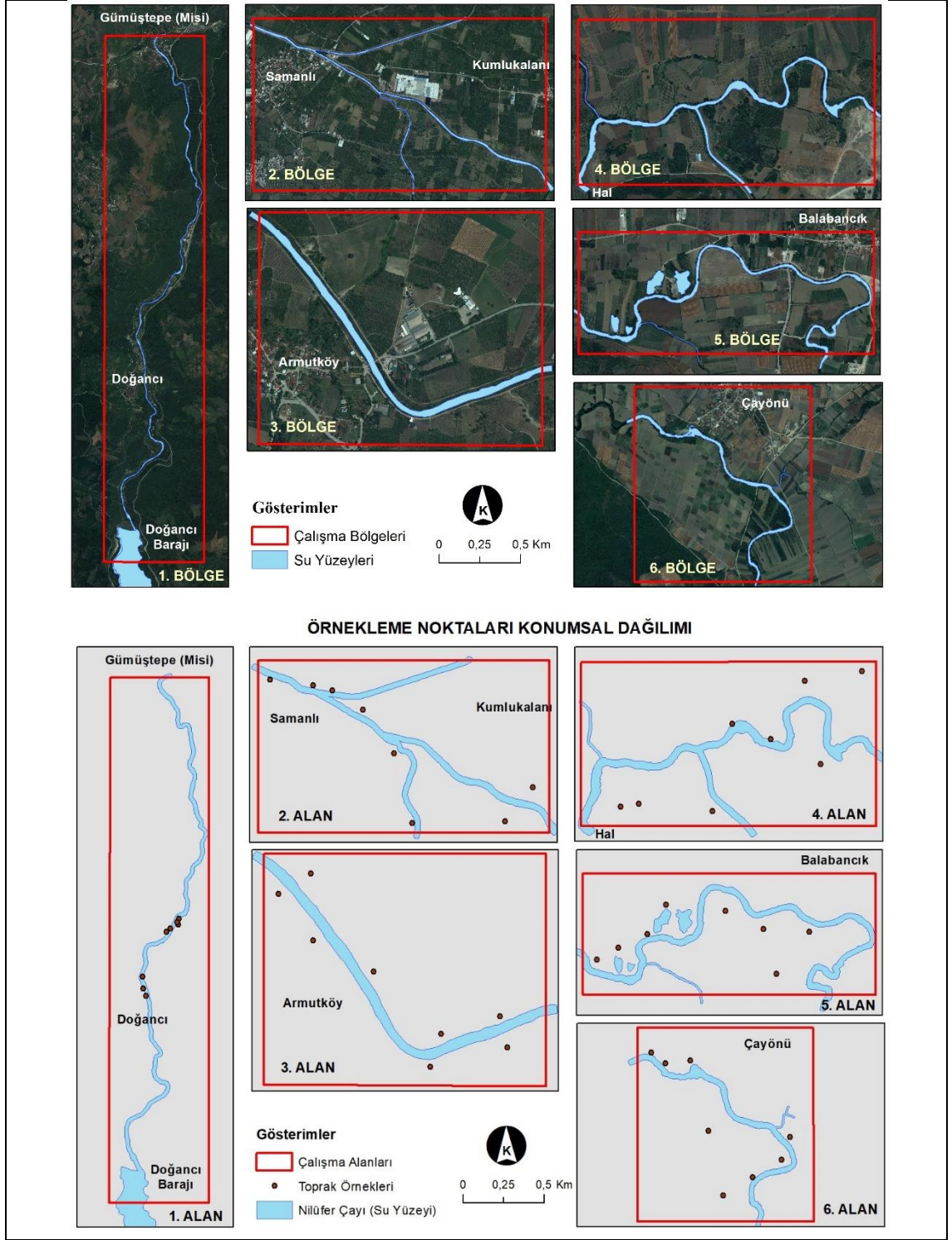
3.1.1. Çalışma alanı konumu ve çalışma bölgelerinin belirlenmesi

Uludağ'ın güney eteklerinde bir vadi boyunca akan Nilüfer Çayı, Bursa İlinin batısından Bursa Ovasına girmektedir. Ovayı ıslah edilmiş bir yatak içinde güneyden kuzeye doğru kat ederek Dereçavul Köyü'nün kuzeyinde batıya yönelmektedir. Batı istikametine doğru akan çaya Göbelye Köyü yakınlarında Çayırköy Ovasından gelen Ayvalı Deresi katılmaktadır. Nilüfer Çayı buradan itibaren geniş bir vadi içerisinde akarak Hayırlar Köyü yakınlarında Susurluk Çayı ile birleşir ve nihayetinde Marmara Denizine dökülür. Bu akış sürecinde Nilüfer Çayına yer yer kentsel-kırsal yerleşim atık suları ve endüstriyel nitelikli atık sular deşarj olmaktadır. Bu deşarjlar sonucu Nilüfer Çayının su kalitesi gün geçtikçe bozulmaktadır. Buradaki tarımsal açıdan önemli olan nokta ise Nilüfer Çayının geçmiş olduğu yörelerde özellikle Bursa ili merkez yerleşimi çıkışından sonra yoğun olarak tarımsal sulama amacıyla kullanılmasıdır. Çalışma alanlarında sulu koşullarda tarla bitkileri, sebze ve meyve üretimi yapılmaktadır.

Çalışma kapsamında inceleme ve değerlendirmelerin sağlıklı yürütülmesi için Bursa İli Nilüfer Çayı boyunca 6 farklı çalışma alanı belirlenmiştir. Çalışma bölgelerinin konumsal haritası ve örnekleme alanları yapıldığı test alanları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de sunulmuştur.

Çalışma alanları belirlenirken; 1- Nilüfer Çayına katılan ana ve yan kollar, 2- Yan kolların taşıdığı kirlilik durumu, 3- Yöredeki büyük arıtma tesislerinin arıtma sularını deşarj ettiği yan dereler ve bu derelerin Nilüfer Çayına bağlandığı noktalar, 4- Yoğun olarak sulu tarım yapılan alanlar, 5- Yüksek çözünürlüklü orto foto ve Google Earth-Pro yazılımının sağladığı verilerinin gözle yorumu, ve 6- Yöre hakkındaki geçmiş deneyim ve tecrübeler göz önünde bulundurulmuştur





Şekil 3.2. Nilüfer Çayı boyunca seçilen örnek çalışma bölgeleri ve toprak örnekleme noktaları.

Çalışmada, endüstriyel atık veya arıtma suyu deşarjı verilmeyen 1 ve 2 no'lu çalışma bölgelerinden (kontrol) ve atık sularının deşarj edildiği tahmin edilen 3, 4, 5 ve 6 no'lu bölgelerden örneklemeler yapılmıştır.

3.1.2. Çalışma alanı iklimi

Bursa ili Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi özelliğine sahiptir. Kış mevsimi çok sert geçmez ve yaz dönemlerinde kuraklık görülmektedir. Bunun yanında ilin kuzey sınırlarını oluşturan Marmara Denizi'nin etkisi ile iklim ılımanlık kazanır. Çok yıllık verilere göre Bursa ilinde yıllık ortalama sıcaklık 14,6 °C'dir. Yine çok yıllık verilere göre ilde yıllık ortalama yağış miktarı 706,9 mm'dir (Çizelge 3.1). Yağışlar batıdan doğuya doğru azalmakla beraber en fazla kış ve ilkbahar aylarında yağmur yağmaktadır. İlde yağışlar kış aylarında zaman zaman kar şekline dönüşmekte ancak karla örtülü gün sayısı azdır (yıllık ortalama 1-2 gün).

Çizelge 3.1. Bursa ili çok yıllık (ölçüm periyodu 1926-2017) ortalama meteorolojik verileri (Anonim 2018).

BURSA	Yıllık ortalama değer
Ortalama sıcaklık (°C)	14,6
En yüksek sıcaklık ortalaması (°C)	20,3
En düşük sıcaklık ortalaması (°C)	9,0
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	75,3
Aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm)	706,9

3.1.3. Çalışma alanı toprakları

Çalışma alanında seçilen örnek çalışma bölgelerinde yayılım gösteren toprakların tamamı alüviyal topraklardır. Bu topraklar Nilüfer Çayı ve bazende yan kollarının taşıyıp depoladığı materyaller üzerinde oluşmuş genelde A-C profil özelliğine sahip genç topraklardır. Toprakların mineral bileşimleri heterojen olup Nilüfer Çayı havzasının litolojik bileşimine ve jeolojik zamanlardaki erozyon derecesine bağlıdır. Profil boyunca yüzey altı toprakta B horizonu bulunmaz veya az belirgindir. Nehirin jeolojik zamanda taşıdığı materyallerin cinsi ve taşınım hızına göre profilde farklı katlar bulunabilmektedir. Toprak taksonomisine göre çalışma bölgesi toprak rutubet rejimi "xeric" ve toprak

sıcaklık rejimi ise “mesic” olduğundan alanda yayılım gösteren topraklar “Xerofluvents” büyük grubunda sınıflandırılmaktadır. Bölgede yayılım gösteren topraklarda tuzluluk ve alkalilik problemi rapor edilmemiştir.

Nilüfer Çayı boyunca yayılım gösteren ve bu çalışmanın da konusu olan tarım arazileri çay suları ile doğrudan sulanmaktadır. Çalışma alanında yoğun olarak sulu koşullarda yaz sebzeleri (en fazla domates, biber, karpuz), kış sebzeleri (en fazla lahana, karnabahar, pırasa), mısır, buğday, fiğ üretimi ve meyvecilik (en fazla şeftali, armut, kiraz, erik, ayva) yapılmaktadır.

3.1.4. Çalışmada kullanılan donanım ve yazılımlar

Bu çalışma kapsamında kullanılan uzaktan algılama verisi, altlık kartografik materyaller ve CBS veri tabanının oluşturulması için kullanılan yazılımlar Çizelge 3.2.’de özet halinde sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Çalışma kapsamında kullanılan kartografik veri ve yazılımlar.

Veri cinsi/ yazılım	Amaç
1:1000 ölçekli orto fotolar, 2018 yılı	Çalışma bölgelerinin arazi kullanım durumunun belirlenmesi.
1:25000 ölçekli topoğrafik haritalar	Altlık harita ve Nilüfer Çayının sayısallaştırılması
ArcGIS (ESRI ©)	Veri tabanı dizaynı, sayısallaştırma, jeostatistik, haritalama ve diğer CBS analizleri.
Magellan explorist 710 GPS	Koordinatların tespiti ve gezi rotası oluşturulması.
Google Earth Pro.	Nilüfer Çayı havzasının bütününün arazi kullanım durumunun gözle yorumu, yer buldu haritası ve gezi rotası planlama.

Bu çalışmada, bölgeye ait bir veri tabanı oluşturulması, incelenen bazı özelliklerin ve ağır metallerin konumsal (mekansal/yersel) dağılımının haritalandırılması aşamasında ArcGIS (ESRI ©) yazılımı kullanılmıştır (Ormsby ve ark. 2004). Ayrıca çalışmada kullanılan ve özellikle arazi çalışması sırasında ulaşılamayan (görülemeyen) bazı noktaların ve nehir sisteminin bütününün gözle yorumunda uydu verilerinden (Google Earth-Pro) faydalanılmıştır.

Tüm altlık veriler ArcGIS 9,2 yazılımına aktarılmış ve tüm haritalar aynı projeksiyon ve koordinat sistemine atanmıştır. MS Excell yazılımı kullanılarak toprakların analiz sonuçları ve örnek noktalarının koordinat bilgileri birbirleri ile ilişkilendirilmiş ve bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanı ArcGIS yazılımına aktarılmış, nokta haritasına dönüştürülmüş ve daha önce çalışma alanı için altlık haritalar ile oluşturulmuş olan veri demeti ile birleştirilerek çalışma alanına ait veri tabanı güncellenmiştir. Sınıflandırılmış haritalar ve diğer tüm harita çıktılarının üretiminde ArcGIS yazılımı kullanılmıştır.

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

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprakların örnekleme

Belirlenen çalışma bölgeleri (Şekil 3.2) ve yakın çevresine ait orto foto verileri ve topoğrafik haritalar ArcGIS ortamına alınmıştır. Çalışma alanı ve yakın çevresi için tüm altlık haritaların içinde olduğu bir coğrafi bilgi sistemi (CBS) veri tabanı oluşturulmuştur.

Çalışma bölgelerinden örnek alınacak noktalar uydu verisi (Google Earth-Pro) üzerinden noktaya ulaşım durumu ve arazi kullanım/örtüsü yönünden değerlendirilerek olası örnekleme noktalarının konumları belirlenmiş, homojen ve her çalışma bölgesini temsil edebilecek şekilde örnek yerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra, belirlenen olası örnekleme noktaları el GPS'ine aktarılmış ve arazi çalışması sırasında bu örnek noktaları referans alınarak gezi rotası oluşturulmuştur. Arazi çalışması sırasında daha önce belirlenmiş olan bu numune noktalarına gidilerek yüzey ve yüzey altını temsil edecek şekilde verimlilik ilkesine göre 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerden ayrı ayrı toprak örnekleri usulüne uygun olarak alınmıştır. Arazi çalışması sırasında toprak örneği alınan her noktanın x, y ve z koordinatları tekrar ölçülerek kaydedilmiş ve örnekleme noktalarının arazide ölçülen yeni konumları ile CBS veri seti içindeki eski konum bilgileri

güncellenmiştir. 1. dönem (sulama öncesi) arazi çalışmaları sırasında kesinleşen örnek noktalarının coğrafi konumları 2. dönem (sulama sonrası) toprak örneklerinin alınması için aynı noktalardan (el GPS teknik özelliklerine göre 1-5 m sapma olabilmektedir) örneklerin toplanabilmesi amacı ile yeniden kullanılmıştır.

Bu çalışmada toprak örnekleri sulama öncesi ve sonrası olmak üzere iki dönemi (İlkbahar-Mayıs ve Sonbahar-Ekim) temsilen alınmıştır. Nilüfer Çayı boyunca belirlenen altı ayrı bölge içinde her iki dönemde de (sulama öncesi ve sonrası) 48 farklı noktadan ve iki ayrı derinlikten toplam 96 adet toprak örneği alınmıştır. Çalışma için kullanılan örnek sayısı her iki dönem göz önüne alındığında yüzey ve yüzey altı toplam 192 adet olmuştur. Çalışma için tespit edilen toprak örnekleme noktalarının konumları Şekil 3.1’de verilmiştir. Toprak örneklerinin alındığı noktasal koordinat bilgileri ise Çizelge 3.3’de verilmiştir.

3.2.2. Toprak analizleri

Bu çalışmada, Nilüfer Çayı boyunca belirlenmiş altı farklı çalışma bölgesinden, 0-20 cm ve 20-40 cm olmak üzere iki farklı derinlikten, sulama öncesi ve sulama sonrası iki dönemde toplam 192 adet toprak örneği alınmıştır. Usulüne uygun olarak alınan toprak örnekleri etiketlenerek laboratuvara sevk edilmiştir. Laboratuvar aşamasında toprak örnekleri ilk önce hava kurusu hale gelene kadar gölgede kurutulmuş, daha sonra 2 mm ve 0,5 mm’lik eleklerden geçirilerek toprak analizlerine hazır hale getirilmiştir. Daha sonra bu örneklerde gerekli fiziksel ve kimyasal analizler Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü alt yapısı kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan kimi fiziksel ve kimyasal analizler için kullanılan yöntemler kısaca aşağıda özetlenmiştir.

Mekanik analiz (Tekstür): Toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre, tekstür sınıfları Soil Survey Manual’e göre belirlenmiştir.

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

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

Kireç (% CaCO₃): Toprak örneklerinin kireç miktarı Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Nelson 1982).

Çizelge 3.3. Çalışma kapsamında toprak örneği alınan noktaların yersel koordinatları.

Çalışma alanı	Coğrafi konum*		Çalışma alanı	Coğrafi konum*	
	x (m)	y (m)		x (m)	y (m)
1. Çalışma Bölgesi	667983,79	4445887,13	4. Çalışma Bölgesi	658485,28	4459914,71
	667988,80	4445965,86		658578,44	4459930,02
	667961,20	4445917,96		658956,98	4459893,93
	667865,14	4445826,19		659517,68	4460136,10
	667806,72	4445774,90		659730,25	4460614,89
	667501,76	4444834,83		659435,33	4460565,08
	667460,72	4444939,90		659260,61	4460265,09
	667457,59	4445112,68		659059,17	4460341,97
2. Çalışma Bölgesi	682023,14	4455349,21	5. Çalışma Bölgesi	652946,64	4458750,95
	681467,75	4455915,42		652831,63	4458567,94
	682184,76	4454720,61		652651,33	4458485,30
	681741,73	4455742,27		652519,74	4458408,61
	683272,65	4455040,26		653315,83	4458712,10
	680902,53	4456014,56		653834,75	4458583,13
	683021,23	4454738,44		653549,34	4458601,29
	681294,59	4455960,61		653630,88	4458321,35
3. Çalışma Bölgesi	672832,74	4459858,80	6. Çalışma Bölgesi	640243,49	4461371,09
	673402,98	4459211,06		640184,74	4461215,24
	673691,76	4459282,65		639988,16	4461094,88
	673442,29	4459333,21		639563,43	4461892,49
	673663,92	4459400,76		639392,86	4461871,02
	673190,21	4459568,06		639299,69	4461944,22
	672955,38	4459935,44		639689,12	4461410,74
	672963,18	4459684,84		639787,37	4460971,54

*Coğrafi konum (x: doğu boylam, y: kuzey enlem, UTM, WGS84)

Organik madde: Toprak örneklerinin organik madde miktarı Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir (Nelson ve Sommers 1982).

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

Nitrat (NO₃⁻): Toprak örneklerinin nitrat miktarı 2 M KCl ile ekstraksiyon ile elde olunan çözeltilerde salisilik asidin sülfürik asit varlığında nitrasyonu esasına dayanılarak kolorimetrik olarak PG T60 model spektrofotometre ile belirlenmiştir (Robarge ve ark. 1983).

Amonyum (NH₄⁺): Toprak örneklerinin nitrat miktarı 2 M KCl ile ekstraksiyon ile elde olunan çözeltilerde indofenol mavisi yöntemi ile kolorimetrik olarak spektrofotometre ile belirlenmiştir (Solorzano 1969).

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

Alınabilir ağır metallar (Pb, Cd, Cr, Ni, Fe, Mn, Cu ve Zn): Toprak örneklerinin 0,005 M DTPA+0,01 M CaCl₂+0,1 M TEA ile ekstrakte edilmesi sonucunda elde edilen süzükte Perkin Elmer OPTIMA 2100DV model ICP-OES’de belirlenmiştir (Jones 2001).

Toplam ağır metallar (Pb, Cd, Cr, Ni, Fe, Mn, Cu ve Zn): HNO₃-HCl karışımı ile mikro dalga fırında yaş yakılan örneklerde Perkin Elmer OPTIMA 2100DV model ICP-OES’de belirlenmiştir (Kacar 2012).

3.2.3. Toprakların kirlilik açısından değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında belirlenen noktalardan alınan toprak örneklerinin toprak kirliliği açısından değerlendirilmesinde 08.06.2010 tarih ve 27605 sayılı “Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirilenmiş Sahalara Dair Yönetmelik” de belirtilen hususlar dikkate alınmıştır. Bu yönetmeliğin amacı; alıcı ortam olarak toprağın kirlenmesinin önlenmesi, kirlenmenin mevcut olduğu veya olması muhtemel sahaları ve sektörleri tespit etmek, kirlenmiş toprakların ve sahaların temizlenmesi ve izlenmesi esaslarını sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde belirlemektir. Yönetmelik, toprak kirliliğinin önlenmesi, kirlenmenin mevcut olduğu veya olması muhtemel sahaların ve sektörlerin tespiti, kayıt altına alınması, kirlenmiş toprakların ve sahaların temizlenmesi ve izlenmesine ilişkin teknik ve idari usul ve esasları kapsamaktadır (Anonim 2010).

Çalışma bölgelerinin değerlendirilmesinde ve birbirleri ile karşılaştırılmasında literatürde bildirilen ve belirlenen referans değerler kullanılmıştır. Referans değer; şüpheli saha yakın çevresinde bulunan, herhangi bir noktasal kaynak veya insan faaliyeti nedeniyle kirlenmemiş olduğu düşünülen veya varsayılan alandan alınan toprak, yüzey suyu, yeraltı suyu örneklerinde, birinci aşama değerlendirmede şüpheli sahaya ait ilgili kirlilik gösterge parametreleri (KGP) veya ikinci aşama değerlendirmede hedef kirletici konsantrasyonu ölçüm değerleri ile kıyaslanmak amacıyla, ölçülen kirlilik gösterge parametresi veya hedef kirletici konsantrasyonu ölçüm değerini ifade etmektedir. Referans örnek ise; ilgili kirlilik parametresi veya kirlilik gösterge parametresine ait referans değer belirlenmesi için kirlilikten etkilenmemiş alanlardan alınan örnek olarak tanımlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında toprak örneklerinde ağır metallerin (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni ve Pb) dağılımı ve kontaminasyonunu değerlendirmek için kirlilik faktörü (CF), zenginleştirme faktörü (EF), coğrafi birikim endeksi (Igeo) ve kirlilik yük endeksi (PLI) kullanılmıştır.

Kirlilik faktörü (CF)

Kirlilik faktörü (CF) tortudaki metal zenginliğini yansıtmaktadır. Bu parametre şu şekilde ifade edilir:

$$CF = \frac{C_{\text{metal}}}{C_{\text{background}}} \quad (3.1)$$

Burada CF kirlilik faktörünü (contamination factor), C_{metal} tortudaki kirletici elemente (metal) ait konsantrasyonu, $C_{\text{background}}$ ise o elemente ait referans değerini (background value) göstermektedir.

Eser metallerin ortalama şeylindeki jeokimyasal background değerleri, metal için background değerleri olarak kullanılmıştır. CF dört grupta sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.4). Burada, kirlenme faktörü değeri $CF < 1$ ise düşük kirlenme, $1 \leq CF < 3$ orta kirlenme, $3 \leq CF \leq 6$ önemli kirlenme ve $CF > 6$ çok yüksek kirlenmeyi göstermektedir (Hakanson 1980, Taylor ve McLennan 1991).

Çizelge 3.4. Kalite endeks değerleri ve başvuru kaynakları.

Faktör*	Değer	Sınıf	Sediment kalitesi	Kaynak
CF değeri	<1	1	Düşük	Hakanson 1980, Taylor ve McLennan 1991
	1-3	2	Orta	
	3-6	3	Önemli	
	>6	4	Çok yüksek	
EF değeri	<2	1	Minimum birikim	Mmolawa ve ark. 2011
	2-5	2	Orta birikim	
	5-20	3	Önemli birikim	
	20-40	4	Çok yüksek birikim	
	>40	5	Son derece yüksek birikim	
Igeo değeri	<0	0	Kirlenmemiş	Muller (1981)
	0-1	1	Kirlenmemiş veya orta kirlenmiş	
	1-2	2	Orta düzeyde kirlenmiş	
	2-3	3	Orta veya fazla kirlenmiş	
	3-4	4	Fazla düzeyde kirlenmiş	
	4-5	5	Fazla veya aşırı kirlenmiş	
PLI değeri	<1	1	Kirlenme yok	Tomlinson ve ark. 1980
	>1	2	Kirlenme var	

* CF: kirlilik faktörü, EF: birikim (zenginleşme) faktörü, Igeo: coğrafi birikim endeksi, PLI: kirlilik yük endeksi

Birikim (zenginleşme) faktörü (EF)

Birikim (Zenginleşme) Faktörü (EF), kirlilik derecesini değerlendirmek ve çökeltilerde münferit elementler içeren bölgelerdeki antropojenik orijinli elementlerinin dağılımını anlamak için kullanılmıştır. EF aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$EF = \frac{(M/Fe)_{\text{sample}}}{(M/Fe)_{\text{background}}} \quad (3.2)$$

Burada EF birikim faktörü (enrichment factor), M ölçülen elementin konsantrasyonu, Fe referans demir elementi konsantrasyonudur.

Bir element düşük oluşum değişkenliğine sahip ve çevrede mutlak miktarda bulunuyorsa referans element olarak nitelendirilebilir (Loska ve ark. 2003). Bu çalışmada doğal birikim ile antropojenik bileşenleri iyi ayrılabilirdiği demir elementi referans element (izleyici) olarak kullanılmıştır. Fe elementi EF-değerlerini belirlerken normalleştirici unsur olarak seçilmesinin temel nedeni toprak ve sedimentlerde Fe elementinin mutlak olarak bulunması ve demir'in yaygın olarak kullanılan referans elementlerinden birisi olmasıdır.

Kirlilik açısından risk oluşturacak ağır metallerin birikim katsayısı Mmolawa ve ark. (2011) tarafından bildirilen sınıflandırma ile değerlendirilmiştir. Bu sınıflamada $EF < 2$ minimum birikme, $2 < EF < 5$ orta, $5 < EF < 20$ önemli, $20 < EF < 40$ çok yüksek birikim ve $EF > 40$ son derece yüksek birikim şeklinde beş sınıfa ayrılmaktadır (Çizelge 3.4). Doğal olarak ortamda bulunan elementler, genelde tek rakamlı EF değerlerine sahipken, antropojenik kökenli unsurlar çift rakamlı ve yüksek EF değerlerine sahiptir.

Coğrafi birikim endeksi (Igeo)

Bu çalışmada topraktaki ağır metal birikiminin derecesinin değerlendirilmesi için Muller (1969) tarafından bildirilen ve sucul sediment çalışmalarında metal kirliliği derecesinin ölçülmesi için kullanılan coğrafi birikim endeksi kullanılmıştır.

$$I_{geo} = \text{Log}_2 \left(\frac{C_n}{1,5B_n} \right) \quad (3.3)$$

Burada I_{geo} coğrafi birikim endeksini, C_n n elementinin ölçülen konsantrasyonu, B_n n elementinin ortalama jeokimyasal referans (background) değerini, 1,5 değeri ise background matrisinin topraktan meydana gelen etkiler nedeniyle düzeltme katsayısıdır. B_n değeri olarak topraktaki ortalama konsantrasyonlar kullanılmıştır. Referans değeri şüpheli saha yakın çevresinde bulunan, herhangi bir noktasal kaynak veya insan etkinlikleri nedeniyle kirlenmemiş (temiz) olduğu düşünülen/varsayılan alandan alınan toprak örneklerinde (şüpheli sahaya ait ilgili kirlilik gösterge parametreleri veya hedef kirlitici konsantrasyonu ölçüm değeri ile kıyaslanmak amacıyla) ölçülen kirlilik gösterge parametresi veya hedef kirlitici konsantrasyonu ölçüm değeri olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2010 ve 2012).

Coğrafi birikim endeksi, kirlenmemişten son derece kirliliğe kadar uzanan yedi sınıf içermektedir (Çizelge 3.4). Bu sınıflandırmada $I_{geo} < 0$ ise kirlenmemiş (kontamine olmamış), $I_{geo} = 0-1$ kirlenmemiş veya orta düzeyde kirlenmiş, $I_{geo} = 1-2$ orta düzeyde kirlenmiş, $I_{geo} = 2-3$ orta veya fazla düzeyde kirlenmiş, $I_{geo} = 3-4$ fazla düzeyde kirlenmiş, $I_{geo} = 4-5$ fazla veya aşırı düzeyde kirlenmiş, $I_{geo} > 6$ son derece kirlenmiş şeklinde sınıflandırılmıştır (Muller 1981).

Kirlilik yük endeksi (PLI)

Belirli bir alan için kirlilik yük endeksi (PLI), Tomlinson ve ark. (1980) tarafından önerilen yöntemle değerlendirilmiştir. Bu parametre şu şekilde ifade edilir:

$$PLI = \sqrt[n]{(CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times CF_4 \times \dots \dots CF_n)} \quad (3.4)$$

Burada PLI kirlilik yük endeksi, CF eşitlik 3.1 ile hesaplanan kirlenme faktörü, n metallerin sayısıdır. PLI değeri > 1 ise kirlenme olduğunu, $PLI < 1$ ise kirlilik olmadığını göstermektedir (Çizelge 3.4).

3.2.4. Jeostatistik analizler ve verilerin haritalandırılması

Çalışma alanı; kirlilik boyutu yüksek alanlar, Nilüfer Çayı boyunca drenaj sistemi de göz önünde tutularak yan derelerin çaya katıldığı bölgeler, sudaki kirliliğin yan derelerin getirdiği yükler ile artabileceği tahmin edilen noktalar, tarımsal üretimin ve özellikle sulu tarımın yoğun olarak yapıldığı alanlar, bitki çeşitliliğine sahip alanlar, birlikte sentezlenerek çalışma bölgelerine ayrılmıştır. Bu çalışma için planlanan araştırmanın yürütüleceği ve yukarıda sayılan özellikleri gösterebilecek 6 farklı çalışma bölgesi belirlenmiştir (Şekil 3.1 ve 3.2).

Çalışmanın CBS için de sağlıklı olarak yürütülebilmesi için belirlenen çalışma sahalarına ait bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanına altlık harita olarak 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalar, yüksek çözünürlüğe sahip sayısal orto foto verileri (1:1000 ölçek, 2018 yılı) ve diğer özniteliksel (tablosal) veriler girilmiştir. Tüm haritalar aynı koordinat sisteminde ve projeksiyonda depolanmıştır. Daha sonra 6 çalışma bölgesinin gerçek sınırları ve bu sınırlar içinde yer alan Nilüfer Çayı drenaj deseni sayısallaştırılmış ve veri tabanına eklenmiştir. Tüm çalışma alanındaki ulaşım deseni (yollar), örnek noktalarının birbirine olan uzaklığı, bitki deseni, sulama olup olmaması gibi temel bazı özellikler göz önüne alınarak olası toprak örnekleme noktaları tesadüfi (random) olarak belirlenmiştir. 1. dönem (sulama öncesi) arazi çalışmaları sırasında olası örnek noktalarının kesin yersel konumları el GPS'leri kullanılarak kesinleştirilmiş ve 2. dönem (sulama sonrası) toprak örnekleri de 1. dönem örnek noktaları ile aynı coğrafi konumdan (el GPS teknik özelliklerine göre 1-5 m sapma olabilmekte) alınmıştır. Bu çalışmaya destek olan TÜBİTAK-TOVAG 114O713 no'lu projede çalışma bölgelerinden alınan toprak örnekleri yanında su, dip çamuru ve bitki örnekleri de toplanmış ve ilgili analizler yapılmış ve sonuçlar proje raporunda sunulmuştur. Ancak bu tez konusu Nilüfer Çayı ile sulanan topraklardaki kirlilik yüklerinin ve son durumun analizi olduğundan sadece toprak örnekleri sunulmaktadır.

Toprak örneklerinde yapılan tüm laboratuvar analiz sonuçları altı bölge için tek tek ve her bir derinlik için MS Excell yazılımında tablosal veriler şeklinde düzenlenmiştir. Laboratuvar analiz sonuçları ile numune konum bilgileri birbirleri ile ilişkilendirilerek bir

veri seti oluşturulmuştur. Konum bilgilerine sahip bu veri seti ArcGIS yazılımı içine alınarak noktasal haritalara dönüştürülmüş ve altlık haritalar ile aynı koordinat sistemine atanarak çalışma için daha önce oluşturulmuş olan veri tabanına aktarılmıştır. Bu çalışma kapsamında incelenen toprak özelliklerine ait rakamsal değerlerin tamamı veri setinde yer almış, hiçbir değer veri setinden çıkarılmamıştır.

Bu çalışmada laboratuvar sonuçlarına bağlı olarak ölçülen her bir elementin analiz sonucunun çalışılan toprak örneklerindeki dağılımı ağırlıklı ters mesafe yöntemi (IDW-Inverse Distance Weighted) tekniği ile ArcGIS yazılımında oluşturulmuştur (Chang 2004). IDW yöntemi enterpole edilecek yüzeyde, yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanan bir tekniktir. Enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örnek noktaların ağırlıklı ortalamasına dayanan bir yüzey enterpolasyonu gerçekleştirmektedir. Fonksiyon bilinmeyen noktanın değerini bilinen noktaların yakın olanlarına daha çok ağırlık verirken, uzak olanlarına daha az ağırlık vererek bulur. Bu yöntem temel olarak Shepard's Yöntemi olarak bilinen ve aşağıda sunulan matematiksel fonksiyonu kullanmaktadır (Shepard 1968).

$$f(x,y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad (3.5)$$

$$w_i = h_i^{-p} / \sum_{j=1}^n h_j^{-p} \quad (3.6)$$

Burada n yüzeydeki dayanak nokta sayısını, f_i dayanak noktalarındaki bilinen veri değerlerinin (pH, EC, kireç içeriği, yükseklik, vb.), w_i ağırlıkları gösterir ve değerlerin toplamı 1'dir, h_i enterpolasyon noktasından dayanak noktasına olan mesafedir, p ise 0-5 arasında değişen sayılardan kullanıcı tarafından seçilen üst değerdir.

Bu çalışma için IDW tekniğinin kullanılmasındaki en önemli sebep çalışma için kullanılan örnek sayısı ve dağılımının bu tekniğe daha uygun bulunmasıdır (Chang 2004).

CBS içinde oluşturulan yersel dağılım haritaları çalışma alanlarının sınırları üzerine açılarak bölge sınırları içinde kalan kısımları kesilmiş ve veri sistemine kaydedilmiştir. Sonuçta 6 çalışma bölgesinde sulama öncesi ve sulama sonrası alınan toprakların bazı

fiziksel ve kimyasal özellikleri IDW tekniği kullanılarak CBS içinde mekansal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar iki farklı derinlikte alınmış olan toprak örnekleri için ayrı ayrı üretilmiştir.

Ek olarak, toprakta belirlenen her bir element (ağır metal) için hesaplanan CF, EF ve Igeo faktörleri Çizelge 3.4’de sunulan sınıf değerlerine göre ArcGIS yazılımı kullanılarak ayrı ayrı sınıflandırılmıştır ve her bir sınıfın alanı hesaplanmıştır. Bu işlem iki örnekleme dönemi için de yapılmıştır. Böylelikle çalışma alanı topraklarının güncel element varlığı ve bu elementlerden kaynaklanabilecek kirlilik yükleri ayrı ayrı haritalar ile sunulmuştur. Ayrıca her bir element için kirlilik faktörleri (CF, EF, Igeo) alansal dağılımı ve farklı kirlilik sınıfındaki alanların miktarı belirlenmiş ve tablo halinde ilgili bölümde sunulmuştur.

3.2.5. Arazi kullanım/örtü durumu ve haritalandırılması

Bu çalışmada Nilüfer Çayı boyunca belirlenen altı çalışma bölgesinin güncel arazi kullanım/örtü durumu da belirlenmiştir. Nilüfer Havzasının tamamının arazi kullanım/örtü deseni yapılmamış, bu çalışma konusu olan test bölgeleri sınırları içinde kalan arazilerin güncel arazi kullanım/örtü durumu belirlenmiştir.

Nilüfer Çayı boyunca belirlenmiş olan araştırma bölgelerinin arazi kullanım/örtü türleri, 2018 yılında çekilmiş sayısal orto foto haritalarının gözle yorumlanması (Lillesand ve Kiefer 2000) ve ekrandan sayısallaştırılma tekniği ile ArcGIS (ESRI ©) yazılımı kullanılarak 1:5000 ölçek detayda oluşturulmuştur (Ormsby ve ark. 2004). Elde edilen sonuçlar hem çalışma bölgeleri bazında hem de çalışma alanının bütünü için analiz edilmiş, arazi örtü tiplerinin alansal ve oransal dağılım verileri elde edilerek tartışılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Nilüfer Çayı boyunca belirlenen altı farklı çalışma bölgesinde verimlilik ilkesine göre sulama öncesi ve sulama sonrası olmak üzere iki farklı dönemde (1.Dönem: İlkbahar-Mayıs, 2.Dönem: Sonbahar-Ekim) örnekleme yapılmıştır. Her bir örnek noktasında iki farklı derinlikten (0-20 cm ve 20-40 cm) alınan toplam 192 toprak örneğinde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizlerin sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Sulama öncesi ve sulama sonrası dönemde alınan yüzey toprak (0-20 cm) örneklerinin ortalama olarak kum miktarı % 34,3 ile % 62,6 arasında, kil miktarı % 13,9 ile % 36,5 arasında ve silt miktarı ise % 23,4 ile % 35,3 değerleri arasında değişmektedir. Yüzey altı topraklardan (20-40 cm) alınan örneklerde ise ortalama kum miktarı % 30,7 ile % 63,4 arasında, kil miktarı % 13,5 ile % 33,9 arasında, silt miktarı ise % 22,8 ile % 39,5 arasında değişmektedir. Çalışma bölgelerinden alınan yüzey toprakların bünyeleri tın, kumlu tın, kumlu killi tın, kil ve killi tın olarak tespit edilmiştir. Yüzey altı toprak bünye sınıfları ise tın, kumlu tın, killi tın, kumlu killi tın, siltli killi tın ve kil olarak belirlenmiştir. Çalışma alanlarından alınan toprak örneklerinin bünye dağılımı haritaları Şekil 4.1’de verilmiştir. Toprakların genelde hafif bünyeye sahip olmalarının nedeni çalışma alanı olarak belirlenen noktaların Nilüfer Çayı çevresindeki alüviyal toprakları kapsamından kaynaklanmaktadır.

Birinci örnekleme döneminde yüzey toprakların (0-20 cm) pH değerleri ortalama olarak 7,80 ile 8,05 arasında değişim göstermiştir. Yüzey altı toprakların (20-40 cm) ise pH değerleri ortalama 7.88 ile 8,12 arasında ölçülmüştür. Çalışma alanlarından alınan toprak örneklerinin pH değerlerinin mekansal dağılım haritaları Şekil 4.2 verilmiştir. İkinci örnekleme döneminde ise yüzey toprak örneklerinin pH değeri ortalama 7,57 ile 8,23 arasında iken yüzey altı toprakların pH değeri ortalama 7,64 ile 8,49 arasında değişim göstermiştir. Yüzey altı toprakların pH değerlerinin yüzey toprakların pH değerlerine

göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışma konusu topraklar hafif alkali reaksiyona sahip topraklardır.

Çizelge 4.1. Birinci örnekleme döneminde alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Toprak özelliği		Çalışma Bölgeleri						
		I	II	III	IV	V	VI	
Kum, %	0-20	a	49,5	33,7	39,4	18,9	17,4	22,1
		b	51,6	62,7	68,8	73,3	75,3	63,5
		c	50,2	50,8	51,4	38,8	34,3	44,9
	20-40	a	49,5	27,5	39,6	16,8	15,3	30,4
		b	64,0	68,9	68,6	73,3	48,4	75,9
		c	54,4	52,5	53,4	39,3	30,7	51,3
Kil, %	0-20	a	17,7	8,9	13,6	20,9	23,0	20,5
		b	21,8	21,4	32,2	50,9	41,5	43,2
		c	20,0	13,9	22,5	36,5	32,2	30,8
	20-40	a	15,6	8,9	11,1	20,9	20,9	12,2
		b	21,8	25,6	28,1	48,8	43,2	41,2
		c	19,0	14,4	18,6	33,9	29,9	25,9
Silt, %	0-20	a	28,7	26,3	17,8	5,8	30,7	16,1
		b	30,8	47,0	38,7	36,5	45,2	34,7
		c	29,8	35,3	26,2	24,7	33,5	24,3
	20-40	a	20,4	22,1	19,9	5,8	30,7	11,9
		b	30,8	47,0	40,8	38,5	49,3	36,8
		c	26,6	33,2	28,0	26,8	39,5	22,8
Bünye*	0-20	L	SCL, L	SCL, L	C, CL, SCL	C, CL, L	C, CL, SCL	
	20-40	L, SL	L, SL	CL, SL	C, CL, SCL	C, SiCL, L	C, CL, SCL	
pH, 1:2,5 su	0-20	a	7,78	7,49	7,97	7,64	7,63	7,72
		b	8,02	7,99	8,09	8,23	8,16	8,15
		c	7,88	7,80	8,05	8,03	7,99	8,00
	20-40	a	7,78	7,46	8,03	7,80	7,80	7,89
		b	8,00	8,16	8,16	8,38	8,21	7,29
		c	7,88	7,88	8,09	8,12	8,08	8,09
EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$	0-20	a	116	116	119	169	197	175
		b	186	156	250	509	315	365
		c	155	140	175	263	235	245
	20-40	a	96	92	121	165	168	132
		b	155	290	189	283	409	270
		c	118	155	151	218	227	193

a: en düşük değer, b: en büyük değer, c: ortalama değer

* C: kil, CL: killi tın, L: tın, SL: kumlu tın, SCL: kumlu killi tın, SiCL: siltli killi tın

Birinci örnekleme döneminde yüzey (0-20 cm) toprak örneklerinin EC değeri ortalama olarak $140 \mu\text{S cm}^{-1}$ ile $263 \mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişmekte olup, yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerinde ise $118-227 \mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem alınan yüzey toprak örneklerinde EC değeri ortalama $109-207 \mu\text{S cm}^{-1}$ arasında, yüzey

altı örneklerinde ise ortalama 100-226 $\mu\text{S cm}^{-1}$ değerleri arasında değişim göstermiştir. Toprak örneklerinin EC değerlerinin mekansal dağılım haritaları Şekil 4.3’de verilmiştir.

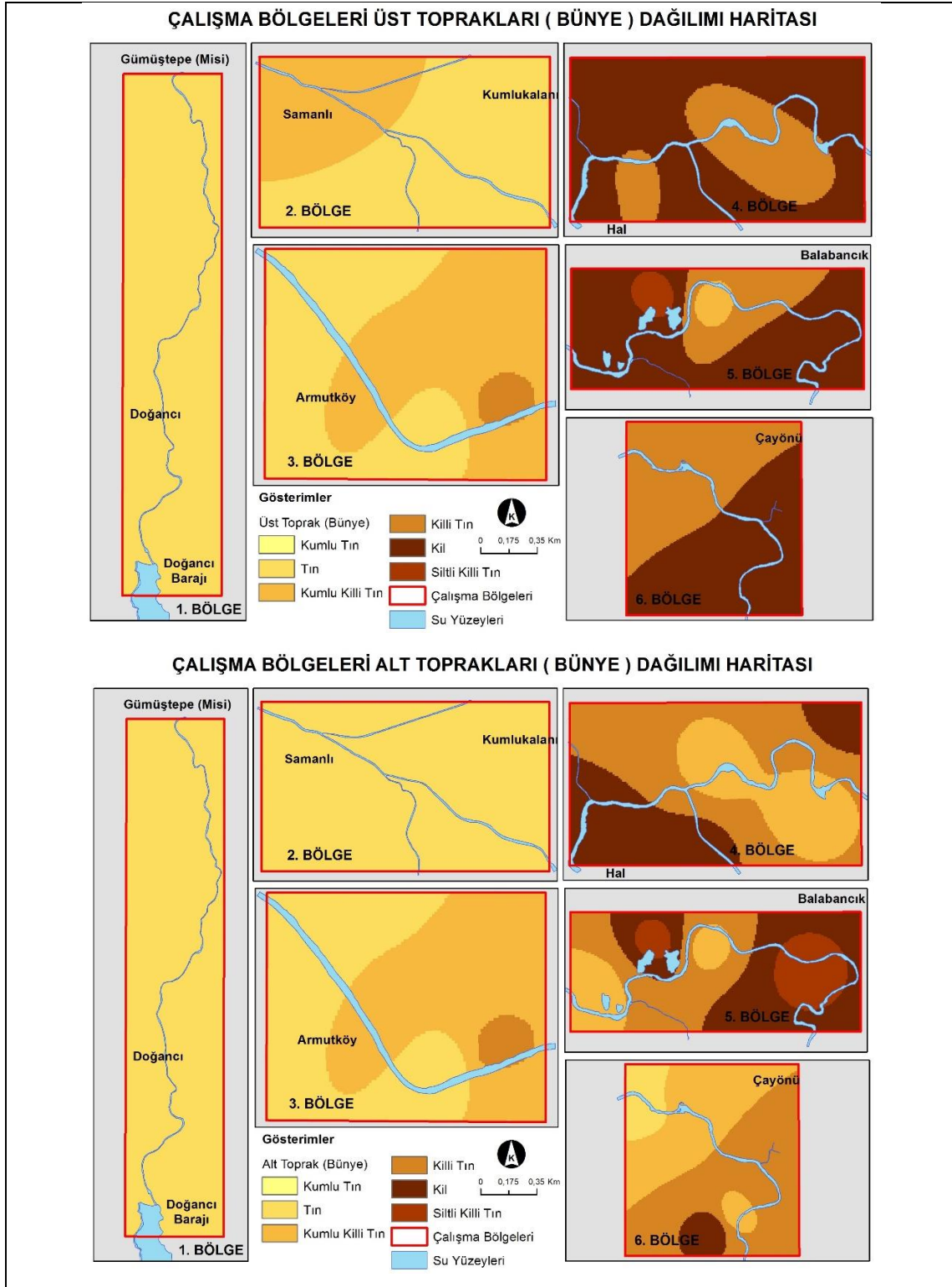
Çizelge 4.1. Birinci örnekleme döneminde alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (devam).

Toprak özelliği		Çalışma Bölgeleri						
		I	II	III	IV	V	VI	
Kireç, %	0-20	a	0,54	1,17	1,17	0,01	1,95	1,56
		b	0,78	3,50	3,89	5,84	3,89	4,67
		c	0,70	2,24	2,29	1,70	2,87	2,72
	20-40	a	0,78	1,56	1,56	1,17	1,95	1,17
		b	1,56	4,28	3,89	6,23	5,06	4,67
		c	1,17	2,87	2,87	2,33	3,31	3,06
Org. M., %	0-20	a	1,63	0,98	0,98	0,92	1,18	1,50
		b	2,96	3,40	2,61	2,35	2,42	2,61
		c	2,21	1,81	1,76	1,42	1,79	2,15
	20-40	a	0,60	0,46	0,46	0,72	0,33	0,60
		b	2,96	1,57	1,37	1,18	1,31	1,90
		c	1,58	0,97	0,97	0,99	0,98	1,36
Toplam N, %	0-20	a	0,119	0,078	0,051	0,052	0,065	0,100
		b	0,191	0,219	0,145	0,124	0,149	0,171
		c	0,154	0,119	0,097	0,092	0,118	0,135
	20-40	a	0,045	0,035	0,045	0,044	0,026	0,042
		b	0,174	0,116	0,084	0,076	0,093	0,124
		c	0,100	0,068	0,058	0,064	0,074	0,090
Toplam P, mg kg^{-1}	0-20	a	1833	1002	731	420	775	664
		b	2242	2386	1246	1124	1179	1035
		c	2037	1244	946	777	952	813
	20-40	a	1290	653	548	393	553	570
		b	2043	1030	1007	825	1135	791
		c	1733	814	810	717	830	707
Alınabilir P, mg kg^{-1}	0-20	a	27,9	17,0	4,9	1,8	6,7	4,9
		b	98,9	157,0	70,4	52,8	53,4	60,1
		c	68,2	46,9	24,7	18,1	25,8	22,0
	20-40	a	22,5	1,8	1,2	1,2	0,6	0,6
		b	97,7	30,3	49,2	40,1	49,8	15,8
		c	64,9	11,1	10,5	10,0	12,5	7,4

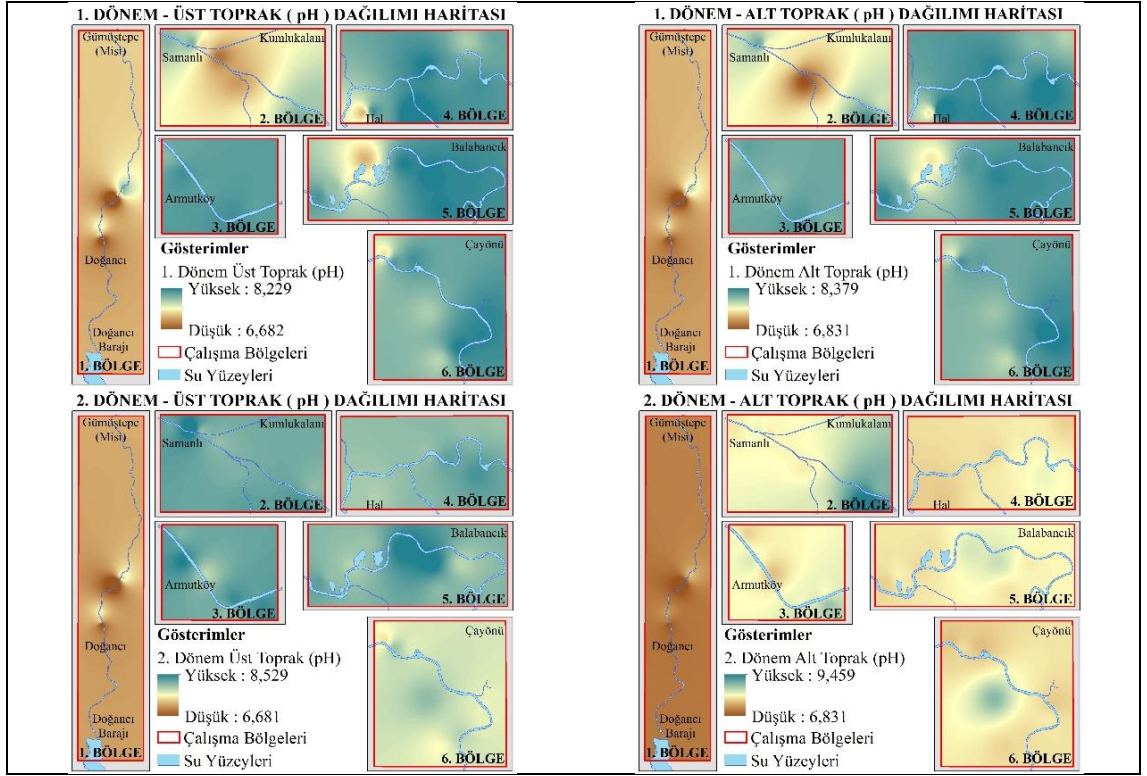
a: en düşük değer, b: en büyük değer, c: ortalama değer

* C: kil, CL: killi tın, L: tın, SL: kumlu tın, SCL: kumlu killi tın, SiCL: siltli killi tın

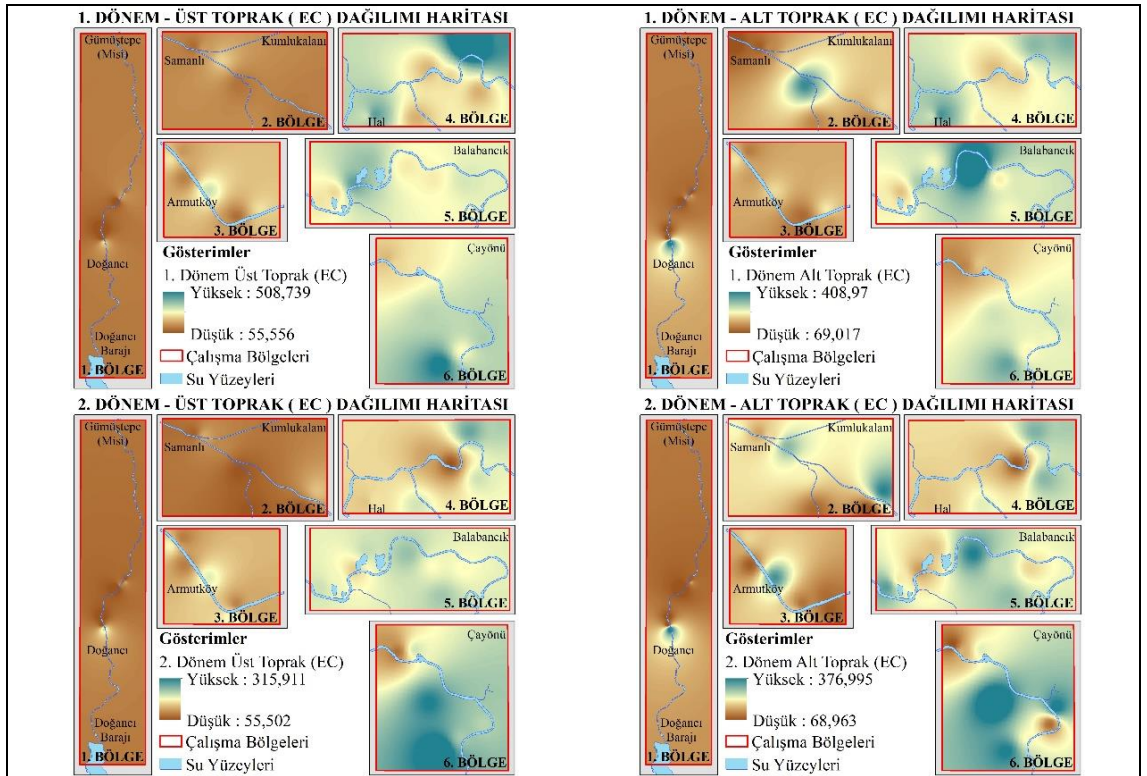
Bu değerler çalışma alanı topraklarının tuzluluk sorunu olmadığını göstermektedir. Ancak her iki örnekleme döneminde de kontrol çalışma alanı olarak belirlenen 1 ve 2 nolu çalışma alanlarına nazaran 4, 5 ve 6 no’lu alanlarda EC değeri daha yüksek belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Yüze (0-20 cm) ve yüze altı (20-40 cm) toprakların bünye dağılımı haritası.



Şekil 4.2. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların pH dağılımı haritası.



Şekil 4.3. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların EC dağılımı haritası.

Çizelge 4.2. İkinci örnekleme döneminde alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Toprak özelliği			Çalışma Bölgeleri					
			I	II	III	IV	V	VI
Kum, %	0-20	a	52,4	33,7	39,4	18,9	17,4	22,1
		b	72,2	62,7	68,8	73,3	75,3	63,5
		c	62,6	50,8	51,4	38,8	34,3	44,9
	20-40	a	54,6	27,5	39,6	16,8	15,3	30,4
		b	74,3	68,9	68,6	73,3	48,4	75,9
		c	63,4	52,5	53,4	39,3	30,7	51,3
Kil, %	0-20	a	7,3	9,0	13,6	20,9	23,0	20,5
		b	18,1	21,4	32,3	50,9	41,5	43,2
		c	14,0	13,9	22,5	36,5	32,2	30,8
	20-40	a	7,3	9,0	11,1	20,9	20,9	12,2
		b	18,1	25,6	28,1	48,8	43,2	41,2
		c	13,5	14,4	18,6	33,9	29,9	25,9
Silt, %	0-20	a	18,4	26,3	17,8	5,8	30,7	16,1
		b	29,5	47,0	38,7	36,5	45,2	34,7
		c	23,4	35,3	26,2	24,7	33,5	24,3
	20-40	a	18,4	22,1	19,9	5,8	30,7	11,9
		b	29,5	46,9	40,8	38,5	49,3	36,8
		c	23,1	33,2	28,0	26,8	39,5	22,8
Bünye*	0-20		L, SL	SCL, L	SCL, L	C, CL, SCL	C, CL, L	C, CL, SCL
	20-40		SL	L, SL	CL, SL	C, CL, SCL	C, SiCL, L	C, CL, SCL
pH, 1:2,5 su	0-20	a	6,68	8,10	8,01	8,03	8,01	7,77
		b	8,01	8,53	8,39	8,30	8,45	8,12
		c	7,57	8,22	8,23	8,13	8,19	7,95
	20-40	a	6,83	8,18	8,00	8,03	8,08	7,99
		b	8,08	9,46	8,71	8,37	8,51	8,77
		c	7,64	8,49	8,34	8,17	8,24	8,18
EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$	0-20	a	55	91	114	91	156	107
		b	201	150	191	240	221	316
		c	109	111	147	173	192	207
	20-40	a	68	98	106	103	147	98
		b	346	305	200	265	309	377
		c	132	189	100	200	221	226
Kireç, %	0-20	a	0,41	0,82	0,82	0,41	1,63	0,41
		b	2,04	2,86	2,86	1,63	5,30	2,86
		c	0,71	1,84	1,63	0,92	2,70	1,38
	20-40	a	0,41	0,82	0,82	0,41	0,82	0,82
		b	2,04	2,86	2,86	2,04	10,6	3,67
		c	0,92	2,09	1,68	0,92	3,11	1,84
Org. M., %	0-20	a	1,82	1,56	1,03	1,38	0,98	1,36
		b	3,35	2,82	3,28	2,49	2,75	3,28
		c	2,42	1,98	1,78	1,88	1,87	2,35
	20-40	a	1,03	0,88	0,50	1,14	0,66	0,63
		b	2,54	1,69	1,16	1,69	1,84	2,63
		c	1,80	1,16	0,92	1,47	1,32	1,51

a: en düşük değer, b: en büyük değer, c: ortalama değer

* C: kil, CL: killi tın, L: tın, SL: kumlu tın, SCL: kumlu killi tın, SiCL: siltli killi tın

Çizelge 4.2. İkinci örnekleme döneminde alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (devam).

Toprak özelliği			Çalışma Bölgeleri					
			I	II	III	IV	V	VI
KDK, meq 100 g ⁻¹	0-20	a	7,1	12,1	12,3	11,7	23,5	13,0
		b	22,4	17,1	34,1	33,7	32,6	33,0
		c	13,2	14,7	22,1	23,2	27,4	24,0
	20-40	a	9,4	13,2	11,7	12,3	20,7	10,4
		b	17,4	20,3	31,8	34,3	35,2	35,4
		c	12,9	15,7	21,5	22,8	26,8	23,4
Toplam N, %	0-20	a	0,100	0,088	0,052	0,077	0,036	0,073
		b	0,260	0,189	0,181	0,134	0,141	0,239
		c	0,152	0,122	0,101	0,106	0,102	0,142
	20-40	a	0,056	0,062	0,027	0,064	0,036	0,037
		b	0,170	0,105	0,083	0,096	0,101	0,187
		c	0,114	0,070	0,051	0,080	0,068	0,086
NH ₄ -N, mg kg ⁻¹	0-20	a	26,3	28,3	29,3	31,3	31,9	27,6
		b	46,9	38,9	41,9	37,6	42,9	35,9
		c	31,9	31,3	33,7	35,0	35,5	32,2
	20-40	a	28,3	28,3	29,6	31,6	29,3	26,9
		b	33,3	39,9	31,9	42,2	52,9	41,9
		c	30,6	30,8	30,6	34,3	36,5	33,0
NO ₃ -N, mg kg ⁻¹	0-20	a	0,41	iz	0,14	0,14	0,41	0,68
		b	6,38	4,48	2,04	24,6	2,31	5,30
		c	2,04	0,37	0,98	4,25	1,46	2,31
	20-40	a	0,41	iz	iz	iz	0,14	0,14
		b	19,70	9,65	2,85	3,67	5,30	4,48
		c	3,94	1,19	0,85	1,19	2,11	2,11
Alınabilir P, mg kg ⁻¹	0-20	a	5,9	5,1	2,3	1,5	0,8	3,1
		b	96,1	33,6	48,2	16,4	17,7	77,1
		c	36,3	15,4	12,2	8,7	8,9	19,1
	20-40	a	3,3	0,5	0,5	0,8	0,8	1,0
		b	83,0	6,9	3,1	6,4	10,2	11,0
		c	26,6	2,9	1,8	2,7	3,8	5,1
Toplam Na, mg kg ⁻¹	0-20	a	450	730	483	368	573	445
		b	515	1065	835	690	875	745
		c	485	860	606	557	720	578
	20-40	a	458	805	400	385	558	383
		b	533	1363	713	783	1488	1115
		c	491	962	558	591	763	638
Yarayıslı Na (Alınabilir), mg kg ⁻¹	0-20	a	35	46	37	31	77	48
		b	79	88	117	157	203	186
		c	53	64	77	88	127	109
	20-40	a	40	51	34	28	75	44
		b	94	340	165	172	186	470
		c	56	106	77	102	135	144

a: en düşük değer, b: en büyük değer, c: ortalama değer

* C: kil, CL: killi tın, L: tın, SL: kumlu tın, SCL: kumlu killi tın, SiCL: siltli killi tın

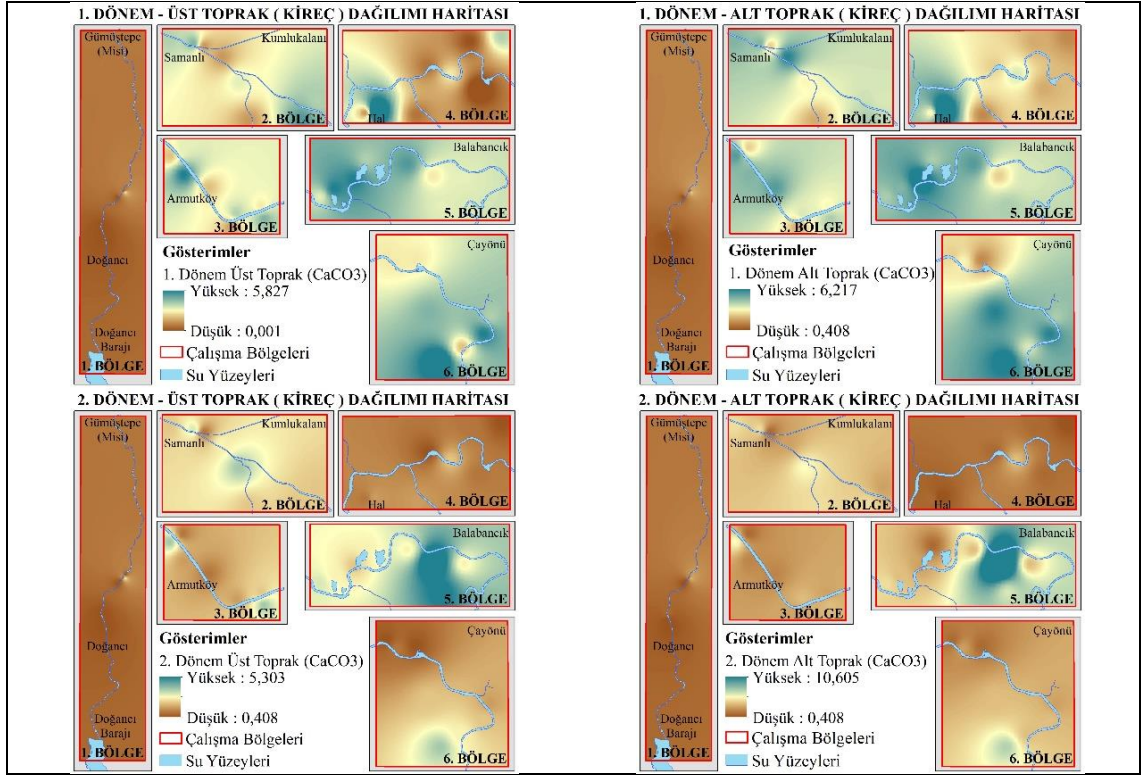
Çizelge 4.2. İkinci örnekleme döneminde alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (devam).

Toprak özelliği			Çalışma Bölgeleri					
			I	II	III	IV	V	VI
Toplam K, %	0-20	a	0,36	0,45	0,34	0,37	0,40	0,34
		b	0,51	0,74	0,87	0,76	0,69	0,95
		c	0,42	0,62	0,55	0,57	0,58	0,53
	20-40	a	0,33	0,43	0,25	0,31	0,36	0,19
		b	0,51	0,68	0,81	0,75	0,78	0,95
		c	0,42	0,59	0,49	0,55	0,57	0,48
Yarayışlı K (Alınabilir), mg kg ⁻¹	0-20	a	38	69	66	62	71	53
		b	325	170	585	243	203	771
		c	108	131	190	158	129	186
	20-40	a	20	26	22	29	70	33
		b	263	706	296	148	210	528
		c	90	135	92	94	116	130
Toplam Ca, %	0-20	a	0,33	0,38	0,16	0,13	0,56	0,15
		b	1,68	2,61	2,49	1,56	4,17	2,09
		c	0,73	1,78	0,88	0,42	1,84	0,71
	20-40	a	0,35	0,38	0,27	0,15	0,38	0,17
		b	1,68	2,88	3,79	1,58	6,76	2,37
		c	0,73	2,00	1,24	0,41	1,94	0,93
Yarayışlı Ca (Alınabilir), mg kg ⁻¹	0-20	a	1261	2269	2294	2169	4323	2381
		b	3916	3058	5676	5808	5544	5522
		c	2357	2690	3886	4092	4839	4264
	20-40	a	1726	2510	2183	2310	3740	1892
		b	2942	3219	5280	6061	5566	6006
		c	2298	2859	3829	4023	4617	4177
Toplam Mg, mg kg ⁻¹	0-20	a	0,95	0,77	0,44	0,42	0,86	0,47
		b	1,42	1,04	0,92	0,94	1,28	0,97
		c	1,21	0,88	0,65	0,68	1,00	0,73
	20-40	a	0,99	0,83	0,40	0,41	0,84	0,47
		b	1,59	0,99	1,87	1,03	1,51	0,98
		c	0,19	0,92	0,80	0,75	1,05	0,75
Yarayışlı Mg (Alınabilir), mg kg ⁻¹	0-20	a	69	42	56	67	158	85
		b	198	133	450	400	414	310
		c	112	76	217	229	284	209
	20-40	a	70	49	64	67	180	74
		b	190	107	467	349	727	289
		c	109	71	215	274	338	184

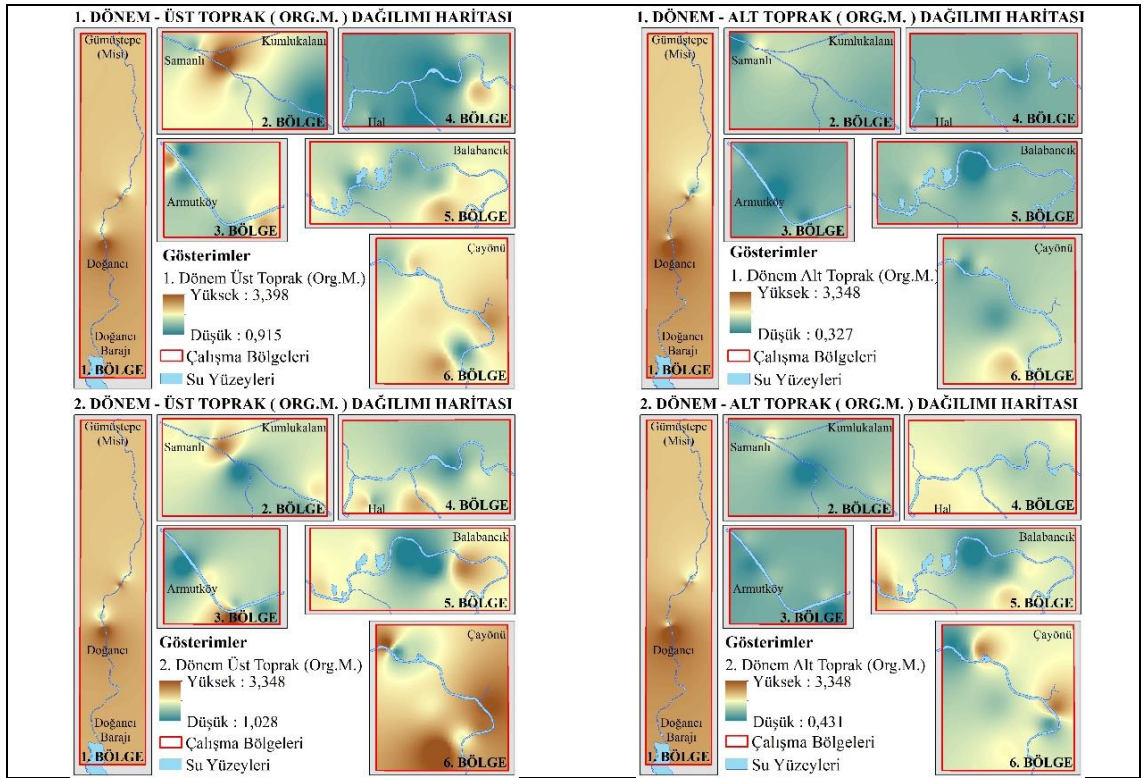
a: en düşük değer, b: en büyük değer, c: ortalama değer

* C: kil, CL: killi tın, L: tın, SL: kumlu tın, SCL: kumlu killi tın, SiCL: siltli killi tın

Çalışma alanlarında üst 0-20 cm'de kireç miktarı her iki örnekleme döneminde ortalama olarak % 0,70 ile % 2,87 arasında değişim gösterirken, 20-40 cm'den alınan örneklerde ise kireç içeriği ortalama % 0,92 ile % 3,31 arasında belirlenmiştir. Toprak örneklerinin kireç içeriğinin mekansal dağılım haritaları Şekil 4.4'de, organik madde içeriklerinin dağılım haritaları ise Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların kireç içeriği dağılımı haritası.



Şekil 4.5. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların organik madde içeriği dağılımı haritası.

Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanı toprakları kireç içeriği bakımından düşük (% 0-2,5) ve kireçli (% 2,6-5) toprak sınıfında yer almaktadır. Yüzey altı topraklarında yüzey topraklarına göre daha yüksek kireç içeriği belirlenmiştir.

Çalışma bölgelerinde organik madde miktarı birinci örnekleme döneminde yüzey topraklarda (0-20 cm) ortalama % 1,42-2,21 arasında değişmekte iken yüzey altı topraklarda (20-40 cm) ortalama % 0,97-1,58 arasında değişmektedir. Toprakların organik madde içerikleri ikinci örnekleme döneminde yüzey topraklarda (0-20 cm) ortalama % 1,78-2,42 arasında, yüzey altı topraklarda (20-40 cm) ise ortalama % 0,92-1,80 arasında değişim göstermiştir. Çalışma alanı toprakları organik madde içeriği bakımından çok az (% 0-1), az (% 1-2) ve orta (% 2-3) düzeydedir. Yüzey topraklarda organik madde içeriği göreceli olarak alt topraklara göre daha yüksek belirlenmiştir.

İkinci örnekleme döneminde alınan toprak örneklerinin katyon değişim kapasiteleri yüzey topraklarda (0-20 cm) ortalama 13,2 meq 100 g⁻¹ ile 27,4 meq 100 g⁻¹ arasında değişim gösterirken, yüzey altı topraklarda (20-40 cm) ortalama 12,9-26,8 meq 100 g⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Katyon değişim kapasitesinin farklılık göstermesi toprakların organik madde içerikleri ve bünye sınıfındaki farklılıklar ile ilişkilidir.

4.2. Toprakların Besin Elementi İçerikleri

İncelenen toprakların besin elementi içerikleri değerlendirildiğinde; birinci örnekleme döneminde toplam yüzde azot yönünden yüzey toprakların ortalama % 0,092 ile % 0,154 arasında azot içerdiği belirlenmiştir. Yüzey altı toprakların azot içerikleri ise ortalama % 0,058 ile % 0,1 arasında değişim göstermiştir. İkinci örnekleme döneminde toprakların azot içerikleri yüzey topraklarında ortalama % 0,101 ile % 0,152 arasında, yüzey altı topraklarında ise ortalama % 0,051 ile % 0,114 arasında değişim göstermiştir. Her iki örnekleme döneminde de üst toprakların azot içerikleri alt topraklara göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durum üst toprağın organik madde içeriğinin daha yüksek olması ile ilgilidir. Bu sonuçlara göre çalışma alanı yüzey toprakları (0-20 cm) azot yönünden genelde yeterli (% 0,090-0,170) seviyededir. Toprak verimliliği yönünden inorganik azot

formları da belirlenmiştir. Çalışma bölgelerinden alınan yüzey toprak örneklerinin ortalama $\text{NH}_4\text{-N}$ miktarı 31,3-35,5 mg kg^{-1} , yüzey altı toprak örneklerinin ise ortalama 30,6-36,5 mg kg^{-1} arasında değişim göstermiştir. $\text{NO}_3\text{-N}$ ise üst toprakta ortalama 0,37-4,25 mg kg^{-1} arasında belirlenirken, yüzey altı topraklarında ortalama 0,85-3,94 mg kg^{-1} arasında değişim göstermiştir.

Birinci örnekleme döneminde çalışma alanı toprakları toprak verimliliği açısından önem taşıyan alınabilir P yönünden incelendiğinde yüzey topraklarının alınabilir P içeriğinin yüzey altı topraklara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Yüzey topraklarda (0-20 cm) alınabilir P miktarı ortalama 18,1-68,2 mg kg^{-1} arasında belirlenirken, yüzey altı topraklarının (20-40 cm) P içeriği ortalama 7,4-64,9 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. İkinci örnekleme döneminde de toprakların alınabilir P içeriği yüzey toprakta ortalama 8,7-36,3 mg kg^{-1} , yüzey altı topraklarda ise ortalama 1,8-26,6 mg kg^{-1} arasında değişim göstermiştir. Çalışma alanı toprakları alınabilir P açısından yeterli (8-25 mg kg^{-1}) ve fazla (25-80 mg kg^{-1}) sınıfında değerlendirilmektedir.

Çalışmada, ikinci örnekleme döneminde alınan toprak örneklerinde değişebilir katyonlar belirlenmiştir. Yüzey toprakların (0-20 cm) değişebilir Na, K, Ca ve Mg miktarları ortalama olarak sırası ile 53-127 mg kg^{-1} , 108-190 mg kg^{-1} , 2357-4839 mg kg^{-1} ve 76-284 mg kg^{-1} arasında değişim göstermiştir. Yüzey altı toprakların (20-40 cm) değişebilir Na, K, Ca ve Mg ortalama miktarları ise sırasıyla 56-144 mg kg^{-1} , 90-135 mg kg^{-1} , 2298-4617 mg kg^{-1} ve 71-338 mg kg^{-1} arasında değişim göstermiştir.

4.3. Topraklarının Ağır Metal İçerikleri

İncelenen toprakların ağır metal içerikleri CBS ortamında analiz edilmiş ve çalışılan bölgelere ait güncel mekansal ağır metal içeriği dağılımı haritaları oluşturulmuştur. Böylece kademeli olarak hangi alanlarda ağır metal birikiminin daha fazla olduğu ortaya konulmuştur. Ağır metal dağılımının haritalar ile sunulması; 1). Farklı alanlardaki güncel ağır metal içeriği dağılımını ve hangi alanlarda toprakta ağır metal birikiminin diğerlerine oranla daha fazla veya az olduğu bilgilerini sunması, 2). CBS-enterpole tekniği ile örneklememiş alanlarda da ağır metal içeriğinin tahmin edilmesi, olanaklarını

sunmaktadır. Tüm bu haritalar laboratuvar analizlerinin yorumlanmasında önemli bir veri kaynağı da oluşturmaktadır. Toprak örneklerinde tespit edilen ağır metal içerikleri aşağıda tartışılmıştır. Ayrıca, ArcGIS yazılımı ile toprak örneklerinde tespit edilen elementlerin kirlilik faktörleri (CF, EF, Igeo) ayrı ayrı hesaplanarak sınır değerlerine göre sınıflandırılmış, dağılım haritaları oluşturulmuş, alanları hesaplanmıştır ve ilgili bölümde sunulmuştur.

Nilüfer Çayı boyunca belirlenen altı farklı çalışma bölgesinde verimlilik ilkesine göre sulama öncesi ve sulama sonrası olmak üzere iki farklı dönemde (1.Dönem: İlkbahar-Mayıs, 2.Dönem: Sonbahar-Ekim) örnekleme yapılmıştır. Her bir örnek noktasında iki farklı derinlikten (0-20 cm ve 20-40 cm) alınan toplam 192 toprak örneğinde yapılan toplam ve DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni ve Pb) analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Birinci ve ikinci dönemde alınan toprak örneklerinin ağır metal içerikleri.

Toprak özelliği	Çalışma bölgeleri													
	Derinlik	1. Dönem (sulama öncesi)						2. Dönem (sulama sonrası)						
		I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	
Toplam Fe, %	0-20	a	5,58	3,42	3,13	2,89	3,05	3,25	5,51	3,71	1,67	3,02	3,67	2,68
		b	6,52	4,38	4,71	5,55	4,75	5,60	6,75	4,38	4,62	5,03	4,68	5,54
		c	5,97	3,86	3,85	4,43	3,97	4,08	6,02	3,90	3,18	3,86	4,34	3,51
	20-40	a	5,25	3,23	2,99	2,95	3,62	2,84	5,58	3,89	1,38	2,69	2,54	2,60
		b	6,99	4,55	5,23	5,62	4,89	33,4	6,48	4,47	8,24	5,38	5,33	4,54
		c	6,08	3,86	3,98	4,20	4,19	7,31	5,91	4,06	3,81	4,00	4,29	3,56
DTPA - Fe, mg kg ⁻¹	0-20	a	16,1	12,4	10,1	9,6	23,0	7,11	9,38	7,27	3,46	4,19	4,05	5,98
		b	27,4	82,5	22,5	22,4	44,4	40,4	27,3	28,5	22,0	22,7	24,0	25,6
		c	20,9	26,1	16,0	16,6	30,7	28,0	16,8	14,8	12,7	10,3	13,9	15,2
	20-40	a	15,0	8,49	5,43	8,77	18,9	6,22	7,87	6,55	1,05	5,14	1,89	5,66
		b	27,2	23,5	34,1	21,7	54,4	29,4	27,8	16,1	14,0	15,4	18,8	16,2
		c	20,5	14,7	15,6	14,6	28,9	20,0	15,0	10,5	8,66	9,99	12,5	12,2
Toplam Mn, mg kg ⁻¹	0-20	a	1070	807	718	880	658	749	897	809	335	804	770	589
		b	1100	1253	1033	1240	1114	1327	1153	1147	993	1098	1317	1306
		c	1083	951	875	1014	903	920	1051	944	742	951	1025	878
	20-40	a	951	740	726	772	749	605	896	871	238	840	487	567
		b	1209	1011	970	1019	1219	900	1109	1103	1922	1162	1300	1076
		c	1100	907	840	901	972	791	1011	925	856	960	984	818
DTPA - Mn, mg kg ⁻¹	0-20	a	16,8	10,3	8,2	10,4	12,6	16,2	3,96	2,57	3,24	2,66	2,27	3,00
		b	29,1	25,2	21,1	35,6	25,8	25,8	8,44	5,44	5,90	6,87	5,74	4,90
		c	23,4	14,1	16,9	20,8	21,1	21,7	6,56	4,51	4,92	4,64	3,94	3,48
	20-40	a	11,6	3,88	7,51	7,64	16,6	12,0	3,37	2,52	0,69	3,06	0,53	2,78
		b	29,1	12,5	15,1	22,3	21,7	19,3	10,2	4,51	8,35	9,96	6,21	5,13
		c	18,6	7,40	9,74	15,5	19,3	15,5	6,26	3,58	4,42	5,99	4,57	4,02

a: en düşük değer, b: en büyük değer, c: ortalama değer

Çalışma alanında belirlenen altı çalışma bölgesinden sulama öncesi ve sulama sonrası olmak üzere iki örnekleme döneminde alınan toprak örneklerinin ortalama olarak toplam Fe içerikleri % 3,18 ile % 7,31 arasında değişim göstermiştir. Toplam demir içeriği ana materyalin özelliğine bağlı olarak topraklarda % 0,5-% 5,5 arasında değişebilmektedir (Allaway 1968).

Çizelge 4.3. Birinci ve ikinci dönemde alınan toprak örneklerinin ağır metal içerikleri (devam).

Toprak özelliği	Çalışma bölgeleri													
	Derinlik	1. Dönem (sulama öncesi)						2. Dönem (sulama sonrası)						
		I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	
Toplam Zn, mg kg ⁻¹	0-20	a	58,2	69,2	50,2	40,3	47,0	45,4	39,2	67,7	33,1	40,8	40,4	34,1
		b	69,5	129	84,6	82,0	118	82,4	59,4	116	64,5	153	172	78,9
		c	65,6	85,4	63,8	61,0	85,2	58,3	48,5	83,8	52,3	78,7	90,4	56,7
	20-40	a	51,1	50,8	38,0	39,0	40,6	34,1	42,5	62,6	22,1	41,0	31,3	26,0
		b	66,8	98,0	64,6	73,5	173	56,4	67,2	78,2	62,2	84,6	101	66,0
		c	60,5	70,0	54,5	59,7	76,7	47,2	49,4	70,0	44,5	63,1	69,0	43,0
DTPA - Zn, mg kg ⁻¹	0-20	a	0,89	1,29	0,74	0,49	1,75	1,01	0,83	1,29	0,66	0,48	0,22	0,60
		b	3,25	7,12	3,64	3,31	7,77	4,36	6,01	5,83	2,78	5,82	7,10	3,50
		c	2,09	2,80	1,72	1,47	3,87	1,94	2,55	2,64	1,39	2,05	2,64	1,96
	20-40	a	0,56	0,26	0,29	0,24	0,62	0,39	0,55	0,25	0,14	0,24	0,15	0,25
		b	2,45	2,29	1,47	2,80	12,28	1,58	4,62	2,25	0,62	2,48	3,90	1,03
		c	1,25	1,04	0,70	0,77	2,68	0,75	2,50	0,70	0,36	0,96	1,63	0,58
Toplam Cu, mg kg ⁻¹	0-20	a	70,0	70,4	37,4	46,3	35,5	29,4	32,5	73,0	26,3	49,8	29,9	22,1
		b	76,4	146	102	71,5	71,5	51,3	69,8	126	83,6	76,3	85,6	49,3
		c	74,2	97,2	68,2	60,5	55,9	39,4	52,1	95,6	52,5	60,5	56,7	37,0
	20-40	a	61,1	33,7	18,3	31,6	33,4	21,2	34,0	40,3	6,1	34,0	23,8	19,2
		b	73,1	75,3	69,6	70,3	89,0	41,6	66,5	64,8	48,0	68,8	68,1	47,4
		c	68,5	55,0	43,1	48,2	53,0	33,1	50,6	54,4	30,9	48,9	47,7	30,4
DTPA - Cu, mg kg ⁻¹	0-20	a	3,29	10,2	3,07	2,99	4,09	1,55	2,17	11,3	1,79	3,68	0,99	1,58
		b	5,01	37,2	19,7	13,2	7,84	6,18	5,40	22,9	15,3	8,97	10,7	5,64
		c	4,32	21,7	11,7	7,55	6,32	4,03	2,91	16,7	8,18	6,31	5,00	3,32
	20-40	a	3,03	2,81	1,67	2,52	3,49	1,65	1,77	2,41	0,43	2,71	0,37	1,25
		b	4,79	12,1	9,72	4,32	12,8	4,30	4,74	8,41	4,14	6,25	7,71	4,00
		c	4,17	7,06	3,97	3,51	5,39	2,86	2,78	5,94	2,41	3,53	3,77	2,28
Toplam Cd, mg kg ⁻¹	0-20	a	0,052	0,103	0,123	0,005	0,120	0,088	0,037	0,113	0,129	0,139	0,157	0,102
		b	0,152	0,273	0,444	0,301	0,259	0,176	0,225	0,236	0,218	0,295	0,360	0,205
		c	0,101	0,158	0,213	0,171	0,186	0,133	0,107	0,161	0,156	0,214	0,236	0,157
	20-40	a	0,047	0,080	0,094	0,005	0,062	0,075	0,030	0,104	0,104	0,138	0,174	0,092
		b	0,243	0,195	0,792	0,315	0,362	0,167	0,400	0,145	0,204	0,327	0,257	0,206
		c	0,113	0,125	0,237	0,157	0,183	0,118	0,138	0,125	0,157	0,218	0,225	0,140
DTPA - Cd, mg kg ⁻¹	0-20	a	0,040	0,035	0,032	0,004	0,051	0,038	0,031	0,053	0,033	0,029	0,014	0,029
		b	0,052	0,189	0,077	0,073	0,163	0,102	0,060	0,176	0,059	0,215	0,265	0,085
		c	0,047	0,079	0,047	0,048	0,101	0,060	0,042	0,086	0,045	0,081	0,098	0,057
	20-40	a	0,029	0,013	0,019	0,005	0,046	0,024	0,024	0,023	0,009	0,045	0,007	0,024
		b	0,049	0,066	0,046	0,067	0,326	0,054	0,037	0,096	0,045	0,096	0,137	0,054
		c	0,041	0,033	0,028	0,038	0,090	0,038	0,030	0,048	0,031	0,068	0,071	0,037

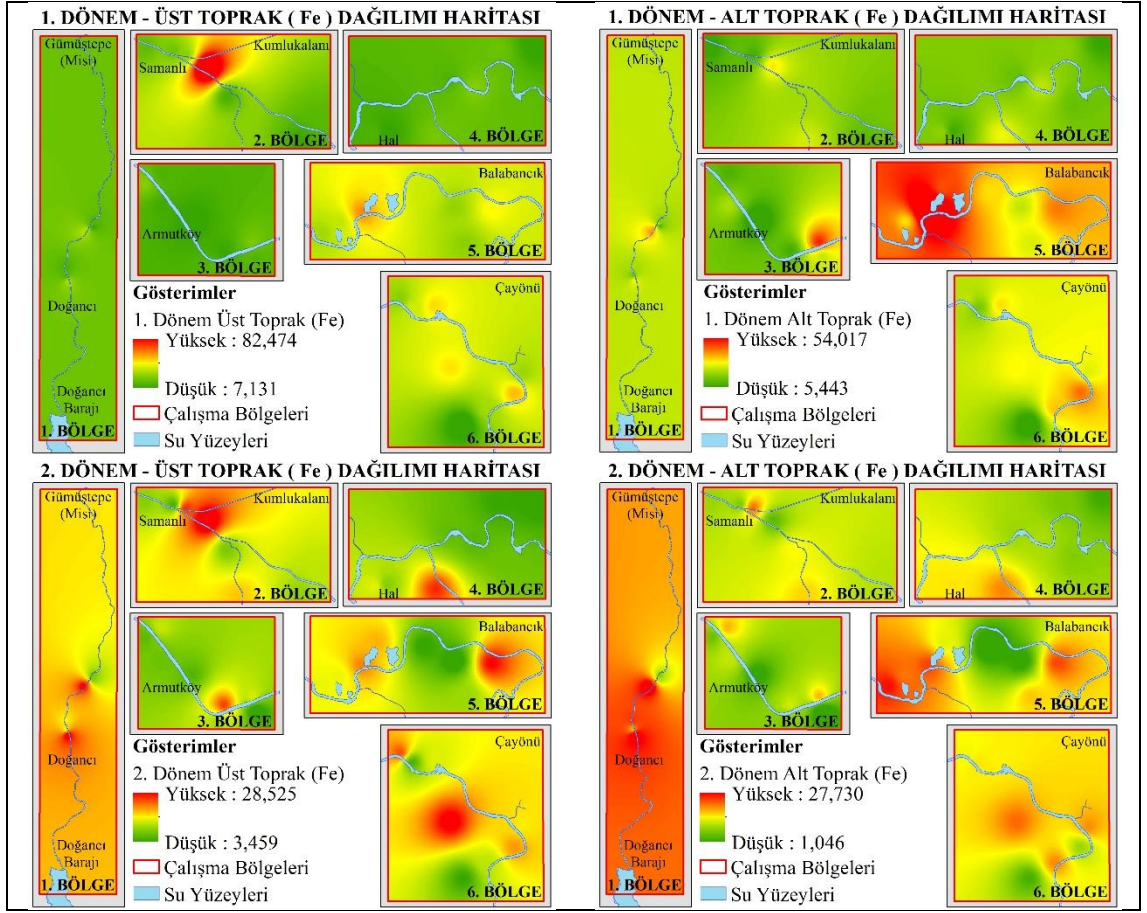
a: en düşük değer, b: en büyük değer, c: ortalama değer

Çizelge 4.3. Birinci ve ikinci dönemde alınan toprak örneklerinin ağır metal içerikleri (devam).

Toprak özelliği	Çalışma bölgeleri													
	Derinlik	1. Dönem (sulama öncesi)						2. Dönem (sulama sonrası)						
		I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	
Toplam Cr, mg kg ⁻¹	0-20	a	162	88,5	83,9	126	147	100	46,5	76,4	52,9	106,7	93,1	75,3
		b	222	105	138	187	196	171	189	106	124	163,6	203,1	137,8
		c	194	96,9	121	155	160	136	140	89,0	93,0	135,1	148,8	108,7
	20-40	a	172	69,9	73,9	127	130	94,9	46,8	72,8	41,2	112	58,7	71,6
		b	227	105	131	207	226	136	194	117	131	170	180	125
		c	200	93,6	114	155	159	120	124	87,3	90,8	135	133	98,1
DTPA - Cr, mg kg ⁻¹	0-20	a	0,017	0,014	0,016	0,020	0,021	0,017	0,023	0,002	0,023	0,022	0,022	0,022
		b	0,027	0,026	0,039	0,072	0,032	0,032	0,029	0,027	0,027	0,029	0,028	0,027
		c	0,022	0,017	0,022	0,032	0,026	0,024	0,026	0,025	0,025	0,025	0,025	0,024
	20-40	a	0,015	0,011	0,011	0,017	0,019	0,015	0,23	0,023	0,020	0,022	0,021	0,022
		b	0,024	0,023	0,044	0,032	0,030	0,022	0,029	0,31	0,027	0,027	0,030	0,024
		c	0,019	0,016	0,028	0,024	0,022	0,017	0,026	0,025	0,025	0,025	0,026	0,023
Toplam Ni, mg kg ⁻¹	0-20	a	96,8	52,8	72,6	105	75,0	72,6	26,8	50,3	56,0	76,7	102	62,3
		b	125	67,8	120	166	124	123	122	82,1	103	148	166	120
		c	112	59,8	93,4	126	108	93,7	91,3	62,7	79,6	117	117	83,6
	20-40	a	99,2	39,4	65,2	69,2	93,0	67,4	30,7	42,6	47,8	72,3	63,4	58,4
		b	124	69,4	103	164	226	108	133	86,7	101	170	243	122
		c	113	57,6	87,7	114	123	88,2	77,8	59,1	78,9	124	122	80,6
DTPA - Ni, mg kg ⁻¹	0-20	a	0,872	0,472	0,535	0,498	0,996	1,011	0,060	0,324	0,358	0,227	0,249	0,391
		b	1,562	2,175	1,216	3,109	1,292	2,011	3,115	0,748	1,115	0,969	0,460	1,161
		c	1,182	0,814	0,906	1,507	1,123	1,625	1,186	0,491	0,518	0,630	0,362	0,720
	20-40	a	0,905	0,231	0,371	0,417	0,748	0,820	0,407	0,201	0,092	0,239	0,088	0,285
		b	1,574	0,560	1,046	1,659	1,191	1,498	3,185	0,655	0,678	1,193	0,468	0,807
		c	0,184	0,405	0,599	1,091	0,944	1,128	1,271	0,328	0,366	0,709	0,326	0,483
Toplam Pb, mg kg ⁻¹	0-20	a	4,17	5,06	4,83	3,30	6,72	6,07	3,75	4,67	4,66	7,47	5,32	5,03
		b	7,98	9,21	11,9	9,33	25,2	10,3	9,81	9,10	9,62	12,9	18,9	13,0
		c	6,11	7,10	8,66	7,10	12,6	8,09	6,53	6,88	6,54	9,30	11,4	8,53
	20-40	a	4,81	3,22	3,40	3,62	7,33	5,05	4,94	3,18	3,21	6,73	4,12	5,02
		b	9,20	9,21	10,8	8,25	19,2	8,91	15,2	7,86	9,63	9,27	14,0	9,62
		c	6,55	5,62	8,14	6,93	10,5	6,93	7,08	4,69	6,03	8,11	9,76	6,97
DTPA - Pb, mg kg ⁻¹	0-20	a	0,444	0,530	0,824	0,841	1,588	1,133	0,404	0,448	0,620	0,619	0,584	0,417
		b	0,670	1,587	1,551	1,729	7,037	2,057	0,846	0,938	1,690	1,848	2,130	1,329
		c	0,549	0,803	1,212	1,301	2,649	1,518	0,524	0,643	1,047	1,156	1,359	1,002
	20-40	a	0,423	0,293	0,589	0,708	1,256	0,687	0,297	0,177	0,416	0,601	0,396	0,362
		b	0,578	0,758	1,604	1,433	3,236	1,487	1,089	0,703	1,234	1,784	1,957	1,406
		c	0,508	0,533	0,883	1,102	1,937	1,091	0,533	0,404	0,774	0,982	1,232	0,818

a: en düşük değer, b: en büyük değer, c: ortalama değer

Toprak verimliliği açısından toprakların alınabilir Fe miktarları değerlendirildiğinde yüzey toprakların yüzey altı topraklara göre daha yüksek DTPA-Fe içerdiği belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe miktarı mekansal dağılımı haritaları Şekil 4.6'da verilmiştir.

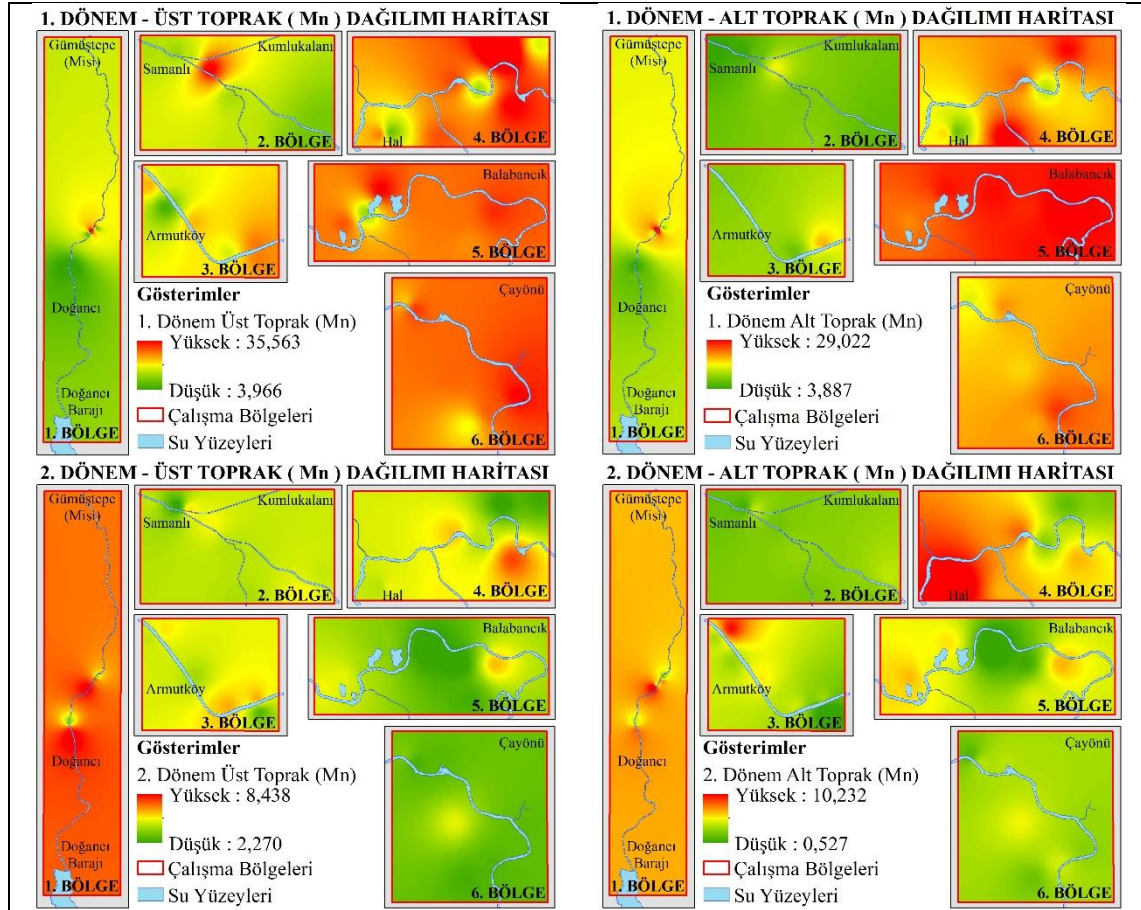


Şekil 4.6. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe içeriği dağılımı haritası.

Birinci örnekleme döneminde yüzey topraklarda (0-20 cm) çalışma bölgelerine bağlı olarak ortalama DTPA-Fe miktarı $16,0-30,7 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında, yüzey altı topraklarda (20-40 cm) ise ortalama $14,6-28,9 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. En yüksek alınabilir Fe miktarı 5. ve 6. çalışma bölgesi topraklarında belirlenmiştir. İkinci örnekleme döneminde ise ortalama DTPA-Fe miktarı yüzey topraklarda (0-20 cm) $10,3-16,8 \text{ mg kg}^{-1}$, yüzey altı topraklarda (20-40 cm) ise $8,66-15,0 \text{ mg kg}^{-1}$ değerleri arasında değişim göstermiştir. Bu çalışmada alınan tüm toprak örneklerinde DTPA-Fe içeriği “fazla” olarak bildirilen $4,5 \text{ mg kg}^{-1}$ değerinden daha yüksek bulunmuştur (Lindsay ve Norvell 1978).

Toplam Mn miktarı birinci örnekleme döneminde 791 mg kg^{-1} ile 1083 mg kg^{-1} arasında, ikinci örnekleme döneminde ise 742 mg kg^{-1} ile 1051 mg kg^{-1} arasında belirlenmiştir.

Topraklarda toplam mangan miktarının 100-4000 mg kg⁻¹ arasında değiştiği Allaway (1968) tarafından bildirilmiştir. Örnekleme yapılan çalışma alanlarında alınabilir Mn miktarı ise yüzey altı topraklarına göre üst toprakta daha yüksek belirlenmiştir. Çalışma alanlarından alınan toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn miktarı mekansal dağılım haritaları Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn içeriği dağılımı haritası.

Yüzey topraklarının (0-20 cm) ortalama DTPA-Mn miktarı birinci örnekleme döneminde 14,1-23,4 mg kg⁻¹ arasında, ikinci örnekleme döneminde ortalama 3,48-6,56 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Yüzey altı topraklarının (20-40 cm) ortalama DTPA-Mn miktarı ise birinci ve ikinci örnekleme dönemlerinde sırasıyla 7,40-19,3 mg kg⁻¹ ve 3,58-6,26 mg kg⁻¹ arasında belirlenmiştir. Nilüfer ayı ova bölgesindeki akış noktaları dikkate alındığında 3, 4, 5 ve 6. Çalışma alanlarının kontrol çalışma alanına (2. alan) göre daha

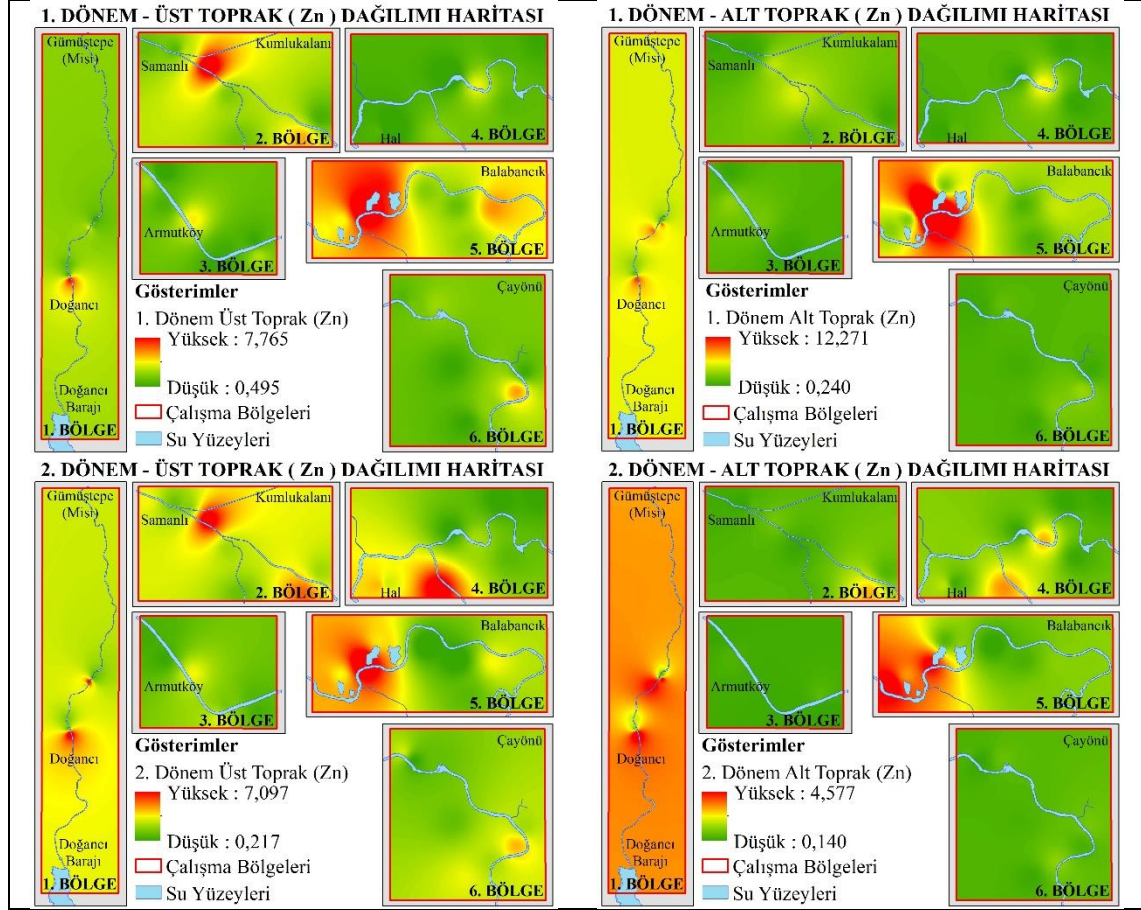
yüksek Mn içerdiği belirlenmiştir. İkinci örnekleme döneminde benzer durum görülmüştür. Genel olarak çalışma alanı topraklarının verimlilik açısından alınabilir Mn miktarı değerlendirildiğinde, DTPA-Mn açısından birinci dönem “yeterli” (14-50 mg kg⁻¹) olarak değerlendirilirken ikinci örnekleme döneminde “eksik” sınıfta bulunduğu tespit edilmiştir (Lindsay ve Norvell 1978).

Çalışılan toprak örneklerinin ortalama toplam Zn içerikleri birinci dönemde 47,2-85,4 mg kg⁻¹ arasında, ikinci dönemde ise 43,0-90,4 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Genelde toprakların toplam çinko içeriği 10-300 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Bergmann (1992) topraklarda yaygın olarak çinkonun 3-50 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, tolere edilebilir miktarının ise 300 mg kg⁻¹ olduğunu bildirmiştir. Çalışma alanlarından alınan toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn miktarı mekansal dağılım haritaları Şekil 4.8’de verilmiştir.

Toprakların alınabilir Zn miktarları değerlendirildiğinde yüzey altı topraklarına göre üst toprağın daha yüksek DTPA-Zn içerdiği belirlenmiştir. Yüzey topraklarının (0-20 cm) alınabilir Zn miktarı, birinci örnekleme döneminde 1,47-3,87 mg kg⁻¹ arasında belirlenirken, ikinci dönemde 1,39-2,64 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. En yüksek alınabilir Zn miktarı ortalama olarak birinci dönemde 5 nolu çalışma bölgesinde, ikinci örnekleme döneminde ise 2 ve 5 nolu çalışma bölgelerinde belirlenmiştir. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının ortalama alınabilir Zn miktarı birinci dönemde 0,70-2,68 mg kg⁻¹ arasında, ikinci dönemde ise 0,36-2,50 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Çalışma bölgelerinden alınan topraklar verimlilik açısından değerlendirildiğinde yüzey topraklarında Zn miktarı “yeterli” (0,7-2,4 mg kg⁻¹) veya “fazla” (2,7-8,0 mg kg⁻¹) sınıfta olduğu tespit edilmiştir (Lindsay ve Norvell 1978).

Birinci örnekleme döneminde çalışma bölgelerinden alınan toprak örneklerinin ortalama toplam Cu içerikleri 39,4-97,2 mg kg⁻¹ arasında, ikinci örnekleme döneminde ise 37,0-95,6 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişim göstermiştir. Genelde toprakların toplam bakır içeriği 2-100 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Allaway 1968). Bergmann (1992) topraklarda yaygın olarak bakırın 1-20 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, tolere edilebilir

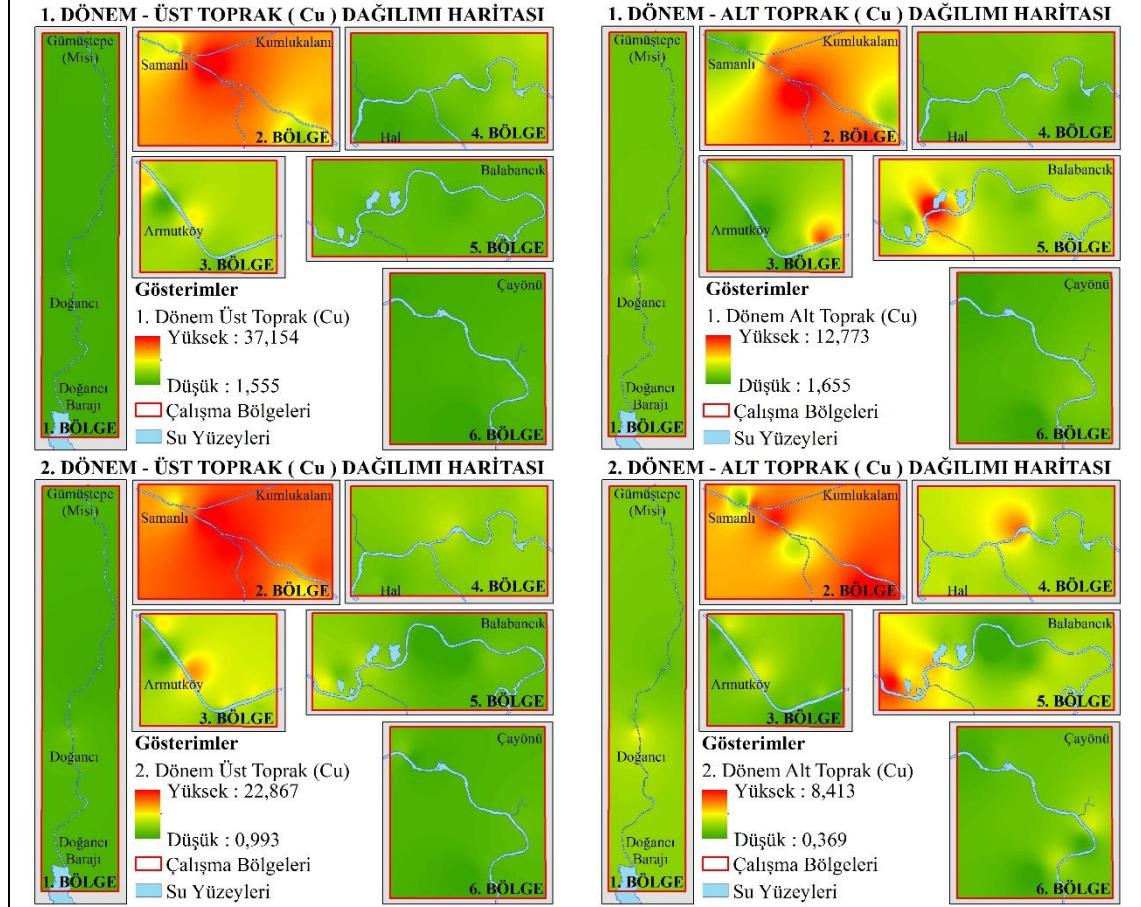
miktarın ise 100 mg kg^{-1} olduğunu bildirmiştir. Toprakların toplam Cu miktarlarının sınır değere (100 mg kg^{-1}) yakın olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.8. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn içeriği dağılımı haritası.

Çalışma bölgelerinden alınan toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu miktarı mekansal dağılım haritaları Şekil 4.9’da verilmiştir. Toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu miktarları değerlendirildiğinde yüzey altı topraklarına göre yüzey toprakların daha yüksek DTPA-Cu içerdiği belirlenmiştir. Yüzey topraklarının (0-20 cm) alınabilir Cu miktarı birinci örnekleme döneminde ortalama $4,03-21,7 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişim gösterirken, ikinci örnekleme döneminde $2,91-16,7 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu belirlenmiştir. Yüzey altı (20-40 cm) toprakların alınabilir Cu miktarları birinci dönem için $2,86-7,06 \text{ mg kg}^{-1}$, ikinci dönem için $2,28-5,94 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında bulunmuştur. Çalışma bölgelerinden alınan yüzey toprakları toprak verimliliği açısından

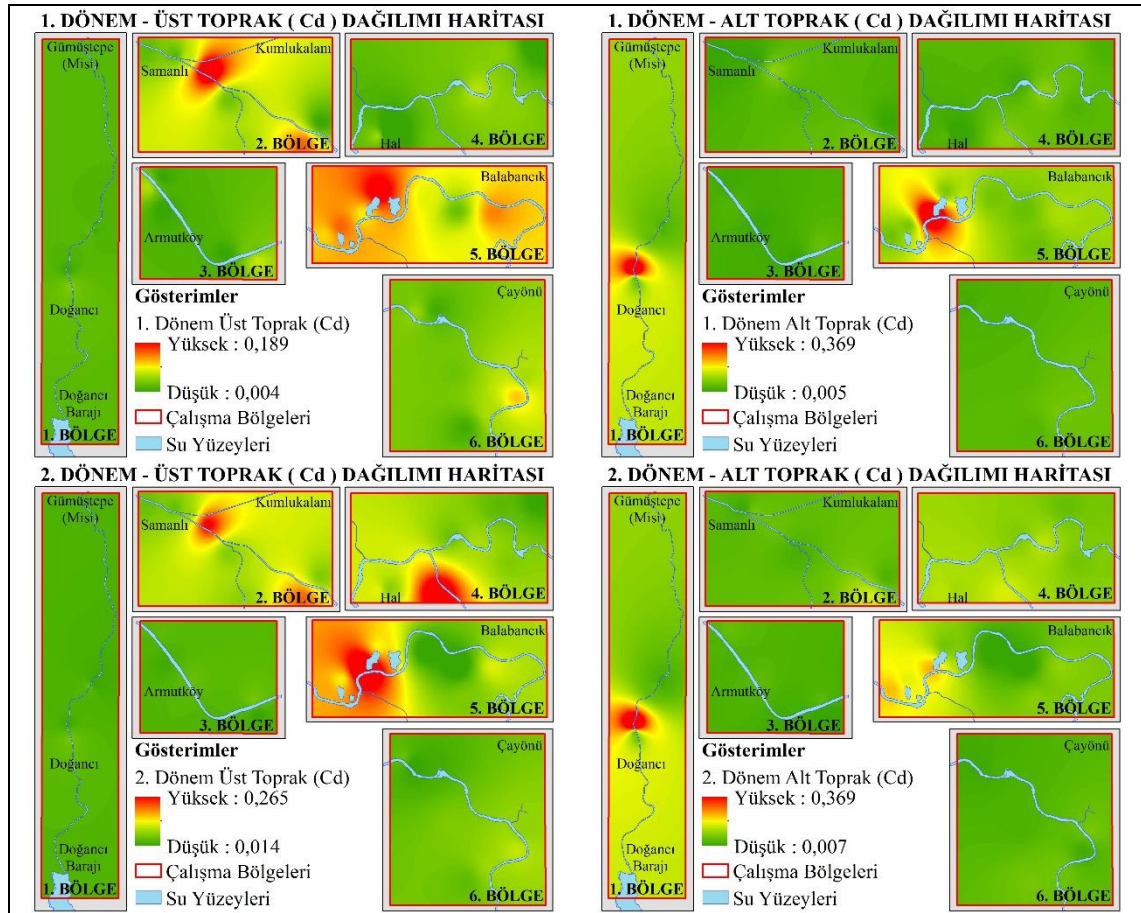
değerlendirildiğinde tüm alanların “yeterli” ($>0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) sınıfta yer aldığı gözlenmiştir (Lindsay ve Norvell 1978). İkinci örnekleme döneminde tüm çalışma bölgelerinin Cu miktarı 1 nolu çalışma alanına göre daha yüksek çıkmıştır. En yüksek Cu miktarı 2 nolu çalışma bölgesinde tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu içeriği dağılımı haritası.

Çalışma bölgelerinden alınan yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin toplam Cd içerikleri birinci örnekleme döneminde ortalama $0,101-0,237 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında, ikinci örnekleme döneminde $0,107-0,236 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında belirlenmiştir. Bergmann (1992) topraklarda yaygın olarak kadmiyumun $0,1-1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini, tolere edilebilir miktarın ise 3 mg kg^{-1} olduğunu bildirmiştir. Toprak kirliliği açısından yararlı (alnabilir) Cd miktarları değerlendirildiğinde yüzey topraklarının yüzey altı topraklarına göre daha yüksek DTPA-Cd içerdiği belirlenmiştir. Çalışma bölgelerinden alınan toprakların DTPA

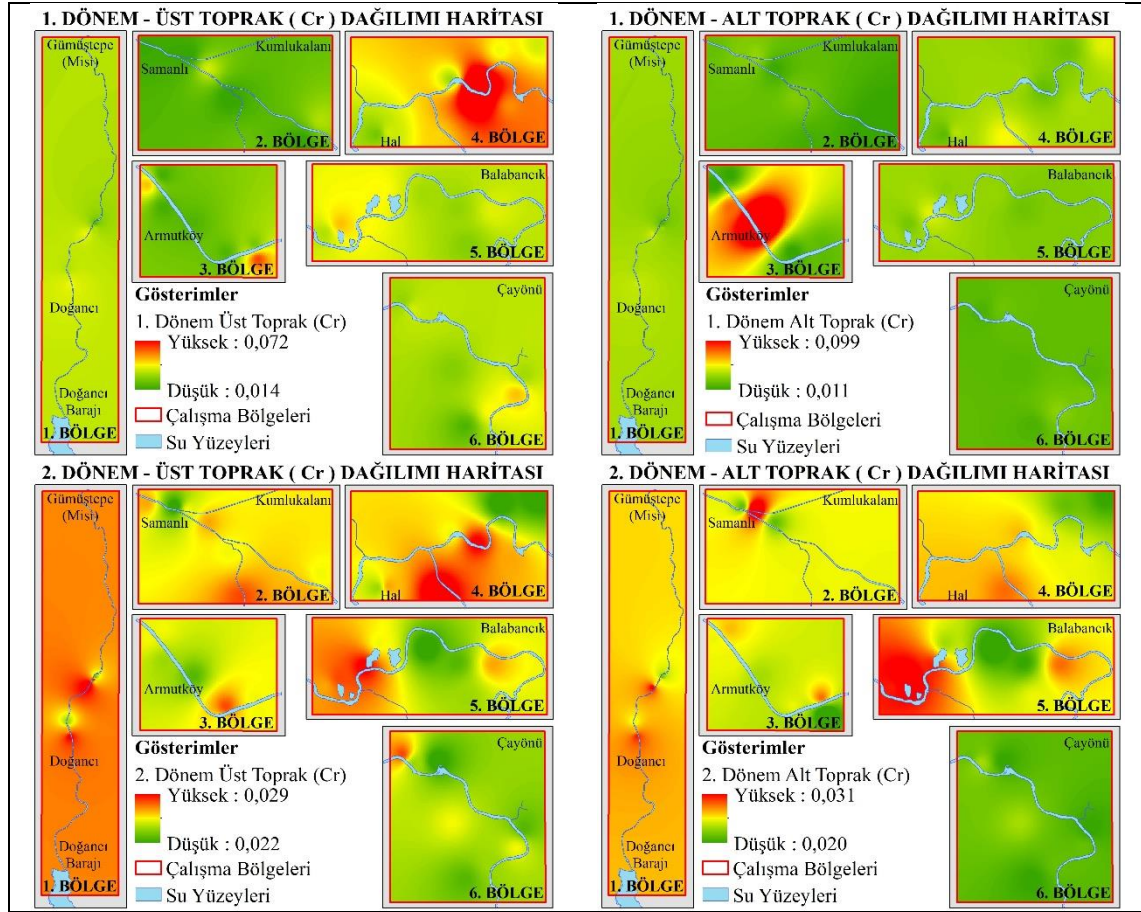
ile ekstrakte edilebilir Cd miktarı mekansal dağılım haritaları Şekil 4.10’da verilmiştir. Yüzey topraklarında (0-20 cm) çalışma bölgelerine bağlı olarak birinci dönem DTPA-Cd miktarı ortalama 0,047-0,101 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterirken, ikinci örnekleme döneminde 0,042-0,098 mg kg⁻¹ değerleri arasında bulunmuştur. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının alınabilir Cd miktarı birinci dönem için ortalama 0,028-0,090 mg kg⁻¹, ikinci dönem için 0,030-0,071 mg kg⁻¹ arasında bulunmuştur. En yüksek DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd miktarı her iki dönemde de 5 nolu çalışma bölgesi için belirlenmiştir.



Şekil 4.10. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd içeriği dağılımı haritası.

Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin toplam Cr içerikleri birinci örnekleme döneminde ortalama 93,6-200 mg kg⁻¹ arasında, ikinci örnekleme döneminde ise 87,3-148,8 mg kg⁻¹ değerleri arasında belirlenmiştir. Bergmann (1992) topraklarda yaygın olarak krom miktarının 2,0-50 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, tolere edilebilir miktarın ise 100 mg kg⁻¹

olduğunu bildirmiştir. İki nolu çalışma bölgesi dışında kalan bölgelerdeki toprakların toplam Cr miktarları sınır değer üzerinde bulunmuştur. Toprak kirliliği açısından yarayışlı Cr miktarları (DTPA ile ekstrakte edilebilir) değerlendirildiğinde yüzey topraklarının alt toprağa nazaran birinci dönemde, 3. bölge hariç diğer çalışma bölgelerinde daha yüksek DTPA-Cr içerdiği belirlenmiştir. İkinci dönemde, 5. ve 6. bölgeler hariç yüzey ve yüzey altı topraklarda DTPA-Cr içeriği bakımından değişim tespit edilmemiştir. Ancak, iki dönem arasında tüm bölgelerde artış bulunmuştur. Çalışma bölgelerinden alınan toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr miktarı mekansal dağılım haritaları Şekil 4.11’de verilmiştir.



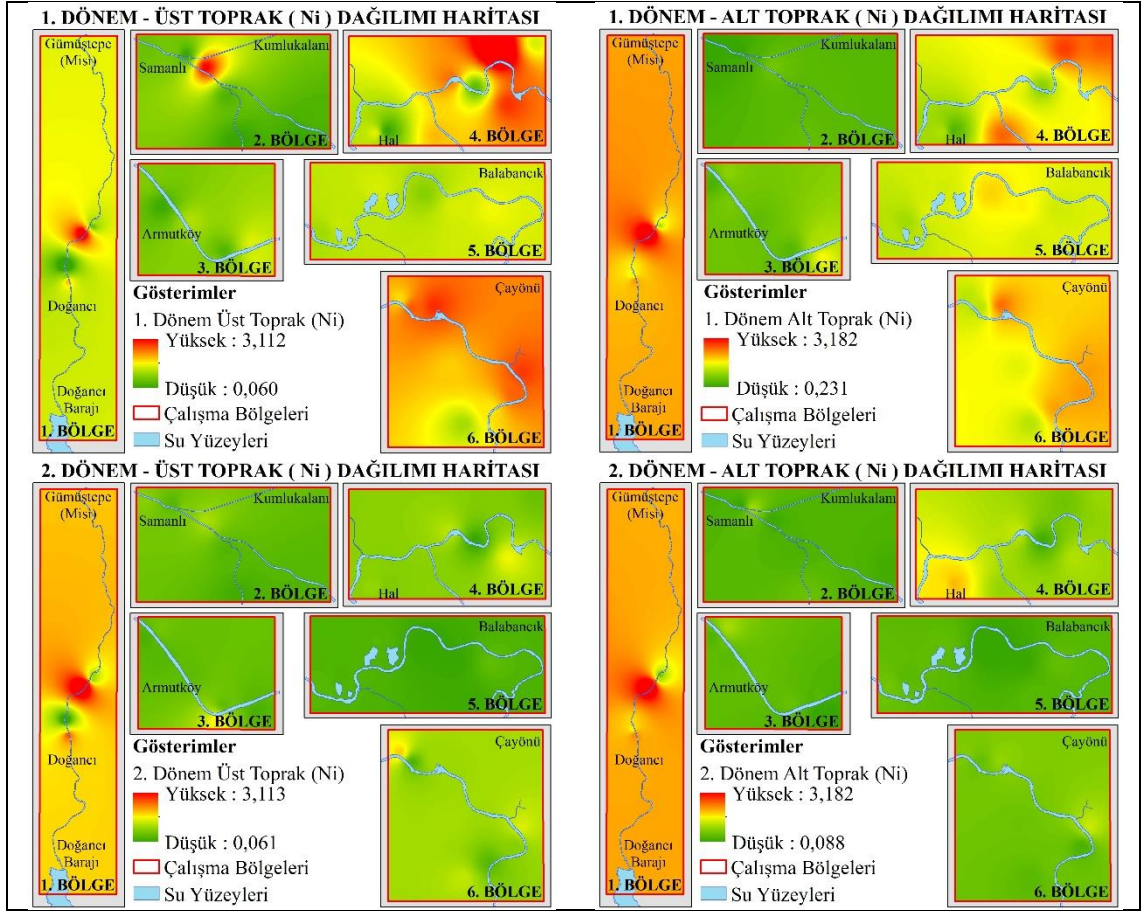
Şekil 4.11. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr içeriği dağılım haritası.

Yüzey topraklarda (0-20 cm) çalışma bölgelerine bağlı olarak ortalama DTPA-Cr miktarı birinci örnekleme döneminde 0,017-0,032 mg kg⁻¹ arasında, ikinci örnekleme döneminde

ise 0,024-0,026 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişim göstermiştir. Yüzey altı topraklarda (20-40 cm) ortalama DTPA-Cr miktarı birinci dönem için 0,016-0,028 mg kg⁻¹, ikinci dönem için 0,023-0,026 mg kg⁻¹ arasında tespit edilmiştir. Bursa Ovası bölgesinde kontrol noktası olarak belirlenen 2 nolu çalışma bölgesi ile kıyaslandığında diğer çalışma bölgelerinde DTPA-Cr miktarının daha yüksek olduğu görölmektedir. En yüksek DTPA ile ekstrakte edilen Cr miktarı 1 ve 4 nolu çalışma bölgeleri için tespit edilmiştir.

Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin ortalama toplam Ni içerikleri birinci örnekleme döneminde 57,6-126 mg kg⁻¹ arasında, ikinci örnekleme döneminde ise 59,1-124 mg kg⁻¹ değerleri arasında değiştii belirlenmiştir. Bergmann (1992) topraklarda yaygın olarak Ni miktarının 2,0-50 mg kg⁻¹ arasında değiştiiğini, tolere edilebilir miktarın ise 50 mg kg⁻¹ olduğunu bildirmiştir. Toprakların toplam Ni miktarları tolere edilebilir değerin üzerinde bulunmuştur. Toplam Ni miktarının sınır değerlerin üzerinde bulunmasına karşın toprak kirliliği açısından daha önemli olan yarayışlı Ni miktarları (DTPA ile ekstrakte edilebilir) değerlendirildiğinde, 1. bölge hariç diğer tüm bölgelerde, yüzey topraklarının yüzey altı topraklarına göre daha yüksek DTPA-Ni içerdiği belirlenmiştir. Çalışma bölgelerinden alınan toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni miktarı mekansal dağılım haritaları Şekil 4.12'de verilmiştir. Yüzey topraklarında (0-20 cm) çalışma bölgelerine bağlı olarak ortalama DTPA-Ni miktarı birinci dönem 0,814-1,625 mg kg⁻¹ arasında ikinci dönem ise 0,362-1,186 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarında ortalama DTPA-Ni miktarı birinci örnekleme dönemi için 0,184-1,1,128 mg kg⁻¹, ikinci dönem için 0,326-1,271 mg kg⁻¹ arasında bulunmuştur. Birinci dönem kontrol alanı olarak belirlenen 2 nolu çalışma bölgesine göre diğer çalışma bölgelerinde (3, 4, 5 ve 6 nolu) DTPA-Ni miktarı daha yüksek çıkarken ikinci örnekleme döneminde 1, 3, 4 ve 6 nolu çalışma bölgelerinde 2 nolu kontrol bölgesine göre daha yüksek DTPA-Ni miktarı belirlenmiştir.

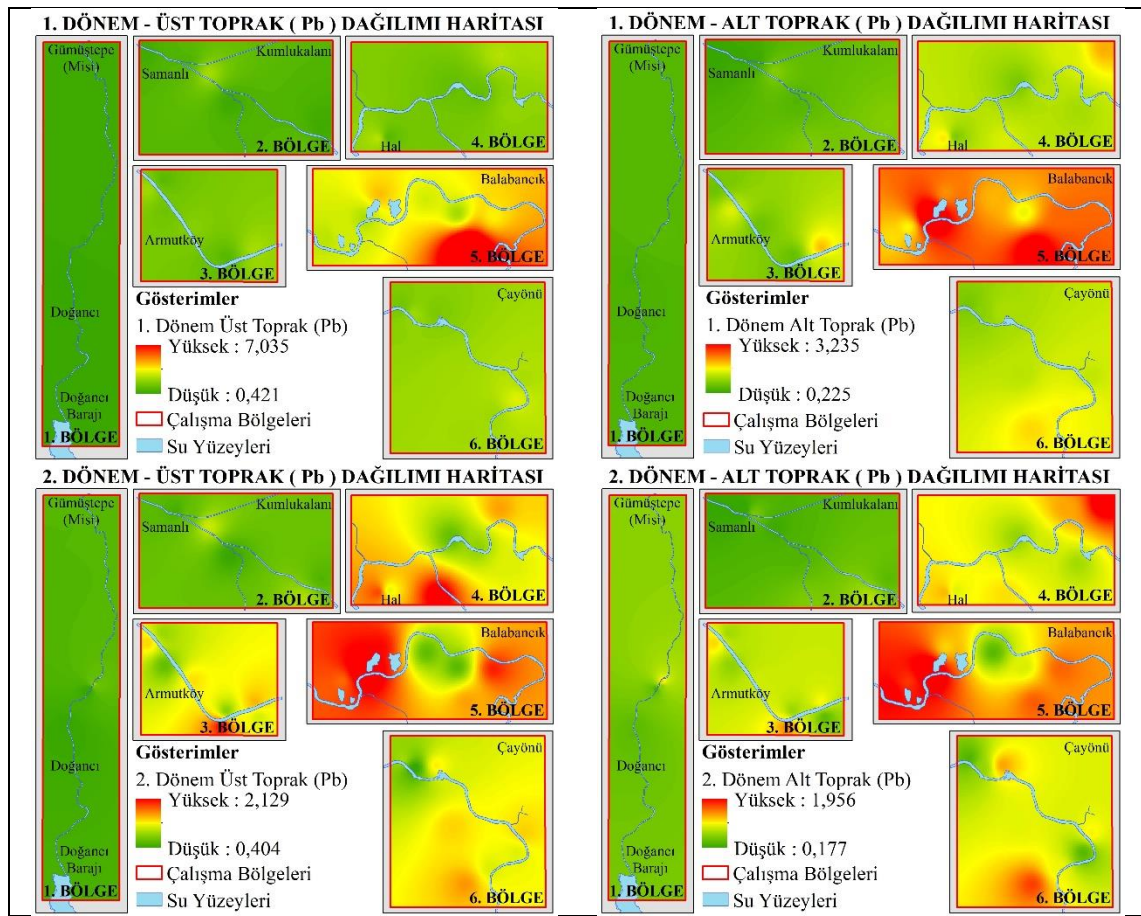
Toprakların yüksek Ni içeriği ve nikelce zenginleşmesi genel olarak, serpantin kayaları üzerinde oluşmuş topraklarda, fosforlu gübrelemenin çok yoğun bir şekilde yapıldii ve atık çamurların gübre amaçlı uygulandıii tarım topraklarında ve endüstriyel işletmeler etrafındaki topraklarda görölmektedir (Kabata-Pendias ve Pendias 1992).



Şekil 4.12. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni içeriği dağılımı haritası.

Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin toplam Pb miktarları birinci örnekleme döneminde ortalama 5,62-12,6 mg kg⁻¹ arasında, ikinci örnekleme döneminde 4,69-11,4 mg kg⁻¹ değerleri arasında belirlenmiştir. Bergmann (1992) topraklarda yaygın olarak Pb miktarının 0,1-20 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, tolere edilebilir miktarın ise 100 mg kg⁻¹ olduğunu bildirmiştir. Sonuçlara göre çalışma alanı topraklarının toplam Pb miktarları sınır değerlerin altında bulunmuştur. Toplam Pb miktarının sınır değerlerin altında bulunmasına karşın toprak kirliliği açısından daha önemli olan yarıyıllı Pb miktarları (DTPA ile ekstrakte edilebilir) değerlendirildiğinde yüzey topraklarının alt toprağa göre daha yüksek DTPA-Pb içerdiği belirlenmiştir. Çalışma bölgelerinden alınan toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb miktarı mekansal dağılım haritaları Şekil 4.13'de verilmiştir.

Yüzey topraklarının (0-20 cm) çalışma bölgelerine bağlı olarak ortalama DTPA-Pb miktarı birinci dönem 0,549-2,649 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterirken, ikinci örnekleme döneminde 0,524-1,359 mg kg⁻¹ değerleri arasında belirlenmiştir. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarda ise alınabilir Pb miktarı birinci dönem için ortalama 0,508-1,937 mg kg⁻¹, ikinci dönem için 0,404-1,232 mg kg⁻¹ arasında tespit edilmiştir. Her iki örnekleme döneminde de kontrol noktası olarak belirlenen 1 ve 2 nolu çalışma bölgelerine göre diğer çalışma bölgelerinde (3, 4, 5 ve 6 nolu) DTPA-Pb miktarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb içeriği dağılımı haritası.

4.4. Toprakların Kirlilik ve Birikim Faktörleri

Nilüfer Çayı boyunca belirlenen çalışma bölgelerinden alınan toprak örneklerinde hesaplanan kirlilik ve birikim faktörleri Çizelge 4.4’de sunulmuştur. Kirlilik faktörlerinin (CF, EF ve Igeo) hesaplanmasında kullanılan formüller Bölüm 3.2.3’de açıklanmış, çalışma alanı topraklarının kirlilik endeks değerleri açısından değerlendirilmesinde başvurulan referans değerleri ise Çizelge 3.4’de sunulmuştur.

Çalışma alanı topraklarının Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerine göre CBS içinde hesaplanmış kirlilik ve birikim faktörlerinin alansal dağılımı Çizelge 4.5’de, topraklarının Cd, Cr, Ni ve Pb içeriklerine göre hesaplanan kirlilik ve birikim faktörlerinin alansal dağılımı ise Çizelge 4.6’da verilmiştir.

4.4.1. Kirlilik faktörü (CF)

Çalışma alanı toprakları için hesaplanan değerlere göre CF değeri 0,31-6,31 arasında değişim göstermiştir. Çalışma alanı bütünü değerlendirildiğinde çalışma alanı topraklarının kirlilik faktörü (CF), Fe ve Mn bakımından orta, Zn düşük-orta, Cu orta-önemli, Cd orta-düşük, Pb düşük kirlilik değerlerinde bulunmuştur. Cr ve Ni yönünden her iki örnekleme döneminde de tüm çalışma bölgelerinde önemli düzeyde kirlilik olduğu söylenebilir (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6). Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) dönem için hesaplanan kirlilik faktörü (CF) değerleri (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni ve Pb) dağılım haritaları ve her elementin oluşturduğu kirlilik faktörü sınıflandırılmış haritaları Şekil 4.14-4.21’de sırasıyla verilmiştir.

Şekil 4.14-4.21’de verilen çalışma bölgelerinin kirlilik faktörü haritaları incelendiğinde, 1. dönem toprak örneklerinde; Cd-CF: 3. bölgede orta-önemli seviyede, 5. bölgenin tamamında orta, 1. bölgenin geneli düşük olmakla beraber düşük-orta seviyede ve diğer bölgelerde düşük-orta seviyede tespit edilmiştir. Cr-CF: 1., 3., 4. ve 6. bölgelerde önemli seviyede, 2. bölgede orta, 3. ve 6. bölgede lokal olarak orta seviyede tespit edilmiştir. Cr-CF bakımından en düşük değerler 2. bölgede tespit edilmiştir. Cu-CF: 2. bölgenin hemen

hemen tamamında ve 3. bölgenin bazı kısımlarında önemli düzeyde tespit edilmiş olup diğer bölgelerde orta düzeyde bulunmuştur. Cu-CF açısından çalışma alanı topraklarında 1. dönem için düşük sınıf bulunmamaktadır. Fe-CF: 1. bölgenin tamamı orta düzeyde, diğer bölgeler düşük-orta düzeyde sınıflanmıştır. Mn-CF: 5. bölgede lokal bir nokta hariç diğer tüm bölgelerde orta seviyede tespit edilmiştir. Ni-CF: tüm çalışma alanı kıyaslandığında en kirli bölgeler 4. ve 5. bölgelerdir (çok yüksek). Bunun yanında diğer tüm bölgeler Ni-CF açısından önemli bulunmuştur. Pb-CF: 5. bölgede lokal bir noktada orta seviyede olup, 5. bölgenin kalan kısmında ve diğer tüm bölgelerde düşük seviyede tespit edilmiştir. Zn-CF: 1., 3. 4. ve 6. bölgelerde düşük seviyelerde 2. ve 5. bölgelerde orta seviyede tespit edilmiştir.

2. dönem toprak örneklerinde; Cd-CF: 1. bölgenin Doğancı barajından Doğancı mahallesine kadar olan kısmı ve 6. bölgenin lokal bir noktasında düşük seviyede, diğer bölgelerde orta seviyede, 5. bölgenin lokal bir noktasında ise önemli seviyede tespit edilmiştir. Cr-CF: 1., 4. ve 5. bölgelerde önemli seviyede, 3. ve 6. bölgelerde orta-önemli seviyede, 2. bölgenin tamamına yakın kısmında ise orta seviyede tespit edilmiştir. Bu dönemde incelenen çalışma alanı topraklarında Cr-CF açısından düşük sınıf bulunmamaktadır. Cu-CF: 2. bölgenin hemen hemen tamamında ve 3., 4. ve 5. bölgelerin bazı lokal kısımlarında önemli düzeyde tespit edilmiş olup diğer bölgelerde orta düzeyde bulunmuştur. Fe-CF: 1., 2. (lokal bir nokta hariç-düşük) ve 5. bölgelerin tamamı orta düzeyde, diğer bölgelerde düşük-orta düzeyde sınıflanmıştır. Mn-CF: 3. ve 6. bölgelerde lokal bazı kesimler (düşük sınıf) hariç diğer tüm bölgelerde orta seviyede tespit edilmiştir. Ni-CF: çalışma alanı tamamı kıyaslandığında en kirli bölgeler 4. ve 5. bölgelerdir (önemli-çok yüksek sınıflarında). Bunun yanında 2. bölgenin Kumlukalanı tarafı orta seviyede, Samanlı tarafı önemli seviyede bulunmuş ve kalan diğer tüm kısımlar Ni-CF açısından önemli sınıfta bulunmuştur. Ni-Cf değerleri açısından çalışma alanı topraklarında düşük sınıf yer almamaktadır. Pb-CF: tüm bölgelerde düşük seviyede tespit edilmiştir (tek sınıf (düşük) olduğu için haritalandırılmamıştır). Zn-CF: 1. ve 3. bölgelerin tamamı ve 6. bölgenin çok büyük bir kısmı düşük seviyede, diğer bölgeler orta-düşük sınıflarında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Çalışma bölgelerinden alınan toprak örneklerinde kirlilik ve birikim faktörleri.

		Çalışma bölgeleri	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Cr	Ni	Pb
Kirlilik faktörü (CF) ¹	1. Dönem	I	1,66	1,51	0,92	2,97	0,92	5,55	5,60	0,31
		II	1,08	1,32	1,20	3,89	1,44	2,77	2,99	0,36
		III	1,07	1,22	0,90	2,73	1,93	3,46	4,67	0,43
		IV	1,24	1,41	0,86	2,42	1,56	4,43	6,31	0,36
		V	1,11	1,25	1,20	2,24	1,69	4,57	5,37	0,63
		VI	1,14	1,28	0,82	1,58	1,21	3,90	4,69	0,40
	2. Dönem	I	1,68	1,46	0,68	2,08	0,97	3,99	4,57	0,33
		II	1,09	1,31	1,18	3,82	1,46	2,54	3,13	0,34
		III	0,89	1,03	0,74	2,10	1,42	2,66	3,98	0,33
		IV	1,07	1,32	1,11	2,42	1,95	3,86	5,87	0,47
		V	1,21	1,42	1,27	2,27	2,15	4,25	5,82	0,57
		VI	0,98	1,22	0,80	1,48	1,42	3,10	4,18	0,43
Birikim Faktörü (EF) ²	1. Dönem	I	0,60	0,91	0,56	1,79	0,56	3,37	3,40	0,19
		II	0,93	1,23	1,11	3,61	1,33	2,58	2,78	0,33
		III	0,95	1,14	0,84	2,53	1,74	3,23	4,34	0,40
		IV	0,84	1,16	0,70	2,02	1,29	3,63	5,20	0,30
		V	0,93	1,13	1,13	2,05	1,56	4,25	4,94	0,57
		VI	0,91	1,13	0,73	1,40	1,08	3,47	4,15	0,36
	2. Dönem	I	0,60	0,87	0,41	1,24	0,59	2,38	2,72	0,20
		II	0,92	1,21	1,09	3,53	1,35	2,34	2,88	0,32
		III	1,24	1,17	0,86	2,38	1,70	3,04	4,65	0,39
		IV	0,96	1,26	1,01	2,28	1,81	3,61	5,54	0,44
		V	0,83	1,17	1,04	1,86	1,76	3,49	4,83	0,47
		VI	1,05	1,25	0,81	1,51	1,45	3,17	4,26	0,43
Igeo ³	1. Dönem	I	0,15	0,00	-0,70	0,98	-0,84	1,88	1,89	-2,35
		II	-0,48	-0,20	-0,35	1,33	-0,14	0,88	0,99	-2,12
		III	-0,49	-0,31	-0,76	0,81	0,24	1,19	1,62	-1,84
		IV	-0,30	-0,10	-0,83	0,68	-0,46	1,55	2,06	-2,14
		V	-0,46	-0,28	-0,37	0,53	0,13	1,60	1,82	-1,37
		VI	-0,42	-0,26	-0,90	0,05	-0,35	1,36	1,62	-1,91
	2. Dönem	I	0,16	-0,04	-1,15	0,43	-0,91	1,30	1,49	-2,24
		II	-0,47	-0,20	-0,37	1,33	-0,08	0,75	1,05	-2,17
		III	-0,82	-0,61	-1,06	0,34	-0,10	0,77	1,38	-2,24
		IV	-0,50	-0,19	-0,56	0,67	0,34	1,35	1,94	-1,71
		V	-0,31	-0,09	-0,38	0,51	0,47	1,47	1,94	-1,51
		VI	-0,63	-0,34	-0,96	-0,05	-0,11	1,01	1,45	-1,88

¹CF: < 1 (düşük), 1 – 3 (orta), 3 – 6 (önemli), > 6 (çok yüksek)

²EF: < 2 (minimum birikim), 2 – 5 (orta), 5 – 20 (önemli), 20 – 40 (çok yüksek), > 40 (aşırı yüksek)

³Igeo: < 0 (kirlenmemiş), 0 – 1 (kirlenmemiş veya orta kirlenmiş), 1 – 2 (orta düzeyde kirlenmiş), 2 – 3 (orta veya fazla kirlenmiş), 3 – 4 (fazla kirlenmiş), 4 – 5 (fazla veya aşırı kirlenmiş), > 5 (son derece kirli)

Çizelge 4.5. Çalışma alanı topraklarının Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerine göre hesaplanan kirlilik ve birikim faktörlerinin alansal dağılımı.

Çalışma alanı topraklarında kirlilik ve birikim faktörlerinin alansal dağılımı										
Faktör	Dönem	Sınıf	Fe		Mn		Zn		Cu	
			Alan (da)	Oran (%)	Alan (da)	Oran (%)	Alan (da)	Oran (%)	Alan (da)	Oran (%)
CF ¹	1. Dönem	< 1	739	3,6	17	0,1	15106	73,5	-	-
		1 – 3	19811	96,4	20533	99,9	5444	26,5	16523	80,4
		3 – 6	-	-	-	-	-	-	4027	19,6
		> 6	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. Dönem	< 1	2244	10,9	155	0,8	14594	71,0	5	0,0
		1 – 3	18306	89,1	20395	99,2	5956	29,0	16414	79,9
		3 – 6	-	-	-	-	-	-	4131	20,1
		> 6	-	-	-	-	-	-	-	-
EF ²	1. Dönem	< 2	20550	100	20550	100	20550	100	14525	70,7
		2 – 5	-	-	-	-	-	-	6025	29,3
		5 – 20	-	-	-	-	-	-	-	-
		20 – 40	-	-	-	-	-	-	-	-
		> 40	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. Dönem	< 2	20544	100	20550	100	20550	100	13963	67,9
		2 – 5	6	0,0	-	-	-	-	6587	32,1
		5 – 20	-	-	-	-	-	-	-	-
		20 – 40	-	-	-	-	-	-	-	-
		> 40	-	-	-	-	-	-	-	-
Igeo ³	1. Dönem	< 0	9193	44,7	17265	84,0	20422	99,4	562	2,7
		0 – 1	11357	55,3	3285	16,0	128	0,6	15995	77,8
		1 – 2	-	-	-	-	-	-	3993	19,5
		2 – 3	-	-	-	-	-	-	-	-
		3 – 4	-	-	-	-	-	-	-	-
		4 – 5	-	-	-	-	-	-	-	-
		> 5	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. Dönem	< 0	9223	44,9	18871	91,8	20192	98,3	1353	6,5
		0 – 1	11327	55,1	1679	8,2	358	1,7	15095	73,5
		1 – 2	-	-	-	-	-	-	4102	20,0
		2 – 3	-	-	-	-	-	-	-	-
		3 – 4	-	-	-	-	-	-	-	-
		> 5	-	-	-	-	-	-	-	-

¹CF: < 1 (düşük), 1 – 3 (orta), 3 – 6 (önemli), > 6 (çok yüksek)

²EF: < 2 (minimum birikim), 2 – 5 (orta), 5 – 20 (önemli), 20 – 40 (çok yüksek), > 40 (aşırı yüksek)

³Igeo: < 0 (kirlenmemiş), 0 – 1 (kirlenmemiş veya orta kirlenmiş), 1 – 2 (orta düzeyde kirlenmiş), 2 – 3 (orta veya fazla kirlenmiş), 3 – 4 (fazla kirlenmiş), 4 – 5 (fazla veya aşırı kirlenmiş), > 5 (son derece kirlili)

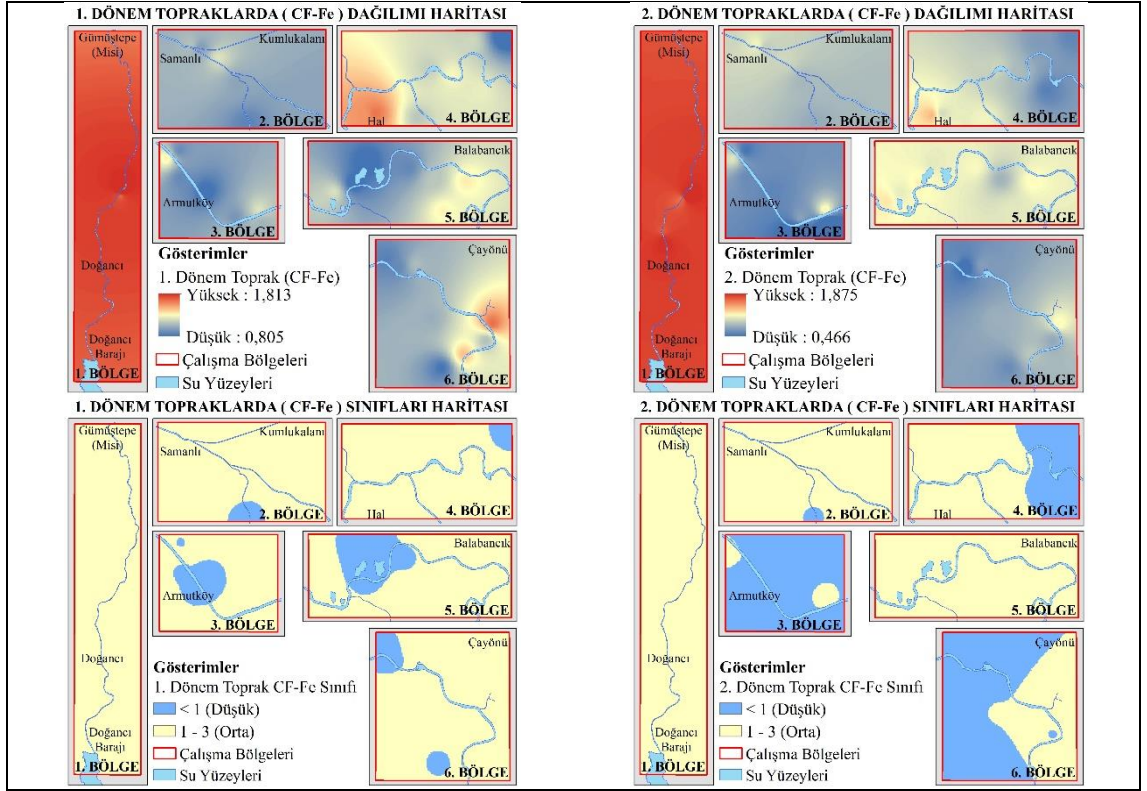
Çizelge 4.6. Çalışma alanı topraklarının Cd, Cr, Ni ve Pb içeriklerine göre hesaplanmış kirlilik ve birikim faktörlerinin alansal dağılımı.

Çalışma alanı topraklarında kirlilik ve birikim faktörlerinin alansal dağılımı										
Faktör	Dönem	Sınıf	Cd		Cr		Ni		Pb	
			Alan (da)	Oran (%)	Alan (da)	Oran (%)	Alan (da)	Oran (%)	Alan (da)	Oran (%)
CF ¹	1. Dönem	< 1	7949	38,7	-	-	-	-	20496	99,7
		1 – 3	12580	61,2	4135	20,1	1711	8,3	54	0,3
		3 – 6	21	0,1	16413	79,9	17627	85,8	-	-
		> 6	-	-	2	0,0	1212	5,9	-	-
	2. Dönem	< 1	5376	26,1	-	-	-	-	20550	100
		1 – 3	15158	73,8	5910	28,8	2329	11,3	-	-
		3 – 6	16	0,1	14640	71,2	17372	84,5	-	-
		> 6	-	-	-	-	849	4,2	-	-
EF ²	1. Dönem	< 2	20416	99,3	-	-	-	-	20550	100
		2 – 5	134	0,7	20414	99,3	19268	93,8	-	-
		5 – 20	-	-	136	0,7	1282	6,2	-	-
		20 – 40	-	-	-	-	-	-	-	-
		> 40	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. Dönem	< 2	20210	98,3	1402	6,8	176	0,9	20550	100
		2 – 5	340	1,7	19148	93,2	18730	91,1	-	-
		5 – 20	-	-	-	-	1644	8,0	-	-
		20 – 40	-	-	-	-	-	-	-	-
		> 40	-	-	-	-	-	-	-	-
Igeo ³	1. Dönem	< 0	17233	83,9	-	-	-	-	20550	100
		0 – 1	3302	16,0	4153	20,2	1994	9,7	-	-
		1 – 2	15	0,1	16395	79,8	17386	84,6	-	-
		2 – 3	-	-	2	0,0	1170	5,7	-	-
		3 – 4	-	-	-	-	-	-	-	-
		4 – 5	-	-	-	-	-	-	-	-
		> 5	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. Dönem	< 0	16229	78,9	10	0,0	7	0,0	20550	100
		0 – 1	4308	21,0	6486	31,6	2615	12,7	-	-
		1 – 2	13	0,1	14054	68,4	17286	84,1	-	-
		2 – 3	-	-	-	-	642	3,2	-	-
		3 – 4	-	-	-	-	-	-	-	-
		> 5	-	-	-	-	-	-	-	-

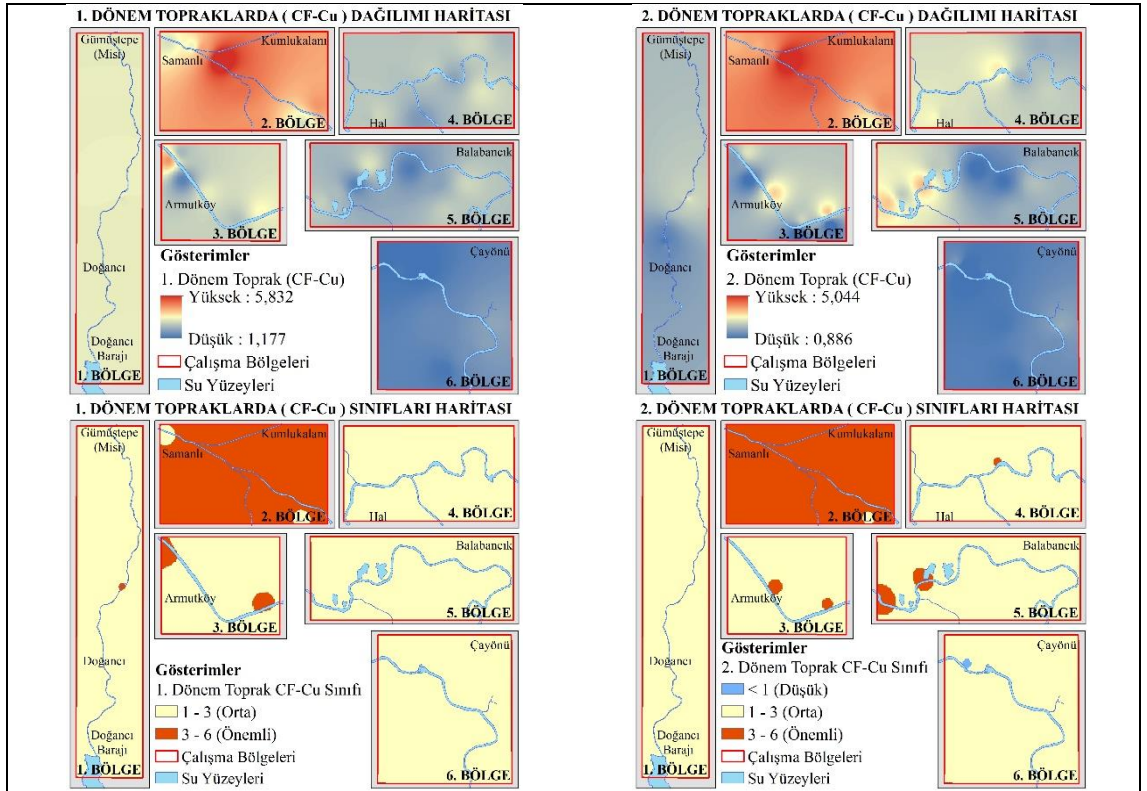
¹CF: < 1 (düşük), 1 – 3 (orta), 3 – 6 (önemli), > 6 (çok yüksek)

²EF: < 2 (minimum birikim), 2 – 5 (orta), 5 – 20 (önemli), 20 – 40 (çok yüksek), > 40 (aşırı yüksek)

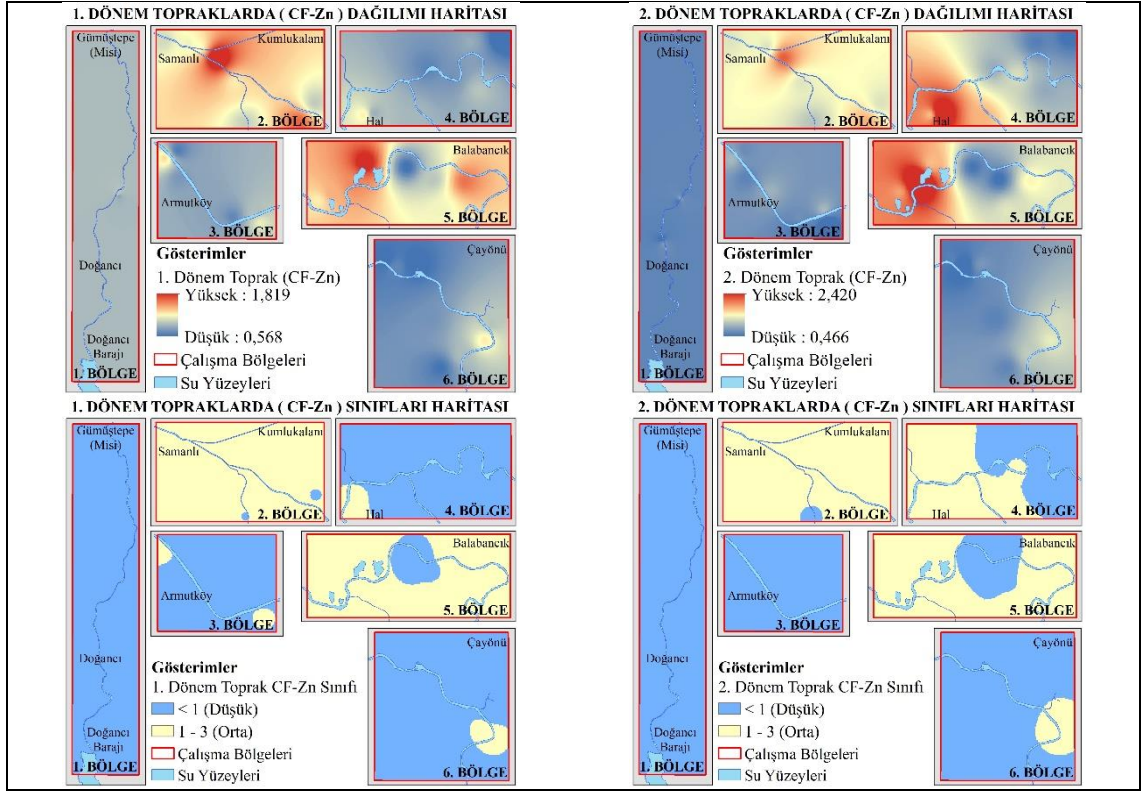
³Igeo: < 0 (kirlenmemiş), 0 – 1 (kirlenmemiş veya orta kirlenmiş), 1 – 2 (orta düzeyde kirlenmiş), 2 – 3 (orta veya fazla kirlenmiş), 3 – 4 (fazla kirlenmiş), 4 – 5 (fazla veya aşırı kirlenmiş), > 5 (son derece kirli)



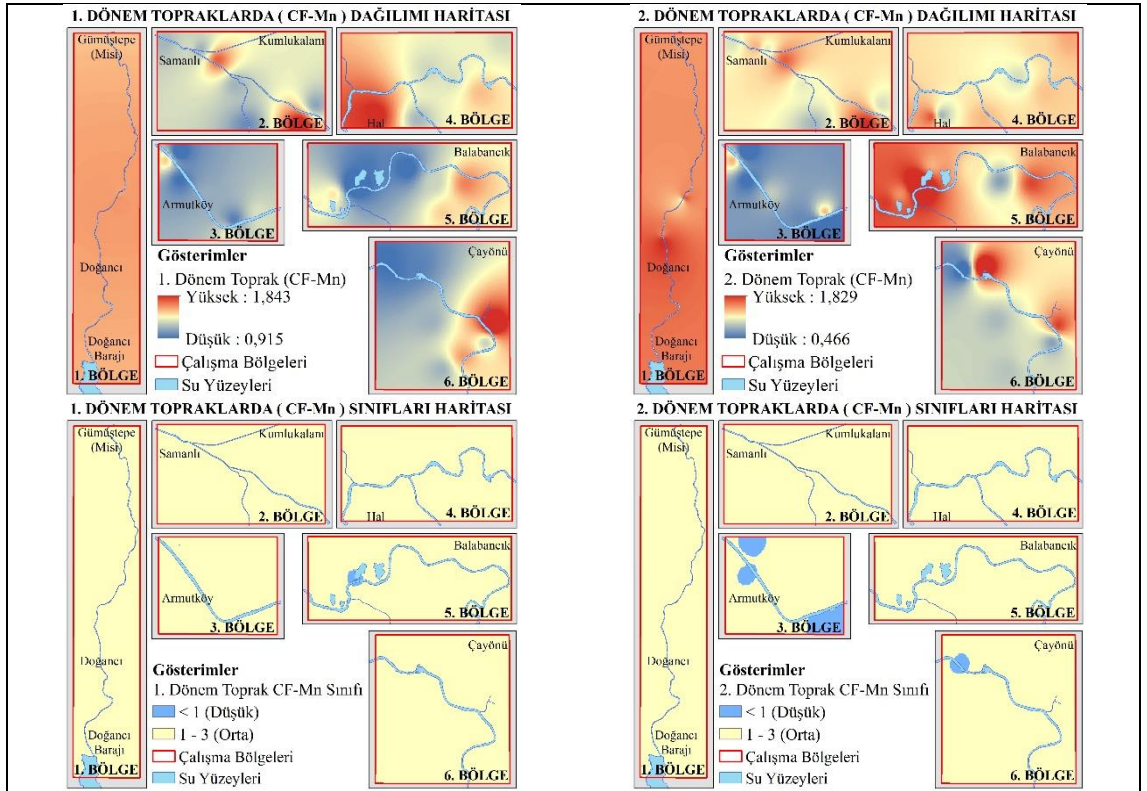
Şekil 4.14. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Fe değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



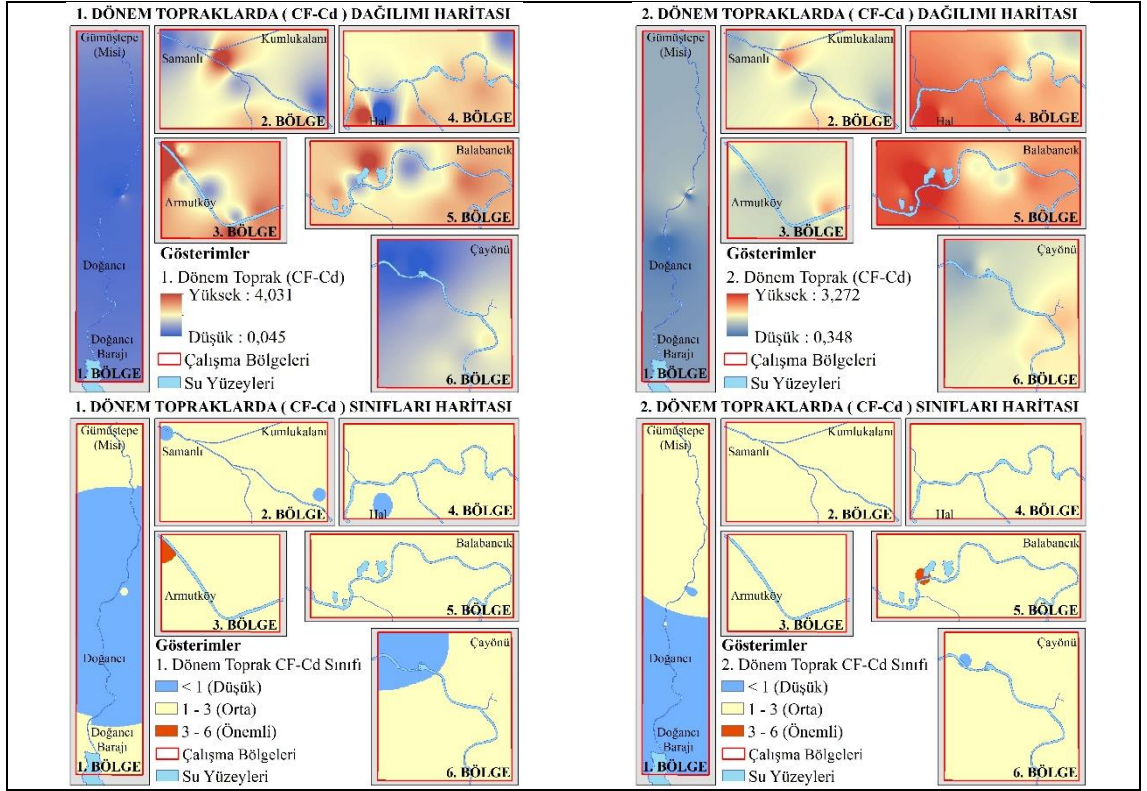
Şekil 4.15. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Cu değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



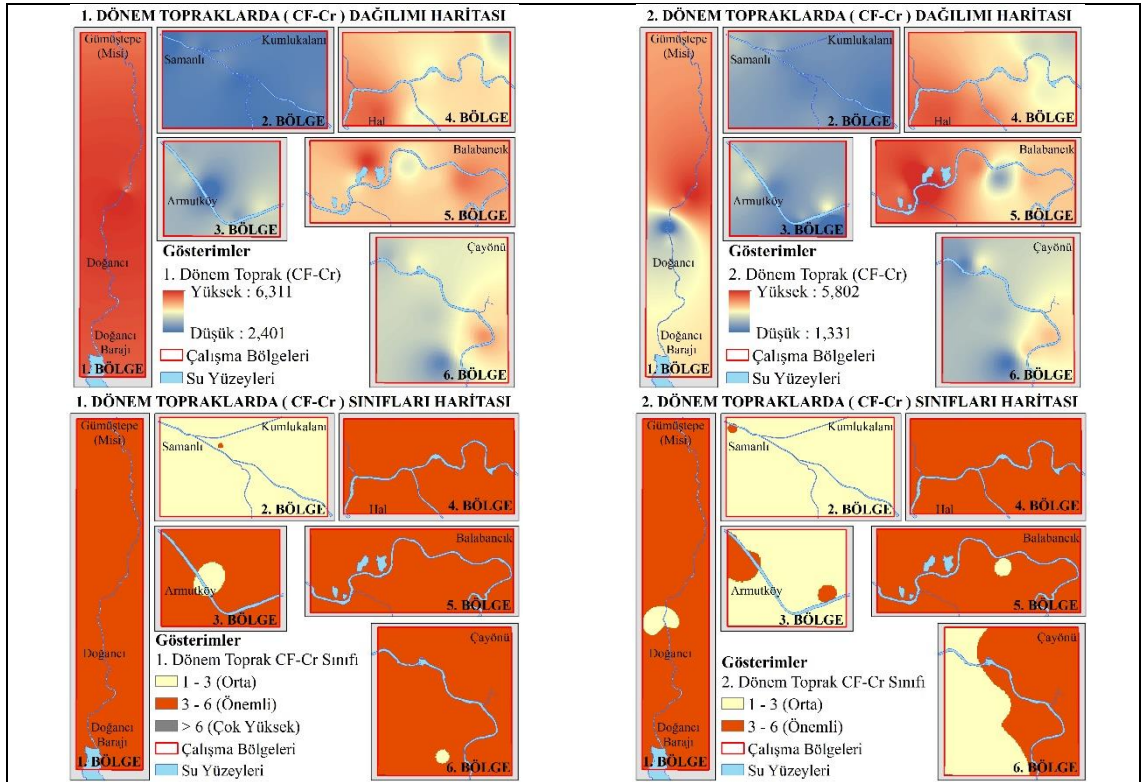
Şekil 4.16. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Zn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



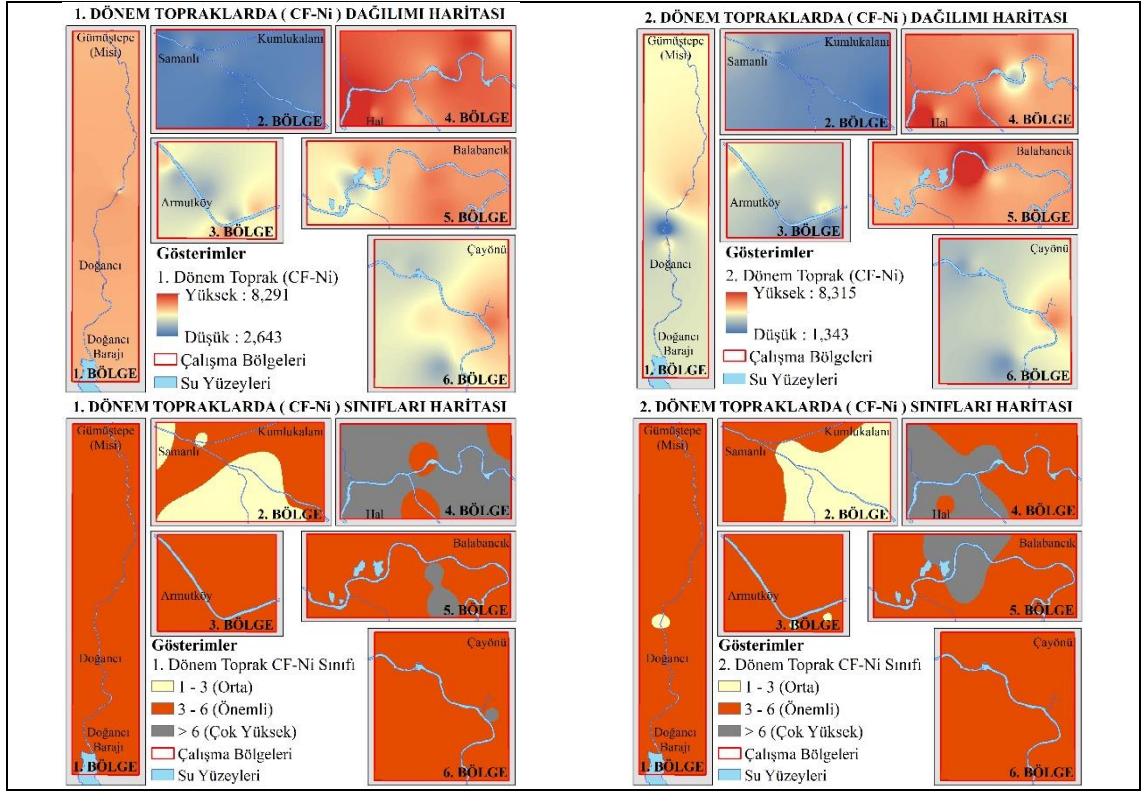
Şekil 4.17. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Mn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



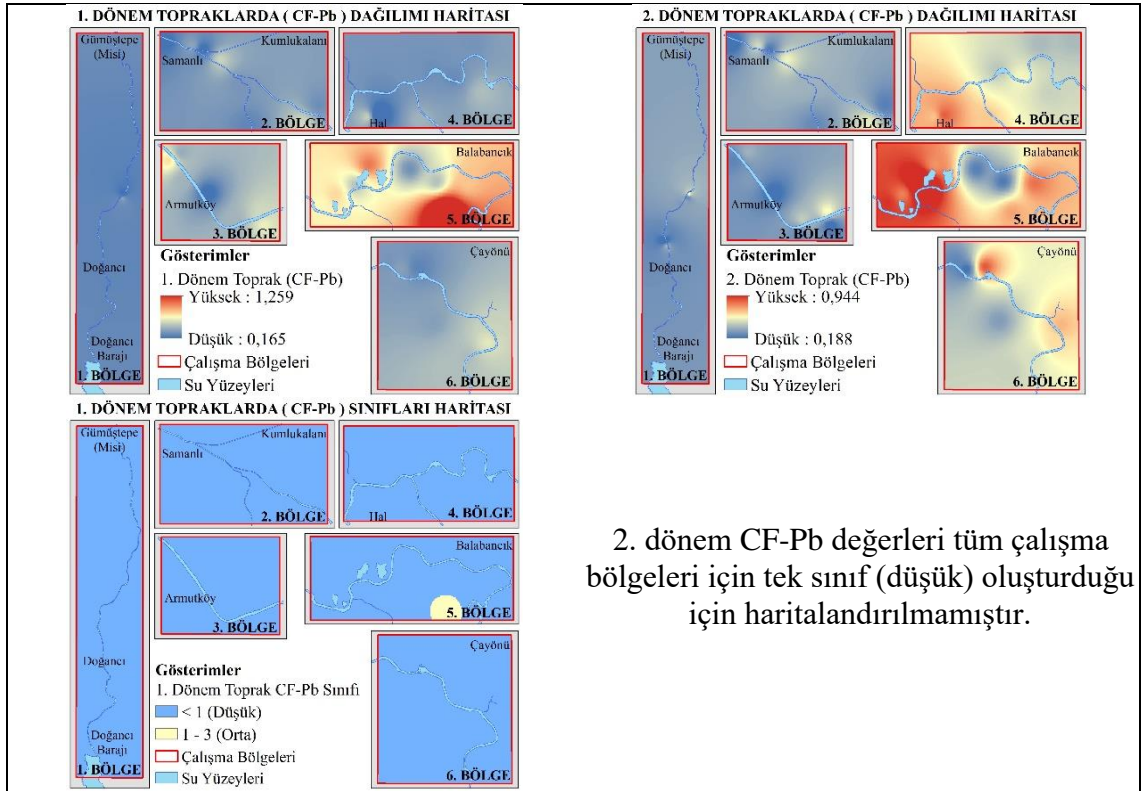
Şekil 4.18. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Cd değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



Şekil 4.19. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Cr değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



Şekil 4.20. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Ni değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.

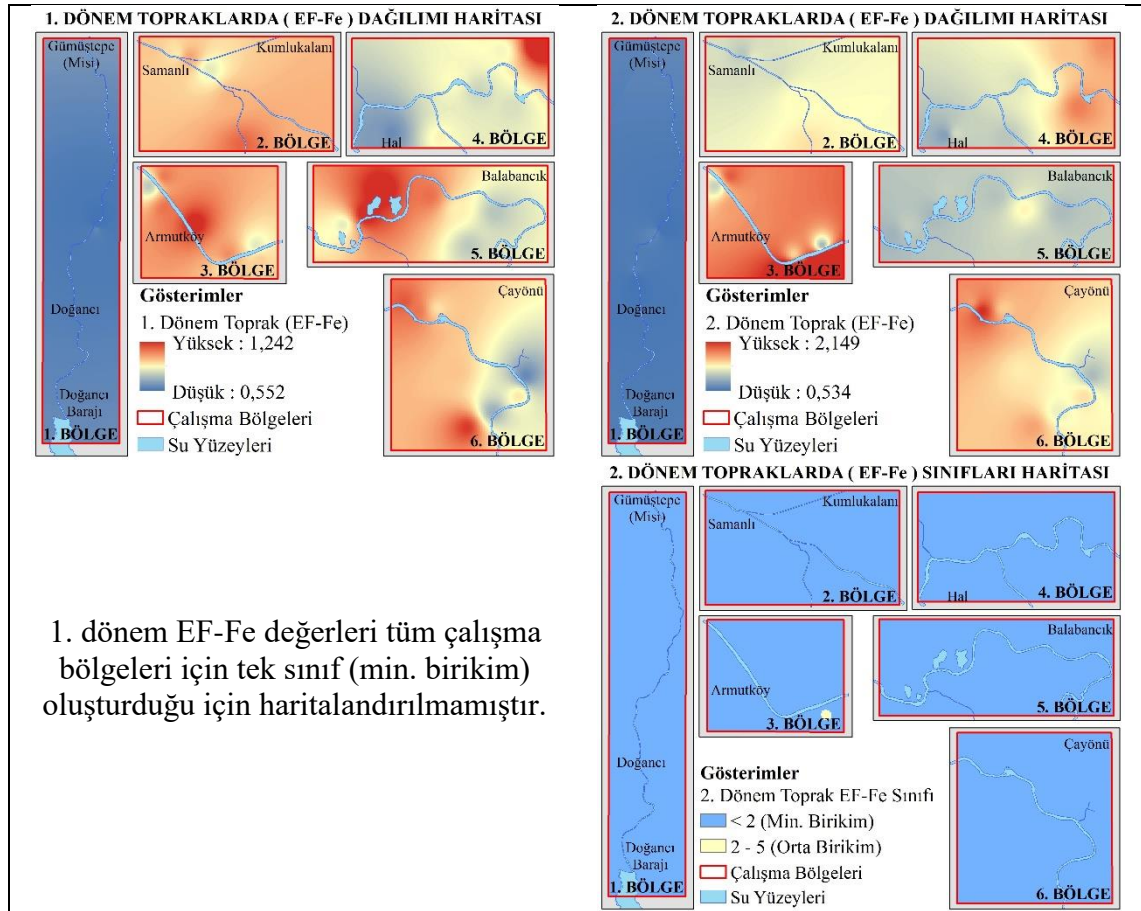


2. dönem CF-Pb değerleri tüm çalışma bölgeleri için tek sınıf (düşük) oluşturduğu için haritalandırılmamıştır.

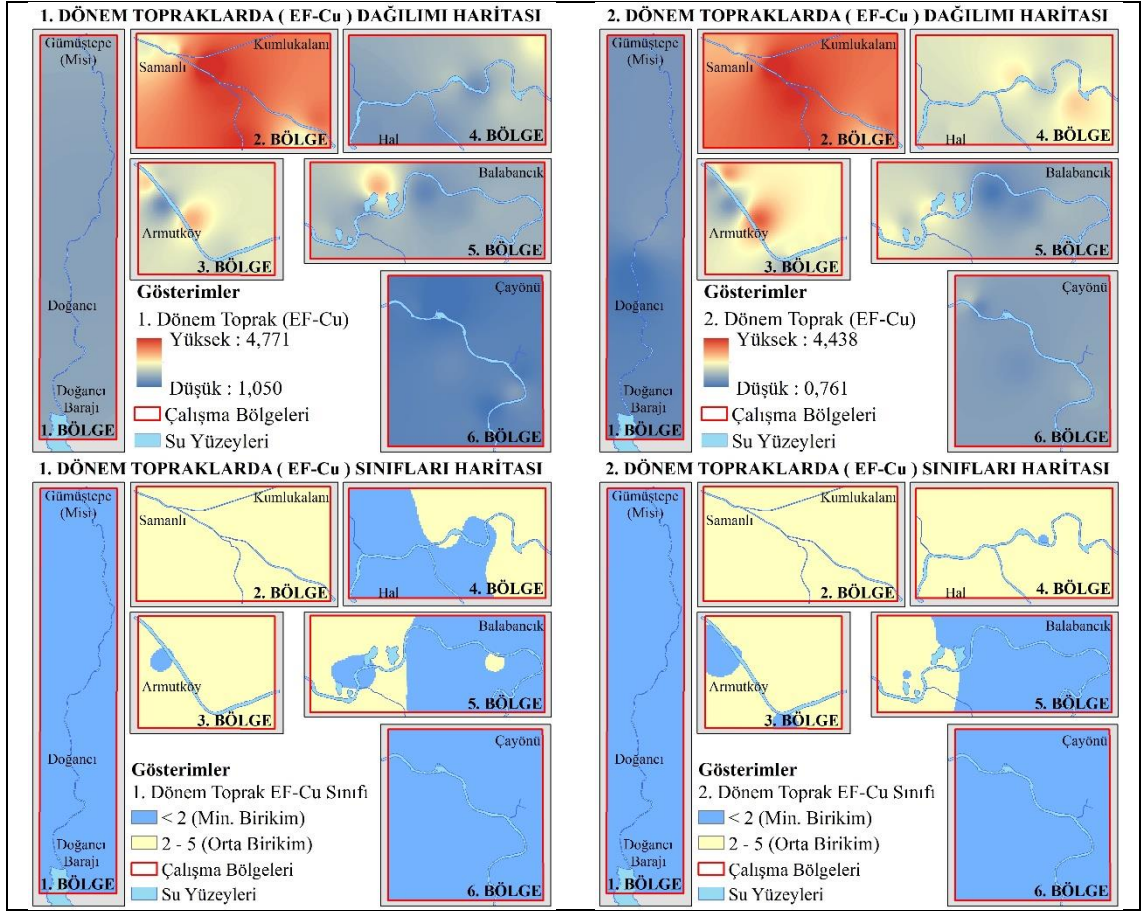
Şekil 4.21. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların CF-Pb değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.

4.4.2. Birikim (zenginleştirme) faktörü (EF)

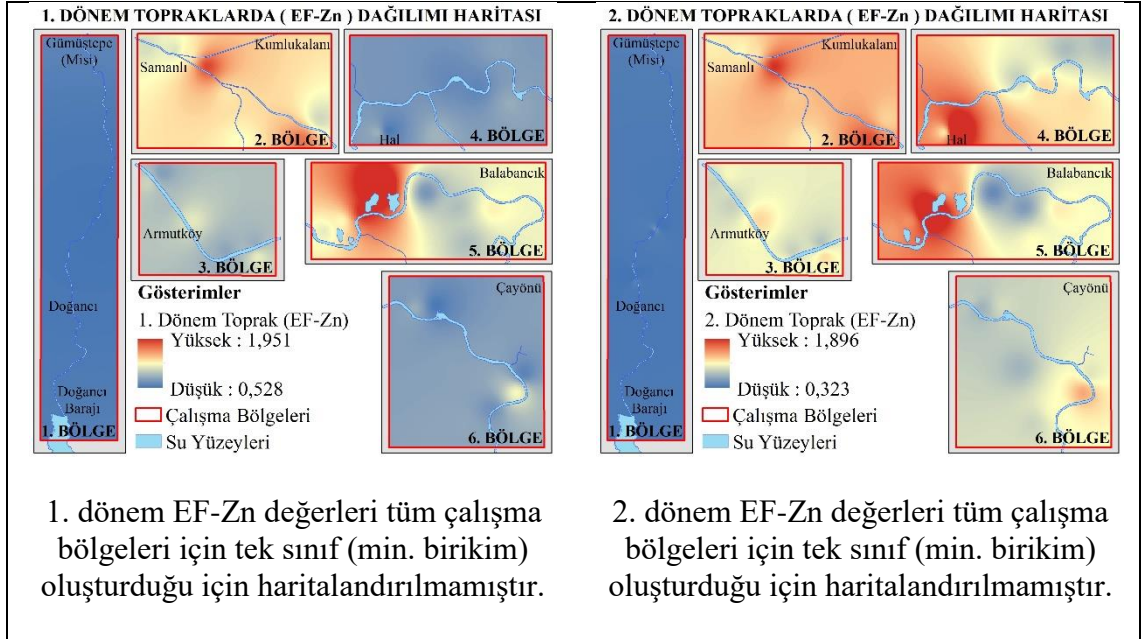
Çalışma alanı toprakları için hesaplanan kirlilik açısından risk oluşturacak ağır metallerin birikim katsayısı değerlerine göre; birikim katsayısı (EF) 0,19-5,54 arasında değişim göstermiştir. Birikim faktörü açısından değerlendirildiğinde, çalışma alanı toprakları Fe, Mn, Zn, Cd ve Pb bakımından minimum birikim, Cu min.-orta birikim, Cr ve Ni önemli-orta-yüksek birikim değerlerine sahiptir (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6). Sonuçlara göre, çalışılan topraklarda Cu, Cr ve Ni bakımından birikim olduğu söylenebilir. Çalışma alanı topraklarının birikim faktörü (EF) değeri (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni ve Pb) dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları Şekil 4.22-4.29’da sırayla sunulmuştur.



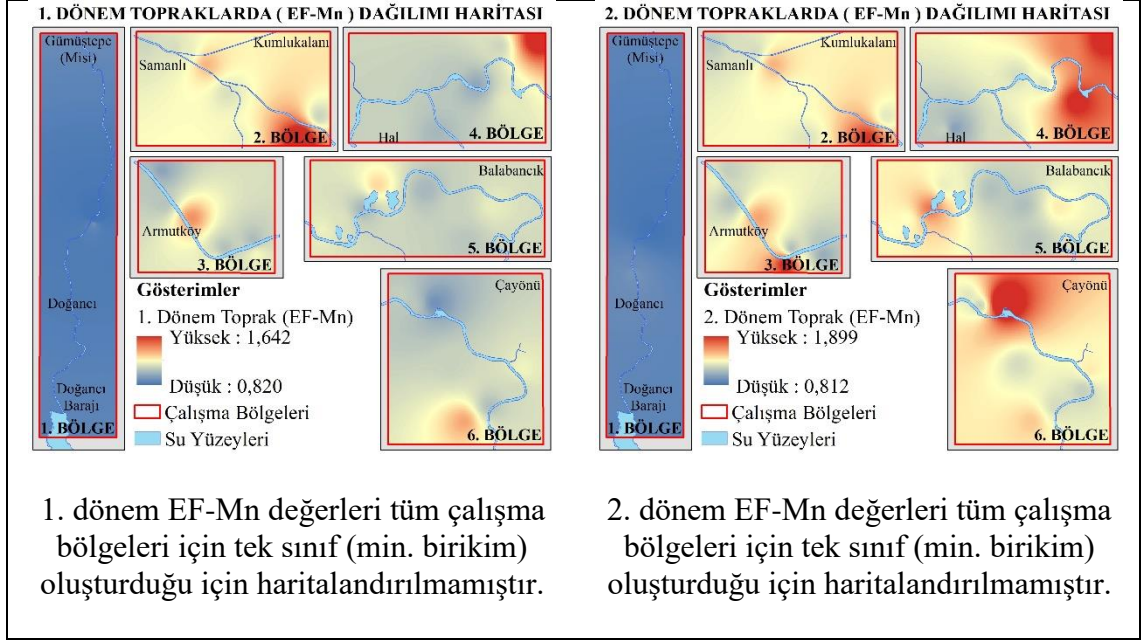
Şekil 4.22. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Fe değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



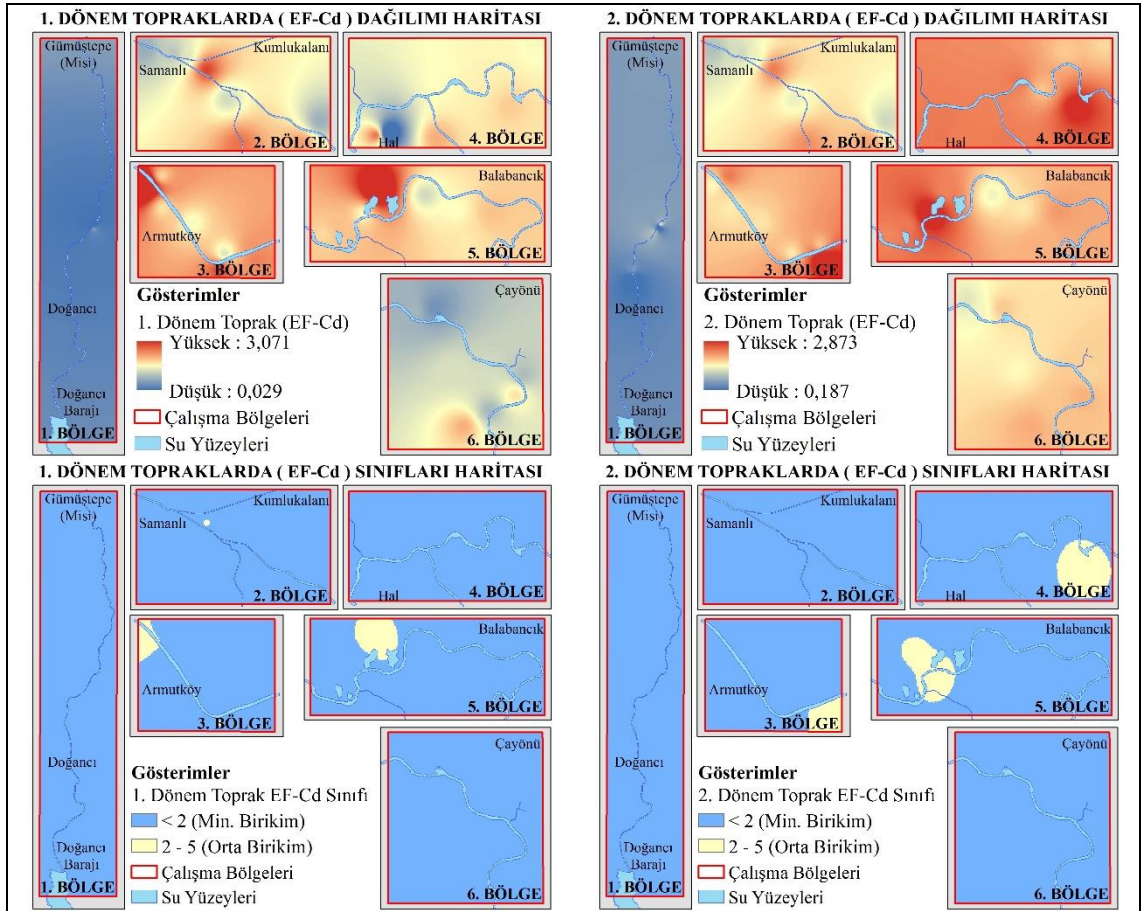
Şekil 4.23. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Cu değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



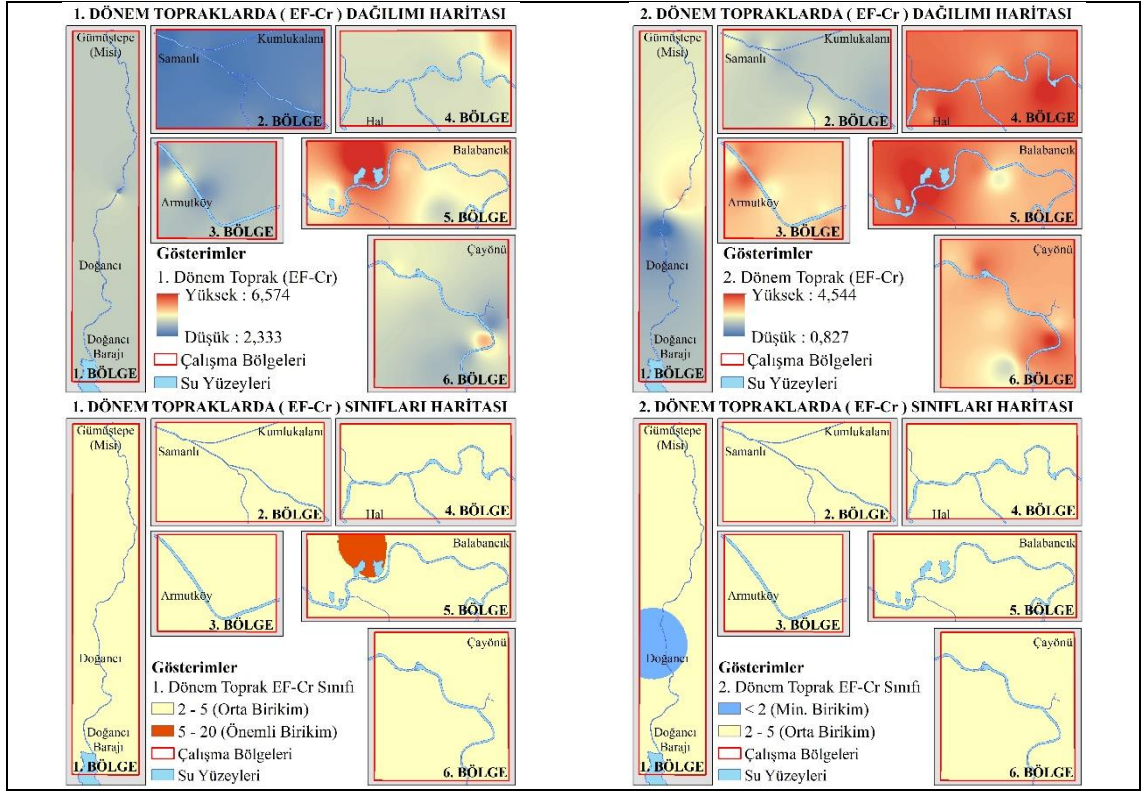
Şekil 4.24. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Zn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



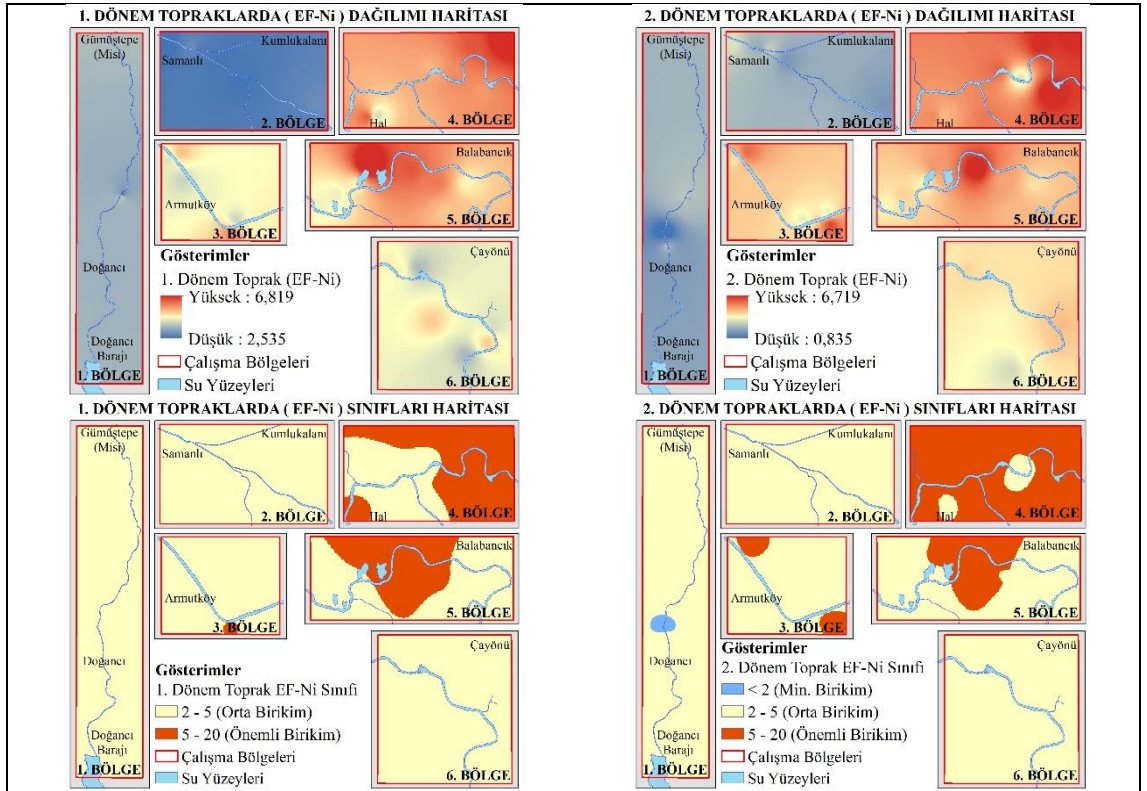
Şekil 4.25. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Mn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



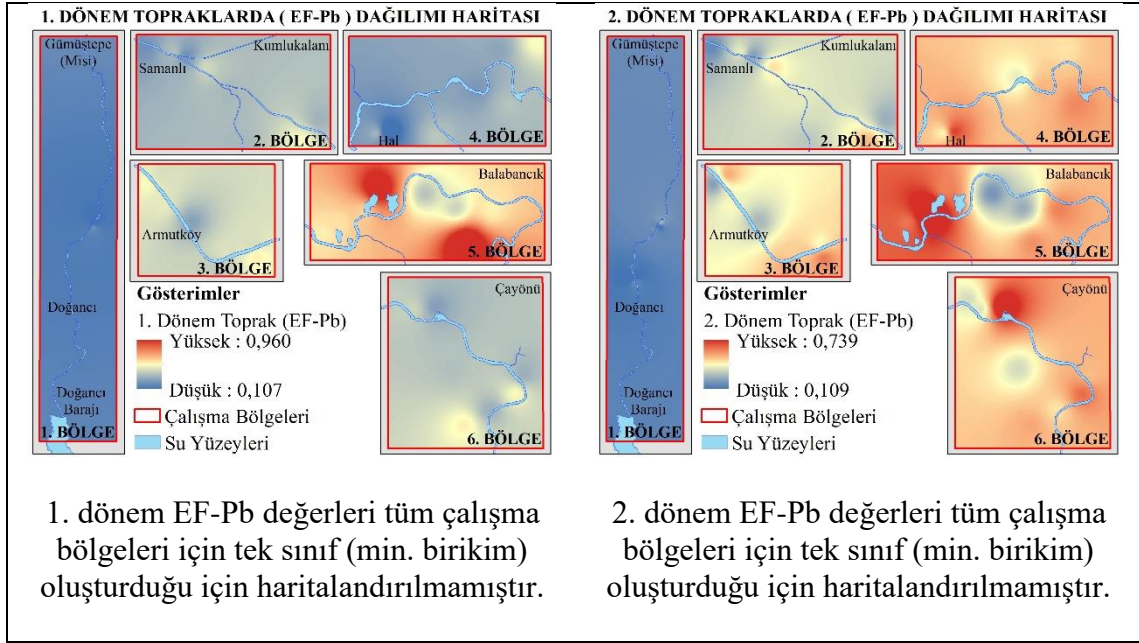
Şekil 4.26. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Cd değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



Şekil 4.27. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Cr değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



Şekil 4.28. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Ni değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



Şekil 4.29. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların EF-Pb değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.

Şekil 4.22-4.29'da verilen çalışma alanı topraklarının birikim faktörü haritaları incelendiğinde birinci dönem toprak örneklerinde; Cd-EF: 3. ve 5. bölgenin lokal bazı kısımları (orta sınıf) hariç diğer tüm bölgeler minimum birikim sınıfında bulunmuştur. Cr-EF: 5. bölge (orta-önemli) dışında kalan diğer tüm bölgeler orta düzeyde sınıflanmıştır. Cu-EF: 1. ve 6. bölgenin tamamı minimum birikim sınıfında, 2. bölgenin tamamı ve 3. bölgenin büyük bir kısmı orta sınıfta, 4. ve 5. bölgelerde ise orta-minimum birikim sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Fe-EF: tüm bölgelerde düşük seviyede tespit edilmiştir (tek sınıf (minimum birikim) olduğu için haritalandırılmamıştır). Mn-EF: tüm bölgelerde düşük seviyede tespit edilmiştir (tek sınıf (minimum birikim) olduğu için haritalandırılmamıştır). Ni-EF: 4. ve 5. bölgelerin büyük kısmında önemli seviyede, diğer bölgelerde orta düzeyde tespit edilmiştir. Pb-EF: tüm bölgelerde düşük seviyede tespit edilmiştir (tek sınıf (minimum birikim) olduğu için haritalandırılmamıştır). Zn-EF: tüm bölgelerde düşük seviyede tespit edilmiştir (tek sınıf (minimum birikim) olduğu için haritalandırılmamıştır).

İkinci dönem toprak örneklerinde; Cd-EF: 3., 4. ve 5. bölgelerin lokal bazı kısımları (orta sınıf) hariç diğer tüm bölgeler minimum birikim sınıfında bulunmuştur. Cr-EF: 1. bölgenin Doğancı mahallesi civarı minimum birikim, kalan kısımlar orta ve diğer tüm bölgeler yine orta sınıfında sınıflanmıştır. Cu-EF: 1. ve 6. bölgenin tamamı minimum birikim sınıfında, 5. bölgenin büyük bir çoğunluğu minimum birikim kalan kısmı orta sınıfta, 3. ve 4. bölgelerin bazı lokal kısımları minimum birikim kalan kısımlar orta sınıfta ve 2. bölgenin tamamının orta sınıfta olduğu tespit edilmiştir. Fe-EF: 3. bölgenin lokal bir kısmı hariç (orta sınıf) diğer tüm bölgelerin minimum birikim sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Mn-EF: tüm bölgelerde düşük seviyede tespit edilmiştir (tek sınıf (minimum birikim) olduğu için haritalandırılmamıştır). Ni-EF: 4. bölgenin tamamına yakınında, 3. ve 5. bölgelerin önemli kısmında önemli seviyede, diğer bölgelerde orta düzeyde tespit edilmiş olup sadece 1. bölgenin Doğancı mahallesi civarında minimum birikim sınıfı tespit edilmiştir. Pb-EF: tüm bölgelerde düşük seviyede tespit edilmiştir (tek sınıf (minimum birikim) olduğu için haritalandırılmamıştır). Zn-EF: tüm bölgelerde düşük seviyede tespit edilmiştir (tek sınıf (minimum birikim) olduğu için haritalandırılmamıştır).

4.4.3. Coğrafi birikim faktörü (Igeo)

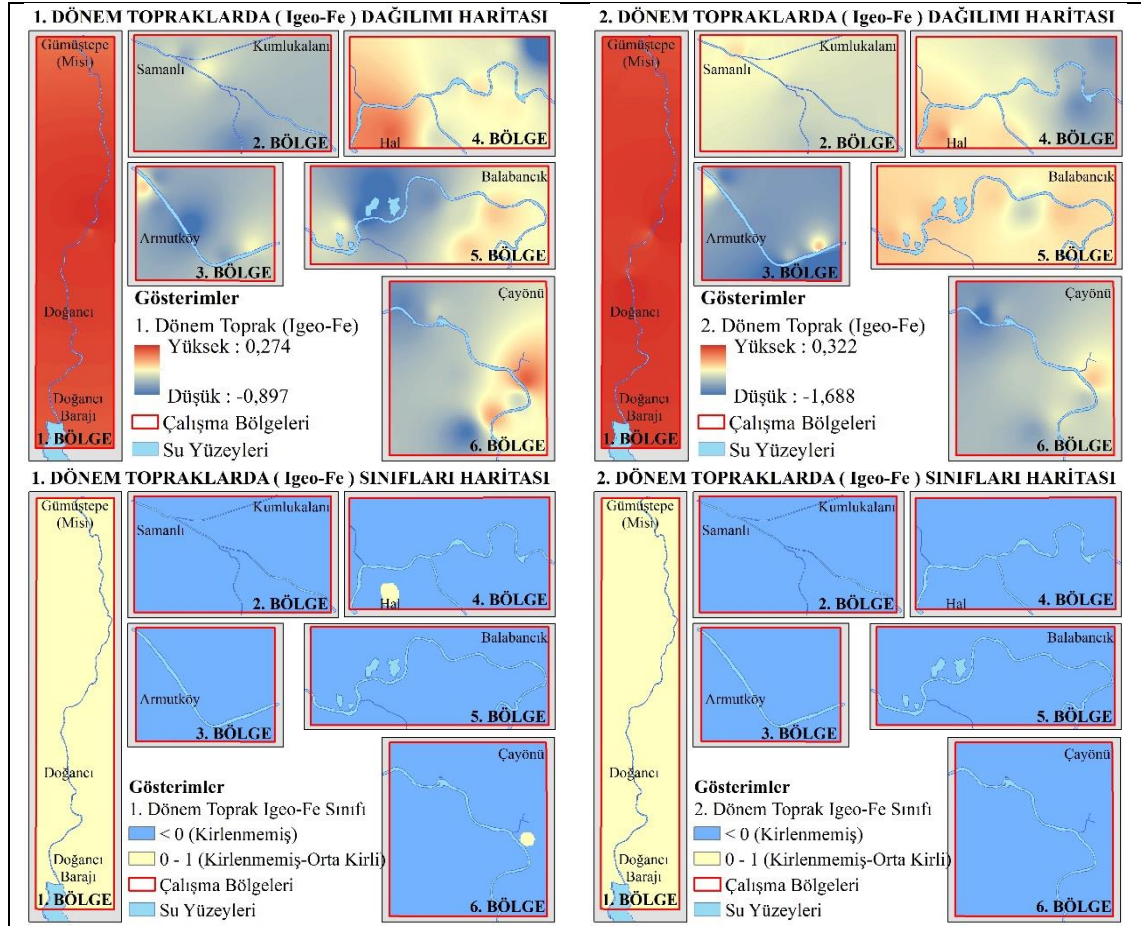
Çalışma alanı topraklarının hesaplanan Igeo değerleri -2,35-2,06 arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlara göre çalışma alanlarında Cr ve Ni yönünden orta düzeyde kirlilik görülmektedir. Çalışma alanı topraklarının Igeo değeri (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni ve Pb) dağılım haritaları ve topraklarının sulama öncesi (1. dönem) ile sulama sonrası (2. dönem) CF değeri sınıflandırılmış haritaları Şekil 4.30-4.37’de sırayla verilmiştir.

Şekil 4.30-4.37’de verilen coğrafi birikim faktörü haritaları incelendiğinde birinci dönem toprak örneklerinde; Cd-Igeo: 1. bölgenin tamamı, 2., 4. ve 6. bölgelerin büyük bir çoğunluğunda kirlenmemiş sınıfı hakimken 3. ve 5. bölgelerin geneli kirlenmemiş veya orta düzeyde kirlenmiş sınıfında, 3. bölgede lokal bir noktada ise orta düzeyde kirlenmiş sınıfında olduğu belirlenmiştir. Cr-Igeo: 2. bölge ve 3. bölgenin sadece Armutköy civarı kirlenmemiş veya orta kirlenmiş sınıfında yer alıp diğer bölgeler orta düzeyde kirlenmiş sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Cu-Igeo: 2. bölgenin tamamına yakını orta düzeyde

kirlenmiş sınıfında yer almakta olup 1. ve 4. bölgeler kirlenmemiş veya orta kirlenmiş sınıfında, 5. ve 6. bölgeler kirlenmemiş-kirlenmemiş veya orta kirlenmiş sınıfında, 3. bölge ise kirlenmemiş veya orta kirlenmiş-orta düzeyde kirlenmiş sınıfında yer almaktadır. Fe-Igeo: 1. bölgenin tamamı ve 4. bölgede lokal bir nokta kirlenmemiş veya orta kirlenmiş sınıfında olup diğer tüm bölgeler kirlenmemiş sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Mn-Igeo: 3. bölgenin tamamı kirlenmemiş, diğer alanlar ise kirlenmemiş-kirlenmemiş veya orta kirlenmiş sınıflarında dağılım göstermiştir. Ni-Igeo: 1. ve 3. bölgelerin tamamı orta düzeyde kirlenmiş sınıfındadır. 2. bölgenin Ni-Igeo değerleri kirlenmemiş veya orta kirlenmiş ile orta düzeyde kirlenmiş sınıfları arasında yer almaktadır. En kirli alan 4. bölge olup onu 5. ve 6. bölgelerde bazı lokal alanlar izlemektedir. Ni-Igeo değerlendirmesinde çalışma bölgelerinde kirlenmemiş sınıf bulunmamaktadır. Pb-Igeo: tüm bölgelerde düşük seviyede tespit edilmiştir (tek sınıf (kirlenmemiş) olduğu için haritalandırılmamıştır). Zn-Igeo: 2. ve 5. bölgelerde bazı lokal kısımlar hariç (bunlar kirlenmemiş veya orta kirlenmiş sınıfında yer alır) tüm çalışma bölgelerinin Zn-Igeo açısından kirlenmemiş sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

İkinci dönem toprak örneklerinde; Cd-Igeo: 1. bölgenin tamamı, 2., 3. ve 6. bölgelerin büyük bir çoğunluğunda kirlenmemiş sınıfı hakimken 4. ve 5. bölgelerin geneli kirlenmemiş veya orta düzeyde kirlenmiş sınıfında, 5. bölgede lokal bir alanda ise orta düzeyde kirlenmiş sınıfı tespit edilmiştir. Cr-Igeo: 1., 4., 5. ve 6. çalışma bölgelerinde orta düzeyde kirlenmiş sınıfı hakim iken 2. ve 3. bölgelerde kirlenmemiş veya orta kirlenmiş-orta düzeyde kirlenmiş sınıflarının bulunduğu tespit edilmiştir. Cu-Igeo: 2. bölgenin tamamına yakını orta düzeyde kirlenmiş sınıfında yer almakta olup 1. ve 4. bölgeler kirlenmemiş veya orta kirlenmiş sınıfında, 3. ve 5. bölgeler kirlenmemiş veya orta kirlenmiş-orta düzeyde kirlenmiş sınıfında, 6. bölge ise kirlenmemiş-kirlenmemiş veya orta kirlenmiş sınıfında yer almaktadır. Fe-Igeo: 1. bölgenin tamamı kirlenmemiş veya orta kirlenmiş sınıfında, diğer tüm bölgelerin kirlenmemiş sınıfında bulunduğu tespit edilmiştir. Mn-Igeo: 3. bölgenin tamamı kirlenmemiş, diğer bölgeler ise kirlenmemiş- kirlenmemiş veya orta kirlenmiş sınıflarında dağılım göstermiştir. Ni-Igeo: 1., 3. ve 6. bölgelerin tamamı (bazı lokal alanlar hariç) orta düzeyde kirlenmiş sınıfındadır. 2. bölgenin Ni-Igeo değerleri kirlenmemiş veya orta kirlenmiş ile orta düzeyde kirlenmiş sınıfları arasındadır. En kirli bölgeler 4. ve 5. bölgelerde yer almaktadır

(orta veya fazla kirlenmiş). Pb-Igeo: tüm bölgelerde düşük seviyede tespit edilmiştir (tek sınıf (kirlenmemiş) olduğu için haritalandırılmamıştır). Zn-Igeo: 1., 3. ve 6. bölgelerin tamamı ile 2. bölgenin çok büyük bir kısmı kirlenmemiş sınıfta yer almıştır. 4. ve 5. bölgelerde kirlenmemiş alanlar fazla olmakla birlikte kirlenmemiş veya orta kirlenmiş sınıfta yer alan alanlar mevcuttur.



Şekil 4.30. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGeo-Fe değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.

Ağır metallerin toprakta birikmesinin sadece toprak verimliliği ve ekosistem fonksiyonları üzerinde değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla havyan ve insan sağlığı üzerinde de önemli etkileri vardır. Bitki bünyesine ulaşan ağır metaller bitkilerin fizyolojik aktivitelerini engellemekte, verimliliklerini azaltmakta ve ölümlerine neden olmakta dolayısıyla ürün kalite ve miktarının azalmasına yol açmaktadırlar. Bitkilerin ağır metal toksisitesine karşı toleransları bitki türüne, element türüne, strese maruz kalma

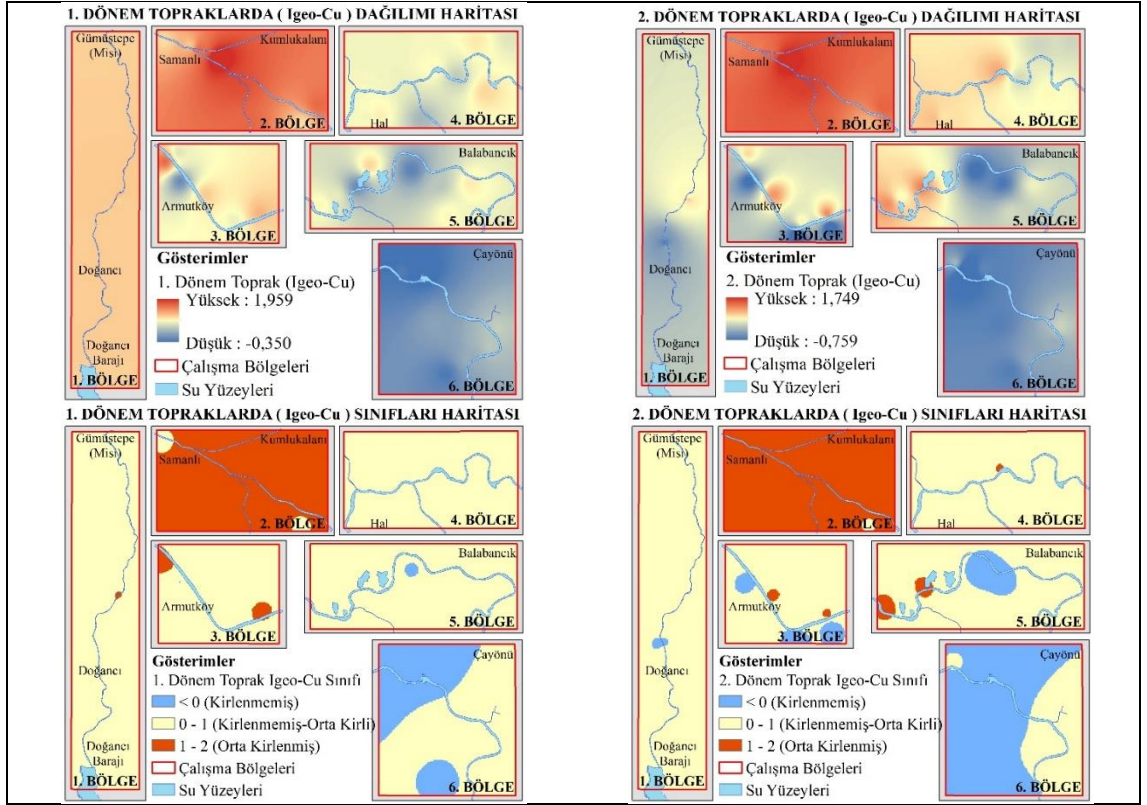
süresine ve strese maruz kalan doku veya organın yapısına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle ağır metalin tür ve miktarı, yayılgılığı, zararın şiddeti ve türü ayrıca zarar oluşum sürecinin bilinmesi bitkilerin gelişimi ve canlılığı açısından oldukça önemlidir (Asri ve Sönmez 2006).

4.4.4. Kirlilik yük endeksi (PLI)

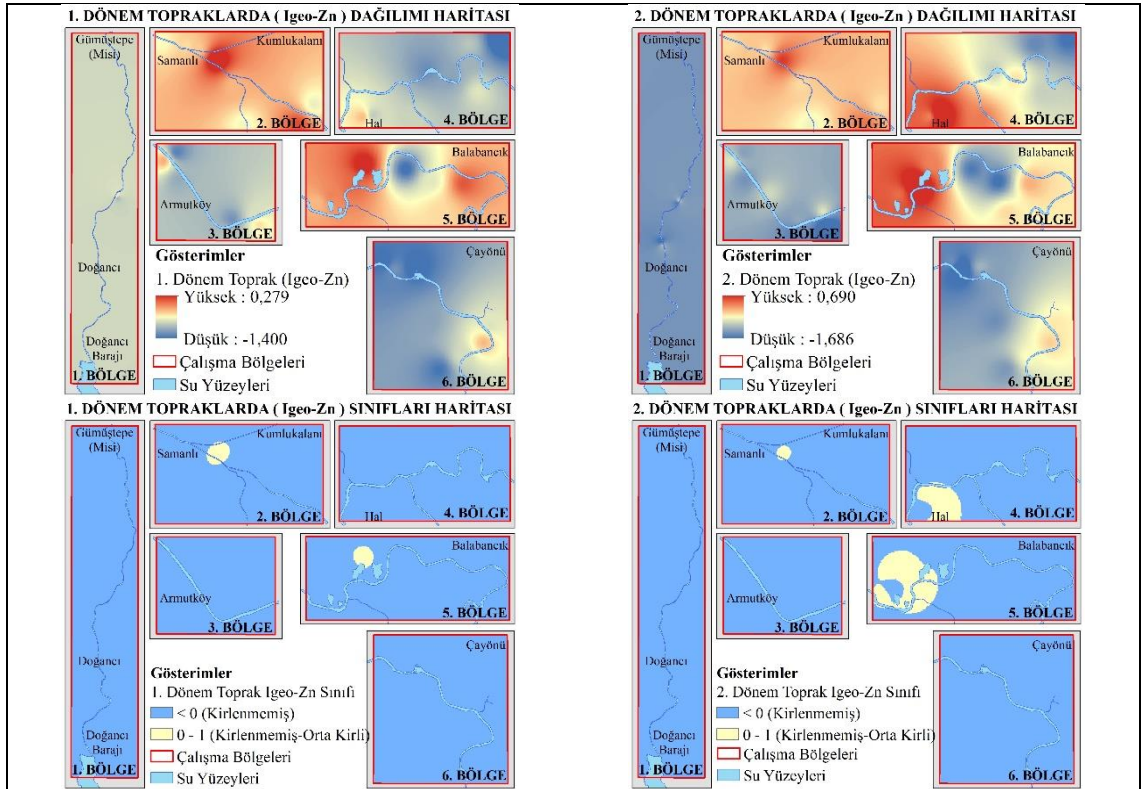
Çalışma alanı toprakları için hesaplanan kirlilik yük endeksi (PLI) değerlerine göre tüm çalışma bölgeleri topraklarında kirlenmenin olduğu söylenebilir. Kirlenmemiş olduğu varsayılan 1 ve 2 nolu bölge topraklarının özellikle Cr ve Ni içeriklerinin yüksek çıkması bu bölgelerin de PLI değerlerini arttırmıştır. Çalışma alanı topraklarının Cr ve Ni bakımından zengin olmasının ana nedeni bu elementlerin ana materyalde fazlaca bulunması ve toprak oluşu süreçleri içerisinde profile kazanım sağlamasıdır. Zira ova topraklarını oluşturan Nilüfer Çayının doğduğu bölge olan Uludağ, Cr ve Ni kaynakları bakımından zengin bir bölgedir. Çalışma alanı topraklarının kirlilik yük endeksi değerlerinin alansal dağılımı Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Çalışma alanı topraklarının kirlilik yük endeksi (PLI) değerlerinin alansal dağılımı.

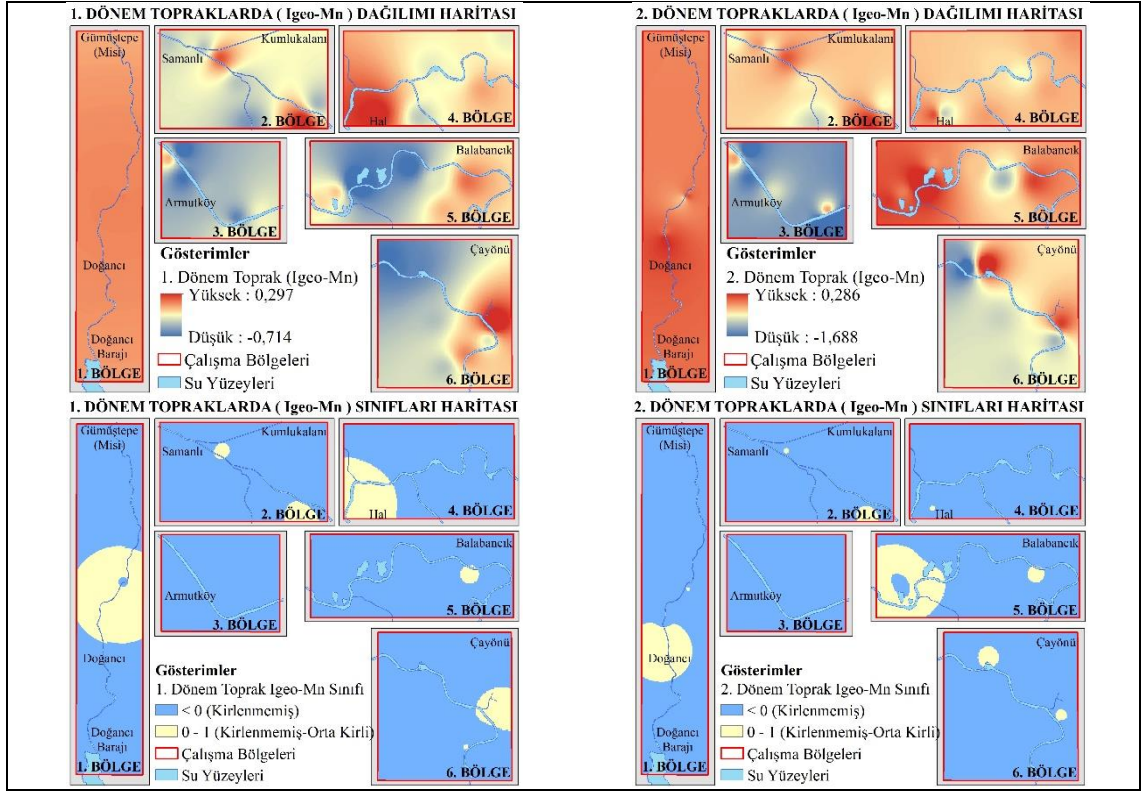
Dönem	PLI sınıfı	Alan (da)	Oran (%)
1. Dönem (Sulama Öncesi)	Kirlenme yok (<1) Kirlenme var (>1)	2 20548	0,1 99,9
2. Dönem (Sulama Sonrası)	Kirlenme yok (<1) Kirlenme var (>1)	76 20474	0,4 99,6



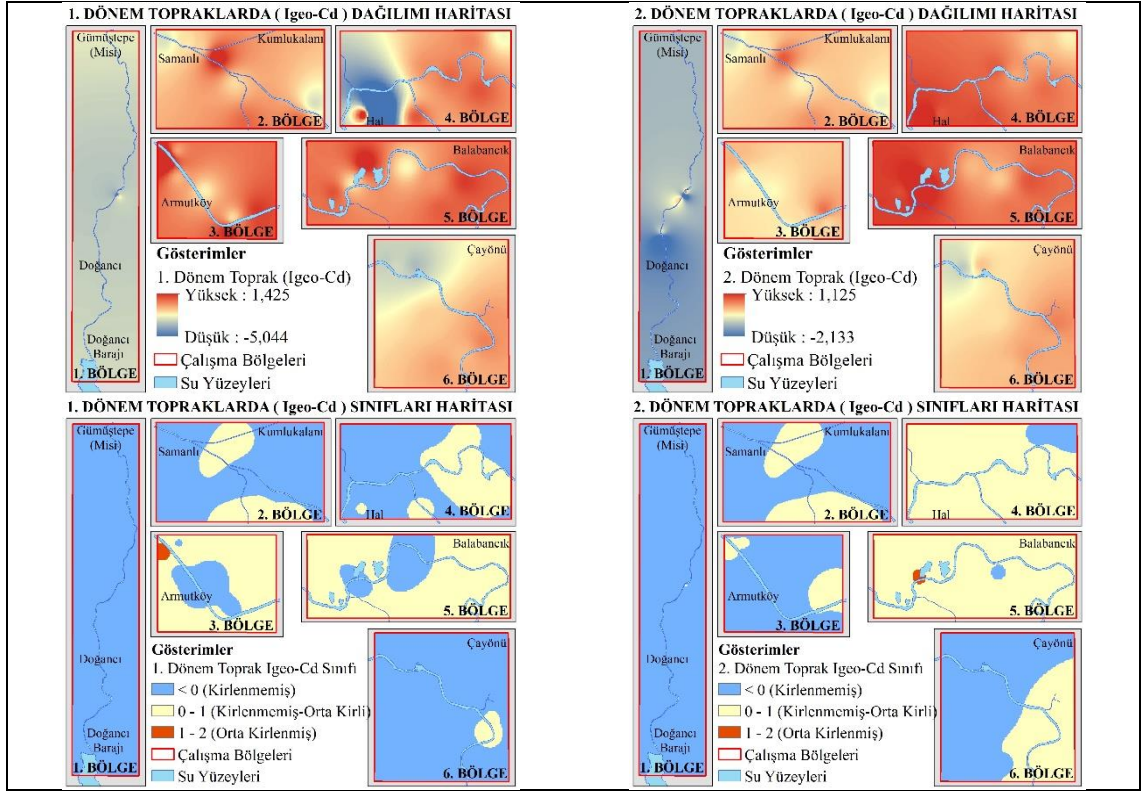
Şekil 4.31. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Cu değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



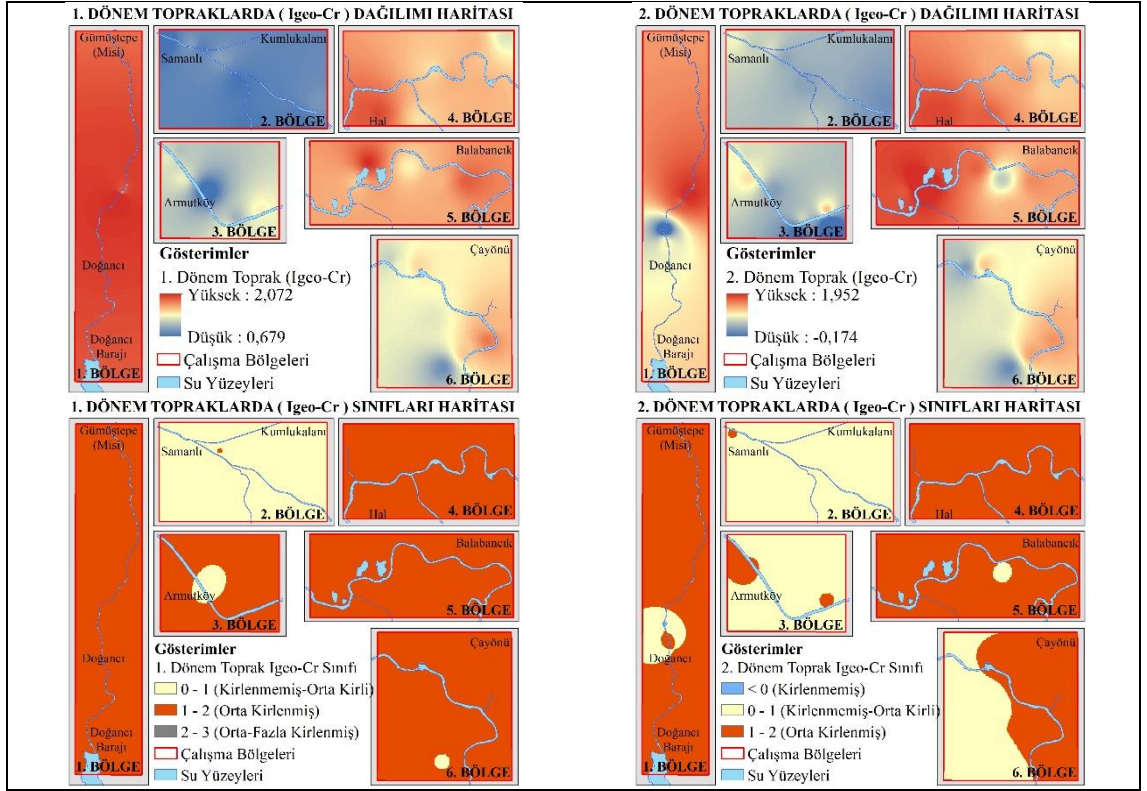
Şekil 4.32. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Zn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



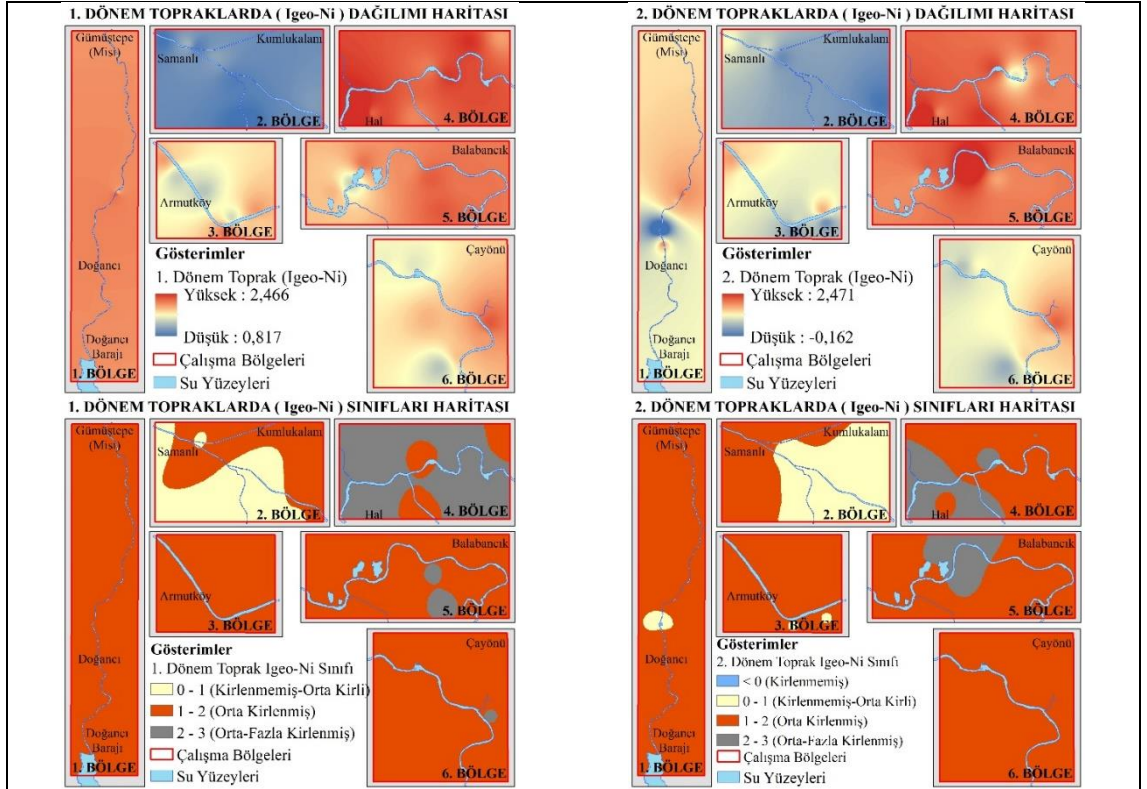
Şekil 4.33. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Mn değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



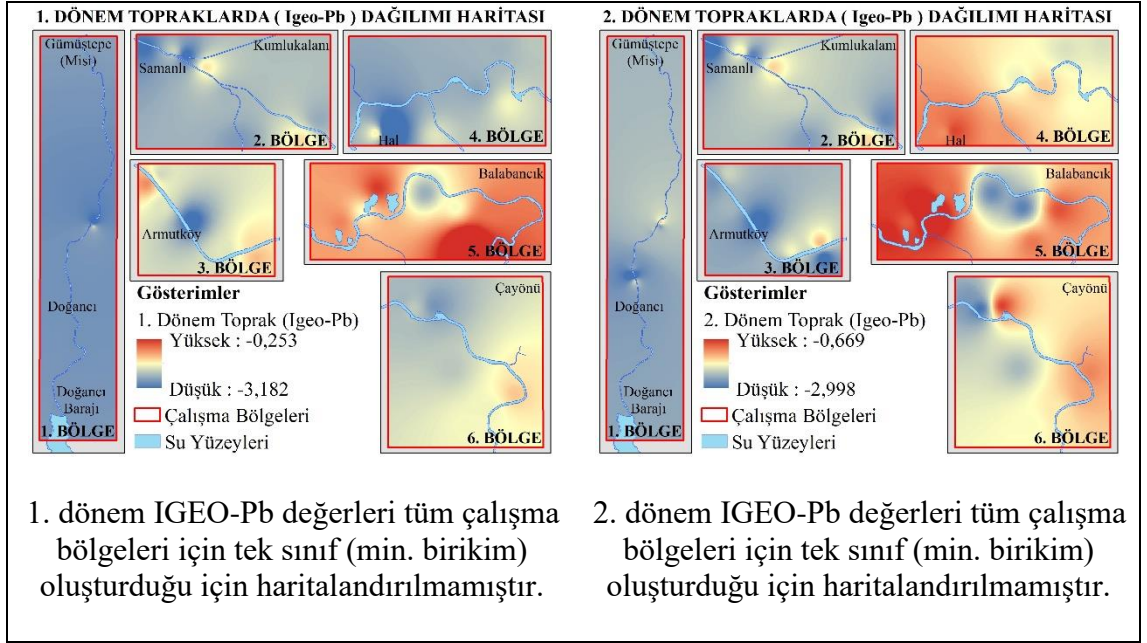
Şekil 4.34. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Cd değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



Şekil 4.35. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGeo-Cr değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



Şekil 4.36. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGeo-Ni değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.



Şekil 4.37. Sulama öncesi (1. dönem) ve sulama sonrası (2. dönem) toprakların IGEO-Pb değeri dağılımı ve sınıflandırılmış haritaları.

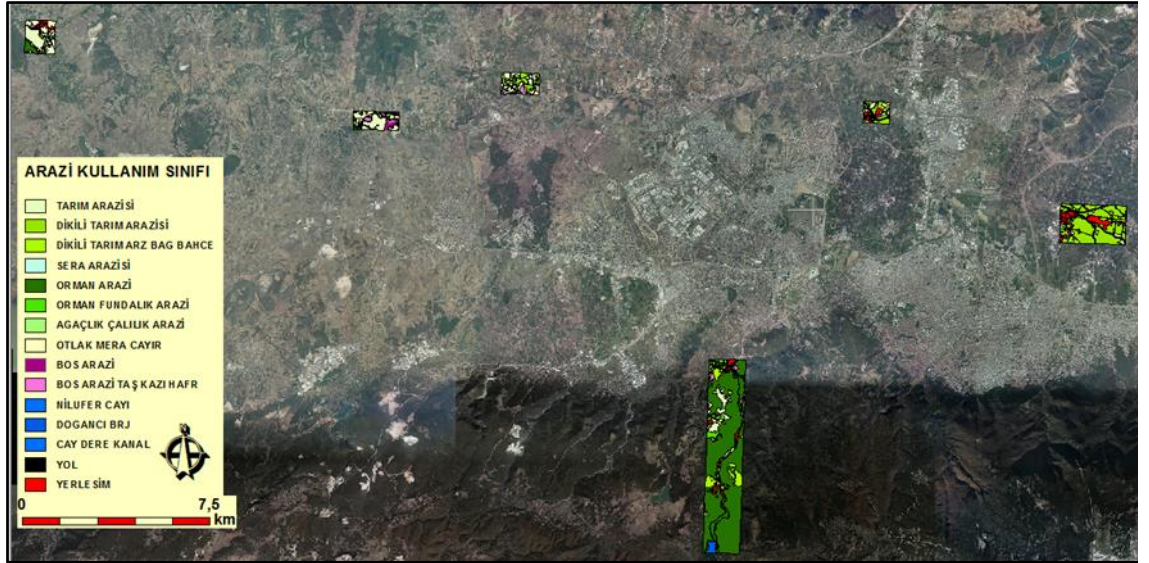
4.5. Arazi Kullanım/Örtü Durumu

Nilüfer Çayı boyunca belirlenen araştırma bölgeleri sınırları orto foto haritaların üzerine çakıştırıldıktan sonra herbir bölge arazi çalışmaları sırasında elde edilen arazi kullanım/örtü bilgilerinin de desteğiyle monoskopik olarak renk, tekstür, büyüklük, şekil, patern, konum ve gölge gibi görüntü unsurlarına göre yorumlanmıştır. Arazi kullanım/örtü türlerinin kapladığı alanlar ekrandan sayısallaştırma tekniği ile sayısallaştırılmıştır (Şekil 4.38 ve Şekil 4.39). Sonuç veri seti alansal (poligonal) katmana çevrilmiş ve altı çalışma bölgesi için belirlenen her bir arazi kullanım/örtü tipinin alanı ve bölge içi ve bölgeler bütününde kapladığı oransal dağılım hesaplanmıştır (Şekil 4.40).

Araştırma bölgelerinin bütününde (20546 da) hakim olan arazi kullanım/örtü türünün 8631,87 dekar alan ve % 42'lik oranla orman arazileri olduğu görülecektir. Orman arazilerini, 3899,40 da (% 18,98) ve 3437,57 da (% 16,73) alan ile sırasıyla dikili tarım arazileri ile tarım arazileri izlemektedir. Araştırma alanının bütününde yeleşim alanları 1277,45 da alan ve % 6,21'lik oranla dördüncü, bağ-bahçe arazileri 843,70 da ve % 4,11'lik oranla beşinci yaygın arazi kullanım/örtü türünü oluşturmaktadır (Şekil 4.40).



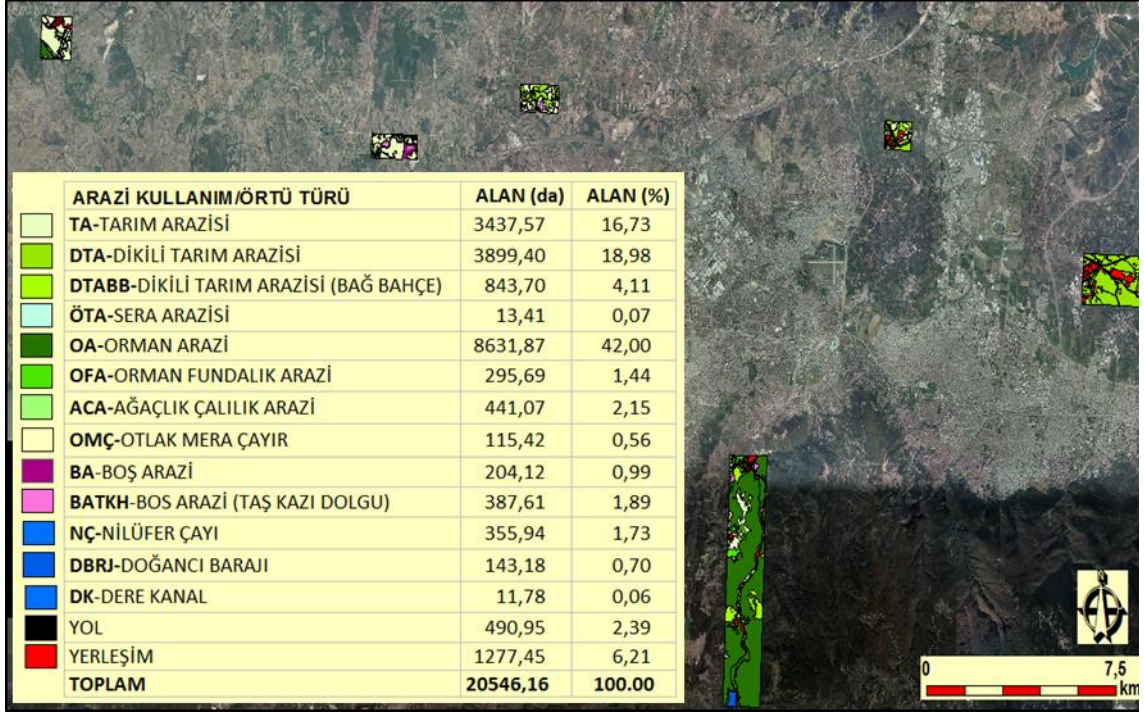
Şekil 4.38. Araştırma bölgeleri ve ortofoto görüntüleri üzerindeki konumu.



Şekil 4.39. Araştırma bölgelerinin arazi kullanım/örtü türleri yorum sınırları ve ortofoto görüntüsü.

Üretilen arazi kullanım/örtü türleri haritası bölgeler bazında (6 çalışma bölgesi) değerlendirildiğinde bölgeler arasında Nilüfer Çayından yapılacak sulama, üretilecek

ürünler, insan ve hayvan sağlığına olumsuz etkiler açısından ciddi farklılıklar olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.40. Araştırma bölgelerinin arazi kullanım/örtü türleri alansal ve oransal dağılım haritası ve ortofoto görüntüsü.

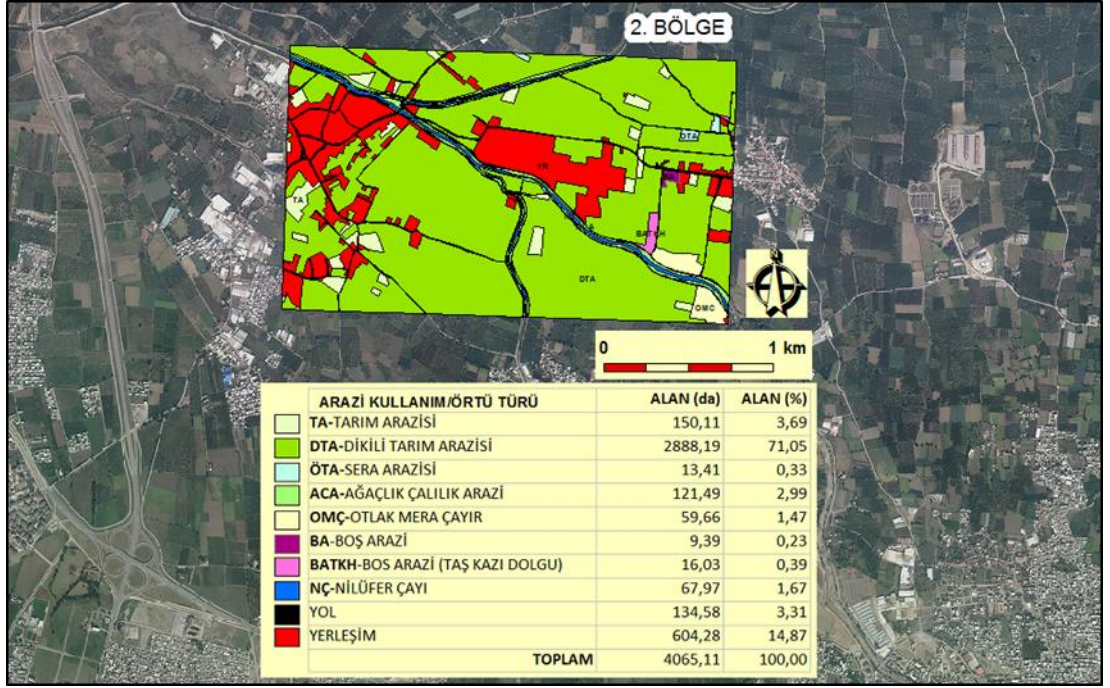
Yaklaşık 11325 da alana sahip 1. bölge çoğunlukla yüksek araziler üzerinde yer aldığından arazilerinin büyük çoğunluğu (% 74,51) orman arazisinden oluşmaktadır (8439,33 da). Orman arazilerinin dışındaki alanlar ise yüksek arazilerde yer alan düzensiz seyrek ağaçlardan kurulu mevsimlik yağışlara bağlı bağ ve bahçelik arazilerdir. Söz konusu araziler yaklaşık 843 da alanla birinci bölgenin % 7,45'ini oluşturmaktadır. Tarım arazileri ise birinci bölgenin en yaygın üçüncü arazi kullanım türünü oluşturur. Nilüfer Çayına çok yakın ancak geniş alan kaplamayan söz konusu bu arazilerde sulu tarım yapılmaktadır. Birinci bölge su kirliliği içermeyen doğancı barajına veya kaynağa yakın bölgede yer aldığından tarımsal üretimde yapılacak sulama toprak kirliliği, bitkisel üretim ve canlı yaşamı için risk oluşturmamaktadır (Şekil 4.41).



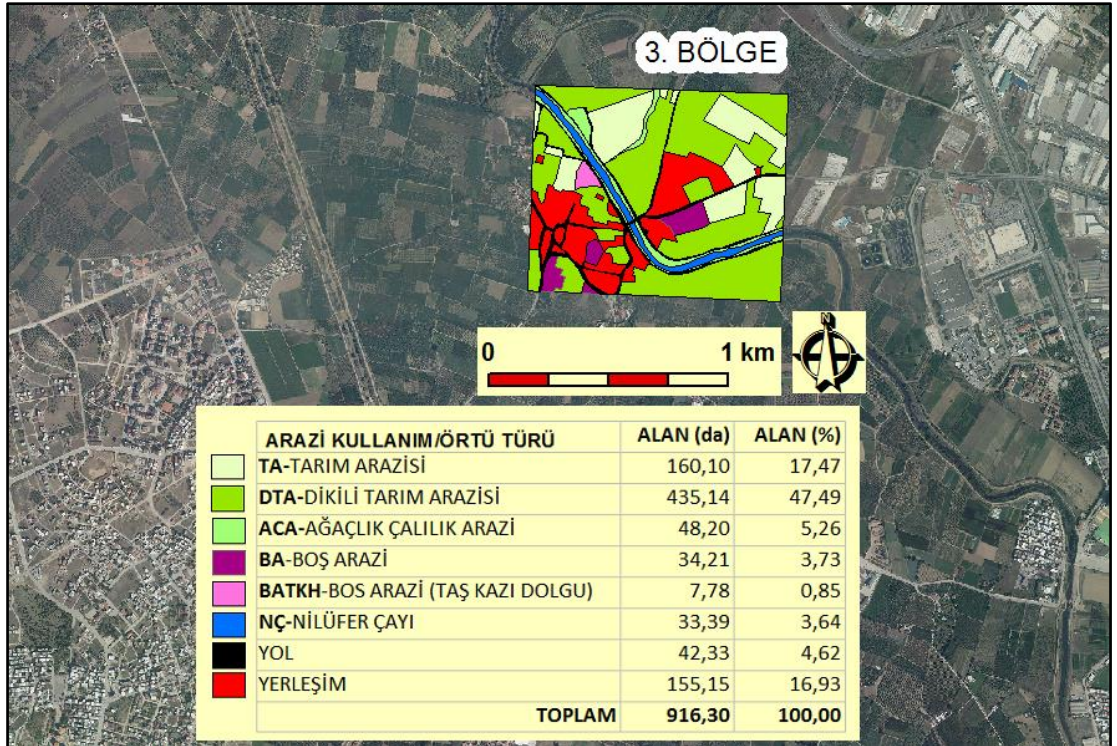
Şekil 4.41. Birinci bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.

2. bölge Bursa Ovasının batı kesiminde Nilüfer Çayının kirlilik yüklerini almaya başladığı bölümlerde bulunmaktadır. Bu bölge çoğunlukla meyve bahçeleri ile kaplı olup yaklaşık 4065 da alan kaplamaktadır (Şekil 4.42). Dikili tarım arazileri sınıfını oluşturan meyve bahçeleri 2. bölgenin 2888,19 da alanla % 71,05'ini oluşturmaktadır. Yerleşim alanları ikinci bölgenin yaklaşık 604 da ile ikinci, tarım arazileri ise sadece yaklaşık 150 da yayılım alanı ile üçüncü arazi kullanım/örtü türünü oluşturmaktadır. 2. bölgede dikili tarım arazilerinin dışında Nilüfer Çayının kirli suları ile sulanabilecek tarla bitkileri veya sebze yetiştiriciliği yapılabilecek araziler çok azdır (Şekil 4.42).

3. bölge arazi kullanım/örtü tipleri haritası Şekil 4.43'de verilmiştir. Harita incelendiğinde bölgenin yaklaşık 916 da gibi küçük bir alana sahip olduğu görülecektir. 3. bölge de ağırlıklı olarak dikili tarım arazileri, tarım arazileri ve yerleşim alanlarından oluşmakta olup söz konusu arazi kullanım/örtü tiplerinin alansal ve oransal dağılımları sırasıyla 435,14 da (% 47,49), 160,10 da (% 17,47) ve 155,15 da (% 16,93)'dir. 3. bölgede düşük oranda ağaçlık, çalılık, boş araziler ile kazılmış, doldurulmuş araziler de bulunmaktadır (Şekil 4.43).

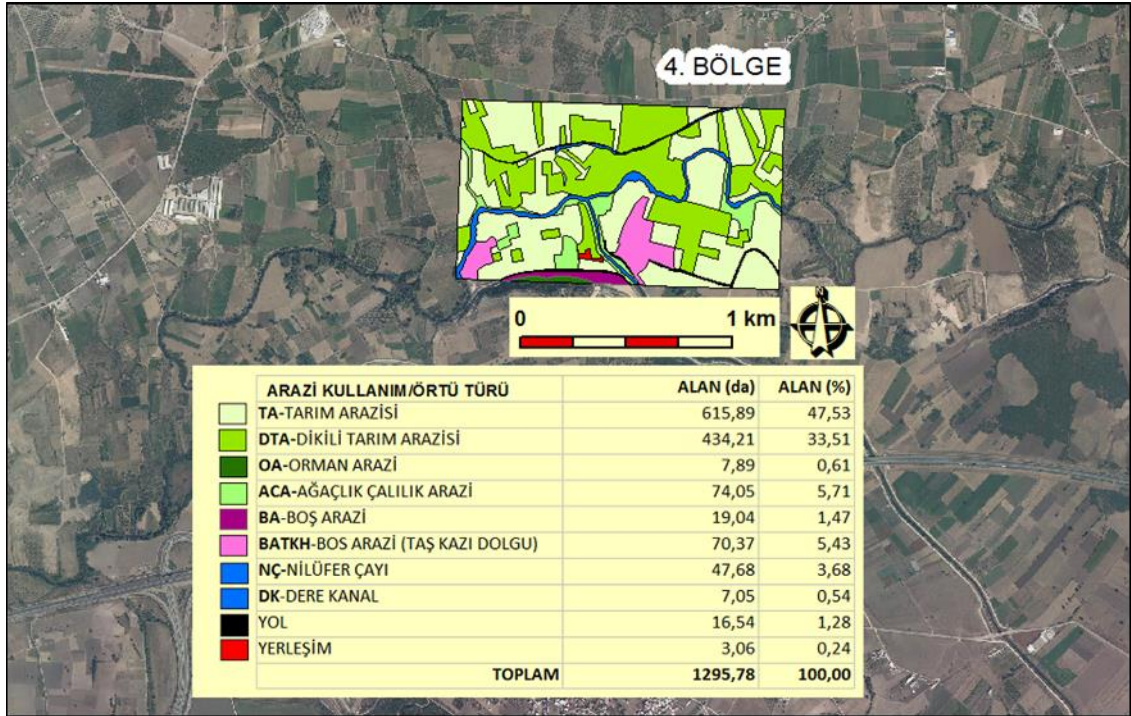


Şekil 4.42. İkinci bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.



Şekil 4.43. Üçüncü bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.

4. bölge diğer çalışma bölgelerine göre tarımsal üretim için Nilüfer Çayı'ndan sulanan tarım arazilerinin yoğunlukta olduğu bir bölgedir. Yaklaşık 1295 da alanının % 47,53'ü; 615,89 da tarım arazilerinden oluşmaktadır. Dikili tarım arazileri ise 4. bölgenin % 33,51'ini (434,21 da) oluşturmaktadır. Dördüncü bölgede tarım arazilerinin kum ocağı işletmeciliği nedeniyle kazıldığı ancak sonradan doldurularak boş bırakıldığı alanlardan oluşan yaklaşık 70 da boş kazı-dolgu arazi sınıfı yer almaktadır. Bu alanlar 4. bölgenin % 5,43'ünü oluşturmaktadır. Ağaçlık, çalılık alanlar çoğunlukla Nilüfer Çayının yatağına yakın yerlerde yayılım göstermekte ve bölgede 74,05 (% 5,71) da alan kaplamaktadır (Şekil 4.44).



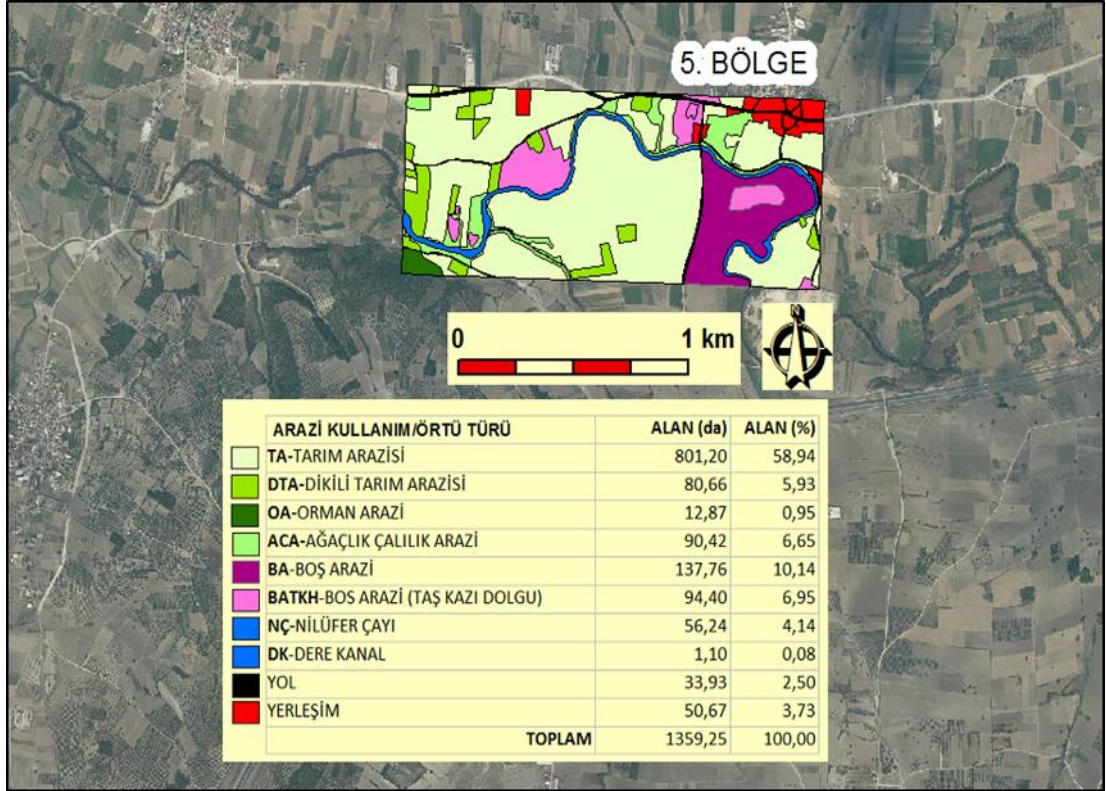
Şekil 4.44. Dördüncü bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.

Nilüfer Çayının kirlilik yüklerini aldığı ve en kirliliğe sahip kısımlarına denk gelen 5. ve 6. bölgeler incelendiğinde bu alanlarda dikili tarım arazilerinin çok az ancak tarım arazilerinin geniş yayılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.45 ve Şekil 4.46). 5. ve 6. bölgeler ve özellikle de 6. bölge tarımsal üretimde Nilüfer Çayı sulamasına gereksinim duyulduğu, yoğun olarak tek yıllık tarla bitkileri ve sebze yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlardır. Söz konusu bu alanlarda sulamaya çok dikkat edilmesi, toprak kirliliğinin sürekli olarak gözlenmesi,

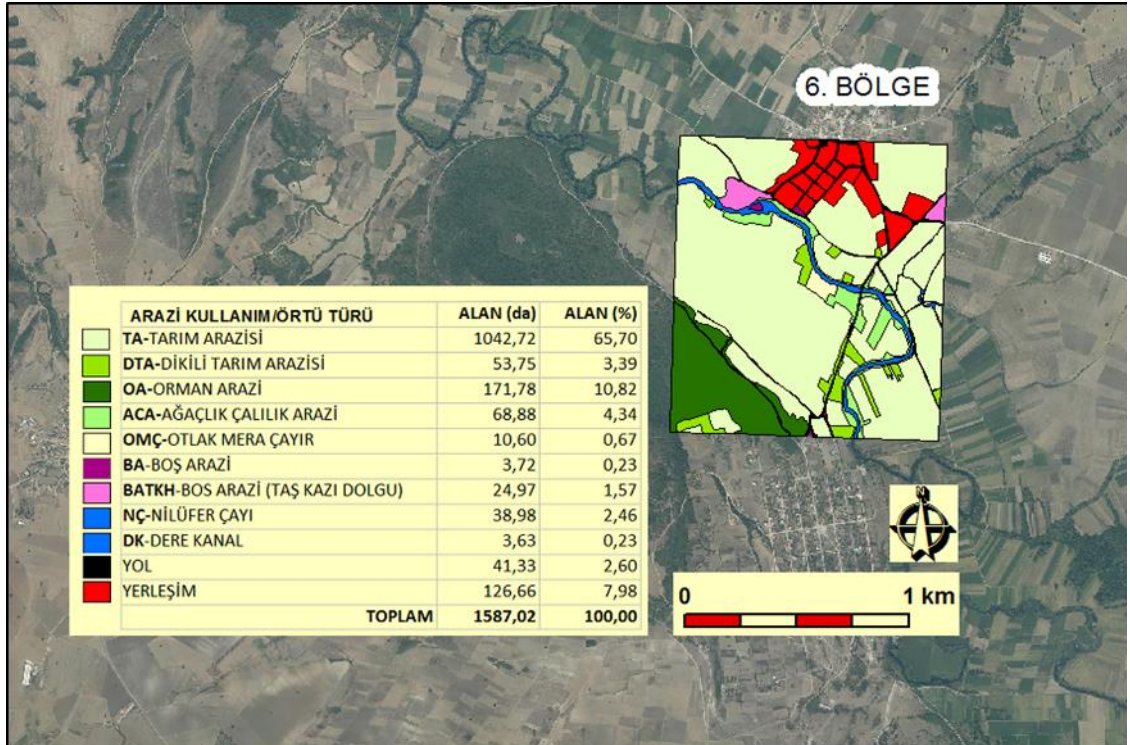
yetiştirilen ürünler, sulama yöntemleri, kirletilmiş sularla sulanan toprak-bitkinin insan ve hayvan sağlığına etkilerinin incelenmesi gerekmektedir.

Yaklaşık 1359 da alana sahip 5. bölgede en yaygın arazi kullanım/örtü türü tarım arazisi olup bölgenin % 58,94'ünü yani 801,20 da'nı oluşturmaktadır. Dikili tarım arazileri bu bölgede sadece yaklaşık 80 da alana sahiptir. Boş araziler ile kazılmış, doldurulmuş arazilerin toplamı ise 232,16 da (% 17,09)'dır. Nilüfer Çayı yatağının kenarlarında veya eski dere yataklarında bulunan ağaçlık ve çalılık alanlar ise beşinci çalışma bölgesinde 90,42 da (% 6,65) alan kaplamaktadır (Şekil 4.45).

Beşinci bölgeye benzer bir şekilde 6. bölgede de hakim arazi kullanımı/örtü türü tarım arazileridir. Tarım arazileri, yaklaşık 1587 da toplam alana sahip olan 6. bölgenin % 65,70'ini ve 1042,72 da alanını kaplamaktadır. Dikili tarım arazilerinin bu çalışma bölgesindeki oranı ise sadece % 3,39 civarındadır (53,75 da). Bu bölgede orman arazisi ikinci (171,78 da ve % 10,82 oran ile), yerleşim alanları (126,66 da ve % 7,98 oran ile) ise üçüncü yaygın arazi kullanım/örtü türüdür (Şekil 4.46).



Şekil 4.45. Beşinci bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.



Şekil 4.46. Altıncı bölge arazi kullanım/örtü türlerinin alansal ve oransal dağılımı haritası ve ortofoto görüntüsü.

5. SONUÇ

Günümüzde artan kentleşme ve sanayileşmenin doğal kaynaklara olan zararlı etkisi ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Söz konusu bu zararların başında da su veya toprak ortamında meydana gelen ağır metal kirliliği ve toksik etkisi gelmektedir. Su kaynaklarının kalite özelliklerinin bozulması ve içerdiği ağır metaller özellikle bu suların tarımda sulama amaçlı kullanımı ile toprakların kirlenmesine, tuzlulaşmasına ve verim potansiyellerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu topraklarda üretilen ürünlerin insan ve hayvanlar tarafından tüketilmesi ile de toksik bileşikler canlı sağlığını tehdit eder hale gelmektedir.

Son 30 yıldır kentleşme ve sanayileşme sürecindeki Bursa ilinin önemli bir su kaynağı olan Nilüfer Çayı da yukarıda bahsedilen kirlilik yükü tehdidi altında bulunmaktadır. Aşık ve Özsoy (2016) Nilüfer Çayı suyunda NH₄, P, B, Cu, Mn, Ni, Pb açısından kirliliğin olduğunu saptamışlar ve çay suyunu 3. sınıf su (C3S1) olarak sınıflamışlardır. Bu sınıf sular fazla miktarda tuz içeren sulardır. Sürekli sulamada kullanılmaları halinde toprakta tuzluluk problemi yaratabilirler.

Nilüfer Çayı çevresindeki tarım topraklarında meydana gelen değişimin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada önemli sonuçlara ulaşılmıştır. Belirlenen çalışma bölgelerinden alınan topraklarda Nilüfer Çayının sulamada kullanılması sonucu topraklarda ağır metal birikiminin olduğu ve özellikle bitki yetiştiriciliğinde önemli olan bitkiler tarafından alınabilir formdaki ağır metal miktarları (DTPA ile ekstrakte edilebilir) belirlenmiştir. Elde edinilen sonuçlara göre, alınabilir Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Ni ve Pb yönünden tarım yapılan çevre topraklarda artışın olduğu belirlenmiştir. Bu durum çalışmada hesaplanan kirlilik endeksi parametrelerinde de (CF ve EF) görülmüştür. Ağır metallerin yarayışlı ve alınabilir formu olarak ifade edilen miktarları topraktan ağır metallerin bitkiye geçme riskinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bitkiye geçen ağır metallerin gıda döngüsünde ne gibi zararlara neden olduğu birçok kişi tarafından bilinmekte ve dile getirilmektedir.

Bu çalışma ile ayrıca araştırma alanlarının bazı toprak özellikleri ile kirlilik düzeylerinin mekansal (konumsal/yersel) dağılımları CBS teknikleri kullanılarak tahmin edilmiş ve

haritalandırılmıştır. Böylece, CBS teknikleri kullanılarak örnekleme noktalarının bu çalışma kapsamında incelenen tüm fiziksel ve kimyasal özellikleri ile kirletici unsurlar çalışma bölgeleri içinde örneklenmeyen diğer alanlar için jeostatistiksel olarak tahmin edilmiştir.

CBS sisteminin dinamikliği sayesinde kirliliğin dönemsel (sulama yapılan ve sulama yapılmayan dönem) değişimi görsel olarak kolaylıkla izlenebilmektedir. Bu çalışma kapsamında üretilen kirlilik haritaları ile örneklerde yapılan laboratuvar analiz sonuçları daha kolay yorumlanabilmiştir. Noktasal analiz sonuçlarına göre enterpole edilen her bir çalışma alanına ait haritalar üretilmiş ve altı farklı saha birbiri ile kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamalar ile incelenen her bir kirlilik etmeninin hangi alanlarda diğerlerine oranla daha fazla/az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca CBS ortamında üretilen renkli haritalar ile konu hakkında bilgi birikimi olmayan ancak konuya ilgi duyan kişiler için Nilüfer Çayı ile sulanan toprakların güncel durumu daha anlaşılır kılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında üretilen, Nilüfer Çayı boyunca belirlenen altı çalışma bölgesinin güncel arazi kullanım/örtü haritaları yorumlandığında özellikle Aşık ve Özsoy (2016) tarafından bildirilen, çay suyunun kirlilik yükünün arttığı 5. ve 6. bölgelerdeki hakim arazi kullanım/örtü türünü tarım alanlarının ve dikili meyveliklerin oluşturduğu görülmektedir. Özellikle 6. çalışma bölgesi tarımsal üretimde Nilüfer Çayı sulamasına gereksinim duyulduğu, yoğun olarak tek yıllık tarla bitkileri ve sebze yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlardan oluşmaktadır. Söz konusu bu alanlarda sulamaya çok dikkat edilmesi ve toprak kirliliğinin sürekli olarak gözlenmesi gerekmektedir. Bu alanlarda sulama sistemi olarak mutlaka damla sulama tercih edilmelidir. Özellikle yaprakları yenen sebzelerin üretiminde salma ve yağmurlama sulama yöntemi uygulanmamalıdır. Gerekirse yaprakları yenen sebzelerin üretimi bu bölgelerde kısıtlanmalı veya çifçilerin başvurduğu tarımsal üretim yöntemleri kontrol edilmelidir. Söz konusu bu durum kirletilmiş sularla sulanan toprak-bitkinin insan ve hayvan sağlığına olumsuz etkileri olacağından mutlaka incelenmesi ve önlem alınması gereken bir durumdur.

Sonuç olarak; bu çalışma kapsamında yapılan toprak analizleri ve CBS analizleri yorumlandığında Nilüfer çayı ile sulanan yakın çevre tarım arazilerinde ağır metal

kirliliğinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Ağır metallerle kirlenmiş tarım topraklarının ıslah edilmesi veya ağır metallerin temizlenmesi çok zor ve uzmanlık gerektiren bir işlemdir. Bu çalışmada belirlenen ağır metal miktarları ve kirlilik durumu gelecek süreçte daha ciddi sonuçların ortaya çıkabileceğini de göstermektedir. Bu olumsuz durum Nilüfer Çayı ve çevresindeki tarım topraklarında insan aktivitesine bağlı olarak her geçen gün daha da artacak, toprak ve su gibi doğal kaynakları kirletecek ve sonuçta insan ile diğer canlıların yaşamını ciddi boyutlarda tehdit etmesi kaçınılmaz hale gelecektir. Bu durumun devam etmesi halinde ülkemizin ve bölgemizin önemli tarım alanlarından birisi olan Bursa Ovasında toprak kirliliğine bağlı olarak toprak verimliliğinin sürdürülebilirliği olumsuz etkilenecektir. Ülke ve bölge ekonomisi, yetiştirilen ürünlerin insan sağlığı ve pazarlanması noktasında büyük zarara uğrayabilir.

KAYNAKLAR

- Abidemi, O.O. 2013.** Accumulation and contamination of heavy metals in soil and vegetation from industrial area of Ikirun, Osun State, Nigeria. *Global Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 1(1):25-34.
- Allaway, W.H. 1968.** Agronomic control over the environmental cycling of trace elements. *Advances in Agronomy*, 20:235–274.
- Anonim, 2010.** Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik. 27605 Sayılı Resmi Gazete, 08.06.2010, Ankara, 8pp.
- Anonim, 2012.** Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, 28483 Sayılı Resmi Gazete, 30.11.2012, Ankara, 5pp.
- Anonim, 2018.** Bursa ili meteoroloji verileri. T.C. Çevre ve Ormancılık Bakanlığı, Devlet Meteoroloji Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx ?k=A&m=BURSA> (Erişim tarihi: 04.07.2018)
- Asri, Ö.F., Sönmez, S. 2006.** Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim*, 23(2):36-45.
- Aşık, B., Özsoy, G. 2016.** Nilüfer Çayı ile Sulanan Topraklarda Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi ve Ağır Metallerin Bitkiye Taşınım Durumunun Araştırılması. TÜBİTAK TOVAG 1140713 No'lu proje Sonuç Raporu. 74pp+33ek.
- Bergmann, W. 1992.** Nutritional Disorders of Plants: Development, Visual and Analytical Diagnosis. Gustav Fischer Verlag, Germany, 741pp.
- Bouyoucos, G.J. 1951.** A recalibration of the hydrometer for marking mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43:434-438.
- Bremner, J.M. 1965.** Total Nitrogen, pp:1149-1178. In: Black, C.A. (ed) Methods of soil analysis, Part 2, chemical and microbiological properties, *no 9 in the series Agronomy*. American Society of Agronomy Inc. Pub., Madison, Wisconsin, USA.
- Burak, S., Duranyıldız, İ., Yetiş, Ü. 1997.** Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 106pp.
- Castane, P.M., Caro, A.S., Salibian, A. 2015.** Water quality of the Luján River, a lowland watercourse near the metropolitan area of Buenos Aires (Argentina). *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(10):645.
- Chang, K. 2004.** Introduction to geographic information systems, 2nd ed. McGraw Hill, New York, 400pp.
- Doelsch, E., Van de Kerchove, V., Macary, H.S. 2006.** Heavy metal content in soils of Reunion (Indian Ocean). *Geoderma*, 134(1-2):119-134.
- Galal-Gorchev, H. 1991.** Dietary intake of pesticide residues: cadmium, mercury and lead. *Food Additives and Contaminants*, 8(6):793-806.
- Güleryüz, G., Arslan, H., Çelik, C.H., Güçer, Ş., Kendall, M. 2008.** Heavy metal content of plant species along Nilüfer Stream in industrialized Bursa City, Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, 195(1-4):275-284.
- Hakanson, L. 1980.** An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*, 14(8):975-1001.
- He, Z., Shentu, J., Yang, X., Baligar, V.C., Zhang, T., Stoffella, P.J. 2015.** Heavy metal contamination of soils: sources, indicators, and assessment. *Journal of Environmental Indicators*, 9:17-18.

- Jones, J.B. 2001.** Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, USA, 384pp.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. 1992.** Trace Elements in Soils and Plants, third edition. CRC Press, USA, 331pp.
- Kacar, B. 2012.** Toprak Analizleri, ikinci baskı. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 466pp.
- Khan, A., Javid, S., Muhmood, A., Mjeed, T., Niaz A., Majeed, A. 2013.** Heavy metal status of soil and vegetables grown on peri-urban area of Lahore district. *Plant Soil and Environment*, 32(1):49-54.
- Kocaman, I., Konukçu, F., İstanbulluoğlu, A., Albut, S. 2015.** Effect of irrigation with Maritza and Ergene Rivers water on soil contamination and heavy metal accumulation in rice crop. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(1):77-83.
- Köktürk, M., Atamanalp, M. 2015.** Water quality in Tortum Stream and its tributaries (Erzurum/Turkey). *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 1(1):49-55.
- Liang, J., Chen, C., Song, X., Han, Y., Liang, Z. 2011.** Assessment of heavy metal pollution in soil and plants from Dunhua Sewage irrigation area. *International Journal of Electrochemical Science*, 6:5314-5324.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. 2000.** Remote sensing and image interpretation, fourth edition. John Wiley & Sons Inc., USA, 724pp.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A. 1978.** Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3):421-428.
- Loska, K., Wiechula, D., Barska, B., Cebula, E., Chojnecka, A. 2003.** Assessment of arsenic enrichment of cultivated soils in Southern Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*, 12(2):187-192.
- Manoj, K., Kumar, B., Padhy, P.K. 2012.** Characterization of metals in water and sediments of Subarnarekha River along the projects sites in lower basin, India. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 2(5):1-9.
- McLean, E.O. 1982.** Soil pH and lime requirement, pp.199-224. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9.* SSSA, Madison, WI, USA.
- Mmolawa, K., Likuku, S.A., Gaboutloeloe, G.K. 2011.** Assessment of heavy metal pollution in soils along roadside areas in Botswana. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 5(3):186-196.
- Muller, G. 1981.** The heavy metal pollution of the sediments of Neckars and its tributary. *A Stocktaking Chemische Zeit*, 150:157-164.
- Nelson, R.E. 1982.** Carbonate and Gypsum, pp:181-196. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9.* SSSA, Madison, WI, USA.
- Nelson, D.W., Sommers, L. 1982.** Total carbon, organic carbon and organic matter, pp:539-579. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9.* SSSA, Madison, WI, USA.
- Ormsby, T., Napoleon, E., Burke, R., Groessler, C., Feaster, L. 2004.** Getting to Know ArcGIS Desktop, second edition. ESRI press, California, USA, 567pp.
- Rahman, S., Khan, M.T.R., Akib, S., Biswas, S.K. 2013.** Investigation of heavy metal pollution in Peripheral River water around Dhaka City. *Pensee Journal*, 75(10):421-435.
- Rhoades, J.D. 1982.** Soluble Salts, pp.167-178. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9.* SSSA, Madison, WI, USA.

- Robarge, W.P., Edwards, A., Johnson, B. 1983.** Water and waste water analysis for nitrate via nitration of salicylic acid. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 14(12):1207-1215.
- Shepard, D. 1968.** A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. CAN '68 Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference, 27-29 August, 1968, NY, USA, p.517-524.
- Shirkhanloo, H., Mirzahosseini, S.A.H., Shirkhanloo, N., Moussavi-Najarkola, S.A., Farahani, H. 2015.** The evaluation and determination of heavy metals pollution in edible vegetables, water and soil in the south of Tehran province by GIS. *Archives of Environmental Protection*, 41(2):64-74
- Solorzano, L. 1969.** Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnology and Oceanography*, 14(5):799-801.
- Tan, A. 2006.** Atık sularda bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, TC. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Anorganik Kimya Anabilim Dalı, Edirne, 85pp.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M. 1991.** The continental crust: Its composition and evolution: An examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks. Blackwell Scientific Publication, USA, 312pp.
- Tomlinson, D.L., Wilson, J.G., Harris, C.R., Jeffrey, D.W. 1980.** Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. *Helgolander Meeresuntersuchungen*, 33(1-4):566-575.
- Watanabe, F.S., Olsen, S.R. 1965.** Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil. *Soil Science Society of America Journal*, 29(6):677-678.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Duygu ÖZSOY
Doğum Yeri ve Tarihi : Susurluk, 9.11.1982
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Susurluk Süper Lisesi, 2001
Lisans : Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 2005

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Kestel Ziraat Odası, 2013
Lansy Danışmanlık, 2015-2017
GİP Gıda, 2017-2018

İletişim (e-posta) : ozsoyduygu82@gmail.com

Yayımları :

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Duygu Özsoy
Tez Adı	Nilüfer Çayı ile Sulanan Alanların Bazı Önemli Toprak Özellikleri ve Ağır Metal İçeriklerinin Konumsal Analizi ile Güncel Arazi Kullanım Türlerinin Belirlenmesi
Enstitü	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Tez Türü	Yüksek Lisans
Tez Danışman(lar)ı	Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni	<input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input checked="" type="checkbox"/> Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama izni	<input checked="" type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin veriyorum

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

Tarih : 02/10/2019

İmza : Duygu ÖZSOY

