

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

TARIMSAL UYGULAMALARIN ISPARTA İLİ ELMA BAHÇESİ
TOPRAKLARINDAKİ BAKIR VE ÇİNKO FRAKSİYONLARINA
ETKİSİNİN KADEMELİ EKSTRAKSİYONLA BELİRLENMESİ

Enise SUKUŞU

Danışman
Prof. Dr. Veli UYGUR

ISPARTA - 2023



© 2023 [Enise SÜKÜŞÜ]

ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

26/07/2023

Enise SUKUŞU

.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Fungusitler	2
1.2. Gübreler.....	6
1.3. Fungusit ve Gübreleme Gibi Tarımsal Faaliyetlerin Bitki Üzerine Etkisi.....	8
2. KAYNAK ÖZETLERİ	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	29
3.1. Materyal	29
3.1.1. Toprak ve yaprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması.....	29
3.2. Yöntem.....	35
3.2.1. Toprak ve yaprak örneklerinde yapılan analizler.....	35
3.2.2. Toprak örneklerinde jeokimyasal fraksiyonların kademeli ekstraksiyon ile belirlenmesi	36
3.2.3. Elde edilen verilerin istatistik değerlendirilmesi.....	38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	40
4.1. Elma Bahçesi Topraklarının Genel Özellikleri	41
4.1.1. Elma bahçelerinin 0-20 ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarına ait genel özellikler	41
4.1.2. Eğirdir ve Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların toplam Cu ve Zn açısından değerlendirilmesi.....	80
4.1.3. Eğirdir ve Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların toplam Cu ve Zn açısından değerlendirilmesi	89
4.2. Elma Bahçesi Topraklarına Ait Cu ve Zn Jeokimyasal Fraksiyonları.....	96
4.2.1. Elma bahçelerinin 0-20 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları	96
4.2.2. Elma bahçelerinin 20-40 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları	98
4.2.3. Eğirdir elma bahçelerinin 0-20 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları	101
4.2.4. Eğirdir elma bahçelerinin 20-40 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları	102
4.2.5. Gelendost elma bahçelerinin 0-20 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları.....	103
4.2.6. Gelendost elma bahçelerinin 20-40 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları.....	104
4.3. Elma Bahçelerinden Alınan Yaprak Örneklerine Ait Besin Elementi İçeriği ..	105
4.3.1. Elma bahçeleri yaprak örneklerine ait besin elementi içerikleri.....	105
4.3.2. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örneklerine ait besin elementi içerikleri	107
4.3.3. Gelendost elma bahçeleri yaprak örneklerine ait besin elementi içerikleri ...	108
4.4. Elma Bahçeleri Toprak ve Yaprak Örneklerinin Çoklu Karşılaştırılması	109

4.4.1. Elma bahçesi topraklarının genel özellikleri ve Cu ve Zn fraksiyonlarının çoklu karşılaştırılması	110
4.4.2. Elma bahçesi yaprak örneklerine ait besin elementi içeriklerinin çoklu karşılaştırılması	143
4.5. Elma Bahçeleri Topraklarının Genel Özellikleri, Cu ve Zn Fraksiyonları ve Yaprak Örnekleri Arasındaki İlişkiler.....	149
4.5.1. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan topraklara ait genel özellikler ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler.....	149
4.5.2. Eğirdir elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan topraklara ait genel özellikler ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler.....	153
4.5.3. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan topraklara ait genel özellikler ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler.....	157
4.5.4. Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan topraklara ait genel özellikler ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler.....	163
4.5.5. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile toprakların genel özellikleri ve Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler	168
4.5.6. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile toprakların genel özellikleri ve Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler	172
4.5.7. Elma bahçesi topraklarına ait korelasyon analizlerinin değerlendirilmesi	177
4.6. Elma Bahçeleri Topraklarının Genel Özellikleri ile Cu ve Zn Fraksiyonlarına Ait Faktör Analizi	185
4.6.1. Eğirdir elma bahçeleri topraklarının genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonlarına ait faktör analizi	185
4.6.2. Gelendost elma bahçeleri topraklarının genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonlarına ait faktör analizi	191
4.7. Elma Bahçeleri Topraklarının Genel Özellikleri ile Cu ve Zn Fraksiyonlarına Ait Kümeleme Analizi	197
4.7.1. Eğirdir elma bahçeleri topraklarının genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonlarına ait kümeleme analizi	197
4.7.2. Gelendost elma bahçeleri topraklarının genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonlarına ait kümeleme analizi	199
4.8. Elma Bahçesi Topraklarına Ait Faktör ve Kümeleme Analizlerinin Değerlendirilmesi.....	200
4.9. Elma Bahçeleri Topraklarının Cu ve Zn Fraksiyonlarının Oransal Dağılımı ...	202
4.9.1. Eğirdir elma bahçeleri topraklarının Cu ve Zn fraksiyonlarının oransal dağılımı.....	202
4.9.2. Gelendost elma bahçeleri topraklarının Cu ve Zn fraksiyonlarının oransal dağılımı.....	206
4.9.3. Eğirdir elma bahçeleri topraklarının Cu ve Zn fraksiyonlarının oransal dağılımının değerlendirilmesi	210
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	220
KAYNAKLAR	221
ÖZGEÇMİŞ	236

ÖZET

Doktora Tezi

TARIMSAL UYGULAMALARIN ISPARTA İLİ ELMA BAHÇESİ TOPRAKLARINDAKİ BAKIR VE ÇİNKO FRAKSİYONLARINA ETKİSİNİN KADEMELİ EKSTRAKSİYONLA BELİRLENMESİ

Enise SUKUŞU

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Veli UYGUR

Elma bahçesi topraklarında bakır (Cu) ve çinko (Zn) bazlı fungusit ve fosforlu gübre kullanımından kaynaklı Cu ve Zn kirliliğini belirlemek ve bu elementlerin toprak özellikleri ve yaprak bitki besin elementi içeriği ile olan ilişkilerini incelemek amacıyla Isparta ilinin elma üretiminde önde gelen ilçeleri olan Eğirdir ve Gelendost'daki elma bahçelerinden 0-20 ve 20-40 cm olmak üzere iki farklı derinlikten toprak örnekleri ve ayrıca yaprak örneği alınmıştır. Örnekleme için farklı yaştaki (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 ve >20 yaş) elma bahçeleri seçilmiştir. Ayrıca elma bahçelerinin yakınındaki yerlerden de kontrol amaçlı (mera ve fungusit uygulanmayan tarla) toprak örneği alınmıştır. Bakır ve Zn elementlerinin topraktaki davranışı, mobilitesi, biyoyararışlılığı ve fitotoksitesini değerlendirmek amacıyla topraklarda toplam ve yarayışlı Cu ve Zn ve 7 farklı Cu ve Zn fraksiyonu (suda çözünebilir ve değişebilir, karbonatlara bağlı, Mn oksitlere bağlı, amorf Fe/Al oksitlere bağlı, kristalin Fe oksitlere bağlı, organik ve sülfidlere bağlı, bakiye fraksiyon) belirlenmiştir. Bahçe yaşı arttıkça, toplam Cu, yarayışlı Cu ve Zn içeriğinde, Cu ve Zn elementine ait yarayışlı fraksiyonların (WS, Car ve MnO) oransal dağılımında artış olduğu görülmüştür. Özellikle büyük yaş grubundaki elma bahçelerinde kontrol örneğine kıyasla toplam ve yarayışlı Cu miktarı açısından yüksek değerler bulunmuştur. Yarayışlı P ile yarayışlı Cu ve Zn arasındaki pozitif korelasyon, toprakta gübreleme (özellikle fosforlu gübre) ve fungusit kaynaklı Cu ve Zn kirlenmesi olduğunu göstermiş ve toprakların sürdürülebilirliği açısından önlem alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isparta, Elma bahçesi, Bakır, Çinko, Fraksiyon, Kademeli ekstraksiyon

2023, 236 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Dissertation

DETERMINATION OF THE EFFECT OF AGRICULTURAL PRACTICES ON COPPER AND ZINC FRACTIONS IN SOILS OF APPLE ORCHARDS IN ISPARTA PROVINCE USING SEQUENTIAL EXTRACTION

Enise SÜKÜŞÜ

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Soil Science and Plant Nutrition**

Supervisor: Prof. Dr. Veli UYGUR

In order to determine copper (Cu) and zinc (Zn) pollution caused by the use of Cu and Zn based fungicides and phosphorus fertilizers in apple orchard soils and to examine the relationships of these elements with soil properties and leaf plant nutrient content, apple orchards from Eğirdir and Gelendost, which are the leading districts of Isparta province in apple production, soil samples were taken from two different depths, 0-20 and 20-40 cm and leaf samples were taken from the same orchards. Apple orchards of different ages (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 and >20 years) were selected for sampling. In addition, soil samples were taken from places near apple orchards (pasture and field without fungicide application) for control purposes. In order to evaluate the behavior, mobility, bioavailability and phytotoxicity of copper and Zn elements in the soil, total and available Cu and Zn and 7 different Cu and Zn fractions (water soluble and exchangeable, bound to carbonates, bound to Mn oxides, bound to amorphous Fe/Al oxides), bound to crystalline Fe oxides, bound to organic and sulfides, residual fractions) were determined. As the orchard age increased, there was an increase in the total Cu, available Cu and Zn content, and the proportional distribution of the available fractions of Cu and Zn (WS, Car and MnO). Especially in apple orchards in the older age group, higher values were found in terms of total and available Cu amount compared to the control sample. The positive correlation between available P and available Cu and Zn showed that there was Cu and Zn contamination caused by fertilization (especially phosphorus fertilizer) and fungicide in the soil, and it was concluded that measures should be taken for the sustainability of the soils.

Key Words: Isparta province, Apple orchard, Copper, Zinc, Fraction, Sequential extraction

2023, 236 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım sayın Prof. Dr. Veli UYGUR'a, toprak ve bitki örneklerinin ICP-OES cihazı ile analizinde TÜBİTAK 1002 proje ekibinden sayın Dr. Mehmet Ali GÜRBÜZ'e, tezimde maddi ve manevi desteği olan sayın Dr. Süleyman ÖREN, Dr. Öğr. Üyesi Rabia ERSAN ve Arş. Gör. Dr. Fatih GÖKMEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Toprak Kimyası Laboratuvarı'nda tezimin analizlerini yürütmem ve bazı analizler için kullandığım cihazlardan dolayı Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne teşekkür ederim. Yine bölümümüz öğrencilerinden Lütfü, Sebahat OĞUZ, Şevket FİDAN ve Ramazan UÇAR'a yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Tezimin gerçekleşmesinde 120O904 numaralı proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan ve hep destek olan babam Tahir SUKUŞU, annem Latife SUKUŞU, kardeşim Azem SUKUŞU ve kuzenim Seyda ERDOĞAN'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Enise SUKUŞU
ISPARTA, 2023

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Örnekleme noktaları ve arazi kullanım sınıflaması	31
Şekil 3.2. Toprak örneklerinin analize hazırlanma süreçleri.....	34
Şekil 3.3. Bitki örneklerinin analize hazırlanması, yakımı ve analizi.....	35
Şekil 4.1. Eğirdir 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine göre bileşen 1 ile bileşen 2 arasında dağılım grafiği	188
Şekil 4.2. Eğirdir 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine göre bileşen 1 ile bileşen 3 arasında dağılım grafiği	190
Şekil 4.3. Gelendost 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine göre bileşen 1 ile bileşen 2 arasında dağılım grafiği	193
Şekil 4.4. Gelendost 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine göre bileşen 1 ile bileşen 3 arasında dağılım grafiği	195
Şekil 4.5. Gelendost 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine göre bileşen 1 ile bileşen 4 arasında dağılım grafiği	196
Şekil 4.6. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine ait dendogram	198
Şekil 4.7. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine ait dendogram	200
Şekil 4.8. Eğirdir elma bahçesi 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Cu fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği	203
Şekil 4.9. Eğirdir elma bahçesi 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Cu fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği	204
Şekil 4.10. Eğirdir elma bahçesi 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Zn fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği.....	205
Şekil 4.11. Eğirdir elma bahçesi 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Zn fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği.....	206
Şekil 4.12. Gelendost elma bahçesi 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Cu fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği	207
Şekil 4.13. Gelendost elma bahçesi 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Cu fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği	208
Şekil 4.14. Gelendost elma bahçesi 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Zn fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği	209
Şekil 4.15. Gelendost elma bahçesi 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Zn fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği	210

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Örnekleme yapılan noktalara ait bilgiler.....	32
Çizelge 4.1. Elma bahçesi toprak örneklerinin pH özelliğine ait tanımlayıcı istatistik	41
Çizelge 4.2. Elma bahçesi toprak örneklerinin EC özelliğine ait tanımlayıcı istatistik	43
Çizelge 4.3. Elma bahçesi toprak örneklerinin CaCO_3 içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	45
Çizelge 4.4. Elma bahçesi toprak örneklerinin organik madde içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	46
Çizelge 4.5. Elma bahçesi toprak örneklerinin kum, kil ve silt içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	48
Çizelge 4.6. Elma bahçesi toprak örneklerinin Olsen-P içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	49
Çizelge 4.7. Elma bahçesi toprak örneklerinin N içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	51
Çizelge 4.8. Elma bahçesi toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir Na içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	52
Çizelge 4.9. Elma bahçesi toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir K içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	53
Çizelge 4.10. Elma bahçesi toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir Ca içeriğine ait tanımlayıcı istatistik.....	54
Çizelge 4.11. Elma bahçesi toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir Mg içeriğine ait tanımlayıcı istatistik.....	56
Çizelge 4.12. Elma bahçesi toprak örneklerinin KDK özelliğine ait tanımlayıcı istatistik	57
Çizelge 4.13. Elma bahçesi toprak örneklerinin DTPA-Mn içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	58
Çizelge 4.14. Elma bahçesi toprak örneklerinin DTPA-Zn içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	60
Çizelge 4.15. Elma bahçesi toprak örneklerinin DTPA-Cu içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	62
Çizelge 4.16. Elma bahçesi toprak örneklerinin DTPA-Fe içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	63
Çizelge 4.17. Elma bahçesi toprak örneklerinin toplam P ve Fe içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	65
Çizelge 4.18. Dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşına ait toplam P ve Fe konsantrasyonları.....	66
Çizelge 4.19. Elma bahçesi toprak örneklerinin toplam Mn, Zn ve Cu içeriğine ait tanımlayıcı istatistik	68
Çizelge 4.20. Dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşına ait toplam Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları	70
Çizelge 4.21. Kirlenmemiş topraklara ait toplam Cu ve Zn konsantrasyonları	81
Çizelge 4.22. Kurak ve yarı kurak bölge topraklarına ait toplam ve yarayıslı Cu ve Zn içeriği.....	85
Çizelge 4.23. Çeşitli ülkeler tarafından topraklarda toplam Cu ve Zn için belirlenmiş sınır değerler	87

Çizelge 4.24. Elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan topraklara ait Cu ve Zn fraksiyonları (mg/kg).....	97
Çizelge 4.25. Elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan topraklara ait Cu ve Zn fraksiyonları.....	99
Çizelge 4.26. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan topraklara ait Cu ve Zn fraksiyonları (mg/kg).....	101
Çizelge 4.27. Eğirdir elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan topraklara ait Cu ve Zn fraksiyonları (mg/kg).....	102
Çizelge 4.28. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan topraklara ait Cu ve Zn fraksiyonları (mg/kg).....	103
Çizelge 4.29. Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan topraklara ait fraksiyon içerikleri	104
Çizelge 4.30. Elma bahçeleri yaprak örneklerine ait özellikler	105
Çizelge 4.31. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örneklerine ait özellikler.....	107
Çizelge 4.32. Elma yaprağının makro ve mikro element içerikleri için sınıflandırma.....	108
Çizelge 4.33. Gelendost elma bahçeleri yaprak örneklerine ait özellikler.....	108
Çizelge 4.34. Elma bahçesi topraklarının genel özellikleri ve bazı Cu ve Zn fraksiyonlarına ait varyans analizi	111
Çizelge 4.35. Elma bahçesi topraklarının genel özellikleri ve bazı Cu ve Zn fraksiyonlarına ait parametrik olmayan Wilcoxon Testi	113
Çizelge 4.36. Elma bahçesi topraklarının genel özellikleri ve bazı Cu ve Zn fraksiyonlarına ait parametrik olmayan Mann-Whitney U Testi	115
Çizelge 4.37. Elma bahçesi topraklarının genel özellikleri ve bazı Cu ve Zn fraksiyonlarına ait parametrik olmayan Kruskal-Wallis Testi	116
Çizelge 4.38. Elma bahçesi topraklarına ait toplam ve yarayışlı Cu ve Zn içeriklerinin çoklu karşılaştırılması	118
Çizelge 4.39. Elma bahçesi topraklarına ait toplam ve yarayışlı Fe ve Mn içeriklerinin çoklu karşılaştırılması	124
Çizelge 4.40. Elma bahçesi topraklarına ait toplam ve yarayışlı P içeriklerinin çoklu karşılaştırılması.....	126
Çizelge 4.41. Elma bahçesi topraklarına ait Cu _{WE} , Zn _{WE} , Cu _{Car} ve Zn _{Car} fraksiyonlarının çoklu karşılaştırılması	131
Çizelge 4.42. Elma bahçesi topraklarına ait Cu _{MnO} , Zn _{MnO} , Cu _{AFeO} ve Zn _{AFeO} fraksiyonlarının çoklu karşılaştırılması	135
Çizelge 4.43. Elma bahçesi topraklarına ait Cu _{KFeO} , Zn _{KFeO} , Cu _{OS} ve Zn _{OS} fraksiyonlarının çoklu karşılaştırılması	139
Çizelge 4.44. Elma bahçesi topraklarına ait Cu _R ve Zn _R fraksiyonlarının çoklu karşılaştırılması	142
Çizelge 4.45. Elma bahçeleri yaprak örneklerinin Ca ve Mg içeriğine ait varyans analizi	144
Çizelge 4.46. Elma bahçeleri yaprak örneklerinin N, P, K, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriğine ait parametrik olmayan Mann-Whitney U Testi.....	144
Çizelge 4.47. Elma bahçeleri yaprak örneklerinin N, P, K, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriğine ait parametrik olmayan Kruskal-Wallis Testi.....	145
Çizelge 4.48. Elma bahçeleri yaprak örneklerine ait N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinin çoklu karşılaştırılması	146
Çizelge 4.49. Elma bahçeleri yaprak örneklerine ait Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin çoklu karşılaştırılması	147

Çizelge 4.50. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)	150
Çizelge 4.51. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon).....	151
Çizelge 4.52. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon).....	152
Çizelge 4.53. Eğirdir elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)	154
Çizelge 4.54. Eğirdir elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon).....	155
Çizelge 4.55. Eğirdir elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri ile fraksiyonlar arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)	157
Çizelge 4.56. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)	158
Çizelge 4.57. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon).....	160
Çizelge 4.58. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri ile fraksiyonlar arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)	162
Çizelge 4.59. Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)	163
Çizelge 4.60. Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon).....	165
Çizelge 4.61. Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri ile fraksiyonlar arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)	167
Çizelge 4.62. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile her iki derinlikteki topraklar arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)	168
Çizelge 4.63. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)	169
Çizelge 4.64. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 0-20 cm derinlikten alınan toprakların fraksiyonları arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon).....	170
Çizelge 4.65. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)	171
Çizelge 4.66. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 20-40 cm derinlikten alınan toprakların fraksiyonları arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon).....	172
Çizelge 4.67. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile her iki derinlikteki topraklar arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)	173
Çizelge 4.68. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 0-20 cm derinlikten alınan topraklar özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)	174
Çizelge 4.69. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 0-20 cm derinlikten alınan toprakların fraksiyonları arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon).....	175

Çizelge 4.70. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 20-40 cm derinlikten alınan topraklar özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)	176
Çizelge 4.71. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 20-40 cm derinlikten alınan toprakların fraksiyonları arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)	177
Çizelge 4.72. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde yapılan faktör analizine ait KMO ve Bartlett's Testi....	186
Çizelge 4.73. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerine ait temel bileşenlerin öz değerleri ve varyansı açıklama yüzdesi	186
Çizelge 4.74. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerine ait döndürülmüş bileşen matrisi	187
Çizelge 4.75. Gelendost bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde yapılan faktör analizine ait KMO ve Bartlett's Testi	191
Çizelge 4.76. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerine ait temel bileşenlerin öz değerleri ve varyansı açıklama yüzdesi	191
Çizelge 4.77. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerine ait döndürülmüş bileşen matrisi	192
Çizelge 4.78. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine ait kümeleme analizi	198
Çizelge 4.79. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine ait kümeleme analizi	199

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AAS	Atomik absorpsiyon spektrofotometresi
Al	Alüminyum
As	Arsenik
$C_4H_6MnN_2S_4 \cdot xZn$	Mankozep
Ca	Kalsiyum
$Ca(NO_3)_2$	Kalsiyum nitrat
$CaCl_2$	Kalsiyum klorür
$CaCO_3$	Kalsiyum karbonat
$Ca(OH)_2 + CuSO_4$	Bordo bulamacı
Cd	Kadmiyum
C_f	Kontaminasyon faktörü
Cr	Krom
Cu	Bakır
$CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2$	Bakır oksiklorit
$CuSO_4$	Bakır sülfat
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Sulu Bakır sülfat
Co	Cobalt
DTPA	Dietilentriamin pentaasetik asit
EC	Electrical conductivity-Elektiriksel iletkenlik
EDTA	Etilendiamintetraasetik asit
Fe	Demir
g	Gram
ha	Hektar
HCl	Hidroklorik asit
HOAc	Asetik asit
H_2O_2	Hidrojen peroksit
ICP-OES	İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma optik emisyon spektrometresi
kg	Kilogram
K	Potasyum
KDK	Katyon değişim kapasitesi
L	Litre
mg	miligram
Mg	Magnezyum
$Mg(NO_3)_2$	Magnezyum nitrat
mL	mililitre
mol	mol
mmol	milimol
Mn	Mangan
N	Azot
NaCl	Sodyum klorür
NaOAc	Sodyum asetat
$(NH_4)_2C_2O_4$	Oksalat tamponu
NH_4NO_3	Amonyum nitrat
NH_4OAc	Amonyum asetat
NH_3OHCl	Hidroksilamin hidroklorür
Ni	Nikel
NPK	Azot, fosfor, potasyum

P	Fosfor
Pb	Kurşun
RAC	Risk değerlendirme kodu
SPSS	Statistical package for the social sciences
TSP	Triple süper fosfat
ZnCO ₃	Çinko karbonat
%	Yüzde



1. GİRİŞ

İz elementler çeşitli doğal (tecezzi, erozyon, rüzgarla parçacıkların birikimi, volkanik patlama, orman yangınları, biyojenik kaynaklar) ve antropojenik kaynaklarla (benzin ve kömürün yakılmasından kaynaklanan atmosferik birikim, demirsiz ve demirli metal madenciliği, fosfatlı gübre üretimi, hayvan gübresi, atıksu arıtma çamuru, gübreler, kireç, pestisit gibi agrokimyasallar) toprağa girmektedir (Tack, 2010). Topraktaki ağır metal birikimini oluşturan ve yine topraktaki girdiler ve çıktılar sonucu oluşturulan denklem Denklem (1.1)'de gösterilmektedir.

$$M_{total} = (M_p + M_a + M_f + M_{ag} + M_{ow} + M_{ip}) - (M_{cr} + M_l) \quad (1.1)$$

Yukarıdaki denkleme göre “M” ağır metal, “p” ana materyal, “a” atmosferik birikim, “f” gübre, “ag” agrokimyasal, “ow” organik atık, “ip” diğer inorganik kirleticiler, “cr” bitki tarafından uzaklaştırılan ya da alınan ve “l” yıkanma, buharlaşma ile oluşan kayıpları temsil etmektedir (Wuana ve Okieimen, 2011). Doğal kaynaklarla oluşan girdiler iz elementlerin önemli bir yükünü teşkil ederken, çoğu element için antropojenik kaynakların katkısı, doğal kaynaklara göre çevresel ve sağlıkla ilgili endişeyi arttıracak kadar çok daha fazladır (Tack, 2010). Ayrıca antropojenik kaynaklardan gelen ağır metaller daha hareketli olmaya eğilimlidir ve bu nedenle pedojenik ya da litojenik kaynaklara kıyasla biyoyararışlılığı daha fazladır (Wuana ve Okieimen, 2011). Antropojenik kaynakların katkısı ağır metallerin toplam miktarlarına kıyasla bakiye olmayan fraksiyonlardaki miktarları ile daha güvenilir bir şekilde belirlenebilmektedir. Yüzey topraklarında (0-10 cm) bakiye olmayan fraksiyondaki yani kolaylıkla ve potansiyel olarak biyoyararışlı ve hareketli fraksiyondaki Cu (bakır) ve Zn (çinko) elementlerine antropojenik kaynakların katkısı sırasıyla %51 ve %70 şeklinde olurken; Cd (kadmiyum), Cr (krom), Pb (kurşun) ve Ni (nikel)'ye antropojenik kaynakların katkısı sırasıyla %42, %50, %24 ve %49 olarak belirlenmiştir. Toplam yani dört fraksiyonun toplamı (asitte çözünabilir, indirgenebilir, okside edilebilir ve bakiye fraksiyon) incelendiğinde antropojenik kaynaklar yüzey topraklarındaki Cu, Zn, Cd ve Pb'nin sırasıyla %28, %46, %39 ve %15'inden sorumlu olurken; Cr (%6.2) ve Ni (%7.1) elementleri için bu kaynakların katkısı göreceli olarak daha az olmuştur (Hu ve Cheng, 2016). Bu bulgular, Cu ve Zn

iz elementlerinin diğerk çoğ u iz elemente kıyasla antropojenik kaynaklardan daha çok etkilendiğ i göstermektedir.

Genel olarak bazı ağır metallerin topraktaki kaynakları incelendiğ inde; Fe (demir) ve Mn (mangan) jeojenik, litojenik yani ana kayanın etkisiyle kontrol edilirken (Bai vd., 2011); çoğ u toprakta Cu elementi, ağırlıklı olarak ana kayalardan meydana gelmektedir (Aubert ve Pinta, 1977; Jenkins ve Jones, 1980; Tiller, 1983; Pietrzak ve McPhail'den (2004)), ancak bazı topraklardaki Cu'nun bir kısmının kaynağ ı, antropojenik kaynaklar olmaktadır. Bai vd. (2011)'e göre ise Cu ve Zn, antropojenik kaynaklarca kontrol edilmektedir. Cu elementi; Cu-bazlı pestisit, fungusit gibi agrokimyasallar (Bai vd., 2011; Kabata-Pendias, 2011; Kızılkaya vd., 2011; Marschner, 2012; Kelepertzis, 2014; Preston vd., 2016; Al-Wabel vd., 2017; Özkan ve Uygur, 2019); gübreler (Kabata-Pendias, 2011; Gu vd., 2014; Kelepertzis, 2014; Al-Wabel vd., 2017; Özkan ve Uygur, 2019); fosforlu ve mikro element gübresiyle (Durgun vd., 2017); Zn, demirsiz metal endüstrisi (Kabata-Pendias, 2011); fosforlu gübre (Kelepertzis, 2014; Preston vd., 2016; Durgun vd., 2017); NPK gübresi (Ali vd., 2015); bordo bulamacı (Durgun vd., 2017); pestisitler (Özkan ve Uygur, 2019) toprakta birirmektedir. Ayrıca aşağıda bölümlerde incelenen birçok çalışmada, tarım topraklarındaki Cu ve Zn'nin uygulanan fungusit ve gübre gibi antropojenik kaynaklar tarafından kontrol edildiğ i görölmektedir.

1.1. Fungusitler

Antropojenik kaynaklardan fungusitler ele alındığında; elma bahçelerinde kullanılan ilaçların %74.32'sini fungusitler oluşturmaktadır (Demircan ve Yılmaz, 2005). Tiller ve Merry (1981)'e göre Cu'lu bileşikler yaygın bir şekilde mantar önleyici ve bakteri öldürücü spreylere ve gübreler olarak tarımsal uygulamalarda kullanılmaktadır (Pietrzak ve McPhail, 2004). Bu yapılan tarımsal faaliyetler topraklara önemli miktarda Cu ilave edilmesine neden olabilmektedir (Tiller ve Merry, 1981; Barzi vd., 1996; Pietrzak ve McPhail'den (2004)). Merry vd. (1983) ve Besnard vd. (1999)'a göre Cu bazlı fungusitler, çok çeşitli bitki hastalıklarıyla mücadele etmek için karasal ekosistemlere uygulanmaktadır, ancak amaçlanan görevler yani hastalıkla mücadele tamamlandığında Cu kalıntıları toprak ekosistemlerinde kalmaktadır (Pietrzak ve McPhail, 2004).

Elma bahçelerinde özellikle elma kara leke hastalığı (Boyras vd., 2005) ve üzüm bağlarında, bağ mildiyözü ve yaprak mantari hastalıkları ile mücadelede önemli miktarda Zn içeriğine sahip bakır sülfat (CuSO_4) (Mirlean vd., 2007) ve kireçten hazırlanan Bordo bulamacı ($\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CuSO}_4$) ve Cu oksiklorit ($\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$) gibi Cu içeren fungusitler (Brun vd., 2001; Fernández-Calviño vd., 2009; Komarek vd., 2010; Mackie vd., 2012; Girotto vd., 2014; Rosa-Couto vd., 2015; Gómez-Armesto vd., 2015; Brunetto vd., 2018) kullanılmaktadır. Bakırın mantar önleyici özelliği, iki asrı aşkın süredir bilinmekte ve CuSO_4 ve kireç karışımı (Bordo Bulamacı), başarılı bir şekilde tarıma giriş yapmış ve hala yaygın olarak kullanılmaktadır (Baker, 1993; Besnard vd., 1999; Parat vd., 1999; Pietrzak ve McPhail'den (2004). Ancak, son yıllarda Bordo bulamacının yerini daha az çözünür olan Cu bileşikleri almıştır. Richardson (1997)'nin belirttiğine göre Cu_2O , $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ve $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ gibi bileşiklerin CuSO_4 'a kıyasla daha yüksek koruyucu değeri vardır ve az miktarda çözünmelerine rağmen konakçı olan bitkiye zararlı bir etki yapmadan mantara toksik olacak seviyede yeterli miktarda çözünür Cu sağlamaktadırlar (Pietrzak ve McPhail, 2004). Ayrıca Mankozep ($\text{C}_4\text{H}_6\text{MnN}_2\text{S}_4 \times \text{Zn}$) (Komarek vd., 2010; Mackie vd., 2012; Rosa-Couto vd., 2015; Brunetto vd., 2018) ve ditiyokarbamat (Medunic vd., 2013) gibi Zn içeren fungusitler de aynı maksat için kullanılmaktadır.

Fungusitlerin elma bahçelerinde önerilen dozdan %5.71-186 daha fazla kullanıldığı bildirilmiştir (Yılmaz vd., 2015). Bakır ve Zn bazlı fungusitler uygulanma sıklığı açısından değerlendirildiğinde elma bahçelerinde elma kara lekesi için yılda 4-22 kez uygulanmakta (Wang vd., 2009; Wang vd., 2015b; Brunetto vd., 2018), özellikle 15-20 kez gibi sıklıkla uygulanması ilkbahar aylarının yağışlı geçmesinden kaynaklanmaktadır (Boyras vd., 2005). Yıl bazında fungusitlerden kaynaklı elma bahçesi ve üzüm bağı topraklarına ilave olan Cu miktarı 2-16 kg/ha.yıl (Pietrzak ve McPhail, 2004; Wang vd., 2009; Wang vd., 2015b); CuSO_4 cinsinden 60-80 kg kg/ha.yıl aralığında değişmektedir (Mirlean vd., 2007).

Bu şekilde Cu ve Zn bazlı fungusitlerin ard arda ve sürekli uygulanması ve bu fungusitlerin yağışla yaprak yüzeyinden yıkanması, fungusit uygulanmış Cu içeriği yüksek yaprakların dökülmesi ya da budanmış sürgünlerin toprak üzerinde bırakılması sonucu toprakta Cu ve Zn birikimi olmaktadır (Brunetto vd., 2014). Mutlu (1981) ve

Richardson (1997)'ye göre bahçe bitkileri yetiştiriciliği yapılan toprakların en yaygın ve tesadüfi olarak Cu ile kontaminasyon sebebi, Cu içeren fungusitlerin kullanılması sonucu Cu'nun toprak yüzeyine doğrudan ulaşması ya da dolaylı olarak toprak yüzeyine yaprakların dökülmesi ile ulaşmasıdır (Pietrzak ve McPhail, 2004). Yapılan bir çalışmada ise üzüm bağı ve armut bahçesi yüzey toprağındaki toplam Cu ve Cu-DTPA (dietilentriamin pentaasetik asit) miktarının sebze yetiştirilen topraktan daha yüksek olduğu ve sürekli Cu içeren fungusitlerin uygulanmasının topraktaki inaktif Cu formunu artırarak toplam Cu miktarının arttığı belirtilmiştir (Toselli vd., 2009a).

Literatürdeki çalışmalarda fungusit uygulaması yapılan elma bahçesi toprakları Cu içeriğı açısından değerlendirildiğinde; elma bahçesi yüzey topraklarında toplam Cu içeriğı 17.71-814.5 mg/kg, kontrol örneğı olan orman, çayır ve kestane topraklarında toplam Cu içeriğı 7.28-67.1 mg/kg aralığında bulunmuştur (Wang vd., 2015a; Gheboianu vd., 2017; Brunetto vd., 2018). Elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Zn içerikleri ise 28.86-155 mg/kg, kontrol örneklerinde ise 14.53-135.7 mg/kg olarak saptanmıştır (Medunic vd., 2013; Brunetto vd., 2018).

Alloway (1990)'in tarım topraklarında belirlediğı toplam Cu (20-30 mg/kg) ve Zn (50 mg/kg) içeriğı ve Hazelton ve Murphy (2016)'ye göre topraklardaki toplam Cu (2-100 mg/kg) ve Zn (20 mg/kg) içerikleri ile çalışmalarda elma bahçeleri topraklarında belirlenen içerikler karşılaştırıldığında çoğı elma bahçesinde Cu ve Zn miktarının daha yüksek olduğunun görülmesi elma bahçelerinde antropojenik kökenli ağır metal birikimi olabileceğini göstermektedir. Özellikle büyük yaştaki elma bahçesi topraklarının toplam Cu içeriğinin $pH \geq 6$ olan tarım topraklarında izin verilen toplam Cu için üst sınır olan 140 mg/kg (Anonim, 1986; Anonim, 2001) değerini aştığı ve toprak kirliliğı için eşik değeri olan 100 mg/kg seviyesinden (Fernández-Calviño vd., 2009) daha yüksek olduğu görülmektedir. Genel olarak elma bahçelerindeki toplam Cu ve Zn içeriğı kontrol örneklerine kıyasla önemli derecede yüksek bulunmuştur. Elma bahçesi topraklarındaki Cu birikiminin temelde Cu içeren bir fungusit olan Bordo bulamacının uzun süre kullanımından kaynaklanabileceğı belirtilmiştir (Li vd., 2005; Park ve Cho, 2011; Zhou vd., 2011; Aoyama ve Tanaka, 2013; Medunic vd., 2013; Wang vd., 2015b). Çünkü topraklardaki toplam Cu miktarı elma bahçesi yaşına ve yoğun bir şekilde Bordo bulamacı uygulanmasına bağılı olarak önemli derecede artmış ve bahçe yaşının artmasıyla topraklarda yüksek miktarda Cu belirlenmiştir (Li

vd., 2005; Wang vd., 2009; Park ve Cho, 2011; Zhou vd., 2011; Wang vd., 2015a; Wang vd., 2015b).

Elma bahçelerinin yanısıra sıklıkla Cu ve Zn içerikli fungusit uygulanan farklı yaş aralığındaki üzüm bağı toprakları incelendiğinde; bağlara ait yüzey topraklarında toplam Cu içeriği 9.37-3 215.6 mg/kg (Mirlean vd., 2007; Rosa-Couto vd., 2015), kontrol örneği olan orman ve Cu bazlı fungusit uygulanmamış topraklarda 0.8-290.11 mg/kg olarak belirlenmiştir (Vitanovic vd., 2008; Wightwick vd., 2008). Yarayışlı Cu içeriği açısından; yüzey topraklarındaki Cu-DTPA içeriği 0.6-744 mg/kg, Cu-EDTA (etilendiamintetraasetik asit) içeriği 3.1-328.7 mg/kg (Brun vd., 2001; Nogueirol vd., 2010), kontrol örneği olan orman ve Cu bazlı fungusit uygulanmamış topraklarda 2.2-5.5 mg/kg, doğal tarla toprağında ise sifıra yakın olarak saptanmıştır (Brunetto vd., 2014; Girotto vd., 2014). Üzüm bağı topraklarının toplam Zn içeriği ise 9-171.37 mg/kg, kontrol örneği olan orman topraklarında 33.21-111.4 mg/kg, doğal tarla toprağında 3.78-9.53 mg/kg (Vitanovic vd., 2008; Brunetto vd., 2014); yarayışlı Zn içeriği bakımından ise Zn-EDTA olarak 2.9-12.97 mg/kg aralığında belirlenmiştir (Duplay vd., 2014).

Elmada olduğu gibi Cu'lu preparatların sıklıkla kullanıldığı üzüm bağı toprakları incelendiğinde çoğu bağ toprağının, toplam Cu içeriğinin $pH \geq 6$ olan tarım topraklarında izin verilen toplam Cu için üst sınır olan 140 mg/kg (Anonim, 1986; Anonim, 2001) değerini aştığı; tarım topraklarında belirlenen toplam Cu (20-30 mg/kg) ve Zn (50 mg/kg) ile (Alloway, 1990), topraklardaki toplam Cu (2-100 mg/kg) ve Zn (20 mg/kg) miktarından (Hazelton ve Murphy, 2016) ve toprak kirliliği için eşik değeri olan 100 mg/kg seviyesinden (Fernández-Calviño vd., 2009) daha yüksek olduğu görülmektedir. Genel olarak üzüm bağı topraklarındaki toplam Cu ve Zn içeriği kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında önemli derecede yüksek bulunmuştur. Yarayışlı Cu-DTPA içeriği belirlenen tüm üzüm bağı topraklarında bu değerlerin, yeterlilik sınır değeri olan 0.2 mg/kg'dan (Follet, 1969) daha yüksek olduğu gözlemlenirken Cu-EDTA içerikleri açısından bazı üzüm bağı toprakları, 162 mg/kg değerini aşmaktadır (Dean, 2003). Bu durumun Cu bazlı fungusit kullanımı (Wightwick vd., 2008) ve uygulamadan sonra yüzey akışı ile Bordo bulamacının toprak yüzeyi tarafından büyük miktarda tutulması ile alakalı olduğu (Rosa-Couto vd., 2015), bu nedenle gelecekte çevre açısından mümkün olduğu kadar Cu bazlı

spreylemenin özellikle toplam Cu içeriği yüksek bulunan üzüm bağlarında azaltılmasının gerekli olduğu (Fernández-Calviño vd., 2009) ve yetiştirici ve araştırmacılar tarafından böyle ciddi bir sorunun dikkate alınmasının önemli olduğu (Nogueirol vd., 2010) bildirilmiştir.

1.2. Gübreler

Antropojenik kaynaklardan biri olan gübrelerin formüle edilmesinde kullanılan ham materyaller için onaylanmış bir liste ya da standart hale getirilmiş protokol olmaması nedeniyle bitki besin elementi içeren her materyal gübre olarak kullanılabilir. Bu yüzden gübrelerdeki potansiyel olarak tehlikeli olan madde miktarları yerel, içeriğe özgü ve ham materyal kaynağına bağlı olarak geçici olarak değişken olabilir. Ayrıca üreticiler resmi bir kılavuz yerine kendi tecrübelerine dayalı olarak gübreleme yapmakta ve gübre tipi, miktarı, uygulama metodu ve uygulanma zamanı yine üreticilerin tercihinin göre değişmektedir (Jiao vd., 2012). Tortul ve magmatik olmak üzere iki çeşit fosfat kayası vardır ve dünyadaki fosfat üretiminin %80'i tortul fosfat kayalarından yapılmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda ağır metal içeren tortul fosfatlar, fosforlu gübre üretiminde kullanılmaktadır. Tortul fosfattan üretilen gübreler, magmatik olandan üretilenlere göre daha yüksek Cd seviyesine sahip olma eğilimindedir. Özellikle süperfosfat gübresi, yaygın olarak Cd ve Pb gibi metalleri içeren fosfat kayasının sülfürik asitle reaksiyona girmesiyle üretildiği için fosfat kayasındaki tüm metaller son ürüne geçmektedir (Stacey vd., 2010). Toprakların ve ekilebilir arazilerin Cu, Zn, Cd ve Pb gibi iz elementlerle kirlenmesi fosforlu gübrelerin fosfat kayasından üretimi sırasında bu elementlerin gübreye transfer edilmesi nedeniyle gerçekleşebilmekte (Lambert vd., 2007; Kassir, 2014), dünyada yüksek kalitedeki fosfat kayasının tükenmesi ile beraber fosfatlı gübrelerdeki metal içeriği artabilmekte (Jiao vd., 2012) ve fosforlu gübrenin topraklardaki ağır metal miktarını artırma potansiyeli çevresel bir kaygı olarak dikkate alınmaktadır (Saha vd., 2017).

Elma ve üzüm yetiştiriciliğinde de fosforlu gübreler kullanılmakta ve bu nedenle toprağa Cu ve Zn gibi ağır metal bulaşması olabilir. Gübrelerle ilgili çalışmalarda gübredeki fosfat yüzdesi azaldıkça iz element içeriğinin azaldığı, fosfat gübresinin diğer gübrelere kıyasla yüksek konsantrasyonlarda Cu ve Zn içerdiği,

mineral gübrelerden özellikle fosfatlı gübrelerin düşük iz element içeriğine sahip tarım topraklarının Cu ve Zn gibi iz elementler açısından zenginleşmesine sebep olabileceği (Senesi ve Polemio, 1981); fosforlu gübrelerden özellikle triple süperfosfat (TSP) gbresindeki Cu ve Zn gibi ağır metal konsantrasyonunun; kompoze gübre, kalsiyum amonyum nitrat, amonyum nitrat, üre, amonyum sülfat, potasyum sülfat gibi diğer inorganik gübrelerle kıyasla daha yüksek bulunduğu (Saltalı vd., 2005) ve Cu ve Zn gibi iz elementler açısından fosfor gübresi > mikro bitki besin elementi gübresi > potasyum gübresi > azot gübresi şeklinde sıralamanın olduğu ve bu sıralamaya göre mikro bitki besin elementi gübresinin fosforlu gübreden sonra ikinci sırada yer aldığı (Molina vd., 2009) saptanmıştır.

Senesi ve Polemio (1981)'ya göre toprağa 1 ton süperfosfat ve TSP gibi fosforlu gübreler uygulandığında toprağa 20-138 g/ha Cu ve 55-235 g/ha Zn ilave olmaktadır. Fosforlu gübrelerdeki toplam ağır metal içerikleri in; Cu (0.2-1170 mg/kg), Zn (15.81-1450 mg/kg) olarak (Senesi ve Polemio, 1981; Förstner, 1995; USEPA, 1999; Brigden vd., 2002; Saltalı vd., 2005; Molina vd., 2009; Kabata-Pendias, 2011; Alloway, 2013; Mertens ve Smolders, 2013; Benson vd., 2014; Saha vd., 2017) belirlenmiştir.

Azotlu gübrelerde; Cu 0.82-15 mg/kg ve Zn 0.83-48.9 mg/kg olarak belirlenirken (Senesi ve Polemio, 1981; Saltalı vd., 2005; Alloway, 2013; Saha vd., 2017), mikro bitki besin elementi gbrelerinde; Cu 3-93.5 mg/kg ve Zn 96.3-424 mg/kg olarak (Molina vd., 2009) bulunmuştur. Çiftlik gübresinde; Cu 2-60 mg/kg ve Zn 15-250 mg/kg olarak (Alloway, 2013); pestisitlerde Cu 12-50 mg/kg ve Zn 1.3-25 mg/kg olarak bildirilmiştir (Saha vd., 2017). Atmosferden gelen ise 100 yıllık birikim üzerinden 20 cm yüzey toprağı için hesaplandığında Cu 8.8 mg/kg ve Zn 29 mg/kg olarak (Förstner, 1995), Avrupa lkelerindeki atmosferik birikim ise 5-100 g/ha.yıl (Oorts, 2013) belirlenmiştir. Fosforlu ve mikro bitki besin elementi gübresinin Cu ve Zn içeriklerine ait aralığın azotlu gübreler, pestisitler ve atmosferik birikimden yüksek olduğu ve bu gübrelerin toprakta bahsedilen iz metallerin birikimine katkısının daha fazla olabileceği görülmektedir. Ancak mikro bitki besin elementi gübresi genellikle yapraktan elatlı formda uygulandığı için ve topraktan uygulandığında ise fosforlu gübrelerle kıyasla daha az miktarda kullanılmasından dolayı, toprak için fosforlu gübreler daha fazla risk oluşturmaktadır.

1.3. Fungusit ve Gübreleme Gibi Tarımsal Faaliyetlerin Bitki Üzerine Etkisi

Tüm bu araştırmalar özellikle Cu ve Zn içeriği yüksek olan preparatların uygulanması sonucunda elma bahçesi ve üzüm bağı topraklarında bu elementlerle ilgili konsantrasyonların kontrol örneklerine kıyasla belirgin şekilde arttığını, bu konsantrasyonların topraklar için belirlenen sınır değerlerini aştığını ve elma bahçesi ve üzüm bağlarındaki Cu ve Zn'nin ana kaynağının uygulanan fungusitler olabileceğini göstermektedir. Topraktaki Cu ve Zn zenginleşmesi nedeniyle bitkide bazı olumsuz etkiler görülebilmektedir. Meyve yetiştiriciliği yapılan topraklarda ağır metal birikimi toprağın adsorpsiyon kapasitesi üzerinde bir seviyeye ulaştığında, artan yıkanma eğilimi sebebiyle yüzey ve yüzey altı sularda kirliliğe sebep olmakta ve meyve ağaçları ve üzüm bağlarında toksisite oluşturma potansiyeline sahip olduğu için dikkate alınması gerekmektedir. Ağır metal fitotoksitesinin en çok görülen belirtileri; kök sistemi büyümesinde azalma, yapraklarda kloroz ve nekroz ve yaprakta yaşlanma ve dökülmedir (Brunetto vd., 2016). Toprakta yüksek seviyede bulunan Cu ve Zn, meyve ağacı ve üzümlerin kök ucunda kısılma ve kalınlaşmaya, yan köklerin sayısında artmaya ve kök tüylerinin yoğunluğunda azalmaya neden olabilmektedir. Oluşan bu şartlar özellikle genç meyve ağaçlarında büyümeyi ve su ve besin elementlerinin absorpsiyonunu azaltabilmektedir (Brunetto vd., 2016). Yüksek miktardaki Cu, yaprak dokularındaki bazı enzimlerin (peroksidaz, katalaz gibi) fonksiyonunu arttırarak bitkide oksidatif strese neden olmaktadır (Kabata-Pendias, 2011). Farklı oranlarda (0, 50, 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 mg Cu/kg) sulu bakır sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) olarak Cu uygulanan killi tın ve kumlu toprak ile doldurulmuş saksılarda üzüm yetiştirilmiştir. 400 mg Cu/kg oranından daha yüksek dozda Cu eklenen saksılarda her iki toprakta kök büyümesinde azalma görülürken, kumlu toprakta sürgün büyümesinde ve yaprak sayısında azalma ve yaprak kenarlarında kloroz gözlemlenmiştir (Toselli vd., 2009b). Miotto vd. (2014)'nin yaptığı çalışmada ise Cu bazlı fungusit uygulandıktan sonra sürgün, yaprak ve yaprak sapındaki Cu konsantrasyonunda artış olmasına ve toprakta Cu konsantrasyonunun artması ile yapraklardaki oksidatif stres arasında ilişki bulunmasına rağmen; genel olarak Cu elementi kök hücresine güçlü bir şekilde bağlı olduğu için diğer elementlere göre sürgünlere taşınımı daha az olmakta ve toprakta Cu toksisitesi durumunda hücre duvarı ve hücre vakuollerinde immobil hale getirilerek ve difüze olmayan Cu-protein kompleksi oluşturularak kök dokularından sürgünlere taşınımı engellenmektedir.

(Kabata-Pendias, 2011). Köklerdeki toplam Cu'nun %60'a kadarı hücre duvarına ve hücre duvarı-plazma membranı arayüzeyine bağlanabilmektedir (Marschner, 2012). Kökten bitkinin üst kısımlarına taşınmada orta derecede mobil olan Zn elementi de toksisite durumunda, kök dokularındaki hücre duvarında immobilize edilmekte ya da taşınmayan Zn proteinleri şeklinde kompleksleştirilmektedir. Daha ileri aşamalarda bu elementler yaprak uçlarından tuz şeklinde atılma, köklerden atılma ve en son yaprakların dökülmesi şeklinde bitkiden uzaklaştırılmaktadır (Kabata-Pendias, 2011). Toprakta yüksek miktarda Cu ve Zn olmasına rağmen, bitkiler toksisite koşullarında bu elementleri kökte immobil hale getirerek üst kısımlara taşınımını engellediği için yapraklarda Cu ve Zn artışı çoğu zaman sınırlı kalmaktadır.

Elma bahçesi ve üzüm bağlarında fungusit uygulamasından kaynaklı toprakta oluşan Cu ve Zn birikimi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; bahçe yaşı belirtilmeden tek derinlikteki az sayıda örnekte toplam Cu belirlenip fraksiyon analizi yapılmamış olan (Brun vd., 2001; Aoyama ve Tanaka, 2013; Wang vd., 2015c; Gheboianu vd., 2017); toplam Cu ve Cu fraksiyonu belirlenmiş ancak bahçe yaşı dikkate alınmadan tek derinlikten az sayıda örnek alınmış olan (Medunic vd., 2013; Gómez-Armesto vd., 2015; Sungur, 2016); yaş belirtilmesine rağmen tek derinlikten az sayıda örnek alınmış ve sadece toplam Cu belirlenmiş olan (Parat vd., 2002; Wang vd., 2015a); yaş belirtilmesine ve toplam Cu ve fraksiyonu belirlenmesine rağmen tek derinlikten az sayıda örnek alınmış olan (Zhou vd., 2011; Wang vd., 2015b); farklı derinliklerden alınmasına ve toplam Cu ve fraksiyonu belirlenmesine rağmen yaş belirtilmemiş ve örnek sayısı az olan (Duplay vd., 2014); farklı derinliklerden alınmasına ve toplam Cu ve fraksiyonu belirlenmesine rağmen örnek sayısı az ve dar yaş aralığına sahip olan (Pietrzak ve McPhail, 2004; Brunetto vd., 2014; Girotto vd., 2014; Rosa-Couto vd., 2015; Brunetto vd., 2018); geniş yaş aralığında olmasına, farklı derinlikten alınmasına rağmen toplam Cu belirlenip fraksiyon analizi yapılmamış ve örnek sayısı az olan (Mirlean vd., 2007); geniş yaş aralığında olmasına, farklı derinlikten alınmasına ve toplam Cu ve fraksiyonu belirlenmesine rağmen örnek sayısı az olan (Li vd., 2005); örnek sayısı fazla olmasına ve toplam Cu ve fraksiyonu belirlenmesine rağmen yaş belirtilmemiş ve tek derinlikten toprak alınmış olan (Fernández-Calviño vd., 2009); örnek sayısının fazla olmasına ve toplam Cu ve fraksiyonu belirlenmesine rağmen tek yaş aralığında ve dar aralıktaki derinlikten toprak alınmış olan (Nogueirol vd., 2010); örnek sayısı fazla ve geniş yaş aralığına sahip olmasına rağmen tek derinlikten alınarak

toplam Cu belirlenip fraksiyon analizi yapılmamış olan (Wightwick vd., 2008); farklı derinliklerden çok sayıda örnek alınmasına ve toplam Cu ve fraksiyonu belirlenmesine rağmen yaş aralığı sadece 15 yaşa kadar olan 20 ve üstü olmayan (Park ve Cho, 2011) çalışmalar olduğu görülmektedir.

Özetle yapılan çalışmalarda çok sayıda örnek, geniş yaş aralığı, farklı toprak derinliği, kirliliğin yeterli bir şekilde saptanmasında yapılan toprak analizleri (toplam, yarayışı, jeokimyasal fraksiyon) gibi özelliklerin hepsini birarada görmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle literatürdeki mevcut çalışmaların eksik olan tarafları göz önüne alınarak çalışma lokasyonu olarak daha önce fungusit ve gübrelerden kaynaklı Cu ve Zn kirliliği durumu ile ilgili araştırma yapılmamış, ülkemizde elma üretiminde ilk sırada yer alan Isparta ilinin elma üretiminde önde gelen ilçeleri olan Eğirdir ve Gelendost'daki elma bahçeleri seçilmiş ve buralardan 0-20 ve 20-40 cm olmak üzere iki farklı derinlikten örnek alınmıştır. Bahçe seçiminde 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 ve >20 gibi geniş bir yaş aralığına ve bahçe sayısına dikkat edilerek her yaş aralığı için en az 5 bahçe belirlenerek kontrol örnekleri dahil 60 bahçeden 120 adet toprak örneği ve aynı bahçelerden yaprak örneği alınmıştır. Bu topraklarda yaş ve derinliğe bağlı olarak topraktaki Cu ve Zn birikiminin boyutu, bu elementlerin topraktaki davranışı, hareketliliği, biyoyarayırlılığı ve fitotoksitesitesi, bu elementlerin sadece toplam ve yarayışı miktarları değil 7 farklı jeokimyasal fraksiyonları da belirlenerek ortaya konmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hodgson vd. (1966), toprak organik maddesinin mikro elementleri (Fe, Zn, Mn vb.) şelat formunda tuttuğunu, metallerin organik moleküllerle bağlanması olarak ifade edilen şelat oluşumunun, toprakta bulunan Zn'nin bitkiler tarafından alınamaz forma dönüşmesini engellediğini rapor etmiştir.

Topraklarda bulunan oksit bileşiklerinin Zn'nin sorpsiyonunda önemli rol oynadığı (Jenne, 1968), yapılan bir çok araştırmada Zn'nin mangan oksitler, demir oksitler ve alüminyum oksitlerce tutulduğu tespit edilmiştir (McKenzie, 1972; Forbes vd., 1976; Shuman, 1977).

Topraklarda Cu ve Zn'nin yarayışlılığının ve hareketliliğinin belirlenmesinde kademeli ekstraksiyon teknikleri oldukça sık kullanılmaktadır. Bu maksatla birçok ekstraksiyon sırası farklı araştırmacılar tarafından önerilmiştir (Tessier vd., 1979; Shuman, 1983, 1985; Leleyter ve Probst, 1999; Parat vd., 2003). Bu çalışmalarda temel prensip çözünürlüğü ya da yarayışlılığı en yüksek olandan en düşük olana doğru bir ekstraksiyon sırasının takip edilmesine dayanmaktadır. Bu nedenle miktarı çok az olan suda çözünebilir ve değişebilir formda tutulan fraksiyonların tek bir fraksiyon olarak değerlendirilebileceği bildirilmiştir.

Emmerich vd. (1982), Berthet vd. (1984) ve Hickey ve Kittrick (1984), topraklardaki Zn'nin büyük bir bölümünün bitkiye yarayışsız formlarda bulunduğunu; suda çözünebilir, organik ve değişebilir formlar gibi bitkiye yarayışlı Zn formlarının, daha az yarayışlı okside ve bakiye formlardan daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir.

Uygur (1998), ortamda mevcut olan kireç (CaCO_3) ile Zn arasındaki ilişkileri araştırmak için yaptığı çalışmalarda; bitkilerde Zn noksanlığının özellikle kireçli ve alkali topraklarda görüldüğünü, kireçli toprakların toplam Zn içeriğinin normal gelişimi desteklemeye yeterli olabilmesine rağmen CaCO_3 'ün ağır metalleri adsorbe ederek ve Zn'yi çinko karbonat (ZnCO_3)'a dönüştürerek bitkilere Zn'nin yarayışlılığını sınırlandırdığını bildirmiştir.

Uygur ve Rimmer (2000), yapmış olduğu çalışmalarda ilave edilen Zn'nin kireçli topraklarda ya da modifiye edilmiş kireçli model sistemlerde genellikle Zn hidroksi karbonatlar halinde çökeldiğini göstermiştir.

Brun vd. (2001), üzüm bağlarında bağ mildiyösünü kontrol altına almak için sıklıkla uygulanan Cu'lu fungusitlerin topraklarda Cu birikimine neden olduğunu ve bitkiler için Cu'nun potansiyel yararayırlılığını arttırdığını bildirmişlerdir. Bakırın bitkilere olan biyoyarayırlılığını incelemek için toplam Cu içeriğı 38-251 mg/kg olan üzüm bağları (0-15 cm derinlikten) ve kontrol örneğı olarak ormanlık alandan (toplam Cu içeriğı 20-26 mg/kg) toprak örneğı alarak bu topraklarda sera denemesi yürütmüşler ve mısır yetiştirmişlerdir. 35 gün sonra bitkiler hasat edilip topraküstü ve kök kısımlarında Cu miktarı belirlenmiş ve EDTA, DTPA, amonyum asetat (NH₄OAc) ve kalsiyum klorür (CaCl₂) ekstraksiyon yöntemleri ile ekstrakte edilen toprağın yararayırlı Cu içeriğı ile karşılaştırılmıştır. Kontamine olmuş üzüm bağı topraklarında yetiştirilen mısırın kök kısmındaki Cu konsantrasyonu yüksek (90-600 mg/kg) bulunurken topraküstü kısmındaki Cu konsantrasyonu çok az bir farklılık göstermiş ve düşük (<18 mg/kg) olarak belirlenmiştir. Topraktaki toplam Cu konsantrasyonundaki artış ve toprak KDK (katyon değışim kapasitesi)'sındaki azalış ile mısır bitkisinin kök Cu içeriğinde artış gözlenmiştir. Mısır bitkisinin kökündeki Cu birikiminin asit topraklardaki gibi kireçli topraklarda yüksek olması toprak pH'sının küçük bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Mısır bitkisinde kök ve topraküstü kısımlar arasında korelasyon bulunamamasından dolayı topraküstü kısımların analiz edilmesinin bitkinin Cu alımını tanımlamada iyi bir gösterge olmadığı ve topraktan bitkiye geçen Cu miktarı ile ilgili bilgi sağlamadığı belirtilmiştir. Kökteki Cu konsantrasyonu C'nun biyoyarayırlılığının göstergesi olduğu göz önünde bulundurulursa kontamine olmuş topraklarda Cu'nun EDTA, DTPA ve amonyum asetat ile ekstraksiyonu Cu'nun biyoyarayırlılığını tahmin etmede kullanılabileceğini saptamışlardır.

Pietrzak ve McPhail (2004), topraklarda var olan Cu'nun bitki örtüsü ve fauna için potansiyel yararayırlılığını belirlemek için kontamine olmuş ve kontamine olmamış topraklardaki Cu'nun birikimi, dağılımı ve fraksiyonlarını incelemişlerdir. Farklı yaş gruplarındaki 4 farklı üzüm bağından ve yakınındaki mera toprağından örnekleme yaparak fiziksel, kimyasal ve toplam Cu içeriğini analiz etmişlerdir. Yüzey toprağı (0-1 cm) ve toprak profilindeki (maksimum 50 cm derinlikteki) Cu'nun 8 fraksiyonu

(suda çözünebilir, değişebilir, sorbe edilmiş, kolaylıkla indirgenebilir, karbonatlara bağlı, organik olarak bağlı, Fe ve alüminyum (Al) oksitlere bağlı, bakiye fraksiyon) belirlenmiştir. Topraktaki Cu'nun kaynakları (antropojenik veya doğal) ve organik madde içeriği Cu'nun toprak fraksiyonları arasında dağılımını yani Cu'nun potansiyel mobilitesini ve biyolojik canlılar üzerindeki riskini etkilemiştir. Üzüm bağı topraklarında potansiyel olarak yarayışlı olan (suda çözünebilir, değişebilir, sorbe edilmiş) Cu toprak profilinin üst kısmında toplam Cu'nun %60'ından fazlasına karşılık gelmekte ve bu oran derinlik arttıkça azalmıştır. Daha az mobil olan fraksiyonda (Fe-Al oksitlere bağlı, bakiye) bulunan Cu toprak profilinin üst kısmında toplam Cu'nun %10'una denk gelmekte ve derinlik arttıkça artmaktadır. Kontamine olmamış topraktaki Cu daha az mobil olan fraksiyonda (Fe-Al oksitlere bağlı, bakiye, %70-90) bulunurken potansiyel olarak yarayışlı Cu yaklaşık olarak toprak profili boyunca toplam Cu'nun %10'una karşılık gelmektedir. Sonuç olarak Cu fraksiyonları arasındaki dönüşüm yavaş olduğu için Cu'nun 10 yıldan bile fazla uzun sürede toprakta aktif şekilde kalabileceği ve yıkanma ile toprakta daha derinlere taşınabileceği bildirilmiştir.

Li vd. (2005), yaptıkları çalışmada meyve bahçesi topraklarındaki Cu içeriği ve Cu'nun konumsal dağılımını, topraktaki Cu fraksiyası ve bitkinin alımı ile ilişkisini, meyve bahçesindeki Cu kontaminasyonunun karakteristiğini araştırmışlardır. Bunun için 0, 5, 10, 20 ve 30 yaşında Golden Delicious, Starking ve Fuji olmak üzere üç çeşit elmanın yetiştirildiği 340 ağaç/ha'lık elma bahçesinden 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm ve 20-30 cm derinlikten toprak örneği alınmıştır. Bu elma bahçesinde yılda 16 kg/ha'dan daha fazla Cu uygulaması yapıldığı belirtilmiştir. Elma bahçesinden bitki örnekleri de alınmıştır. Ayrıca dışsal Cu girişinin Cu fraksiyasına etkisini araştırmak için saksı denemesi yürütülmüştür. 0, 25, 50, 100 ve 200 mg Cu/kg toprak olacak şekilde topraklara reaktif dereceli bakır nitrat $[Cu(NO_3)_2]$ üç tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Kalsiyum nitrat $[Ca(NO_3)_2]$ ise 200 mg Cu/kg'dan daha az Cu içeren uygulamalara benzer iyonik güce sahip olmaları için ilave edilmiştir. Toprak nemi maksimum su tutma kapasitesinin %60'ı olacak şekilde tüm saksılarda ayarlanmış ve topraklar 3 ay boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Tüm toprak örneklerinde toplam adsorbe edilen Cu belirlenmiştir. Fraksiyonlamada Tessier ve Shuman kademeli ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak ekstraktlar Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS) cihazı ile ölçülmüştür. Elma bahçesi

topraklarındaki toplam Cu, ekim yapılmayan alandan daha yüksek bulunmuş ve bahçe yaşı arttıkça toplam Cu içeriğinde de artış görülmüştür. Toprağın Cu içeriğinde, 2.5 ile 9 mg Cu/kg arasında değişen ortalama yıllık Cu artışı belirlenmiştir. Bakırın toprak profilindeki dağılımına bakıldığında, yüzeyden derine doğru azalmıştır ve aradaki farklılıklar önemli bulunmuştur. Ancak her derinlikteki Cu içeriği bir sonraki derinlikle önemli derecede ilişkili bulunmuştur. Shuman metodu ile belirlenen organik olarak bağlı, kristalin Mn okside bağlı ve amorf Fe oksitlere bağlı Cu fraksiyonları değişebilir ve bakiye fraksiyonlara göre daha yüksek bulunmuştur. Tessier metodu ile belirlenen organik olarak bağlı, karbonata bağlı ve Fe-Mn okside bağlı Cu fraksiyonları değişebilir ve bakiye fraksiyonlara göre daha yüksek bulunmuştur. Dışsal Cu girişindeki artışla Shuman metodu ile belirlenen organik olarak bağlı, kristalin Mn okside bağlı ve amorf Fe oksitlere bağlı Cu fraksiyonları ve Tessier metodu ile belirlenen organik olarak bağlı, karbonata bağlı ve Fe-Mn okside bağlı Cu fraksiyonlarında önemli derecede artış görülmüştür. Ancak diğer fraksiyonlarda önemli bir farklılık görülmemiştir. Toprağın toplam Cu içeriği ve Cu fraksiyonları ile elma ağacının alımı arasında önemli korelasyonlar bulunmuştur ve meyve etindeki Cu ile 0-10 cm derinlikteki toprağın toplam Cu içeriği, 0-5 cm derinlikteki toprağın tüm Cu fraksiyonları ve daha derindeki topraklarda bulunan bazı Cu fraksiyonları arasında önemli korelasyon olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; elma bahçesi topraklarındaki Cu içeriği bahçenin yaşına ve yoğun bir şekilde Bordo karışımı uygulanmasına bağlı olarak önemli derecede artmıştır. Cu içeriği üst topraktan daha derindeki topraklara doğru keskin bir şekilde azalmış ve farklı derinliklerdeki Cu içerikleri ile bir sonraki derinlikteki topraklar arasında önemli derecede korelasyon bulunmuştur. Topraktaki baskın olan Cu fraksiyonlarının ağırlıklı olarak organik madde, demir ve mangan oksitler ve karbonatlar ile ilişkili olduğu görülmüştür.

Adhikari ve Rattan (2007), fizikokimyasal özellikleri farklı beş toprak örneğinde kademeli ekstraksiyonla belirledikleri Zn fraksiyonları (suda çözünebilir, değişebilir, spesifik adsorbe edilmiş, asitte çözünebilir, mangan oksitlerle oklüde olmuş, organik madde ile oklüde olmuş, amorf oksitlere bağlı, kristalin demir oksitlere bağlı ve bakiye) ile Zn'nin çeltik tarafından alınabilirliğini incelemişlerdir. Fraksiyonlardaki Zn miktarları oldukça değişkenlik göstermiştir. Toprakların Zn içeriğinin %90'dan fazlasının killerin kristal strüktüründe ve mineral yapılara bağlı olduğu, buna karşılık Zn'nin çok az bir kısmının suda çözünebilir, değişebilir, organik madde, amorf Fe ve

kristalin Fe oksitlere bağılı fraksiyonlarda yer aldığını belirlemişlerdir. Bu fraksiyonların çeltiğin topraktan kaldırdığı Zn ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır.

Iwegbue (2007), otomobil tamir atıklarıyla kirletilmiş 5 toprakta Cd, Cu, Pb, Zn, Cr ve Ni ağır metallerinin yersel dağılımını, kimyasal türlemesini ve hareketliliğini toprak özelliklerinin fonksiyonu olarak incelemiştir. Çalışmada altı aşamalı bir sıralı ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Kadmiyum yüzey altı horizonlarda bakiye fraksiyonda yoğunluk gösterirken; yüzey horizonlarında bakiye-fraksiyon dışındaki diğer fraksiyonlarda birikim göstermiştir. Cu ve Cr organik fraksiyonda; Pb ise Fe, Mn oksit ve bakiye fraksiyonlarında dağılmıştır. Çinko, yüzey topraklarında Fe, Mn oksit ile karbonat fraksiyonunda yüzey altı horizonunda ise genellikle bakiye fraksiyonda bulunduğu belirlenmiştir. Nikel, derinlikten bağımsız olarak bakiye fraksiyonda yer almıştır. Ağır metallerin genelde yüzey horizonlarında daha fazla hareketli fraksiyonlarda bulunduğu belirlenmiştir. Metallerin hareketli fraksiyonlarda bulunuş miktarları açısından $Cd > Zn > Pb > Cu > Cr > Ni$ sırasını takip ettiği bildirilmiştir.

Kabata–Pendias ve Mukherjee (2007), topraklarda Zn dağılımının yaklaşık %60’nı kil fraksiyonun kontrol ettiğini; alkalın pH koşullarında Zn’nun kimyasal bağlanmaya maruz kaldığını; Al, Fe ve Mn oksit ve hidroksitlerin, karbonatların ve fosfat bileşiklerinin ise Zn’nin bitkiler tarafından alınamaz konuma dönüştürülmesinde etkili olduğunu vurgulamıştır.

Lair vd. (2007), çiftlik gübresi, mineral gübreleme yapılan ve nadasa bırakılan topraklarda Cu, Cd ve Zn’nin doğal ve ilave edilen miktarlarının jeokimyasal fraksiyonlardaki dağılımını ve toprakların adsorpsiyon/desorpsiyon özelliklerini incelemişlerdir. Metallerin adsorpsiyonunda toprakların mineralojik bileşimi ile Fe ve Mn oksit içerikleri kritik öneme sahip iken ilave edilen metallerin farklı jeokimyasal fraksiyonlara dağılımında organik maddenin ve pH’nın önemli olduğunu belirlemişlerdir. Yeni ilave edilen metal iyonlarının hareketliliği yüksek fraksiyonlarda; toprakta var olan ağır metallerin ise daha çok hareketsiz/çözünürlüğü düşük fraksiyonlarda bulunduğu tespit edilmiştir.

Obrador vd. (2007), asitten nötrale değişen pH’ya sahip topraklarda Mn ve Zn’nin ekstrakte edilebilirliğini yaygın analiz metotları olan 0.43 M HOAc (asetik asit),

DTPA ve Mehlich-3 ile ve katı faz fraksiyonlarını kademeli ekstraksiyonla (değişebilir, organik maddeye bağlı, Mn oksitlere bağlı, amorf Fe oksitlere, kristalin Fe oksitlere bağlı ve bakiye fraksiyon) incelemişlerdir. Çalışmada elementlerin farklı metotlarla belirlenen yarıyışlı miktarları arasında önemli korelasyonlar tespit edilmiştir. Mangan genellikle Mn oksit fraksiyonunda bulunurken; Zn'nin bakiye fraksiyonda bulunduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, Mn ve Zn'nin fraksiyonlar arasındaki dağılımını etkileyen toprak özelliklerinin; organik madde ve pH olduğu bildirmişlerdir. Çinkonun fraksiyonlar arasında dağılım sırası; değişebilir≤organik maddeye bağlı≤amorf Fe oksitlere bağlı<Mn oksitlere bağlı<kristalin Fe oksitlere bağlı<bakiye fraksiyon şeklinde olduğu rapor edilmiştir.

Sanchez-Martin vd. (2007), iki farklı toprağa iki farklı dozda (20 ve 200 g/kg) atık çamur ekledikten sonra 18 ay inkübasyonda bırakıp Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn fraksiyonlarındaki değişimleri incelemişlerdir. Topraklarda değişebilir, karbonatlara bağlı, Fe-Mn oksitlere bağlı, organik bağlı ve bakiye element konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan uygulamalara göre topraklarda her bir elementin fraksiyonlardaki dağılımında değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. Başlangıçta topraklardaki ağır metallerin büyük çoğunluğu bakiye fraksiyonda yer alırken inkübasyon süresine göre değişimler ortaya çıkmıştır. Uygulama yapılmayan topraklarda Cd, Pb ve Zn'nin değişebilir, karbonat, Fe-Mn oksit ve organik fraksiyonlarında inkübasyonla artışlar gözlenmiştir. Metallerin inkübasyon süresindeki hareketlilik indeksleri metallerin fraksiyonlar arasındaki geçişine bağlı olarak değişim göstermiştir. Hareketlilik indeksi en yüksek olan element Zn olup bunu benzer değere sahip Cd, Cu ve Ni takip etmiş ve Cr ve Pb ise daha düşük değerler göstermiştir.

Voegelin vd. (2008), Zn kirliliği olan (3.8-460 mg/kg) 49 farklı toprakta Zn fraksiyonlarını 7 aşamalı olarak F₁:NH₄NO₃ (amonyum nitrat); F₂:NH₄-asetat, pH 6; F₃:NH₃OHCl (hidroksilamin hidroklorür), pH 6; F₄:NH₄-EDTA, pH 4.6; F₅:NH₄-oksalat, pH 3; F₆:NH₄-oksalat/askorbik asit, pH 3; F₇:bakiye şeklinde kademeli ekstraksiyon tekniği ile belirlemişlerdir. Asit topraklarda (n=24, pH<6.0) Zn'nin genellikle F₁ fraksiyonu ile F₆ ve F₇ fraksiyonlarında bulunduğunu; nötral topraklarda (n=25, pH≥6) ise hareketli fraksiyon F₂'de bulunurken; geri kalan Zn'nin büyük çoğunluğu F₄ ve F₅ fraksiyonlarında bulunduğu tespit edilmiştir. F₁ ve F₂

fraksiyonlarının toplamının pH'dan bağımsız olduğu; $F_1/(F_1 + F_2)$ 'nin pH'ya karşı çizilen grafiği ise tipik olarak sorpsiyon eğrisi özelliğinde olup pH 6'dan pH 5'e doğru artış göstermiştir. Bu durum pH'daki azalma ile çözünebilir Zn fraksiyonundan hareketli fraksiyona olan geçişi işaret etmektedir.

Fernández-Calviño vd. (2009), NW Iber Yarımadası'ndaki yedi tane üzüm bağı bölgesinden (Rías Baixas, Ribeira Sacra, Ribeiro, Monterrei, Valdeorras, O Bierzo ve Vinhos Verdes) 170 tane yüzey toprağı alıp bu topraklarda toplam Cu ve Cu fraksiyonlarını (değişebilir, organik maddeye bağlı, amorf inorganik materyale bağlı, kristal Fe ve Al oksitlere bağlı ve bakiye Cu) belirlemişlerdir. Uzun dönem boyunca uygulanan Cu'lu fungusitler ağırlıklı olarak yüzeysel üzüm bağı toprak tabakalarındaki Cu konsantrasyonunda artışa neden olmuştur. Örneklerin %64'ünde toplam Cu içeriği; toprak kontaminasyonu için eşik değeri olan 100 mg/kg seviyesinden daha yüksek bulunmuştur. Toplam Cu içeriğinin Ribeiro (248 ± 130 mg/kg) ve Ribeira Sacra (259 ± 118 mg/kg) topraklarında diğer bölge topraklarına göre (169 ± 90 , 139 ± 122 , 115 ± 42 , 103 ± 42 ve 100 ± 48 mg/kg değerleri sırasıyla Valdeorras, Rías Baixas, O Bierzo, Vinhos Verdes ve Monterrei bölgeleri içindir) daha yüksek olduğu görülmüştür. Farklı toprak fraksiyonlarındaki Cu dağılımı, üzüm yetiştiriciliği yapılan bölgelere göre farklılık göstermiştir. Ancak, genelde üzüm bağı topraklarındaki Cu, ağırlıklı olarak daha az mobil olan fraksiyonlarda bulunmuş ve bu fraksiyonlar için ortalama değerler organik maddeye bağlı Cu $\%48 \pm 12$, amorf inorganik materyale bağlı Cu $\%15 \pm 9$, kristal Fe ve Al oksitlere bağlı Cu $\%12 \pm 9$ ve bakiye Cu $\%23 \pm 12$ şeklinde belirlenmiştir. Değişebilir Cu fraksiyonunun toplam Cu içerisindeki yüzdesi, yaklaşık olarak $\%3 \pm 3$ olarak saptanmıştır. Tüm toprak örnekleri fiziksel, kimyasal ve Cu fraksiyonlama verilerine göre belirgin şekilde farklı üç gruba ayrılmıştır ve bu gruplar Ribeiro, Ribeira Sacra ve Monterrei örnekleri; O Bierzo, Valdeorras ve Monterrei örnekleri ve Rías Baixas ve Vinhos Verdes örnekleri şeklinde oluşmuştur. Toprak tipi, iklim ve fungusit uygulaması, toprak kalitesi için en belirleyici faktör olmuştur.

Jordan vd. (2009), uzun yıllar defalarca 5 farklı biyokatının uygulandığı tarım topraklarında Cd, Ni, Cr ve Pb' nin kimyasal formlarını (çözünebilir-değişebilir, spesifik adsorbe edilmiş-karbonatlara bağlı, okside edilebilir, indirgenebilir ve bakiye) incelemişlerdir. Biyokatı uygulaması ağır metallerin konsantrasyonunu arttırmıştır.

Topraklarda bakiye, indirgenebilir ve sorbe olmuş-karbonatlara bağı fraksiyonların dominant olduğı bildirilmiştir.

Li vd. (2009), alüvyal depozitler üzerinde oluşmuş sahil topraklarında Cu, Zn ve Cd ağır metallerinin kimyasal formlarını beş aşamalı (F₁:değişebilir, F₂:karbonatlara bağı, F₃:Fe/Mn oksitlere bağı, F₄:organik maddeye bağı, F₅:bakiye) kademeli ekstraksiyon ile çalışmışlardır. Sırasıyla Cu, Zn ve Cd nin F₁ fraksiyonunun toplam fraksiyona oranı %9.11, 2.74 ve 30.4; F₅ fraksiyonun oranı ise %39.5, 45.2 ve 32.4 olduğunu ve yarayırlılıklarının Cd>Cu>Zn sırasıyla değıtiğini bildirmişlerdir. F₂, F₃ ve F₄ fraksiyonlarının, ağır metallerin davranışlarında önemli olduğı ifade edilmiştir. Ağır metal fraksiyonları ile toprak özellikleri arasında pozitif ve/veya negatif korelasyonlar tespit edilmiştir.

Üzüm bağlarında sürekli olarak Culı fungusitlerin kullanımı (ağırlıklı olarak Bordo karışımının bileşeni olan Cu sülfat) topraklardaki Cu konsantrasyonunu Santa Catarina ve Rio Grande do Sul eyaletleri Toprak Kimyası ve Verimliliğı Komisyonu tarafından belirlenen maksimum seviye civarında ya da üzerinde olacak şekilde arttırmıştır. Topraklardaki toplam Cu konsantrasyonu Cu'nun çevresel etkisini açıklamada yeterli olmadığı için toprak profilindeki Cu fraksiyonlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenlerle Nogueirol vd. (2010), toprak profili boyunca Cu içeriğinin ve Cu fraksiyonlarının değışimini incelemek için Brezilya'da Rio Grande do Sul eyaletindeki Serra Gaucha ve Campanha Gaucha bölgelerinde bulunan üzüm bağlarından 29 adet toprak örneğı (26 tanesi Serra Gaucha ve 3 tanesi Campanha Gaucha bölgesinden) almışlardır. Yaşı 15 yıldan büyük ve sıklıkla Bordo karışımı ile muamele edilen üzüm bağlarından örnekleme yapılmıştır. Serra Gaucha bölgesindeki baskın toprakların Nitosol, Acrisol, Kambisol ve Leptosol ve en çok yetiştirilen üzüm çeşitlerinin Isabel, Bordeaux ve Niagara olduğı, Campanha Gaucha bölgesinde ise baskın toprağın Acrisol ve en çok yetiştirilen üzüm çeşidinin Cabernet olduğı belirtilmiştir. Topraklar Cu fraksiyonunun belirlenmesi için 0-0.05, 0.05-0.1 ve 0.1-0.2 m derinliklerden alınmış ve kademeli ekstraksiyon (değişebilir, organik maddeye bağı, okside bağı ve bakiye fraksiyon) ve DTPA, Mehlich-III, 0.1M HCl (hidroklorik asit) gibi birçok farklı kimyasal kullanılarak analiz edilmiştir. Toprak örneklerinde toplam Cu belirlenmiştir. DTPA ve 0.1M HCl çözeltilerine kıyasla Mehlich-III metodu topraklardan büyük miktarda Cu'yu ekstrakte etmiştir. Toprakların büyük çoğunluğunda toprak profili

boyunca toplam Cu miktarı azalmıştır. Cu'nun büyük bir miktarı organik madde ve oksit fraksiyonlarına bağlı şekilde bulunmuştur. Yüksek ayrışma derecesine sahip Acrisol topraklarda toplam Cu'nun %59'u, Nitosol'de %43'ü ve Cambisol'de %42'si oksit fraksiyonlarına bağlı şekilde bulunmuştur. Leptosol'de Cu'nun organik fraksiyonları yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durum nemli tropikal bölge topraklarında bulunan böyle özelliklerin (organik madde ve ayrışma derecesi) önemini ortaya koymuştur. Ortalama Cu içeriğinin %49.5'i oksit fraksiyonlarına bağlı, %28.5'i organik fraksiyona bağlı, %21.6'sı bakiye fraksiyona bağlı ve %1'den daha azı değişebilir fraksiyon şeklinde belirlenmiştir. 29 topraktan 16'sında toplam Cu içeriği Avrupa Birliği yönetmeliğinde belirtilen 140 mg/kg olan maksimum sınırın üzerinde bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre yetiştiriciler ve araştırmacıların böyle ciddi bir sorunu dikkate almaları gerekmektedir.

Park ve Cho (2011), topraktaki Cu ve Zn'nin kimyasal fraksiyonlarını ve elma bahçesi yaşına bağlı olarak topraktan Cu ve Zn'nin elmaya geçiş katsayısını belirlemek için 10-15 kg/ha'dan daha fazla Bordo karışımı uygulanan 1-3, 4-6, 7-10 ve 10-15 yaşındaki elma bahçelerinden toprak örneği (0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlikten) ve elma meyve örnekleri almışlardır. Toprakta Tessier vd. (1979)'a göre Cu ve Zn fraksiyonlarını (suda çözünabilir, değişebilir, karbonatlara bağlı, Fe-Mn oksitlere bağlı, organik maddeye bağlı ve bakiye fraksiyon) belirlemişlerdir. Yüzey toprağındaki Cu ve Zn fraksiyonu bakiye>organik maddeye bağlı>Fe-Mn oksitlere bağlı>karbonatlara bağlı ve değişebilir>suda çözünabilir şeklinde dağılım göstermiştir. Elma bahçesi yaşı arttıkça Cu ve Zn'nin bakiye fraksiyonu en yüksek bulunurken, suda çözünabilir ve değişebilir fraksiyon oldukça düşük bulunmuştur. Bakır ve Zn'nin geçiş katsayısı değerleri elma bahçesi yaşına göre önemli bir farklılık göstermemiştir. Elde edilen sonuçlara göre topraktaki Cu ve Zn konsantrasyonu, elma bahçesi yaşı arttıkça artış göstermiştir. Bu nedenle gıda zincirinde ağır metallerin fazla miktarda birikimini önlemek için önlemler alınması gerektiği önerisinde bulunmuşlardır.

Stietiya ve Wang (2011), atık çamur içerisindeki organik maddenin ayrışmasına bağlı atık çamurdaki ve atık çamur uygulanmış topraklardaki Cu, Zn, Pb ve As (arsenik) elementlerinin oransal dağılımını araştırmışlardır. Farklı oranlarda ayrışmış atık çamur iki farklı toprağı ilave edilerek ve doğrudan H₂O₂ (hidrojen peroksit) ilave edilerek

inkübasyona bırakılmış daha sonra ortaya çıkan değişimler kademeli ekstraksiyonla incelenmiştir. Bakır, Pb ve As'nin büyük çoğunluğu organik maddeye bağlı iken; Zn'nin tüm uygulamalarda Fe/Mn oksitlere bağlı olarak tutulduğu belirlenmiştir. Direk H₂O₂ ilavesi, organik maddeye bağlı Cu miktarını azaltırken; değişebilir, karbonatlara bağlı ve Fe/Mn oksitlere bağlı fraksiyonları arttırmıştır. Oksidasyon Zn'nin organik fraksiyonunu çok az etkilemiş, ancak yarayırlı ve değişebilir Zn fraksiyonunu önemli oranda arttırmıştır.

Zhou vd. (2011), 0-15 cm derinlikten aldıkları çeltik topraklarındaki ağır metallerin Cd, Ni, Cu, Pb ve Zn) kimyasal fraksiyonlarını, metal fraksiyonların mekana bağlı karakteristiklerini (mekansal dağılım haritaları kullanılmış) ve çeltik bitkisinin alımı ile bu fraksiyonlar arasındaki mekansal ilişkiyi ve metal fraksiyonların çeltik bitkisine olan biyoyararlılığını araştırmışlardır. Topraktaki Cd, büyük oranda değişebilir fraksiyonla ilişkili olduğu ve Cd'nin farklı fraksiyonlardaki miktarları değişebilir>Fe-Mn oksitlere bağlı>bakiye>organik yapılara bağlı fraksiyon şeklinde olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık Cu, Ni, Pb ve Zn'nin büyük oranda bakiye fraksiyonda bulunduğu belirlenmiştir. Nikel, Pb ve Zn'nin kimyasal fraksiyonlardaki miktarı sırası ile bakiye>Fe-Mn oksitlere bağlı>organik bağlı> değişebilir fraksiyon şeklinde bulunurken Cu için, bakiye>organik bağlı>Fe-Mn oksitlere bağlı şeklinde bulunmuştur. Dane metal içeriği ile en yüksek korelasyonu değişebilir fraksiyonla vermiş, bunu organik bağlı fraksiyon takip etmiştir. Bu da değişebilir ve organik yapılara bağlı fraksiyonların yüksek biyoyararlılığı olduğunu göstermiştir. Danenin Cd ve Zn konsantrasyonu; değişebilir, Fe-Mn oksitlere bağlı ve organik bağlı fraksiyonlar ile mekansal olarak yüksek derecede korelasyon gösterirken; danenin Cu ve Ni içeriği değişebilir ve organik bağlı fraksiyonlar ile yüksek derecede korelasyon gösterdiği bildirilmiştir.

Zhou vd. (2011), uzun süre Culı fungusit olarak Bordo bulamacının uygulandığı 5, 15, 20, 30 ve 45 yaşındaki elma bahçelerinden 0-20 cm derinlikten ve kontrol örneği olarak elma bahçesi yakınındaki ormandan toprak örneği almışlar ve bu topraklardaki serbest Cu⁺² iyonu aktivitesi, topraktaki Cu fraksiyonu, serbest Cu⁺² iyonu ile Cu fraksiyonu ve toprak mikrobiyal parametreleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Toplam Cu konsantrasyonu, 21.8-141 mg/kg arasında değişmiş ve elma bahçesinin yaşı arttıkça artmıştır. Kontrol örneğinde bu değer 12.5 mg/kg olarak bulunmuştur.

Serbest Cu^{+2} iyonu konsantrasyonu, kontrol örneğinde 3.13×10^{-8} mol/L ve 45 yaşındaki elma bahçesi toprağında 4.08×10^{-6} mol/L olarak belirlenmiştir. Bakiye Cu fraksiyonu dışındaki tüm fraksiyonlarda Cu konsantrasyonu, elma bahçesinin yaşına bağlı olarak artmış ve bu artış fulvik fraksiyonu için 5.16-52.5 mg/kg değerleri arasında değişmiştir. Bakiye fraksiyon neredeyse sabit kalarak 4.28-5.66 mg/kg değerleri arasında bulunmuş ve bu durum topraktaki antropojenik Cu'nun ağırlıklı olarak daha labil fraksiyonlarda bulunduğunu göstermiştir. Toprak çözeltisindeki serbest Cu^{+2} iyonu ve toprak katı fazındaki Cu humik asit fraksiyonu toprağın mikrobiyal parametreleri ile güçlü şekilde ilişkilendirilmiştir.

Sepahvand ve Forghani (2012a), 20 farklı kireçli toprağın Zn içeriğini DTPA ve kademeli ekstraksiyon yöntemleriyle incelemişlerdir. DTPA ile ekstrakte edilebilen Zn'nin düşük olduğu (%3.34) bildirilmiştir. DTPA ile ekstrakte edilen Zn ile amorf ve kristalin Fe oksitlere bağlı ve bakiye Zn fraksiyonları arasında önemli korelasyonlar belirlemişlerdir. Fakat mısır bitkisinin Zn konsantrasyonunun, herhangi bir jeokimyasal fraksiyonla önemli bir korelasyon vermediği rapor edilmiştir.

Sepahvand ve Forghani (2012b), 20 tane kirlenmemiş kireçli tarım toprağında DTPA ekstraksiyonu ve iki farklı kademeli ekstraksiyon yöntemini (7 aşamalı Singh ve 3 aşamalı BCR) kullanarak Zn'nin fraksiyonlarını incelemişlerdir. DTPA ile ekstrakte edilebilir fraksiyonun topraklarda genellikle düşük olduğu; bakiye fraksiyonun ise topraklarda oldukça yüksek oranlarda (Singh yönteminde %91.4, BCR'de %72.3) bulunduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar Singh yöntemiyle daha fazla bilgi edinilebileceğini bildirmişlerdir.

Medunić vd. (2013)'e göre; yılda 5-6 kez Cu ve Zn içeren fungusit uygulanan elma bahçesi toprağındaki Cu ve Zn fraksiyonlarını ve bu fraksiyonların potansiyel mobilitesini belirlemek için elma bahçesinden 10-25 cm derinlikten toprak örneği alınmıştır. Ayrıca kontrol örneği olarak elma bahçesinden 200 m uzaklıktaki çayırdan toprak örnekleme yapılmıştır. BCR 4 adımdan oluşan kademeli ekstraksiyon yöntemi ile değişebilir, indirgenebilir, oksitlenebilir ve bakiye fraksiyonlar belirlenmiştir. Toprağın mineralojik bileşimi, karbonat içeriği, pH, KDK ve organik madde gibi özellikleri analiz edilmiştir. Bakır içeren fungusit uygulamasından dolayı

bahçe topraklarının toplam Cu içeriği kontrol örneğine göre önemli derecede yüksek bulunmuştur. Bakır ve Zn'nin kontrol örneğinden ekstrakte edilme verimi meyve bahçesi topraklarına göre daha düşük bulunmuştur. Bu durumdan yola çıkarak kontrol toprağında metallerin bağlanmasında doğal süreçlerin etkili olduğunu, elma bahçesi topraklarında ise insan kaynaklı etkilerin yüksek oranda etkisi olduğunu işaret etmişlerdir. Kontrol örneğine kıyasla Cu içeriği elma bahçesi toprağının oksitlenebilir fraksiyonuyla önemli derecede korelasyon vermiştir. Toprak örneklerinde bakiye ve organik maddeye bağlı Cu ve Zn, en önemli fraksiyonları oluşturmuştur. Bakır içeren fungusitlerin kullanımının çevre ve sağlık riskini etkilemediği belirtilmiştir.

Samourgiannidis ve Matsi (2013), 29 asit toprakta iki farklı sıralı ekstraksiyon yöntemini Cu, Zn, Fe ve Mn elementleri için karşılaştırmıştır. Ayrıca, bu elementlerin yarayırlılıklarını (DTPA yöntemi ile ekstrakte edilebilen) ve toprak özellikleri ile olan ilişkilerini de incelemişlerdir. Kullanılan kademeli ekstraksiyon yöntemlerinin her birisinin, benzer fraksiyonlarda değişen miktarlarda element ekstrakte ettiği belirlenmiştir. Ancak elementlerin fraksiyonlardaki dağılım sırasının aynı olduğu gözlenmiştir. Orjinal Tessier metodunda kil ile Fe/Mn oksitlere bağlı Fe, KDK ve organik maddeye bağlı Fe arasında önemli korelasyonlar belirlenirken; BCR yönteminde, organik maddeye bağlı Fe ve Zn, KDK ile önemli pozitif korelasyonlar göstermiştir. Zn'nin yarayırlı miktarı Tessier metodundaki Fe/Mn oksit ve organik maddeye bağlı fraksiyonlarla önemli pozitif korelasyon verirken; Fe aynı yöntemdeki Fe/Mn oksit fraksiyonu ile; Mn ise her iki metodun ilk üç fraksiyonu ile önemli korelasyonlar vermiştir.

Waterlot vd. (2013), terkedilmiş Pb ve Zn işleme fabrikası civarındaki 27 toprakta Cd, Pb, Zn, Cu ve indiyum (In) elementlerinin bitkilere yarayırlılığını 4 aşamalı ekstraksiyon yöntemiyle incelemişlerdir. Araştırma sonuçları Pb ve Zn'nin asit ile ekstrakte edilebilen ve indirgenebilen fraksiyonlarda bulunduğunu göstermiştir. Kurşun ve In'nin büyük çoğunluğunun indirgenebilen fraksiyonda bulunduğu gözlenmiştir. Bazı örneklerde In'nin yarayırlı miktarlarının indirgenebilen fraksiyondan daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bakırın ise daha çok indirgenebilen ve bakiye fraksiyonlarda bulunduğu bildirilmiştir. Çalışılan metallerin biyokonsantrasyon sırası; marul bitkisi için $Cd > Cu > In > Zn > Pb$; çim için pH, KDK, karbonat ve organik madde gibi fiziko-

kimyasal özelliklere bağlı olarak $Cd > Zn > Cu > In > Pb$, $Cd \geq In > Zn > Cu > Pb$ veya $Zn > Cd > Cu > In > Pb$ şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

Joshi vd. (2014), asit karakterli 20 yüzey toprağı örneğinde 8 aşamalı (suda çözünebilir: WS, değişebilir: EX, Pb ile değişebilir: Pb-Disp, asit ile çözünebilir: AS, Mn oksitlere bağlı: MnO, organik maddeye bağlı: OB, kristalin Fe oksitlere bağlı: CFeOx, bakiye: RES) kademeli ekstraksiyon yöntemi ile Zn'nin jeokimyasal fraksiyonlarını incelemişlerdir. Topraklardaki fraksiyonların bulundukları miktara göre sıralaması $RES > CFeOx > Pb-Disp > AFeO > MnO > AS > OB > EX > WS$ şeklinde belirlenmiştir. Kimyasal fraksiyonlardan Pb-Disp ve AS fraksiyonları, mısırın Zn alımı ile önemli ve pozitif korelasyonlar vermiştir.

Shaheen ve Rinklebe (2014), 7 taşkın ovası toprağında Cr, Cu ve Zn'nin toprak profilindeki jeokimyasal fraksiyonlarındaki (F_1 : çözünebilir+değişebilir, F_2 : kolayca mobil hale getirilebilen, F_3 : Mn oksitlere bağlı, F_4 : organik maddeye bağlı, F_5 : amorf Fe oksitlere bağlı, F_6 : kristalin Fe oksitlere bağlı, F_7 : bakiye) değişimlerini araştırmışlardır. Toplam Cr, Cu ve Zn konsantrasyonu sırasıyla 54.4-134.1, 165.2-215.7 ve 128.5-1097.8 mg/kg değerleri arasında değişmiş ve Alman Federal Toprak Koruma ve Kontamine Bölgeler Yönetmeliği'nin belirttiği sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Toprakların toplam ağır metal içerikleri; organik madde, toplam kükürt, KDK ve kristalin ve amorf Fe/Mn oksitlerle yüksek korelasyonlar vermiştir. Toplam Cr, Cu ve Zn için potansiyel mobil fraksiyonların (F_1 - F_6) oranı sırasıyla %38.4-71.4, %63.9-85.1 ve %51.5-83.3 iken; mobil fraksiyonun (F_1 ve F_2) oranları ise %0.96-1.84, %2.1-4.1 ve %9.1-28.7 olarak bulunmuştur. Potansiyel mobil fraksiyonların profildeki miktarları $Cu > Zn > Cr$, mobil fraksiyonun miktarları ise $Zn > Cu > Cr$ şeklinde gözlemlenmiştir. Kromun bakiye fraksiyonu, Cu'nun organik maddeye bağlı fraksiyonu ve Zn'nin kristalin Fe okside bağlı fraksiyonu baskın olarak bulunmuştur. Bakır ve Zn, Cr'ye göre yüksek potansiyel mobiliteye sahipken; Zn, Cr ve Cu'ya kıyasla en yüksek mobiliteye sahip olmuştur. Potansiyel mobil fraksiyon; KDK, Cr, Zn, toplam kükürt, Cr ve Fe oksitler, Zn ile pozitif; kil miktarı, Cu, Zn ile negatif korelasyonlar vermiştir. Her üç elementin mobil fraksiyonu ile pH arasında negatif korelasyon bulunmuştur. Çinkonun mobil fraksiyonu kil, toprak organik maddesi, toplam kükürt ile pozitif korelasyon vermiştir. Kromun mobil fraksiyonu ise kil ile pozitif, toprak organik maddesi, toplam kükürt, KDK ve Fe-Mn oksit ile negatif

korelasyon vermiştir. Kromun ortalama su seviyesi altındaki çözünürlüğü, su seviyesi üzerindeki daha yüksek bulunurken; Cu ve Zn'nin çözünürlüğü tam tersi şekilde bulunmuştur. Çalışılan metallere özellikle Cu ve Zn'nin potansiyel mobilitesinden dolayı mera ve gıdalara taşınabilirliği yüksek olabileceği için böyle yerlerin mera olarak kullanılmaması önerilmiştir.

Wiater ve Lukowski (2014), Podlasie yöresinin 81 tarım toprağı örneğinde Zn'nin toplam ve jeokimyasal fraksiyonlarını 4 aşamalı BCR yöntemi (değişebilir, oksitlere bağlı, organik maddeye bağlı, bakiye) incelemiştir. Çinkonun fraksiyonlardaki dağılım sırası, hafif bünyeli topraklarda:organik maddeye bağlı>oksitlere bağlı>değişebilir>bakiye; orta-ağır bünyeli topraklarda:organik maddeye bağlı>değişebilir >oksitlere bağlı>bakiye şeklinde gözlenmiştir. Fraksiyonlardaki Zn dağılımının; pH, organik madde içeriğı ve tekstürle ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Zu vd. (2014), profildeki Pb, Cd, Cu ve Zn'nin dağılımını ve kademeli ekstraksiyondaki fraksiyonların (değişebilir, Mn oksitlere bağlı, organik maddeye bağlı) toprak özellikleriyle olan ilişkilerini incelemiştir. Toplam Pb ve Zn'nin toprak derinliğine bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Kurşun ve Zn'nin farklı fraksiyonlardaki birikiminin toprağı Fe/Mn oksit ve organik madde içeriğine bağlı olarak değişim gösterdiği bildirilmiştir. Toplam Cd miktarının derinliğe bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Organik fraksiyondaki Cd konsantrasyonlarının toprakların organik madde içeriğıyle uyumlu olduğu gözlenmiştir. Ağır metallerin toprak profilindeki hareketlilikleri ve dağılımlarının kil, organik madde ve Fe/Mn oksit içeriğı tarafından etkilendiğı rapor edilmiştir.

Rosa-Couto vd. (2015), bağ toprağıının profilinde uygulanan pestisitlerden kaynaklanan Cu ve Zn'nin topraktaki birikimine ve jeokimyasal fraksiyonlardaki değişimine olan etkilerini incelemiştir. Hem kontrol hem de bağ arazisinde elementlerin toprak yüzeyinde birikme eğilimi gösterdiği, 90 yıldır Bordo bulamacı uygulanan arazide elementlerin daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu belirlenmiştir. Bakır ve Zn'nin büyük bir miktarı kontrol arazisi ve üzüm bağında büyük ölçüde bakiye fraksiyonda dağılım göstermiştir. Üzüm bağı toprağıının özellikle en üst tabakasında Cu'nun; suda çözünebilir, değişebilir ve organik maddeye bağlı fraksiyonlarının miktarında bir artış gözlenmiştir. Bağ toprağıında Zn'nin büyük

çoğunluğunun, bakiye fraksiyonda yer aldığı belirtilirken; mobilitesi düşük olmasına rağmen potansiyel olarak bitkilere toksik olabileceği bildirilmiştir.

Sungur (2016), Çanakkale'deki elma bahçesi topraklarındaki ağır metallerin kaynağını, mobilitesini ve çevresel etkilerini kademeli ekstraksiyon metodu kullanarak belirlemeye çalışmıştır. Elma bahçelerinden toprak ve yaprak örneği alınarak, toprakta toplam Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn içeriği ve ağır metallerin BCR kademeli ekstraksiyon yöntemi ile bağlanma şekilleri (asitte çözünabilir, indirgenebilir, oksitlenebilir ve bakiye fraksiyon) ve yaprağın ağır metal içeriği belirlenmiştir. Kadmiyum ve Pb'nin mobil fraksiyonları (asitte çözünabilir, indirgenebilir, oksitlenebilir) immobil fraksiyona göre daha yüksek bulunmuş ve Cd ve Pb için sırasıyla bu değerler %60.2 ve %56.8 şeklinde belirlenmiştir. Mobil fraksiyonların yüksek olmasının antropojenik kaynakları işaret ettiği ve bunu çok değişkenli analizin de desteklediği belirtilmiştir. Mobil fraksiyonların toplamı Cu için %51.3, Zn için %44.2, Cr için %34.1 ve Ni için %23.4 olarak belirlenmiştir. Her bir metalin fraksiyonlardaki miktarı; Cd:Bakiye>asitte çözünabilir>indirgenebilir>oksitlenebilir, Cr:Bakiye>oksitlenebilir>asitte çözünabilir>indirgenebilir, Cu:Bakiye>indirgenebilir>oksitlenebilir>asitte çözünabilir, Ni:Bakiye>oksitlenebilir>indirgenebilir>asitte çözünabilir, Pb:Bakiye>indirgenebilir>oksitlenebilir>asitte çözünabilir, Zn:Bakiye>oksitlenebilir>asitte çözünebilir>indirgenebilir şeklinde gözlemlenmiştir. Metallerin mobil fraksiyonu ile pH arasındaki ilişki, pH azaldıkça Cd ve Pb'nin daha mobil hale geldiği saptanmıştır. Kadmiyum dışındaki tüm metallerde, elma yapraklarının metal konsantrasyonu ile mobil fraksiyonlar arasında güçlü bir ilişki gözlemlenmiş ve bitkinin öncelikli olarak mobil fraksiyonlarda bulunan metalleri alabileceği bildirilmiştir. Kontaminasyon faktörü (C_f) ve risk değerlendirme kodu (RAC) Cd'nin yüksek oranda mobil olduğunu, toprakta az tutulduğunu ve çevre için büyük bir risk teşkil ettiğini ortaya koymuştur. BCR kademeli ekstraksiyon yöntemi; toprak özellikleri, metal fraksiyonları ve bitkinin metal alımı arasındaki ilişkileri açıklamada ve etkili ve güvenilir bilgi sağlamada yararlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Preston vd. (2016), dünya çapında endişe oluşturan bir konu olan üzüm bağı topraklarının sürekli Cu'lu fungusit ve gübre kullanımından dolayı kirlenmesini araştırmak amacıyla, Brezilya'daki yarı kurak bir bölgede bulunan 5, 6, 8, 10, 12, 15, 16 ve 30 yaşındaki üzüm bağı toprakları ve doğal bitki örtüsü alanlarından 0-20 ve 20-

40 cm derinlikten örnekleme yapmışlar ve bu toprakların toplam Cu, Zn, Fe, Mn, Ni ve Pb içeriklerini belirlemişlerdir. Bağ topraklarındaki toplam Mn, Ni, Fe ve Pb içeriği referans alanında bulunan değerlere benzer olarak saptanırken; üzüm bağlarının yaşı arttıkça çoğu bağ topraklarındaki Cu ve Zn artış göstermiş ve Zn ağırlıklı olarak yaygın bir şekilde gübre kullanımından (fosfat uygulaması), Cu ise Cu'lu fungusitlerin yaygın bir şekilde uygulanmasından kaynaklanmıştır. Yapılan ayırma analizi sonucu açıkça göstermiştir ki, Zn ve Cu içeren kimyasalların kullanımı ve organik maddenin birikimi sebebiyle yüzey topraklarında yüksek derecede Zn ve Cu elementleri birikimi olmuştur. Bu analiz ayrıca topraktaki doğal ve antropojenik girdileri ayırt etmede yararlı olmuş ve Cu ve Zn elementlerine ait yüksek zenginleştirme faktörü değerleri her iki elementin de ağırlıklı olarak antropojenik kaynaklardan geldiğini göstermiştir.

Hasan vd. (2018), Pakistan'ın en verimli tarım alanlarından biri olan, pirinç, buğday, şeker kamışı ve turunçgil yetiştirilen, ancak aynı zamanda hızla büyüyen bir endüstriyel yapıya sahip olan Sargodha bölgesindeki çeltik topraklarındaki mutlak gerekli ve toksik metallerin hareketliliği, biyoyararlılığı ve dağılımını belirlemek; çeşitli fraksiyonlarda yer alan metaller arasındaki ortak ilişkileri bulmak ve topraktaki metallerin ana kirlilik kaynağını belirlemek amacıyla bu topraklardan üç aşamada (ekim, kardeşlenme ve olgunluk) yüzeyden (5-25 cm) örnekleme yapılmıştır. Bu örneklerde modifiye BCR yöntemiyle kademeli ekstraksiyon analizi yapılarak Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Pb, Mg, Mn, Ni, Sr ve Zn metallerinin değişebilir, indirgenebilir, oksitlenebilir ve bakiye fraksiyonları belirlenmiştir.

Çeşitli fraksiyonlardaki metallerin karşılaştırmalı varyasyonları incelendiğinde; Ca, Fe, Mg ve Mn elementleri, nispeten daha yüksek hareketlilik gösterirken, metallerin çoğunun daha yüksek konsantrasyonları ağırlıklı olarak toprağın bakiye fraksiyonunda belirlenmiştir. Kontaminasyon faktörü, jeoakümülasyon indeksi ve zenginleştirme faktörleri açısından toprakta, Cd elementi için son derece şiddetli zenginleşme/kontaminasyon; Ni, Zn, Co ve Pb elementleri için orta derecede önemli zenginleşme/kontaminasyon ve Cr, Sr, Cu ve Mn elementleri için ise minimum ila orta düzeyde kontaminasyon ve birikim ortaya çıkmıştır. Çeşitli fraksiyonlardaki metallerin sebebinin antropojenik girişimler sonucu oluştuğunu, çok değişkenli küme analizi göstermiştir.

Brunetto vd. (2018), daha önce elma yetiştiriciliği geçmiş olan güney Brezilya'daki Inceptisol grubu toprakların profilinde fungusit uygulamasıyla Cu ve Zn fraksiyonlarının birikimini ve dağılımını değerlendirebilmek amacıyla; farklı derinliklerden (0.0-0.025 m, 0.02-0.050 m, 0.05-0.10 m, 0.10-0.15 m, 0.15-0.20 m ve 0.20-0.40 m) ve farklı yaştaki iki adet elma bahçesinden (8 ve 18 yaş) ve bu elmalarının bitişiğinde yer alan doğal mera alanından tabakalı toprak örnekleri almışlar ve bu toprakların fiziksel, kimyasal özellikleri ve Cu ve Zn'nin kimyasal olarak fraksiyonlanmasını belirlemişlerdir. Bakır ve Zn elementlerine ait çözünebilir, çözünebilir+değişebilir, organik maddeye bağlı ve bakiye fraksiyonları ile toplam miktar, özellikle meyve bahçelerinin üst kısmındaki (0.0-0.025 m) topraklarda doğal mera alanındaki topraklara kıyasla yüksek derecede birikim göstermiş, elma bahçesi yaşına göre artmış ve en yüksek değerler 18 yıldır yetiştiricilik yapılan elma bahçelerinde belirlenmiştir. Özellikle 18 yaşındaki elma bahçesinin üst toprağında Cu elementinin çoğu daha az stabil (daha az kararlı, yani Cu'nun bitkilere karşı olan toksisite etkisini arttıran ve Cu ve Zn elementinin yer altı sularına aktarılma gücünü arttıran fraksiyon) olan organik maddeye bağlı fraksiyonda yer alırken, daha derin toprak katmanlarında ise Cu daha stabil olan bakiye ve mineral fraksiyonlarda dağılım göstermiştir. Çinko elementi incelendiğinde ise elma bahçesi topraklarında Zn'nin çoğu düşük hareketliliğe ve bitkiler için düşük toksisite potansiyeline sahip olan mineral ve bakiye fraksiyonlarda dağılım gösterdiği bildirilmiştir.

Eren vd. (2021), sedimentlerin iz elementler için depo görevi görmesi nedeniyle sucul sistemler için dünya çapında bir sorun haline gelen iz metal kirliliği ile ilgili araştırma yapmak ve Umurbey Çayı (Çanakkale, Türkiye) sedimentlerindeki iz metallerin (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) jeokimyasal fraksiyonlarını, kaynaklarını ve potansiyel risklerini değerlendirmek amacıyla bu çayın 7 farklı lokasyonundan 0-5 cm derinlikten sediment örnekleri alınmıştır. Bahsi geçen iz metallerin toplam ve jeokimyasal fraksiyonları BCR kademeli ekstraksiyon metodu kullanılarak belirlenmiştir. İz metallerin toplam miktarları $Zn > Pb > Cr > Cu > Ni > Cd$ şeklinde sıralanırken, yine aynı iz metalleri sediment örneklerindeki potansiyel hareketliliklerine göre Cd (%62.1) $> Zn$ (%60.8) $> Pb$ (%54.8) $> Cu$ (%46.1) $> Cr$ (%43.0) $> Ni$ (%29.7) şeklinde bir sıralama göstermiştir. Kadmiyum, Zn, Pb ve kısmen Cu elementi çoğunlukla mobil fazlarda görülmüştür. Eldeki bulgulara göre, Cd, Zn ve Pb'nin potansiyel olarak hareketli

fraksiyonlarının oranının, hareketsiz fraksiyonların oranından daha büyük olduğu ortaya ıkmiştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Toprak ve yaprak örneklerinin nasıl toplandığı, bu örneklerin alındığı elma bahçelerine ait bilgiler ve toprak ve yaprak örneklerinin analize hazırlanması ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

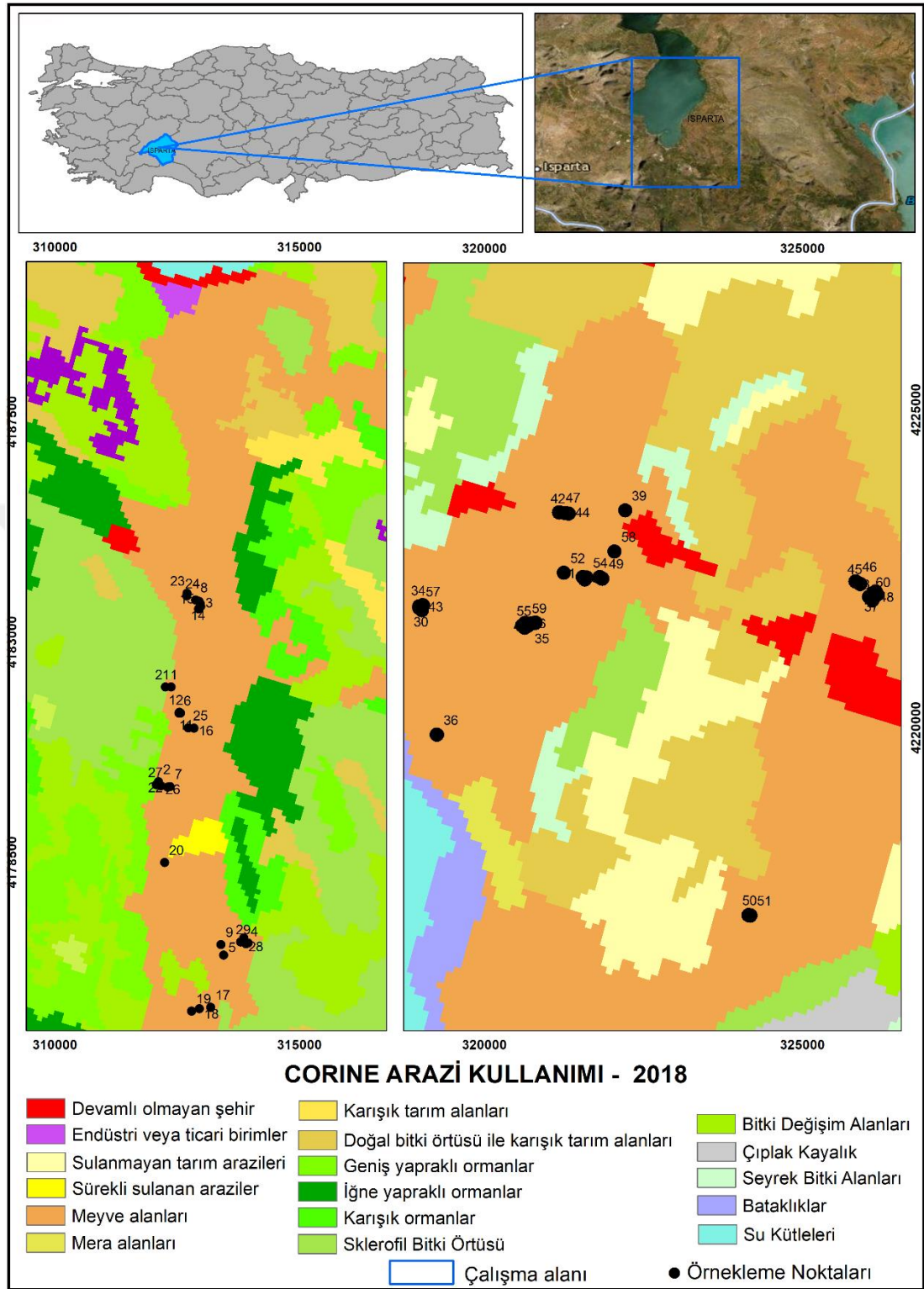
3.1.1. Toprak ve yaprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması

Genellikle elma bahçelerinde toprak işleme, dikimden önce toprağın infiltrasyon kapasitesi ve havalanmasını düzenlemek, ana köklenme bölgesi boyunca gübre ve düzenleyicilerin karışmasını ve yabancı otları temizlemek amacıyla 20 cm derinliğe kadar yapılmaktadır. Bazen normal toprak işleme derinliğinin 15-25 cm altına kadar derin sürüm yapılarak genç ağaçların kök bölgesindeki sıkışmış ya da geçirimsiz katmanlar kırılmaktadır. Elma derin köklü olduğu için ana köklenme bölgesinin karakterize edilmesinde ve elma bahçesi topraklarının besin elementi içeriğinin belirlenmesinde toprak örneklerinin yüzeye (pulluk derinliği, 0-20 cm'ye kadar) ek olarak 20-40 cm ve 40-60 cm'den alınması önerilmektedir (Barden ve Neilsen, 2003).

Uygulanan Cu bazlı fungusitlerdeki Cu elementinin güçlü bir şekilde organik madde ve kile bağlanması (Wightwick vd., 2006; Duplay vd., 2014) özellikle organik maddenin fonksiyonel gruplarından S (kükürt), N ve ayrıca fenolik gruplara yüksek derecede bağlanma ilgisinin olması (Croué vd., 2003); fungusit uygulamasından sonra yağmurla beraber yaprak yüzeyindeki Cu'nun yıkanması, dökülen yaprakların ya da budanan sürgünlerin toprak yüzeyine ulaşması (Loland ve Singh, 2004; Brunetto vd., 2014; Rosa-Couto vd., 2015); püskürtücüden toprağa akış olması (Wang vd., 2015a) ile yüzey toprağında Cu birikimi olmaktadır. Topraklarda Cu düşük mobilitateye sahip olmasına rağmen 15-30 cm derinlikte kontrol örneğine kıyasla yüksek konsantrasyonda Cu içerdiği ve Cu'nun toprakta alt katmanlara doğru hareket ettiği görülmüş (Loland ve Singh, 2004) ve kumlu toprakların derin horizonlarında yüksek karbonat içeriğinden dolayı Cu'nun karbonatlara bağlanarak tutulabileceği belirtilmiştir (Duplay vd., 2014). Elma bahçeleri ve üzüm bağlarında uygulanan Cu bazlı fungusitlerden kaynaklı toplam Cu ve/veya fraksiyonlarının belirlenmesinde

toprak örnekleri konum olarak ağaç taç iz düşümünden (Uçgun ve Gezgin, 2012; Aoyama ve Tanaka, 2013; Wang vd., 2015a); ağaç taç iz düşümü ile ağaç gövdesi arasından (Wang vd., 2015a); ağaç gövdesinden 10-15 cm uzaklıktan (Medunic vd., 2013); derinlik olarak ise 0-10 cm (Aoyama ve Tanaka, 2013), 0-20 cm (Nogueirol vd., 2010; Brunetto vd., 2014; Gómez-Armesto vd., 2015; Wang vd., 2015a; Sungur, 2016); 0-20 cm'ye kadar 3 farklı derinlikten (Brunetto vd., 2014); 0-30 cm'ye kadar 4 farklı derinlikten (Li vd., 2005); 0-30 cm'ye kadar 3 farklı derinlikten (Park ve Cho, 2011), 10 cm'den 25 cm'ye kadar (Medunic vd., 2013), 0-40 cm'ye kadar 7 farklı derinlikten (Giroto vd., 2014); 0-40 cm'ye kadar 4 farklı derinlikten (Rosa-Couto vd., 2015); 0-40 cm'ye kadar 2 farklı derinlikten (Steinmetz vd., 2017); 0-40 cm'ye kadar 5 farklı derinlikten (Brunetto vd., 2018) 0-60 cm'ye 2 farklı derinlikten (Uçgun ve Gezgin, 2012) alınmıştır.

Bu nedenle iki farklı lokasyondan yani Eğirdir ve Gelendost ilçelerindeki elma bahçelerinden Temmuz ayı sonunda 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 ve >20 olmak üzere her yaş aralığı için en az 5 bahçe seçilerek kontrol örnekleri dahil olmak üzere toplamda 60 bahçeden parseli temsil edecek şekilde zikzak çizilerek belirlenmiş ağaçların ağaç gövdesi ile taç iz düşümünün ortasından 0-20 cm ve 20-40 cm olmak üzere iki farklı derinlikten 120 adet toprak örneği burğu ile alınmıştır. Kontrol örneği olarak elma bahçelerinin yakınında bulunan gübre ve fungusit uygulanmayan, ekim yapılmamış arazilerden örnekleme yapılmıştır. Toprak örneği alınan noktalar Şekil 3.1'de gösterilmektedir. Çizelge 3.1'de ise örnekleme noktalarına ait bilgiler yer almaktadır. Topraklar hava-kuru duruma gelene kadar kurutulup 2 mm elenerek analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.1. Örnekleme noktaları ve arazi kullanım sınıflaması (sol taraf Eğirdir, sağ taraf Gelendost)

Çizelge 3.1. Örnekleme yapılan noktalara ait bilgiler

No	Köy	Enlem/Boylam	Yaş	Anaç	Çeşit	Önceki Durumu
1	Eyüpler	37.766818 / 30.868551	2	MM106	Scarlet Spur	* Çöğür-30 yaş *Kuru Tarım
2	Eyüpler	37.749321 / 30.867409	3	MM111	Jeromine	* Çöğür-30 yaş
3	Tepeli	37.781763 / 30.876315	5	MM106	Red Chief	* Çöğür-30 yaş *5 Yıl Nadas
4	Serpil	37.719852 / 30.888578	4	MM111	Golden Reinders	*Kuru Tarım
5	Serpil	37.717693 / 30.883448	5	MM111	Scarlet Spur	* Çöğür-35 yaş
6	Eyüpler	37.762052 / 30.871811	6	M9	Granny Smith	*Boş Arazi
7	Eyüpler	37.748487 / 30.870108	7	MM106	Scarlet Spur	* Çöğür-30 yaş
8	Tepeli	37.782925 / 30.875052	9	MM106	Starkrimson Delicious	*Sazlık
9	Serpil	37.719611 / 30.882759	8	MM111	Scarlet Spur	* Çöğür-35 yaş
10	Serpil	37.719998 / 30.889037	7	MM106	Starkrimson Delicious	* Kuru Tarım
11	Eyüpler	37.762013 / 30.872099	12	M9	Starking Delicious	*Boş Arazi
12	Eyüpler	37.762040 / 30.871857	12	Çöğür	Braeburn	* Çöğür-50 yaş
13	Tepeli	37.781300 / 30.875818	12	MM106	Starking Delicious	* Çöğür-40 yaş
14	Tepeli	37.782325 / 30.876161	12	MM106	Scarlet Spur	* Çöğür-35 yaş
15	Tepeli	37.782687 / 30.875886	14	MM106	Starkrimson Delicious	*Kuru Tarım
16	Eyüpler	37.759322 / 30.875396	18	MM111	Scarlet Spur	* Çöğür-35 yaş
17	Serpil	37.708105 / 30.880597	18	Çöğür	Starking Delicious	* Kuru Tarım
18	Serpil	37.707704 / 30.878097	19	Çöğür	Starking Delicious	* Kuru Tarım
19	Serpil	37.707247 / 30.876279	20	Çöğür	Golden Delicious	* Kuru Tarım
20	Serpil	37.734466 / 30.869243	20	Çöğür	Starkrimson Delicious	* Kuru Tarım
21	Eyüpler	37.766834 / 30.869866	32	Çöğür	Starking Delicious	* Kuru Tarım
22	Eyüpler	37.748365 / 30.869556	25	Çöğür	Golden Delicious	* Kuru Tarım
23	Tepeli	37.783787 / 30.873007	25	Çöğür	Starking Delicious	* Kuru Tarım *Gül
24	Tepeli	37.783653 / 30.873006	25	Çöğür	Golden Delicious	* Kuru Tarım *Bataklık
25	Eyüpler	37.759345 / 30.874041	35	Çöğür	Starking Delicious	* Kuru Tarım
26	Eyüpler	37.748611 / 30.867978	-	-	Boş Arazi	*25 yıl boş * Kuru Tarım
27	Eyüpler	37.799398 / 30.821362	-	-	Orman toprağı	-
28	Serpil	37.720948 / 30.888034	-	-	Boş Arazi	* Kuru Tarım
29	Serpil	37.720177 / 30.887300	20	MM106	Starkrimson Delicious	* Kuru Tarım

Çizelge 3.1. Örnekleme yapılan noktalara ait bilgiler (Devam)

No	Köy	Enlem/Boylam	Yaş	Anaç	Çeşit	Önceki Durumu
30	Yenice	38.126679 / 30.934705	4	MM106	Golden Delicious	*Çöğür-33 yaş
31	Afşar	38.131531 / 30.964014	1	MM111	Scarlet Spur	*Üzüm Bağı
32	Aşağı Mah.	38.130451 / 31.016516	4	MM111	Granny Smith	*Granny Smith-10 yaş *20 yıl Önce Üzüm Bağı
33	Afşar	38.131446 / 30.966964	1	MM111	Golden Delicious	*Anjelika Erik-15 yaş * Kuru Tarım
34	Afşar	38.127078 / 30.935391	1	MM106	Gala	*Yonca
35	Afşar	38.124511 / 30.954251	3	MM111	Golden Delicious	* Yarı Bodur-30 yaş
36	Afşar	38.108792 / 30.938280	10	MM106	Red Delicious	*Kuru Tarım
37	Aşağı Mah.	38.130187 / 31.016059	10	MM111	Scarlet Suphur	* Şeftali ve Üzüm Bağı
38	Aşağı Mah.	38.129992 / 31.016744	8	MM111	Golden Delicious	* Üzüm Bağı
39	Afşar	38.141141 / 30.971257	8	MM111	Starking Delicious	* Çöğür-35 yaş
40	Afşar	38.124818 / 30.954899	6	MM111	Scarlet Spur	*Kuru Tarım
41	Afşar	38.124935 / 30.955574	7	MM106	Starking Delicious	*Kuru Tarım
42	Afşar	38.140345 / 30.961172	14	MM106	Golden Delicious	*Kuru Tarım
43	Yenice	38.126301 / 30.935244	12	MM106	Scarlet Spur	*Kuru Tarım
44	Afşar	38.140345 / 30.961172	14	MM111	Starking Delicious	*Kuru Tarım
45	Aşağı Mah.	38.131440 / 31.013657	15	MM106	Starking Delicious	*Çöğür Elma-35 yaş
46	Aşağı Mah.	38.131772 / 31.012865	11	MM106	Starking Delicious	*Kuru Tarım
47	Afşar	37.884035 / 30.717318	18	MM111	Golden Delicious	*Kuru Tarım
48	Aşağı Mah.	38.129144 / 31.015945	20	MM106	Golden Delicious	* Üzüm Bağı
49	Afşar	38.131386 / 30.967415	20	MM111	Starking Delicious	* Çöğür-35 yaş
50	Selçuk	38.084515 / 30.995329	20	MM106	Starking Delicious	*Kuru Tarım
51	Selçuk	38.084515 / 30.995329	20	Çöğür	Golden Delicious	*Kuru Tarım
52	Afşar	38.132228 / 30.960417	25	Çöğür	Golden Delicious	*Kuru Tarım
53	Afşar	38.131230 / 30.964297	30	Çöğür	Golden Delicious	*Kuru Tarım *50 Yıl Önce Bağ
54	Afşar	38.131490 / 30.964536	25	MM111	Golden Delicious	*Kuru Tarım *50 Yıl Önce Bağ
55	Afşar	38.124473 / 30.953049	25	Çöğür	Golden Delicious	*Kuru Tarım
56	Afşar	38.124273/30.953800	40	Çöğür	Golden Delicious	*Kuru Tarım
57	Yenice	38.126679 / 30.934705	-	-	Boş Arazi	*3 Yıldır Boş *Kuru Tarım
58	Afşar	38.135273 / 30.969518	-	-	Boş Arazi	*Kuru Tarım
59	Afşar	38.124852 / 30.953771	-	-	Çayır-mera (yonca)	*Kuru Tarım
60	Aşağı Mah.	38.129144 / 31.015945	30	Çöğür	Golden Delicious	* Üzüm Bağı

Toprakların alındığı elma bahçelerinden yaprak örnekleme, örnek alınacak bahçede bulunan ağaçların en az %20'sinden ve ilkbahar sürgünleri üzerinde oluşan orta yapraklardan her ağaçtan 15 adet yaprak alınacak şekilde (Kacar ve İnal, 2008) yapılmıştır. Yaprak örneklerindeki yüzeysel bulaşmanın giderilmesi için örnekler sırasıyla 0.1 N HCl yıkama çözeltisi, çeşme suyu ve saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan örnekler silkelenerek fazla suyu uzaklaştırılmış ve kaba filtre kağıdı üzerine koyulmuştur. Daha sonra örnekler kese kağıtlarına koyularak etüvde 65°C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulduktan sonra paslanmaz çelik öğütücüde öğütülerek analize hazır hale getirilmiş ve plastik saklama kaplarında muhafaza edilmiştir (Kacar, 2014). Toprak ve bitki örneklerinin analize hazırlanması Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Toprak örneklerinin analize hazırlanma süreçleri



Şekil 3.3. Bitki örneklerinin analize hazırlanması, yakımı ve analizi

3.2. Yöntem

Bu bölümde; toprak ve yaprak örneklerinde yapılan analizler, bu analizler için kullanılan yöntemler ve elde edilen verilerin değerlendirilmesinde tercih edilen istatistik yöntemlerden bahsedilmiştir.

3.2.1. Toprak ve yaprak örneklerinde yapılan analizler

Toprak pH'sı 1:2.5 toprak su süspansiyonunda elektrometrik olarak cam elektrodlu pH-metre ile (Thomas, 1996); elektriksel iletkenlik (EC) 1:2.5 toprak su süspansiyonunda EC metre ile (Rhoades, 1996); organik madde içeriği dikromat oksidasyonu ile (Nelson ve Sommers, 1983); kalsiyum karbonat içeriği volumetrik

kalsimetre yöntemi ile (Loeppert ve Suarez, 1996); tekstür hidrometre yöntemi ile (Arshad vd., 1997); bitkiye yararışlı fosfor (P) içeriği sodyum bikarbonat yöntemi (Olsen) kullanılarak spektrofotometre ile (Kuo, 1996); nötr 1 M amonyum asetat yöntemi ile çözünebilir+değişebilir baz içeriği (Helmke ve Sparks, 1996); DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn, Mn içeriği (Lindsay ve Norvell, 1978) ICP-OES (İndüktif olarak Eşleştirilmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi)'de, katyon değişim kapasitesi (KDK) sodyum ile saturasyon yöntemi ile alev fotometrede (Bashour ve Sayegh, 2007); toprakların HNO₃-HCl asit karışımı ile yakılarak toplam P içeriği (Janssen ve Koopmann, 2003) ve toplam Fe, Cu, Zn ve Mn içeriği (Amacher, 1996); yaprakların HNO₃-HClO₄ asit karışımı ile yakılarak toplam P, potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), Cu ve Zn içeriği (Kacar, 2014) ICP-OES cihazında (Ametek Spectro/Arcos FHS 16) belirlenmiştir. Topraklarda toplam P analizi, toprağa uygulanan fosforlu gübrelerden kaynaklı topraktaki potansiyel Cu ve Zn zenginleşmesini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

3.2.2. Toprak örneklerinde jeokimyasal fraksiyonların kademeli ekstraksiyon ile belirlenmesi

Topraktaki toplam ağır metal içeriği, bu metallerin tarımsal ekosistem üzerindeki çevresel etkisini (Nogueirol vd., 2010), toksisitesini (Gómez-Armesto vd., 2015) açıklamada yetersiz kalmaktadır. Örneğin çevresel ve tarımsal açıdan önemli olmasına rağmen, toprakta doğal olarak oluşan ve antropojenik kaynaklı olan Cu'nun konsantrasyonu, dağılımı ve fraksiyonlanması hakkında yetersiz bilgi bulunmaktadır. Bunun yanında topraktaki toplam Cu içeriği, Cu'nun topraktaki eksikliği ve/veya kontaminasyonu hakkında yararlı bir gösterge olmasına rağmen, Cu'nun çevresel etkisi hakkında yeterli bilgi sağlamamaktadır. Bakırın biyotaya yararışlılığı (besin ya da toksin olarak) ve hareketliliği, onun toprak ortamı üzerindeki etkisini değerlendirirken dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biridir (Pietrzak ve McPhail, 2004). Bu açıdan kimyasal fraksiyonlar (jeokimyasal formlar) ağır metallerin bağlanması, hareketliliği, fitotoksitesini ve biyoyararışlılığının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Kartal vd., 2006; Fernández-Calviño vd., 2009; Park ve Cho, 2011; Sungur, 2016). Bu nedenle uzun süre ve yoğun olarak gübreleme ve Cu bazlı fungusit uygulanan meyve bahçesi topraklarında biriken Cu ve Zn'nin davranışı hakkında bilgi edinmek ve araştırma yapmak için Cu ve Zn fraksiyonları belirlenmiştir.

Toprak örneklerinde 7 farklı jeokimyasal fraksiyon kademeli ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir (Tessier vd., 1979; Leleyter ve Probst, 1999; Parat vd., 2003). Bu yöntemin esası çözünürlüğü ya da yarayışlılığı en yüksek olandan en düşük olana doğru bir ekstraksiyon sırasının takip edilmesine dayanmaktadır. Bu fraksiyonlar:

1. Suda çözünebilir ve değişebilir fraksiyon (WE-Cu/Zn): 2 mm'lik elekten elenmiş 1 g toprak, pH'sı 5'e ayarlanmış 10 mL 1 M magnezyum nitrat ($Mg(NO_3)_2$) ile 2 saat çalkalandıktan sonra santrifüjlenerek sıvı faz ayrılmıştır. 40 mL saf su eklenerek yıkama yapıp elde edilen iki süzük karıştırılarak Cu ve Zn konsantrasyonu ICP-OES ile belirlenmiştir.

2. Karbonatlara bağlı fraksiyon (Car-Cu/Zn): pH'sı 4.5'e ayarlanmış 1 M sodyum asetatın ($NaOAc$) 10 mL'si ile bir önceki aşamadan kalan toprak örneği 5 saat çalkalanıp sıvı faz santrifüjlenmiş ve mavibant filtre kağıdından süzülerek ayrılmıştır. Toprak örneği 25 mL 1 M $NaCl$ (sodyum klorür) ile çalkalanarak bakiye iyonlar çözelti fazına geçirilip önceki süzük ile birleştirilerek Cu ve Zn konsantrasyonu konsantrasyonu ICP-OES ile belirlenmiştir.

3. Mn oksitlere bağlı fraksiyon (MnO-Cu/Zn): Önceki aşamadan kalan toprak örneği üzerine pH'sı 3.5'e ayarlanmış 10 mL 0.1 M hidroksilamin hidroklorür ($NH_2OH.HCl$) eklenerek 30 dakika çalkalanmıştır. Santrifüjleme ve sonrasında mavibant filtre kağıdından süzülerek ekstrakt ayrılmıştır. Daha sonra 25 mL $NaCl$ ile yıkama yapıp önceki süzük ile birleştirilip Cu ve Zn konsantrasyonu ICP-OES ile belirlenmiştir.

4. Amorf Fe/Al oksitlere bağlı fraksiyon (AFeO-Cu/Zn): Önceki aşamadan kalan toprak örneği üzerine 10 mL 0.2 M oksalat tamponu [$(NH_4)_2C_2O_4$, pH=3.0] eklenip 4 saat karanlıkta çalkalanarak sıvı faz santrifüjleme ve filtreleme ile ayrılmıştır. Daha sonra 25 mL 1 M $NaCl$ ile yıkama yapıp elde edilen süzükler birleştirilerek Cu ve Zn konsantrasyonu ICP-OES ile belirlenmiştir.

5. Kristalin Fe oksitlere bağlı fraksiyon (KFeO-Cu/Zn): Bir önceki aşamadan kalan toprak örneği, 4. Aşamada belirtilen tampon çözelti içerisinde hazırlanmış ve pH'sı 2.25'e ayarlanmış 0.1 M askorbik asit çözeltisinin 10 mL'si ile 80°C su banyosunda kapakları kapalı halde 30 dakika bekletilerek kristalin oksitler çözülmüştür. Sıvı faz santrifüjleme ve filtreleme ile ayrılmıştır. Daha sonra 1 M 25 mL $NaCl$ ile yıkama yapıp elde edilen süzükler karıştırılıp Cu ve Zn konsantrasyonu ICP-OES ile belirlenmiştir.

6. Organik ve sülfütlere bağlı fraksiyon (OS-Cu/Zn): Önceki aşamadan kalan toprak örneği üzerine 3 mL 0.02 M HNO₃ + 8 mL H₂O₂ (karışım çözeltisinin pH'sı 2'ye ayarlanacak) ekleyip 85°C'de su banyosunda kapaklar gevşek şekilde ara sıra karıştırılarak 5 saat bekletilmiştir. 5 mL 3.2 M amonyum asetat eklenip 30 dakika daha 85°C su banyosunda bekletilmiştir. Toprak çözelti karışımı soğuduktan sonra sıvı faz santrifüjlenip süzölmüş ve süzüğün Cu ve Zn konsantrasyonu ICP-OES ile belirlenmiştir.

7. Bakiye fraksiyon (R-Cu/Zn): Bu aşama için bir önceki aşamadan elde edilen toprak bakiyesi 40°C de etüvde kurutulmuştur. Etüvde kurutulan örnekler erlenlere aktararak üzerlerine 10'ar mL kral suyu (3:1, HNO₃: HCl, V/V) eklenip yaş yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen süzüklerin Cu ve Zn içeriği ICP-OES ile belirlenmiştir.

3.2.3. Elde edilen verilerin istatistik değerlendirilmesi

Verilerin istatistik açıdan değerlendirilmesinde SPSS 23 ve MINITAB 18 paket programları kullanılmıştır. Öncelikle parametrik testlerin ön şartlarından verilerin normal dağılım göstermesi Shapiro-Wilk W testi ve varyansların homojenliği Levene testi (Özdamar, 2015) ile kontrol edilmiş ayrıca basıklık ve /veya çarpıklık katsayısı $< 2 \times \text{çarpıklığın standart hatası}$ ise normal dağılımdan bahsedilebilir, aynı yaklaşım basıklık için de geçerlidir (Berkman ve Reise, 2012) görüşü de göz önüne alınarak normal dağılım göstermeyen toprak ve bitki özelliklerine normal dağılıma yaklaştırmak için Box-Cox transformasyonu uygulanmıştır.

Transformasyon sonrası ön şartları sağlayan toprak özelliklerinde 2x6x2 (lokasyon, bahçe yaşı ve derinlik seviyeleri) faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği kullanılmıştır ve burada tekrarlanan ölçüm içeren faktör derinliktir. Bitki özelliklerinde ise lokasyonun 2 seviyesi ve bahçe yaşlarının 6 seviyesine göre varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizi sonrasında grup ortalamaları ya da faktör seviye ortalamaları arasındaki farklılığın belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testi tercih edilmiştir. Özellikler arasındaki doğrusal ilişkiler Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak incelenmiştir.

Değişken sayısını azaltmak, p sayıdaki değişkenden orijinal değişkenliği yüksek oranda açıklayan daha az sayıda faktör belirlemek ve bu faktörlerin faktör yükleri, faktör katsayıları, faktör skorları hesaplanarak orijinal değişkenlerle yüksek oranda ilişkili fakat kendi aralarında ilişkisiz skorlar türetmek amacı ile Açıklayıcı Faktör (Exploratory Factor) analizi yapılmıştır. Açıklayıcı Faktör analizinin ön şartları olan Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) örnekleme yeterliliği ve Bartlett's Küresellik (Sphericity) testi sağlandıktan sonra bahsedilen faktör analizi yapılabilmektedir. Faktör analizinde faktörler, korelasyon matrisinden yararlanılarak ve Temel Bileşenler (Principal Component) analiz yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Faktör sayısının belirlenmesinde ise 1'den büyük özdeğere sahip ve açıkladıkları yığımlı varyans en az %67 olan özdeğer sayısı kadar faktör seçilmiştir. Faktör yükleri Equimax rotasyonu ile döndürülmüştür. Yine parametrik testlerin ön şartlarını sağlayan özelliklerde Aşamalı Kümeleme (Hierarchical Cluster) analizi yapılmış, her bir özellik yani değişken bir küme olarak kabul edilmiş ve bunların kümelenmesinde Tam Bağlantı Kümeleme (Complete Linkage) yöntemi ve birbirlerine olan uzaklığın ölçümünde Öklid uzaklığı (Euclidean distance) kullanılmıştır (Özdamar, 2013).

Ön şartın yerine gelmediği özelliklerde ise parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır. Parametrik olmayan yöntemlerde; derinlik bağımlı bir faktör seviyesi olduğu için derinlikler arası farklılıklar irdelenirken her bir bahçe yaşı ve lokasyon kombinasyonunda Wilcoxon testi, lokasyonlar arası farklılıkta her bir bahçe yaşı ve derinlik kombinasyonunda Mann-Whitney U testi, bahçe yaşları arası farklılıkta her bir derinlik ve lokasyon kombinasyonunda Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Kruskal-Wallis testi sonrasında bahçe yaşı faktörünün seviye (rank) ortalamaları arasındaki farklılığın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Bonferroni testi uygulanmıştır. Özellikler arasındaki doğrusal ilişkilerin varlığı Spearman's rho korelasyon katsayısı kullanılarak incelenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Eğirdir ve Gelendost ilçelerinde farklı yaştaki (1:0-5, 2:5-10, 3:1-15, 4:15-20 ve 5:>20 yaş) elma bahçelerinden 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerine ve elma bahçelerinin yakınında bulunan tarımsal uygulama yapılmamış orman ve mera topraklarına (0:kontrol) ait genel özellikler (pH, EC, CaCO₃, organik madde, kum, kil, silt, yarayıslı P, N, çözünebilir+değişebilir baz içeriği; Na, K, Ca, Mg, KDK, DTPA-Mn, DTPA-Zn, DTPA-Cu, DTPA-Fe, toplam P, toplam Mn, toplam Zn, toplam Cu ve toplam Fe), Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonları (WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car:karbonatlara bağlı, MnO:Mn oksitlere bağlı, AFeO:amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO:kristalin Fe oksitlere bağlı, OS:organik ve sülfidlere bağlı, R:bakiye fraksiyon) ve aynı bahçelerden alınmış olan yaprak örneklerinin element içeriği (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn) belirlenmiştir. Bahsi geçen ilçelerdeki elma bahçesi topraklarında fungusit ve gübrelemeden (özellikle fosforlu gübre) kaynaklı Cu ve Zn birikiminin hangi seviyede olduğu bu elementlerin toplam, yarayıslı ve jeokimyasal fraksiyon miktarları üzerinden değerlendirilmiş ve elma bahçesi toprakları; kontrol örnekleri, kirlenmemiş yani tarım yapılmayan fungusit uygulanmamış referans topraklar, dünya toprakları ile Cu ve Zn konsantrasyonu (toplam ve yarayıslı) açısından karşılaştırılarak kirliliğin hangi boyutlara ulaştığı ve ülkemiz ve diğer ülkeler tarafından topraktaki toplam Cu ve Zn için belirlenmiş sınır değerlerinin üzerinde olup olmadığı değerlendirilmiştir. Elma bahçelerinin yer aldığı ilçeler, elma bahçesi yaş grubu ve toprak derinliği gibi faktörlere bağlı olarak topraktaki elementlerin özellikle toplam ve yarayıslı P, Cu, Zn ve Cu ve Zn'nin jeokimyasal fraksiyonlarının nasıl bir değişim gösterdiği çoklu karşılaştırma testleri ile saptanmıştır. Ayrıca elma yaprağının besin elementi içeriği, toprak özellikleri ve Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonları arasındaki doğrusal ilişkiler korelasyon analizi ile ortaya koyulmuştur. Dahası toprak özelliklerinde Faktör Analizi ile veri indirgemesi yapılarak faktörler belirlenmiş ve Kümeleme Analizi ile de topraklar elma bahçesi yaşı, DNa (çözünebilir+değişebilir Na), DK (çözünebilir+değişebilir K), toplam P, yarayıslı P, Cu, Mn ve Zn içeriği ve Cu ve Zn fraksiyonları açısından ele alınarak kümelere ayrılmıştır. Bunun yanında farklı yaş gruplarında yer alan elma bahçesi toprakları, Cu ve Zn fraksiyonlarının oransal dağılımları bakımından hem kendi aralarında ve hem de kontrol örnekleri ile kıyaslanmış ve oransal olarak baskın olan fraksiyonların hangileri olduğu saptanmıştır.

4.1. Elma Bahçesi Topraklarının Genel Özellikleri

Eğirdir ve Gelendost ilçeleri elma bahçeleri iki farklı derinlikten (0-20 cm ve 20-40 cm) alınmış olan toprak örneklerindeki pH (1:2.5), EC (dS/m), %CaCO₃, %organik madde, %kum, %kil, %silt, yarıyışlı P (mg/kg), %N, çözünebilir+değişebilir baz içeriği (mg/kg); (Na, K, Ca, Mg), KDK (cmol/kg), DTPA-Mn (mg/kg), DTPA-Zn (mg/kg), DTPA-Cu (mg/kg), DTPA-Fe (mg/kg), toplam P (mg/kg), toplam Mn (mg/kg), toplam Zn (mg/kg), toplam Cu (mg/kg), toplam Fe (mg/kg) miktarları belirlenmiş ve bu özelliklere ait minimum, maksimum, ortalama±standart hata, standart sapma, varyans, çarpıklık ve basıklık katsayısı gibi tanımlayıcı istatistik parametreleri Çizelge 4.1 – Çizelge 4.10’da verilmiştir. Hem derinliklere göre (0-20 cm ve 20-40 cm) her iki lokasyondaki (Eğirdir ve Gelendost) elma bahçesi topraklarına ait tanımlayıcı istatistik hem de derinliklere göre tüm lokasyonlardaki tanımlayıcı istatistik parametreleri belirlenmiştir.

4.1.1. Elma bahçelerinin 0-20 ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarına ait genel özellikler

Her iki lokasyondaki (Eğirdir ve Gelendost) 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki toprak örneklerinin pH özelliğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.1’de verilmiştir. Toprakların pH özelliğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (6.15-8.54), Eğirdir için (6.15-7.99), Gelendost için (7.51-8.54) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (5.88-8.58), Eğirdir için (5.88-8.07), Gelendost için (7.67-8.58) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.1. Elma bahçesi toprak örneklerinin pH özelliğine ait tanımlayıcı istatistik

pH (1:2.5)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	6.15	8.54	7.85±0.066	0.512	0.262	-1.21	1.57
Genel (20-40 cm)	5.88	8.58	7.95±0.066	0.513	0.263	-1.66	3.80
Eğirdir (0-20 cm)	6.15	7.99	7.49±0.090	0.483	0.234	-1.25	0.98
Eğirdir (20-40 cm)	5.88	8.07	7.60±0.094	0.508	0.258	-1.77	3.44
Gelendost (0-20 cm)	7.51	8.54	8.18±.046	0.254	0.064	-0.952	1.28
Gelendost (20-40 cm)	7.67	8.58	8.28±0.037	0.207	0.043	-0.850	1.20
pH için sınır değer***	Kuvvetli asit <4.5	Orta asit 4.5-5.5	Hafif asit 5.5-6.5	Nötr 6.5-7.5	Hafif alkali 7.5-8.5	Kuvvetli alkali >8.5	

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, *** Ülgen ve Yurtsever (1974), [†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Parametrik testlerin ön şartlarından verilerin normal dağılım göstermesi Shapiro-Wilk W testi ve varyansların homojenliği Levene testi (Özdamar, 2015) ile kontrol edilmiş ayrıca basıklık ve /veya çarpıklık katsayısı $< 2 \times \text{çarpıklığın standart hatası}$ ise normal dağılımdan bahsedilebilir, aynı yaklaşım basıklık için de geçerlidir (Berkman ve Reise, 2012) görüşü de göz önüne alınarak normal dağılım göstermeyen toprak özelliklerine normal dağılıma yaklaştırmak için Box-Cox transformasyonu uygulanmıştır. pH transformasyon sonrası normal dağılım göstermemiştir ve bu özellikte parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır.

Genel olarak her iki lokasyondan alınan yüzey ve yüzey altı topraklarının pH özelliğine ait çarpıklık değerleri incelendiğinde; sırasıyla -1.21 ve -1.66 olarak belirlenen negatif çarpıklık ilgili toprak özelliğinde düşük değerlerin bulunduğunu, zamanla pH'da bir azalmanın olduğunu, toprak oluşum süreci sırasında ortaya çıkan kayıpları ya da tarımsal uygulamalar neticesinde meydana gelen kayıpları ifade ettiği belirtilmiştir. Ayrıca Usta (1995)'e göre toprak oluşumunun ilerlemesi ya da horizonlaşmadaki artış ile toprak pH'sında bir azalma olduğu görülmüştür (Durgun vd., 2017). Bunun dışında meyve bahçelerindeki damla sulama sistemlerinin tıkanmasını önlemek amacıyla kullanılan asitlerin özellikle kireç içeriği düşük ve kaba bünyeli topraklarda pH'da düşmeye sebep olabileceği düşünülmüştür (Durgun vd., 2017; Gökmen vd., 2023b). Ayrıca H iyonu konsantrasyonu pH ifadesinde $-\log$ alınmış olması da negatif çarpıklığın nedenlerinden birisidir. Nitekim yüksek pozitif çarpıklığa sahip veri setinin logaritmasının alınması çarpıklığı önemli ölçüde düşürmektedir (Durgun vd., 2017). Yine aynı topraklardaki basıklık değerleri incelendiğinde; her iki derinlik için sırasıyla 1.57 ve 3.80 olarak pozitif basıklık katsayıları belirlenmiştir. Basıklıkta pozitif değerler sivri bir dağılımı, negatif değerler ise basık bir dağılımı göstermektedir. Pozitif basıklık değeri, mod değeri etrafında toplanma eğilimini, negatif basıklık değeri ise ilgili özellik açısından toprakların değişkenliğini göstermektedir (Berkman ve Reise, 2012). pH özelliğine ait basıklık değeri pozitif olduğu için bu özellik açısından elma bahçesi toprakları belli bir noktada yani mod değeri etrafında toplanmaktadır.

Toprak örneklerine ait pH değerleri Çizelge 4.1'de verilen sınıflandırmaya göre değerlendirildiğinde; genel tüm yüzey topraklarına ait pH (1:2.5) özelliği minimum değer (6.15) açısından hafif asit, maksimum değer (8.54) açısından kuvvetli alkali

sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait pH (1:2.5) özelliği minimum değer (5.88) açısından hafif asit, maksimum değer (8.58) açısından kuvvetli alkali sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; pH (1:2.5) minimum değer (6.15) açısından hafif asit, maksimum değer (7.99) açısından hafif alkali; Gelendost yüzey toprakları; pH (1:2.5) minimum değer (7.51) açısından hafif alkali, maksimum değer (8.54) açısından hafif alkali sınıfında yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; pH (1:2.5) minimum değer (5.88) açısından hafif asit, maksimum değer (8.07) açısından hafif alkali; Gelendost yüzey altı toprakları; pH (1:2.5) minimum değer (7.67) açısından hafif alkali, maksimum değer (8.58) açısından kuvvetli alkali sınıfında yer almaktadır (Ülgen ve Yurtsever, 1974).

Her iki lokasyondaki 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki toprak örneklerinin EC özelliğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.2’de verilmiştir. Toprakların EC özelliğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (0.092-0.586 dS/m), Eğirdir için (0.092-0.563 dS/m), Gelendost için (0.130-0.586 dS/m) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (0.090-0.720 dS/m), Eğirdir için (0.091-0.582 dS/m), Gelendost için (0.118-0.720 dS/m) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.2. Elma bahçesi toprak örneklerinin EC özelliğine ait tanımlayıcı istatistik

EC (dS/m)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	0.092	0.586	0.237±0.015	0.118	0.014	1.57	1.81
Genel (20-40 cm)	0.090	0.720	0.243±0.015	0.118	0.014	1.82	4.29
Eğirdir (0-20 cm)	0.092	0.563	0.254±0.022	0.120	0.014	1.22	1.02
Eğirdir (20-40 cm)	0.091	0.582	0.268±0.021	0.114	0.013	0.986	0.953
Gelendost (0-20 cm)	0.130	0.586	0.221±0.021	0.116	0.014	2.08	3.79
Gelendost (20-40 cm)	0.118	0.720	0.221±0.022	0.120	0.014	2.81	9.77
EC için sınır değer***	Düşük 0-2	Orta 2-4	Yüksek 4-8	Aşırı 8-16	Çok aşırı >16		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, *** Maas(1986),

†SH: standart hata ‡SS: standart sapma

Normal dağılıma yaklaştırmak için Box-Cox transformasyonu uygulandıkta sonra EC özelliği transformasyon sonrası normal dağılım göstermemiş ve bu özellikte parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır.

Her iki lokasyondan alınan yüzey ve yüzey altı topraklarının EC özelliğine ait çarpıklık değerleri incelendiğinde; sırasıyla 1.57 ve 1.82 olarak pozitif çarpıklık değerleri

bulunmuştur. Çarpıklık değerinin yüksek olması, normal dağılımdan sapma olduğunu ve bu değer yükseldikçe sapmanın derecesinin de artacağı belirtilmiştir. EC özelliğindeki pozitif kuyruklanmanın sebebinin ana materyal, topoğrafya, iklim gibi toprak oluşturan faktörlerin lokal etkileri olabileceği; sağdan çarpıklığın, topoğrafyanın, ana materyal, iklimin ve kısmen de sulama tipi ve sulama suyu özellikleri etkisiyle meydana gelen artışlardan kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Burada şüphesiz gübrelemeden kaynaklı bir artış da gerçekleşebilmektedir (Durgun vd., 2017; Gökmen vd., 2023a). Ayrıca çalışma alanının topoğrafyasındaki ve yüksek rakımlardaki kireçtaşıdan oluşan dağlık alanlardaki farklılıkların, toprak oluşumunda önemli farklılıklara neden olduğu belirtilmiştir (Gökmen vd., 2023b). Basıklık değerlerine bakıldığında ise, derinliklere göre sırasıyla 1.81 ve 4.29 olarak pozitif basıklık göstermektedir. Bu da toprakların bu özellikler açısından mod değeri etrafında toplandığına ve sivri bir dağılım gösterdiğine işaret etmektedir.

Toprak örneklerine ait EC değerleri Çizelge 4.2’de verilen sınıflandırmaya göre değerlendirildiğinde; genel tüm yüzey topraklarına ait EC özelliği minimum değer (0.092 dS/m) ve maksimum değer (0.586 dS/m) açısından düşük sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait EC özelliği minimum değer (0.090 dS/m) ve maksimum değer (0.720 dS/m) açısından düşük sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; EC özelliği minimum değer (0.092 dS/m) ve maksimum değer (0.563 dS/m); Gelendost yüzey toprakları; EC özelliği minimum değer (0.130 dS/m) ve maksimum değer (0.586 dS/m) açısından düşük sınıfta yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; EC özelliği minimum değer (0.091 dS/m) ve maksimum değer (0.582 dS/m); Gelendost yüzey altı toprakları; EC özelliği minimum değer (0.118 dS/m) ve maksimum değer (0.720 dS/m) açısından diğer topraklarda olduğu gibi düşük sınıfta yer almaktadır (Maas, 1986).

Eğirdir ve Gelendost lokasyonlarındaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin CaCO_3 içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.3’de verilmiştir. Toprakların CaCO_3 içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (%0.380-31.2), Eğirdir için (%0.385-31.2), Gelendost için (%5.72-20.9) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (%0.410-36.9), Eğirdir için (%0.411-36.9), Gelendost için (%5.08-22.4) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.3. Elma bahçesi toprak örneklerinin CaCO_3 içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

CaCO_3 (%)	Min.	Mak.	Ort. $\pm$ SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	0.380	31.2	10.2 $\pm$ 0.985	7.63	58.2	0.237	-0.745
Genel (20-40 cm)	0.410	36.9	10.8 $\pm$ 1.05	8.15	66.4	0.518	0.382
Eğirdir (0-20 cm)	0.385	31.2	4.94 $\pm$ 1.34	7.22	52.2	2.55	6.88
Eğirdir (20-40 cm)	0.411	36.9	5.96 $\pm$ 1.62	8.74	76.4	2.49	6.46
Gelendost (0-20 cm)	5.72	20.9	15.2 $\pm$ 0.663	3.69	13.6	-1.03	1.00
Gelendost (20-40 cm)	5.08	22.4	15.4 $\pm$ 0.688	3.83	14.7	-1.05	1.22
CaCO_3 için sınır değeri***	Az kireçli 0-1	Kireçli 1-5	Orta kireçli 5-15	Fazla kireçli 15-25	Çok fazla kireçli >25		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, *** Ülgen ve Yurtsever (1974), †SH: standart hata ‡SS: standart sapma

Topraklar CaCO_3 içeriği bakımından normal dağılıma yaklaştırılmak için bu özelliğe Box-Cox transformasyonu uygulanmış ancak bu özellik transformasyon sonrası normal dağılım için Shapiro-Wilk W testi ve varyansların homojenliği için Levene testi bakımından normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır.

Eğirdir ve Gelendost olmak üzere her iki lokasyondan alınan yüzey ve yüzey altı topraklarının CaCO_3 içeriğine ait çarpıklık değerleri sırasıyla 0.237 ve 0.518 olarak bulunmuştur. Bu değerler normal dağılıma yakındır yani sıfıra yakındır. Aynı şekilde basıklık değerleri sırasıyla -0.745 ve 0.382 olarak belirlenmiştir. Yine bu değerler de sıfıra yakın olarak bulunmuş ve basıklığın standart hatasının 2 katından düşük olarak hesaplanmıştır. Bu durumda normal dağılımdan bahsedilebilmektedir. Ancak lokasyon bazında ayrı ayrı değerlendirildiğinde derinliğe göre Eğirdir toprakları için sırasıyla 2.55 ve 2.49, Gelendost toprakları için -1.03 ve -1.05 olarak çarpıklık değerleri belirlenmiştir. Eğirdir için hem yüzey hem de yüzey altı toprakları sağdan çarpıklık göstermektedir yani CaCO_3 içeriği açısından yüksek değerlere sahip toprakların olduğunu göstermektedir. Nitekim Eğirdir topraklarının bu özellik için maksimum değeri derinliklere göre %31.2 ve %36.9'dur. Gelendost topraklarında ki soldan çarpıklık CaCO_3 içeriği açısından düşük değerlere sahip toprakların olduğunu göstermektedir. Basıklık katsayısı incelendiğinde; Eğirdir topraklarında derinliklere göre sırasıyla 6.88 ve 6.46 değerleri mod değeri etrafında toplanma eğilimini ve sivri bir dağılımı göstermektedir.

Toprak örneklerine ait CaCO_3 içerikleri Çizelge 4.3’de verilen sınıflandırmaya göre değerlendirildiğinde; genel tüm yüzey topraklarına ait CaCO_3 içeriği minimum değer (%0.380) açısından az kireçli, maksimum değer (%31.2) açısından çok fazla kireçli sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait CaCO_3 içeriği minimum değer (%0.410) açısından az kireçli, maksimum değer (%36.9) açısından çok fazla kireçli sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; CaCO_3 içeriği minimum değer (%0.385) açısından az kireçli, maksimum değer (%31.2) açısından çok fazla kireçli; Gelendost yüzey toprakları; CaCO_3 içeriği minimum değer (%5.72) açısından orta kireçli, maksimum değer (%20.9) açısından fazla kireçli sınıfında yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; CaCO_3 içeriği minimum değer (%0.411) açısından az kireçli, maksimum değer (%36.9) açısından çok fazla kireçli; Gelendost yüzey altı toprakları; CaCO_3 içeriği minimum değer (%5.08) açısından orta kireçli, maksimum değer (%22.4) açısından fazla kireçli sınıfında yer almaktadır (Ülgen ve Yurtsever, 1974).

Tüm lokasyonlardaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin organik madde içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.4’de belirtilmiştir. Toprakların organik madde içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (%1.45-4.15), Eğirdir için (%2.20-4.15), Gelendost için (%1.45-3.68) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (%0.970-4.43), Eğirdir için (%1.76-4.43), Gelendost için (%0.968-3.15) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.4. Elma bahçesi toprak örneklerinin organik madde içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

Organik madde (%)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	1.45	4.15	2.76±0.086	0.669	0.447	0.020	-0.600
Genel (20-40 cm)	0.970	4.43	2.25±0.104	0.807	0.651	0.620	0.179
Eğirdir (0-20 cm)	2.20	4.15	3.23±0.090	0.483	0.233	-0.101	-0.390
Eğirdir (20-40 cm)	1.76	4.43	2.76±0.135	0.725	0.526	0.647	-0.009
Gelendost (0-20 cm)	1.45	3.68	2.32±0.090	0.500	0.250	0.255	0.559
Gelendost (20-40 cm)	0.968	3.15	1.77±0.099	0.554	0.306	0.498	-0.196
Organik madde için sınır değer***	Çok az 0-1	Az 1-2	Orta 2-3	İyi 3-4	Yüksek >4		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, *** Ülgen ve Yurtsever (1974), [†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Toprakların organik madde içeriğinde transformasyon sonrası normal dağılım için Shapiro-Wilk W testi ve varyansların homojenliği için Levene testi yapılmış ancak normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır.

Eğirdir ve Gelendost lokasyonlarından alınan yüzey ve yüzey altı topraklarının organik madde içeriğine ait çarpıklık değerleri sırasıyla; 0.020 ve 0.620, basıklık katsayıları ise sırasıyla -0.600 ve 0.179 olarak belirlenmiştir. Hem çarpıklık hem de basıklık katsayıları bu katsayılarla ait standart hatasının 2 katından düşük olarak hesaplanmıştır. Ancak yukarıda bahsedilen normal dağılım ve varyansların homojenliği testlerine göre transformasyon sonrası normal dağılım göstermemektedir.

Toprak örneklerine ait organik madde içerikleri Çizelge 4.4’de verilen sınıflandırmaya göre değerlendirilmiş ve genel tüm yüzey topraklarına ait organik madde içeriği minimum değer (%1.45) açısından az, maksimum değer (%4.15) açısından yüksek sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait organik madde içeriği minimum değer (%0.970) açısından çok az, maksimum değer (%4.43) açısından yüksek sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; minimum değer (%2.20) açısından orta, maksimum değer (%4.15) açısından yüksek sınıfta bulunurken, Gelendost yüzey toprakları; minimum değer (%1.45) açısından az, maksimum değer (%3.68) açısından iyi sınıfta yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; minimum değer (%1.76) açısından az, maksimum değer (%4.43) açısından yüksek sınıfta yer alırken, Gelendost yüzey altı toprakları; minimum değer (%0.968) açısından çok az, maksimum değer (%3.15) açısından iyi sınıfta yer almaktadır (Ülgen ve Yurtsever, 1974).

Her iki lokasyondaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin kum, kil ve silt içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.5’de verilmiştir. Toprakların kum içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (%15.5-58.4), Eğirdir için (%17.5-58.4), Gelendost için (%15.5-50.7) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (%12.5-54.9), Eğirdir için (%13.0-54.9), Gelendost için (%12.5-44.2) aralığında değişmektedir. Toprakların kil içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (%23.8-56.3), Eğirdir için (%24.6-

56.3), Gelendost için (%23.8-49.0) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (%20.6-63.0), Eğirdir için (%20.6-63.0), Gelendost için (%24.8-51.5) aralığında değişmektedir. Toprakların silt içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm'deki genel tüm topraklar için (%13.3-48.5), Eğirdir için (%13.3-43.0), Gelendost için (%16.0-48.5) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (%15.0-49.5), Eğirdir için (%15.0-37.5), Gelendost için (%17.5-49.5) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.5. Elma bahçesi toprak örneklerinin kum, kil ve silt içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

Kum (%)	Min.	Mak.	Ort.±SH[†]	SS[†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	15.5	58.4	31.7±1.47	11.4	130	0.587	-0.790
Genel (20-40 cm)	12.5	54.9	30.7±1.50	11.6	135	0.587	-0.819
Eğirdir (0-20 cm)	17.5	58.4	36.2±2.21	11.9	142	0.072	-1.27
Eğirdir (20-40 cm)	13.0	54.9	35.3±2.42	13.1	171	-0.007	-1.40
Gelendost (0-20 cm)	15.5	50.7	27.4±1.65	9.19	84.5	1.11	0.946
Gelendost (20-40 cm)	12.5	44.2	26.4±1.46	8.14	66.3	0.798	-0.105
Kil (%)	Min.	Mak.	Ort.±SH[†]	SS[†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	23.8	56.3	37.6±1.11	8.59	73.8	0.081	-0.812
Genel (20-40 cm)	20.6	63.0	38.1±1.17	9.10	82.8	0.308	-0.277
Eğirdir (0-20 cm)	24.6	56.3	37.4±1.89	10.2	103	0.388	-1.21
Eğirdir (20-40 cm)	20.6	63.0	37.8±2.10	11.3	128	0.479	-0.840
Gelendost (0-20 cm)	23.8	49.0	37.7±1.25	6.96	48.4	-0.737	-0.315
Gelendost (20-40 cm)	24.8	51.5	38.3±1.18	6.59	43.4	-0.351	-0.148
Silt (%)	Min.	Mak.	Ort.±SH[†]	SS[†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	13.3	48.5	30.7±1.09	8.45	71.5	-0.076	-1.02
Genel (20-40 cm)	15.0	49.5	31.2±1.02	7.90	62.3	-0.011	-0.822
Eğirdir (0-20 cm)	13.3	43.0	26.4±1.26	6.78	46.0	0.421	0.218
Eğirdir (20-40 cm)	15.0	37.5	26.9±1.01	5.42	29.4	-0.108	-0.254
Gelendost (0-20 cm)	16.0	48.5	34.8±1.41	7.84	61.4	-0.848	-0.052
Gelendost (20-40 cm)	17.5	49.5	35.3±1.39	7.72	59.6	-0.827	0.094

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, [†]SH: standart hata [†]SS: standart sapma

Topraklara ait kum, kil ve silt içeriğinde transformasyon sonrası normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır.

Çarpıklık katsayısı açısından Eğirdir ve Gelendost lokasyonları 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprakların sadece kum içeriğinde pozitif çarpıklık görülmüş ve bu

değer 0.587 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık değerinin yüksek olması, normal dağılımdan sapma olduğunu ve bu değer yükseldikçe sapmanın derecesinin de artacağı ve yüksek çarpıklık değerlerinin hem toprak oluşum süreçleriyle hem de toprakların kullanım şekline kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Durgun vd., 2017; Gökmen vd., 2023b). Diğer özellikler için hem çarpıklık hem de basıklık katsayıları bu katsayılara ait standart hatanın 2 katından düşük olarak hesaplanmıştır. Ancak daha önce bahsedilen normal dağılım ve varyansların homojenliği testlerine göre transformasyon sonrası normal dağılım göstermemektedir.

Tüm lokasyonlardaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin Olsen-P içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.6’da verilmiştir. Toprakların Olsen-P içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (11.9-139 mg/kg), Eğirdir için (25.0-138 mg/kg), Gelendost için (11.9-131 mg/kg) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (8.50-92.1 mg/kg), Eğirdir için (16.9-92.1 mg/kg), Gelendost için (8.48-82.1 mg/kg) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.6. Elma bahçesi toprak örneklerinin Olsen-P içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

Olsen-P (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	11.9	139	54.2±4.14	32.1	1 029	1.04	0.503
Genel (20-40 cm)	8.50	92.1	38.4±2.77	21.5	462	1.11	0.405
Eğirdir (0-20 cm)	25.0	138	68.9±6.18	33.3	1 109	0.601	-0.634
Eğirdir (20-40 cm)	16.9	92.1	46.8±4.44	23.9	572	0.668	-0.854
Gelendost (0-20 cm)	11.9	131	40.5±4.34	24.1	583	1.83	5.52
Gelendost (20-40 cm)	8.48	82.1	30.4±2.79	15.5	241	1.46	3.00
Olsen-P için sınır değeri***	Çok düşük <2.5	Düşük 2.5-8	Orta 8-25	Yüksek 25-80	Çok yüksek >80		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, *** FAO (1980),

[†]SH: standart hata [†]SS: standart sapma

Topraklara ait Olsen-P içeriğinde transformasyon sonrası normal dağılım gösterdiği için parametrik yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır.

Eğirdir ve Gelendost lokasyonlarından alınan yüzey ve yüzey altı topraklarının Olsen-P içeriğine ait çarpıklık değerleri sırasıyla; 1.04 ve 1.11 olarak belirlenmiş ve sağdan çarpıklık göstermektedir. Basıklık değerleri standart hatasının 2 katından daha düşük

olarak bulunmuştur. Bu özellik için bulunan pozitif çarpıklık göreceli olarak toprakta bitki besin elementlerinin zenginleşmesini ya da yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu göstermektedir (Durgun vd., 2017; Gökmen vd., 2023b). Elma bahçeleri yüzey topraklarında Olsen-P özelliğine ait sağdan kuyruklanmaya elma bahçesi topraklarına yapılan gübreleme programlarının neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Olsen-P için maksimum değer 139 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu yüksek değerler elma bahçesi topraklarına fazla miktarda fosforlu gübre uygulandığını ve bu elementin yarayışlı formlarının topraktaki birikimini ve kirlilik tehlikesi oluşturabileceğini göstermektedir. Özellikle büyük yaştaki elma bahçelerinde yüksek değerler görülmüştür. Durgun vd. (2017), yaptıkları çalışmada toprak örneklerinde P içeriğinin frekans dağılımındaki sağdan kuyruklanmanın büyük ölçüde çalışma sahasındaki topraklara yapılan gübreleme programlarından kaynaklandığını düşünmüşlerdir. Ayrıca toprakların yarayışlı P içeriğine ait ortalama değer 43.55 mg/kg olmasının ve Olsen yöntemine göre yeterlilik üst sınırının (25 mg/kg) üzerinde olmasında fosforlu gübrelemenin etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Basıklık katsayısı açısından tüm topraklar birlikte değerlendirildiğinde yüksek basıklık katsayıları bulunmamıştır. Ancak lokasyon bazında özellikle Gelendost elma bahçesi toprakları için derinliklere göre sırasıyla 5.52 ve 3.00 değerleri belirlenmiştir. Bu şekilde yüksek değerlerin olması, aynı zamanda elma yetiştiriciliği yapan çiftçilerin benzer gübreleme uygulamaları yaptıklarının bir işareti olarak da değerlendirilebilir.

Toprak örneklerine ait Olsen-P içerikleri Çizelge 4.6'da verilen sınıflandırmaya göre değerlendirildiğinde; genel tüm yüzey topraklarına ait Olsen-P içeriği minimum değer (11.9 mg/kg) açısından orta, maksimum değer (139 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait minimum değer (8.50 mg/kg) açısından orta, maksimum değer (92.1 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; minimum değer (25.0 mg/kg) açısından orta, maksimum değer (138 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfında iken, Gelendost yüzey toprakları; minimum değer (11.9 mg/kg) açısından orta, maksimum değer (131 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfında yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; minimum değer (16.9 mg/kg) açısından orta, maksimum değer (92.1 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfında bulunurken, Gelendost yüzey altı toprakları; minimum değer (8.48 mg/kg) açısından orta, maksimum değer (82.1 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfında yer almaktadır (FAO, 1980).

Her iki lokasyondaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin N içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.7’de verilmiştir. Toprakların N içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (%0.073-0.208), Eğirdir için (%0.110-0.208), Gelendost için (%0.073-0.184) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (%0.050-0.220), Eğirdir için (%0.088-0.221), Gelendost için (%0.048-0.157) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.7. Elma bahçesi toprak örneklerinin N içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

N (%)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	0.073	0.208	0.138±0.004	0.033	0.001	0.022	-0.597
Genel (20-40 cm)	0.050	0.220	0.113±0.005	0.041	0.002	0.635	0.166
Eğirdir (0-20 cm)	0.110	0.208	0.162±0.004	0.024	0.001	-0.088	-0.394
Eğirdir (20-40 cm)	0.088	0.221	0.138±0.007	0.036	0.001	0.645	-0.018
Gelendost (0-20 cm)	0.073	0.184	0.116±0.004	0.025	0.001	0.261	0.560
Gelendost (20-40 cm)	0.048	0.157	0.089±0.005	0.028	0.001	0.479	-0.200
N için sınır değer***	Çok az <0.045	Az 0.045- 0.090	Yeterli 0.09-0.170	Fazla 0.170- 0.320	Çok fazla >0.320		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, *** FAO (1980),

†SH: standart hata ‡SS: standart sapma

Topraklara ait N içeriğinde, transformasyon sonrası normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Çarpıklık katsayısı açısından sadece 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda 0.635 olarak sağdan çarpıklık göstermektedir. Azot içeriği bakımından bazı topraklarda yüksek konsantrasyonun ya da zenginleşmenin olduğunu göstermektedir.

Eğirdir ve Gelendost lokasyonlarındaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin N içerikleri Çizelge 4.7’de verilen sınıflandırmaya göre değerlendirilmiş ve genel tüm yüzey topraklarına ait N içeriği minimum değer (%0.073) açısından az, maksimum değer (%0.208) açısından fazla sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait N içeriği minimum değer (%0.050) açısından az, maksimum değer (%0.220) açısından fazla sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; minimum değer (%0.110) açısından yeterli, maksimum değer (%0.208) açısından fazla sınıfında iken, Gelendost yüzey toprakları; minimum değer (%0.073) açısından az, maksimum değer (%0.184) açısından fazla sınıfında yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; minimum değer (%0.088) açısından az, maksimum değer (%0.221) açısından fazla

sınıfında, Gelendost yüzey altı toprakları; minimum değer (%0.048) açısından az, maksimum değer (%0.157) açısından yeterli sınıfta yer almaktadır (FAO, 1980).

Her iki lokasyondaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir Na (ÇDNa) içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.8’de verilmiştir. Toprakların ÇDNa içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (8.81-81.2 mg/kg), Eğirdir için (8.83-34.0 mg/kg), Gelendost için (8.81-81.2 mg/kg) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (10.1-47.6 mg/kg), Eğirdir için (10.4-30.6 mg/kg), Gelendost için (10.0-47.6 mg/kg) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.8. Elma bahçesi toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir Na içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

ÇDNa (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	8.81	81.2	18.1±0.056	0.433	0.188	4.45	27.1
Genel (20-40 cm)	10.1	47.6	19.1±0.038	0.291	0.085	1.39	4.26
Eğirdir (0-20 cm)	8.83	34.0	17.1±0.046	0.247	0.061	0.848	1.45
Eğirdir (20-40 cm)	10.4	30.6	19.4±0.042	0.227	0.052	-0.043	-0.610
Gelendost (0-20 cm)	8.81	81.2	19.1±0.100	0.556	0.309	4.03	19.4
Gelendost (20-40 cm)	10.0	47.6	18.8±0.062	0.343	0.118	1.79	4.71

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, [†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Topraklara ait çözünebilir+değişebilir Na içeriği, transformasyon sonrası normal dağılım gösterdiği için parametrik yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Çarpıklık katsayısı açısından 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 4.45 ve 1.39 olarak sağdan çarpıklık göstermektedir. Yüksek çarpıklık değerleri hem toprak oluşum süreçleriyle hem de toprakların kullanım şekline kaynaklanabilmektedir (Durgun vd., 2017; Gökmen vd., 2023b). Çözünebilir+değişebilir Na özelliğindeki pozitif kuyruklanmanın sebebinin ana materyal, topoğrafya, iklim gibi toprak oluşturan faktörlerin lokal etkileri olabileceği; özellikle Na gibi toprak özelliklerinde görülen sağdan çarpıklığın, topoğrafyanın, ana materyal, iklimin ve kısmen de sulama tipi ve sulama suyu özellikleri etkisiyle meydana gelen artışlardan kaynaklanabileceği düşünülmüştür (Durgun vd., 2017; Gökmen vd., 2023a). Ayrıca çalışma alanının topoğrafyasındaki ve yüksek rakımlardaki kireçtaşıdan oluşan dağlık alanlardaki farklılıkların, toprak oluşumunda önemli farklılıklara neden olduğu belirtilmiştir (Gökmen vd., 2023b). Basıklık

katsayıları derinliklere göre sırasıyla 27.1 ve 4.26 olarak saptanmıştır. Basıklıkta bu şekilde bulunan pozitif değerler sivri bir dağılımı göstermektedir. Ayrıca pozitif basıklık değeri, mod değeri etrafında toplanma eğilimini de göstermektedir.

Her iki lokasyondaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin çözünabilir+değişebilir K (ÇDK) içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.9'da verilmiştir. Toprakların ÇDK içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm'deki genel tüm topraklar için (67.1-702 mg/kg), Eğirdir için (88.9-702 mg/kg), Gelendost için (67.1-624 mg/kg) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (69.4-585 mg/kg), Eğirdir için (79.6-585 mg/kg), Gelendost için (69.4-527 mg/kg) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.9. Elma bahçesi toprak örneklerinin çözünabilir+değişebilir K içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

ÇDK (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	67.1	702	249±0.416	3.22	10.4	1.59	3.27
Genel (20-40 cm)	69.4	585	192±0.382	2.96	8.74	1.59	2.47
Eğirdir (0-20 cm)	88.9	702	256±0.510	2.75	7.54	2.68	10.7
Eğirdir (20-40 cm)	79.6	585	185±0.470	2.53	6.41	2.58	9.12
Gelendost (0-20 cm)	67.1	624	243±0.655	3.65	13.3	1.22	1.00
Gelendost (20-40 cm)	69.4	527	199±0.600	3.34	11.1	1.13	0.357
ÇDK için sınır değeri***	Çok az <50	Az 50-140	Yeterli 140-370	Fazla 370-1 000	Çok fazla >1 000		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, ***FAO (1980),

[†]SH: standart hata [†]SS: standart sapma

Topraklara ait çözünabilir+değişebilir K içeriği, transformasyon sonrası normal dağılım gösterdiği için parametrik yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Çarpıklık katsayısı açısından 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda 1.59 olarak sağdan çarpıklık göstermektedir. Çözünabilir+değişebilir K özelliğindeki pozitif kuyruklanmanın sebebinin ana materyal, topoğrafya, iklim gibi toprak oluşturan faktörlerin lokal etkileri olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca çözünabilir+değişebilir K gibi toprak özelliğinde görülen sağdan çarpıklığın sebeplerinin; topoğrafya, ana materyal, iklim ve kısmen de sulama tipi ve sulama suyu olabileceği belirtilmiştir (Durgun vd., 2017; Gökmen vd., 2023a). Basıklık katsayıları derinliklere göre sırasıyla 3.27 ve 2.47 olarak saptanmıştır. Basıklıkta bu şekilde bulunan pozitif değerler sivri bir dağılımı ve mod değeri etrafında toplanma eğilimini göstermektedir.

Eğirdir ve Gelendost lokasyonlarındaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir K içerikleri Çizelge 4.9’da verilen sınıflandırmaya göre değerlendirilmiş ve genel tüm yüzey topraklarına ait çözünebilir+değişebilir K içeriği minimum değer (67.1 mg/kg) açısından az, maksimum değer (702 mg/kg) açısından fazla sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait çözünebilir+değişebilir K içeriği minimum değer (69.4 mg/kg) açısından az, maksimum değer (585 mg/kg) açısından fazla sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; minimum değer (88.9 mg/kg) açısından az, maksimum değer (702 mg/kg) açısından fazla sınıfta iken, Gelendost yüzey toprakları; minimum değer (67.1 mg/kg) açısından az, maksimum değer (624 mg/kg) açısından fazla sınıfta yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; minimum değer (79.6 mg/kg) açısından az, maksimum değer (585 mg/kg) açısından fazla sınıfta, Gelendost yüzey altı toprakları; minimum değer (69.4 mg/kg) açısından az, maksimum değer (527 mg/kg) açısından fazla sınıfta yer almaktadır (FAO, 1980).

Eğirdir ve Gelendost lokasyonlarındaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir Ca (ÇDCa) içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.10’da verilmiştir. Toprakların ÇDCa içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (3 960-31 680 mg/kg), Eğirdir için (3 960-31 680 mg/kg), Gelendost için (4 520-12 680 mg/kg) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (4 080-35 520 mg/kg), Eğirdir için (4 080-35 520 mg/kg), Gelendost için (4 520-10 880 mg/kg) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.10. Elma bahçesi toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir Ca içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

ÇDCa (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	3 960	31 680	8 520±15.2	117	13 778	2.78	10.3
Genel (20-40 cm)	4 080	35 520	8 400±15.6	121	14 645	3.34	13.2
Eğirdir (0-20 cm)	3 960	31 680	10 440±27.8	150	22 437	1.91	4.91
Eğirdir (20-40 cm)	4 080	35 520	10 360±29.1	157	24 600	2.39	6.14
Gelendost (0-20 cm)	4 520	12 680	6 680±7.58	42.2	1 783	2.13	5.72
Gelendost (20-40 cm)	4 520	10 880	6 560±6.63	36.9	1 363	1.14	1.31
ÇDCa için sınır değer***	Çok az 0-380	Az 380-1 150	Yeterli 1 150-3 500	Fazla 3 500-10 000	Çok fazla >10 000		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, ***FAO (1980),
[†]SH: standart hata [†]SS: standart sapma

Topraklara ait çözünebilir+değişebilir Ca içeriği, transformasyon sonrası normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde, 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 2.78 ve 3.34 olarak sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. Bu özellikteki pozitif kuyruklanmanın sebebinin ana materyal, topoğrafya, iklim gibi toprak oluşturan faktörlerin lokal etkileri olabileceği düşünülmüştür (Durgun vd., 2017; Gökmen vd., 2023a). Ayrıca çalışma alanının topoğrafyasındaki ve yüksek rakımlardaki kireçtaşıdan oluşan dağlık alanlardaki farklılıkların, toprak oluşumunda önemli farklılıklara neden olduğu belirtilmiştir (Gökmen vd., 2023b). Basıklık katsayıları derinliklere göre sırasıyla 10.3 ve 13.2 olarak saptanmıştır. Basıklıkta bu şekilde bulunan pozitif değerler sivri bir dağılımı ve mod değeri etrafında toplanma eğilimini göstermektedir.

Eğirdir ve Gelendost lokasyonlarındaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir Ca içerikleri Çizelge 4.10'da verilen sınıflandırmaya göre değerlendirilmiş ve genel tüm yüzey topraklarına ait çözünebilir+değişebilir Ca içeriği minimum değer (3 960 mg/kg) açısından fazla, maksimum değer (31 680 mg/kg) açısından çok fazla sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait çözünebilir+değişebilir Ca içeriği minimum değer (4 080 mg/kg) açısından fazla, maksimum değer (35 520 mg/kg) açısından çok fazla sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; minimum değer (3 960 mg/kg) açısından fazla, maksimum değer (31 680 mg/kg) açısından çok fazla sınıfında iken, Gelendost yüzey toprakları; minimum değer (4 520 mg/kg) açısından fazla, maksimum değer (12 680 mg/kg) açısından çok fazla sınıfında yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; minimum değer (4 080 mg/kg) açısından fazla, maksimum değer (35 520 mg/kg) açısından çok fazla sınıfında, Gelendost yüzey altı toprakları; minimum değer (4 520 mg/kg) açısından fazla, maksimum değer (10 880 mg/kg) açısından çok fazla sınıfında yer almaktadır (FAO, 1980).

Tüm lokasyonlardaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir Mg (ÇDMg) içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.11'de verilmiştir. Toprakların ÇDMg içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm'deki genel tüm topraklar için (91.2-1 375 mg/kg), Eğirdir için (91.2-1 039 mg/kg), Gelendost için (197-1 375

mg/kg) aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (93.6-1 404 mg/kg), Eğirdir için (92.4-1 344 mg/kg), Gelendost için (166-1 404 mg/kg) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.11. Elma bahçesi toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir Mg içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

ÇDMg (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	91.2	1 375	569±1.22	9.47	89.7	0.726	1.67
Genel (20-40 cm)	93.6	1 404	566±1.30	10.1	102	1.03	2.68
Eğirdir (0-20 cm)	91.2	1 039	638±1.53	8.23	67.8	-0.266	1.20
Eğirdir (20-40 cm)	92.4	1 344	660±1.76	9.45	89.4	0.366	2.73
Gelendost (0-20 cm)	197	1 375	502±1.77	9.84	96.9	1.73	5.03
Gelendost (20-40 cm)	166	1 404	478±1.69	9.39	88.1	2.23	8.79
ÇDMg için sınır değeri***	Çok az 0-50	Az 50-150	Yeterli 150-480	Fazla 480-1 500	Çok fazla >1 500		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, ***FAO (1980),
[†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Topraklara ait çözünebilir+değişebilir Mg içeriği, transformasyon sonrası normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde, 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 0.726 ve 1.03 olarak sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. Bu özellikteki pozitif kuyruklanmanın sebebinin ana materyal, topoğrafya, iklim gibi toprak oluşturan faktörlerin lokal etkileri olabileceği düşünülmüştür. Burada şüphesiz gübrelemeden kaynaklı bir artış da gerçekleşebilmektedir (Durgun vd., 2017; Gökmen vd., 2023a). Ayrıca çalışma alanının topoğrafyasındaki ve yüksek rakımlardaki kireçtaşıdan oluşan dağlık alanlardaki farklılıkların, toprak oluşumunda önemli farklılıklara neden olduğu belirtilmiştir (Gökmen vd., 2023b). Basıklık katsayıları derinliklere göre sırasıyla 1.67 ve 2.68 olarak saptanmıştır. Basıklıkta bu şekilde bulunan pozitif değerler sivri bir dağılımı ve mod değeri etrafında toplanma eğilimini göstermektedir.

Eğirdir ve Gelendost lokasyonlarındaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin çözünebilir+değişebilir Mg içerikleri Çizelge 4.11’de verilen sınıflandırmaya göre değerlendirilmiş ve genel tüm yüzey topraklarına ait çözünebilir+değişebilir Mg içeriği minimum değer (91.2 mg/kg) açısından az, maksimum değer (1 375 mg/kg) açısından fazla sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey

altı topraklarına ait çözünebilir+değişebilir Mg içeriği minimum değer (93.6 mg/kg) açısından az, maksimum değer (1 404 mg/kg) açısından fazla sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; minimum değer (91.2 mg/kg) açısından az, maksimum değer (1 039 mg/kg) açısından fazla sınıfında iken, Gelendost yüzey toprakları; minimum değer (197 mg/kg) açısından yeterli, maksimum değer (1 375 mg/kg) açısından fazla sınıfında yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; minimum değer (92.4 mg/kg) açısından az, maksimum değer (1 344 mg/kg) açısından fazla sınıfında, Gelendost yüzey altı toprakları; minimum değer (166 mg/kg) açısından yeterli, maksimum değer (1 404 mg/kg) açısından fazla sınıfında yer almaktadır (FAO, 1980).

Tüm lokasyonlardaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin KDK özelliğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.12’de verilmiştir. Toprakların KDK özelliğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (11.5-36.1 cmol/kg), Eğirdir için (16.5-36.1 cmol/kg), Gelendost için (11.5-31.7 cmol/kg), aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (11.4-39.0 cmol/kg), Eğirdir için (15.1-39.0 cmol/kg), Gelendost için (11.4-30.4 cmol/kg), aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.12. Elma bahçesi toprak örneklerinin KDK özelliğine ait tanımlayıcı istatistik

KDK (cmol/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	11.5	36.1	23.3±0.792	6.14	37.6	0.129	-0.738
Genel (20-40 cm)	11.4	39.0	22.7±0.883	6.84	46.8	0.233	-0.754
Eğirdir (0-20 cm)	16.5	36.1	26.3±1.04	5.62	31.6	-0.158	-0.689
Eğirdir (20-40 cm)	15.1	39.0	26.4±1.18	6.34	40.2	-0.126	-0.765
Gelendost (0-20 cm)	11.5	31.7	20.5±0.950	5.29	28.0	0.347	-0.341
Gelendost (20-40 cm)	11.4	30.4	19.3 ±0.978	5.45	29.7	0.375	-0.526
KDK için sınır değer***	Çok düşük <6	Düşük 6-12	Orta 12-25	Yüksek 25-40	Çok yüksek >40		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, *** Hazelton ve Murphy (2016), [†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Topraklara ait KDK özelliği, transformasyon sonrası normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde, 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 0.129 ve 0.233 olarak sağdan çarpık bir dağılım göstermekte ve standart hatasının 2 katının altında bulunmaktadır.

Eğirdir ve Gelendost lokasyonlarındaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin KDK özelliği Çizelge 4.12’de verilen sınıflandırmaya göre değerlendirilmiş ve genel tüm yüzey topraklarına ait KDK özelliği minimum değer (11.5 cmol/kg) açısından düşük, maksimum değer (36.1 cmol/kg) açısından yüksek sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait KDK özelliği minimum değer (11.4 cmol/kg) açısından düşük, maksimum değer (39.0 cmol/kg) açısından yüksek sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; minimum değer (16.5 cmol/kg) açısından orta, maksimum değer (36.1 cmol/kg) açısından yüksek sınıfta iken, Gelendost yüzey toprakları; minimum değer (11.5 cmol/kg) açısından düşük, maksimum değer (31.7 cmol/kg) açısından yüksek sınıfta yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; minimum değer (15.1 cmol/kg) açısından orta, maksimum değer (39.0 cmol/kg) açısından yüksek sınıfta, Gelendost yüzey altı toprakları; minimum değer (11.4 cmol/kg) açısından düşük, maksimum değer (30.4 cmol/kg) açısından yüksek sınıfta yer almaktadır (Hazelton ve Murphy, 2016).

Tüm lokasyonlardaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin DTPA-Mn içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.13’de verilmiştir. Toprakların DTPA-Mn içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (13.2-144 mg/kg), Eğirdir için (13.9-144 mg/kg), Gelendost için (13.2-32.1 mg/kg), aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (11.4-93.4 mg/kg), Eğirdir için (11.4-93.4 mg/kg), Gelendost için (12.1-30.5 mg/kg), aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.13. Elma bahçesi toprak örneklerinin DTPA-Mn içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

DTPA-Mn (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	13.2	144	29.3±3.00	23.2	540	3.75	15.5
Genel (20-40 cm)	11.4	93.4	26.3±2.03	15.7	248	2.69	8.34
Eğirdir (0-20 cm)	13.9	144	38.3±5.74	30.9	955	2.57	6.64
Eğirdir (20-40 cm)	11.4	93.4	33.2±3.74	20.1	406	1.74	3.07
Gelendost (0-20 cm)	13.2	32.1	21.0±0.834	4.64	21.6	0.876	0.667
Gelendost (20-40 cm)	12.1	30.5	19.8±0.795	4.43	19.6	0.895	0.715
DTPA-Mn için sınır değeri***	Çok az <4	Az 4-14	Yeterli 14-50	Fazla 50-170	Çok fazla >170		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, ***FAO (1980),

[†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Topraklara ait DTPA-Mn içeriği, transformasyon sonrası normal dağılım gösterdiği için parametrik yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde, 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 3.75 ve 2.69 olarak sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. Çarpıklık değerinin yüksek olması, normal dağılımdan sapma olduğunu ve bu değer yükseldikçe sapmanın derecesinin de artacağı belirtilmiştir. Aynı zamanda pozitif çarpıklık göreceli olarak toprakta bitki besin elementlerinin zenginleşmesini ya da yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca yüksek çarpıklık değerleri hem toprak oluşum süreçleriyle hem de toprakların kullanım şekline kaynaklanabilmektedir (Durgun vd., 2017; Gökmen vd., 2023b). Elma bahçeleri yüzey topraklarında DTPA-Mn, içeriğine ait sağdan kuyruklanmaya elma bahçesi topraklarına yapılan gübreleme programlarının neden olabileceği düşünülmektedir. Yine aynı şekilde DTPA-Mn için maksimum değer 144 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu yüksek değer elma bahçesi topraklarına fazla miktarda Mn'li gübre uygulandığını ve bu elementlerin yayılsız formlarının topraktaki birikimini ve kirlilik tehlikesi olabileceğini göstermektedir. Özellikle büyük yaştaki elma bahçelerinde yüksek değerler görülmüştür. Basıklık katsayısı ise derinliklere göre sırasıyla 15.5 ve 8.34 olarak belirlenmiştir. Bu pozitif basıklık katsayıları sivri bir dağılım olduğunu göstermektedir.

Eğirdir ve Gelendost lokasyonlarındaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin DTPA-Mn içeriği Çizelge 4.13'de verilen sınıflandırmaya göre değerlendirilmiş ve genel tüm yüzey topraklarına ait DTPA-Mn içeriği minimum değer (13.2 mg/kg) açısından az, maksimum değer (144 mg/kg) açısından fazla sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait DTPA-Mn içeriği minimum değer (11.4 mg/kg) açısından az, maksimum değer (93.4 mg/kg) açısından fazla sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; minimum değer (13.9 mg/kg) açısından az, maksimum değer (144 mg/kg) açısından fazla sınıfında iken, Gelendost yüzey toprakları; minimum değer (13.2 mg/kg) açısından az, maksimum değer (32.1 mg/kg) açısından yeterli sınıfında yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; minimum değer (11.4 mg/kg) açısından az, maksimum değer (93.4 mg/kg) açısından fazlasınıfta, Gelendost yüzey altı toprakları; minimum değer (12.1 mg/kg) açısından az, maksimum değer (30.5 mg/kg) açısından yeterli sınıfında yer almaktadır (FAO, 1980).

Her iki lokasyondaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin DTPA-Zn içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.14’de verilmiştir. Toprakların DTPA-Zn içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (0.256-40.6 mg/kg), Eğirdir için (0.667-9.23 mg/kg), Gelendost için (0.256-40.6 mg/kg), aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (0.200-18.4 mg/kg), Eğirdir için (0.471-6.02 mg/kg), Gelendost için (0.199-18.4 mg/kg), aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.14. Elma bahçesi toprak örneklerinin DTPA-Zn içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

DTPA-Zn (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	0.256	40.6	4.60±0.800	6.19	38.4	4.18	20.9
Genel (20-40 cm)	0.200	18.4	2.44±0.379	2.94	8.62	3.97	18.5
Eğirdir (0-20 cm)	0.667	9.23	4.29±0.473	2.55	6.50	0.815	-0.538
Eğirdir (20-40 cm)	0.471	6.02	2.42±0.230	1.24	1.53	1.16	1.63
Gelendost (0-20 cm)	0.256	40.6	4.90±1.49	8.32	69.2	3.38	12.1
Gelendost (20-40 cm)	0.199	18.4	2.46±0.708	3.94	15.5	3.29	11.0
DTPA-Zn için sınır değeri***	Çok az <0.2	Az 0.2-0.7	Yeterli 0.7-2.4	Fazla 2.4-8	Çok fazla >8		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, ***FAO (1980), [†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Topraklara ait DTPA-Zn içeriği, transformasyon sonrası normal dağılım gösterdiği için parametrik yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde, 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 4.18 ve 3.97 olarak sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. Çarpıklık değerinin yüksek olması, normal dağılımdan sapma olduğunu ve bu değer yükseldikçe sapmanın derecesinin de artacağı belirtilmiştir. DTPA-Zn için maksimum değer 40.6 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu yüksek değerler elma bahçesi topraklarına fazla miktarda Zn içeren gübre uygulandığını ve bu elementlerin yarayışlı formlarının topraktaki birikimini ve kirlilik tehlikesi olabileceğini göstermektedir. Özellikle büyük yaştaki elma bahçelerinde yüksek değerler görülmüştür. Durgun vd. (2017), yüksek çarpıklık değerlerinin Atabey Ovası’nda önemli miktarda Zn gübrelemesi yapıldığını, yarayışlı Zn özelliğinde de yüksek konsantrasyonların görüldüğünü ve Zn için potansiyel toksiklik tehlikesi bulunduğunu söylemişlerdir. Basıklık katsayısı ise tüm topraklar için derinliklere göre sırasıyla 20.9 ve 18.5 olarak belirlenmiştir. Ayrıca Gelendost topraklarında da derinliklere göre sırasıyla 12.1 ve 11.0 şeklinde yüksek değerler bulunmuştur. Bu pozitif basıklık katsayıları sivri bir dağılım olduğunu ve toprakların

bu özellik açısından mod değeri etrafında toplandığını göstermektedir. Aynı zamanda bu şekilde yüksek değerlerin olması, elma yetiştiriciliği yapan çiftçilerin benzer gübreleme ve ilaçlama uygulamaları yaptıklarının bir işareti olarak da değerlendirilebilir.

Eğirdir ve Gelendost lokasyonlarındaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin DTPA-Zn içeriği Çizelge 4.14’de verilen sınıflandırmaya göre değerlendirilmiş ve genel tüm yüzey topraklarına ait DTPA-Zn içeriği minimum değer (0.256 mg/kg) açısından az, maksimum değer (40.6 mg/kg) açısından çok fazla sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait DTPA-Zn içeriği minimum değer (0.200 mg/kg) açısından az, maksimum değer (18.4 mg/kg) açısından çok fazla sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; minimum değer (0.667 mg/kg) açısından az, maksimum değer (9.23 mg/kg) açısından çok fazla sınıfında iken, Gelendost yüzey toprakları; minimum değer (0.256 mg/kg) açısından az, maksimum değer (40.6 mg/kg) açısından çok fazla sınıfında yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; minimum değer (0.471 mg/kg) açısından az, maksimum değer (6.02 mg/kg) açısından fazla sınıfında, Gelendost yüzey altı toprakları; minimum değer (0.199 mg/kg) açısından çok az, maksimum değer (18.4 mg/kg) açısından çok fazla sınıfında yer almaktadır (FAO, 1980).

Her iki lokasyondaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin DTPA-Cu içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.15’de verilmiştir. Toprakların DTPA-Cu içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (1.65-80.5 mg/kg), Eğirdir için (2.98-49.9 mg/kg), Gelendost için (1.65-80.5 mg/kg), aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (1.38-48.5 mg/kg), Eğirdir için (2.84-48.1 mg/kg), Gelendost için (1.38-48.5 mg/kg), aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.15. Elma bahçesi toprak örneklerinin DTPA-Cu içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

DTPA-Cu (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	1.65	80.5	18.3±1.97	15.3	234	1.51	3.36
Genel (20-40 cm)	1.38	48.5	12.0±1.47	11.4	130	1.69	2.52
Eğirdir (0-20 cm)	2.98	49.9	24.6±2.33	12.5	157	-0.001	-0.695
Eğirdir (20-40 cm)	2.84	48.1	16.6±2.21	11.9	142	1.10	0.532
Gelendost (0-20 cm)	1.65	80.5	12.4±2.78	15.5	239	3.38	13.1
Gelendost (20-40 cm)	1.38	48.5	7.66±1.63	9.10	82.8	3.34	13.6
DTPA-Cu için sınır değeri***	Çok düşük <0,3	Düşük 0.3-0.8	Orta 0.9-1.2	Yüksek 1.3-2.5	Çok yüksek >2.5		

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, ***Jones (2001), [†]SH: standart hata [†]SS: standart sapma

Topraklara ait DTPA-Cu içeriği, transformasyon sonrası normal dağılım gösterdiği için parametrik yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde, 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 1.51 ve 1.69 olarak sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. Çarpıklık değerinin yüksek olması ve pozitif çarpıklık göreceli olarak toprakta bitki besin elementlerinin zenginleşmesini ya da yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu göstermektedir. DTPA-Cu içeriğine ait maksimum değerin 80.5 mg/kg olmasının sebebi, elma bahçelerine yapılan mikro element gübresi ve elmada özellikle kara leke hastalığı için kullanılan Cu içeren bordo bulamacının yoğun bir şekilde kullanımıdır. Durgun vd. (2017), yüksek çarpıklık değerlerinin Atabey Ovası'nda önemli miktarda Cu gübrelemesi yapıldığını, yarayışlı Cu içeriğinde 37.4 mg/kg gibi yüksek değerlerin olmasının söz konusu ovada Cu gübrelemesi ya da bordo bulamacı ve diğer Cu içeren preparatların kullanımının olumsuz etkilerinden dolayı olduğunu belirtmişlerdir. Basıklık katsayısı ise derinliklere göre sırasıyla 3.36 ve 2.52 olarak belirlenmiştir. Bu pozitif basıklık katsayıları sivri bir dağılım olduğunu ve toprakların bu özellik açısından mod değeri etrafında toplandığını göstermektedir. Ayrıca Gelendost topraklarında da derinliklere göre sırasıyla 13.1 ve 13.6 şeklinde yüksek değerler bulunmuştur. Bu pozitif basıklık katsayıları sivri bir dağılım olduğunu ve toprakların bu özellik açısından mod değeri etrafında toplandığını göstermektedir. Aynı zamanda bu şekilde yüksek değerlerin olması, elma yetiştiriciliği yapan çiftçilerin benzer gübreleme ve ilaçlama uygulamaları yaptıklarının bir işareti olarak da değerlendirilebilir.

Tüm lokasyonlarındaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin DTPA-Cu içeriği Çizelge 4.15’de verilen sınıflandırmaya göre değerlendirilmiş ve genel tüm yüzey topraklarına ait DTPA-Cu içeriği minimum değer (1.65 mg/kg) açısından yüksek, maksimum değer (80.5 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait DTPA-Cu içeriği minimum değer (1.38 mg/kg) açısından yüksek, maksimum değer (48.5 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; minimum değer (2.98 mg/kg) açısından çok yüksek, maksimum değer (49.9 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfta iken, Gelendost yüzey toprakları; minimum değer (1.65 mg/kg) açısından yüksek, maksimum değer (80.5 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfta yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; minimum değer (2.84 mg/kg) açısından çok yüksek, maksimum değer (48.1 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfta, Gelendost yüzey altı toprakları; minimum değer (1.38 mg/kg) açısından yüksek, maksimum değer (48.5 mg/kg) açısından çok yüksek sınıfta yer almaktadır (Jones, 2001).

Her iki lokasyondaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin DTPA-Fe içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.16’da verilmiştir. Toprakların DTPA-Fe içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm’deki genel tüm topraklar için (3.00-87.2 mg/kg), Eğirdir için (12.3-87.2 mg/kg), Gelendost için (2.95-15.9 mg/kg), aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (3.90-64.2 mg/kg), Eğirdir için (13.3-64.2 mg/kg), Gelendost için (3.87-17.9 mg/kg) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.16. Elma bahçesi toprak örneklerinin DTPA-Fe içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

DTPA-Fe (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	3.00	87.2	20.8±2.21	17.1	292	1.55	2.75
Genel (20-40 cm)	3.90	64.2	19.2±1.91	14.8	218	1.30	1.20
Eğirdir (0-20 cm)	12.3	87.2	33.7±3.05	16.4	270	1.32	2.54
Eğirdir (20-40 cm)	13.3	64.2	30.7 ±2.54	13.7	187	0.920	0.489
Gelendost (0-20 cm)	2.95	15.9	8.75±0.595	3.31	11.0	0.290	-0.610
Gelendost (20-40 cm)	3.87	17.9	8.48±0.538	2.99	8.96	0.875	2.12
DTPA-Fe için sınır değeri***	Az <2.5	Orta 2.5-4.5	Fazla >4.5				

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, *** Lindsay ve Norwell (1978), [†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Topraklara ait DTPA-Fe içeriği, transformasyon sonrası normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan yöntemler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde, 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 1.55 ve 1.30 olarak sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. Çarpıklık değerinin yüksek olması ve sağdan kuyruklanma göreceli olarak toprakta bitki besin elementlerinin zenginleşmesini ya da yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu ve elma bahçesi topraklarına yapılan gübreleme programlarının neden olabileceğini göstermektedir. Durgun vd. (2017) yaptıkları çalışmada toprak örneklerinde Fe'nin frekans dağılımındaki sağdan kuyruklanmanın büyük ölçüde çalışma sahasındaki topraklara yapılan gübreleme programlarından kaynaklandığını düşünmüşlerdir. Dahası yüksek çarpıklık değerlerinin Atabey Ovası'nda önemli miktarda Fe gübrelemesi yapıldığını gösterebileceğini belirtmişlerdir. Basıklık katsayısı ise derinliklere göre sırasıyla 2.75 ve 1.20 olarak belirlenmiştir. Bu pozitif basıklık katsayıları sivri bir dağılım olduğunu ve toprakların bu özellik açısından mod değeri etrafında toplandığını göstermektedir.

Tüm lokasyonlarındaki yüzey ve yüzey altından alınan toprak örneklerinin DTPA-Fe içeriği Çizelge 4.16'da verilen sınıflandırmaya göre değerlendirilmiş ve genel tüm yüzey topraklarına ait DTPA-Fe içeriği minimum değer (3.00 mg/kg) açısından orta, maksimum değer (87.2 mg/kg) açısından fazla sınıfına girmektedir. Genel tüm yüzey altı topraklarına ait DTPA-Fe içeriği minimum değer (3.90 mg/kg) açısından orta, maksimum değer (64.2 mg/kg) açısından fazla sınıfına girmektedir. Eğirdir yüzey toprakları; minimum değer (12.3 mg/kg) açısından fazla, maksimum değer (87.2 mg/kg) açısından fazla sınıfta iken, Gelendost yüzey toprakları; minimum değer (2.95 mg/kg) açısından orta, maksimum değer (15.9 mg/kg) açısından fazla sınıfta yer almaktadır. Eğirdir yüzey altı toprakları; minimum değer (13.3 mg/kg) açısından fazla, maksimum değer (64.2 mg/kg) açısından fazla sınıfta, Gelendost yüzey altı toprakları; minimum değer (3.87 mg/kg) açısından orta, maksimum değer (17.9 mg/kg) açısından fazla sınıfta yer almaktadır (Lindsay ve Norwell, 1978).

Her iki lokasyondaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin toplam P ve toplam Fe içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.17'de verilmiştir. Toprakların toplam P içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm'deki genel tüm topraklar için (421-1 499

mg/kg), Eğirdir için (537-1 499 mg/kg), Gelendost için (421-1 058 mg/kg), aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (378-1 367 mg/kg), Eğirdir için (405-1 367 mg/kg), Gelendost için (378-919 mg/kg), aralığında değişmektedir. Toprakların toplam Fe içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm'deki genel tüm topraklar için (17 519-41 233 mg/kg), Eğirdir için (17 519-41 233 mg/kg), Gelendost için (23 063-32 493 mg/kg), aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (17 917-39 793 mg/kg), Eğirdir için (17 917-39 793 mg/kg), Gelendost için (23 535-33 620 mg/kg) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.17. Elma bahçesi toprak örneklerinin toplam P ve Fe içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

Toplam P (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH[†]	SS[†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	421	1 499	771±30.3	234	54 967	0.861	0.730
Genel (20-40 cm)	378	1 367	655±27.5	213	45 270	1.31	2.38
Eğirdir (0-20 cm)	537	1 499	837±46.3	249	62 095	1.14	0.821
Eğirdir (20-40 cm)	405	1 367	716± 45.0	243	58 814	1.34	1.79
Gelendost (0-20 cm)	421	1 058	710±36.9	205	42 203	0.263	-1.38
Gelendost (20-40 cm)	378	919	597±29.5	164	27 023	0.418	-1.24
Toplam Fe (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH[†]	SS[†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	17 519	41 233	28 246±542	4 199	17 629 662	0.338	1.89
Genel (20-40 cm)	17 917	39 793	28 481±523	4 053	16 425 064	0.296	1.31
Eğirdir (0-20 cm)	17 519	41 233	28 898±1 045	5 626	31 657 238	-0.032	0.185
Eğirdir (20-40 cm)	17 917	39 793	29 235±996	5 363	28 767 012	-0.136	-0.079
Gelendost (0-20 cm)	23 063	32 493	27 636±374	2 081	4 329 547	0.312	0.074
Gelendost (20-40 cm)	23 535	33 620	27 776±376	2 095	4 389 957	0.485	0.785

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, [†]SH: standart hata [†]SS: standart sapma

Topraklara ait toplam P içeriği, transformasyon sonrası normal dağılım gösterirken, toplam Fe içeriği normal dağılım göstermemiştir. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde, toplam P için 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 0.861 ve 1.31 olarak sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. Çarpıklık değeri bakımından sağdan kuyruklanma göreceli olarak toprakta bitki besin elementlerinin zenginleşmesini ya da yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu ve elma bahçesi topraklarına yapılan gübreleme programlarının neden olabileceğini göstermektedir. Olsen-P'de olduğu gibi toplam P'da sağdan çarpıklık görülmüştür. Basıklık katsayısı ise 20-40 cm için 2.38 olarak belirlenmiştir. Toplam Fe için basıklık katsayısı derinliklere göre sırasıyla 1.89 ve 1.31 olarak bulunmuştur. Bu pozitif basıklık

katsayıları sivri bir dağılım olduğunu ve toprakların bu özellik açısından mod değeri etrafında toplandığını göstermektedir.

Dünya geneli toprakların toplam P içeriği 430 mg/kg (Hazelton ve Murphy, 2016), yer kabuğunun toplam P içeriği 1 000 ve 1 050 mg/kg (Lide, 2005; Hazelton ve Murphy, 2016) olarak verilmiştir (Çizelge 4.18) ve elma bahçesi toprakları minimum miktarı (421 mg/kg) dünya toprakları ve yer kabuğuna kıyasla daha düşük, maksimum miktar (1 499 mg/kg) ise daha yüksektir. Dünya geneli toprakların toplam Fe içeriği 26 000 mg/kg (Hazelton ve Murphy, 2016); 35 000 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011), yer kabuğunun toplam Fe içeriği 41 000, 45 000-50 000 ve 56 300 mg/kg (Lide, 2005; Kabata-Pendias, 2011; Hazelton ve Murphy, 2016) olarak bulunmuş (Çizelge 4.18) ve elma bahçesi toprakları minimum miktarı (17 519 mg/kg) dünya toprakları ve yer kabuğuna kıyasla daha düşük, maksimum miktarı (41 233 mg/kg) ise dünya topraklarından daha yüksek ancak yer kabuğundan daha düşüktür.

Çizelge 4.18. Dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşına ait toplam P ve Fe konsantrasyonları

Topraklar	Toplam P (mg/kg)	Toplam Fe (mg/kg)	Kaynak
Topraklar	430	26 000	(Hazelton ve Murphy, 2016)
Dünya Toprakları	-	35 000	(Kabata-Pendias, 2011)
Yer Kabuğu	1 000	41 000	(Hazelton ve Murphy, 2016)
Yer Kabuğu	1 050	56 300	(Lide, 2005)
Yer Kabuğu	-	45 000-50 000	(Kabata-Pendias, 2011)

Elma bahçesi yüzey altı toprakları minimum toplam P miktarı (378 mg/kg) dünya toprakları ve yer kabuğuna kıyasla daha düşük, maksimum miktar (1 367 mg/kg) ise daha yüksektir. Elma bahçesi toprakları minimum toplam Fe miktarı (17 917 mg/kg) dünya toprakları ve yer kabuğuna kıyasla daha düşük, maksimum miktarı (39 793 mg/kg) ise dünya topraklarından daha yüksek ancak yer kabuğundan daha düşüktür.

Eğirdir elma bahçesi yüzey toprakları minimum toplam P içeriği (537 mg/kg) dünya topraklarından yüksek ancak yer kabuğuna kıyasla daha düşüktür. Toplam P'ye ait maksimum içerik (1 499 mg/kg) ise hem dünya toprakları hem de yer kabuğundan daha yüksektir. Eğirdir elma bahçesi yüzey toprakları minimum toplam Fe miktarı (17 519 mg/kg) dünya toprakları ve yer kabuğuna kıyasla daha düşük, maksimum miktarı

(41 233 mg/kg) ise dünya topraklarından daha yüksek ancak yer kabuğundan daha düşüktür.

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprakları minimum toplam P içeriği (405 mg/kg) dünya toprakları ve yer kabuğuna kıyasla daha düşüktür. Toplam P'ye ait maksimum içerik (1 367 mg/kg) ise hem dünya toprakları hem de yer kabuğundan daha yüksektir. Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprakları minimum toplam Fe miktarı (17 917 mg/kg) dünya toprakları ve yer kabuğuna kıyasla daha düşüktür. Toprakların toplam Fe miktarına ait maksimum değer (39 793 mg/kg) ise dünya topraklarından daha yüksek ancak yer kabuğundan daha düşüktür (Çizelge 4.18).

Gelendost elma bahçesi yüzey toprakları minimum toplam P içeriği (421 mg/kg) dünya toprakları ve yer kabuğuna kıyasla daha düşüktür. Toplam P'ye ait maksimum içerik (1 058 mg/kg) ise hem dünya toprakları hem de yer kabuğundan daha yüksektir. Yüzey toprakları minimum toplam Fe miktarı (23 063 mg/kg) dünya toprakları ve yer kabuğuna kıyasla daha düşük, maksimum miktarı (32 493 mg/kg) ise dünya topraklarına ait 26 000 mg/kg değerinden daha yüksek ancak yer kabuğundan daha düşüktür.

Gelendost elma bahçesi yüzey altı toprakları minimum toplam P içeriği (378 mg/kg) dünya toprakları ve yer kabuğuna kıyasla daha düşüktür. Toplam P'ye ait maksimum içerik (919 mg/kg) ise dünya topraklarının toplam P içeriğinden daha yüksekken, yer kabuğununkinden daha düşüktür. Gelendost elma bahçesi yüzey altı toprakları minimum toplam Fe miktarı (23 535 mg/kg) dünya toprakları ve yer kabuğuna kıyasla daha düşük, maksimum miktarı (32 620 mg/kg) ise dünya topraklarına ait 26 000 mg/kg değerinden daha yüksek ancak yer kabuğundan daha düşüktür.

Tüm lokasyonlardaki 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin toplam Mn, Zn ve Cu içeriğine ait tanımlayıcı istatistik sonucu, hem genel olarak hem de lokasyonlara göre Çizelge 4.19'da verilmiştir. Toprakların toplam Mn içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm'deki genel tüm topraklar için (291-1 236 mg/kg), Eğirdir için (291-1 236 mg/kg), Gelendost için (402-649 mg/kg), aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (254-1 221 mg/kg), Eğirdir için (254-1 221 mg/kg), Gelendost için (409-665 mg/kg), aralığında değişmektedir.

Toprakların toplam Zn içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm'deki genel tüm topraklar için (53.6-333 mg/kg), Eğirdir için (53.6-174 mg/kg), Gelendost için (56.4-333 mg/kg), aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (48-113 mg/kg), Eğirdir için (48.0-109 mg/kg), Gelendost için (54.0-113 mg/kg) aralığında değişmektedir. Toprakların toplam Cu içeriğine ait minimum ve maksimum değerler; 0-20 cm'deki genel tüm topraklar için (27.1-193 mg/kg), Eğirdir için (32.3-124 mg/kg), Gelendost için (27.1-193 mg/kg), aralığında değişirken; 20-40 cm derinlikteki genel tüm topraklar için (24.9-122 mg/kg), Eğirdir için (32.0-111 mg/kg), Gelendost için (24.9-122 mg/kg) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.19. Elma bahçesi toprak örneklerinin toplam Mn, Zn ve Cu içeriğine ait tanımlayıcı istatistik

Toplam Mn (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH[†]	SS[†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	291	1 236	561±24.8	192	36 763	1.60	2.58
Genel (20-40 cm)	254	1 221	570±25.8	200	39 914	1.35	1.52
Eğirdir (0-20 cm)	291	1 236	631±47.0	253	64 106	0.659	-0.347
Eğirdir (20-40 cm)	254	1 221	649±48.4	261	68 070	0.385	-0.822
Gelendost (0-20 cm)	402	649	496±10.3	57.6	3 312	0.813	0.391
Gelendost (20-40 cm)	409	665	496±10.2	57.1	3 256	0.904	1.03
Toplam Zn (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH[†]	SS[†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	53.6	333	83.7±4.98	38.6	1 490	5.00	30.4
Genel (20-40 cm)	48.0	113	73.1±1.85	14.3	205	0.789	0.592
Eğirdir (0-20 cm)	53.6	174	84.5±4.15	22.3	498	2.25	8.47
Eğirdir (20-40 cm)	48.0	109	76.3±2.79	15.0	225	-0.052	-0.204
Gelendost (0-20 cm)	56.4	333	82.9±8.91	49.6	2 463	4.63	23.2
Gelendost (20-40 cm)	54.0	113	70.1±2.37	13.2	174	1.91	4.25
Toplam Cu (mg/kg)	Min.	Mak.	Ort.±SH[†]	SS[†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
Genel (0-20 cm)	27.1	193	67.2±4.21	32.6	1 064	1.32	2.58
Genel (20-40 cm)	24.9	122	53.5±3.11	24.1	579	1.09	0.443
Eğirdir (0-20 cm)	32.3	124	81.1±4.68	25.2	635	0.135	-0.482
Eğirdir (20-40 cm)	32.0	111	65.0 ±4.21	22.7	513	0.627	-0.738
Gelendost (0-20 cm)	27.1	193	54.1±6.05	33.7	1 135	2.92	10.0
Gelendost (20-40 cm)	24.9	122	42.7±3.65	20.3	412	2.44	7.17

*Çarpıklığın standart hatası sırasıyla: 0.309, 0.434, 0.421 **Basıklığın standart hatası sırasıyla: 0.608, 0.845, 0.821, [†]SH: standart hata [†]SS: standart sapma

Topraklara ait toplam Mn, Zn ve Cu içeriği, transformasyon sonrası normal dağılım normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan testlerle istatistiksel analizler yapılmıştır. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde, toplam Mn için 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 1.60 ve 1.35, toplam Zn için 0-20 cm ve 20-40

cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 5.00 ve 0.789, toplam Cu için 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda sırasıyla 1.32 ve 1.09 olarak sağdan çarpık bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Çarpıklık değeri bakımından sağdan kuyruklanma göreceli olarak toprakta bitki besin elementlerinin zenginleşmesini ya da yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu ve elma bahçesi topraklarına yapılan gübreleme programlarının neden olabileceğini göstermektedir. Basıklık katsayısı toplam Mn için derinliklere göre sırasıyla 2.58 ve 1.52, olarak belirlenmiştir. Toplam Fe için basıklık katsayısı derinliklere göre sırasıyla 1.89 ve 1.31, toplam Zn için 0-20 cm’de 30.4 ve toplam Cu için 0-20 cm’de 2.58 olarak bulunmuştur. Bu pozitif basıklık katsayıları sivri bir dağılım olduğunu ve toprakların bu özellik açısından mod değeri etrafında toplandığını göstermektedir.

Dünya topraklarının toplam Mn içeriği 7-9 200 mg/kg (Saha vd., 2017); ortalama değer olarak 330, 418, 488 ve 10 000 mg/kg (Sposito, 2008; Kabata-Pendias, 2011; Alloway, 2013; Palleiro vd., 2016; Saha vd., 2017), yer kabuğunun toplam Mn içeriği 716-1 400, 900, 950 mg/kg (Lide, 2005; Sposito, 2008; Kabata-Pendias, 2011; Uren, 2013; Hazelton ve Murphy, 2016) ve kireçtaşı toplam Mn içeriği 15, 1 100 ve 200-1 000 olarak verilmiştir (Çizelge 4.19) ve elma bahçesi yüzey toprakları minimum miktarı (291 mg/kg) dünya topraklarının ve kireçtaşının minimum değerinden daha yüksekken yer kabuğunun minimum değerinden, dünya, yer kabuğu ve kireçtaşı ortalamalarından (15 mg/kg değeri hariç) daha düşüktür. Elma bahçesi yüzey toprakları maksimum toplam Mn miktarı ise (1 236 mg/kg) ise dünya topraklarının ve yer kabuğunun maksimum değerinden daha düşüktür ancak dünya ortalamalarından 10 000 mg/kg değeri hariç yüksektir. Kireçtaşının maksimum değerinden ve kireçtaşı ile yer kabuğunun ortalama değerlerinden daha yüksektir.

Çizelge 4.20. Dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşına ait toplam Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları

Topraklar	Toplam Cu (mg/kg)	Toplam Zn (mg/kg)	Toplam Mn (mg/kg)	Kaynak
Dünya Toprakları	23*	74*	-	(USEPA, 1999)
Dünya Toprakları	14*	62*	418*	(Alloway, 2013)
Dünya Toprakları	38.9*	70*	488*	(Kabata-Pendias, 2011)
Dünya Toprakları	1-140, 38.9*	17-125, 3.5-770, 70*	7-9 200, 488*	(Saha vd., 2017)
Dünya Toprakları	30*	90*	10 000*	(Palleiro vd., 2016)
Dünya Toprakları	2-250	1-900, 10-300, 50-100, 29.2*	-	(Han, 2007)
Topraklar	2-100	20	850	(Hazelton ve Murphy, 2016)
Topraklar	17*	48*	330*	(Sposito, 2008)
Yer Kabuğu	55	70	950	(Hazelton ve Murphy, 2016)
Yer Kabuğu	60*	-	950	(Oorts, 2013; Uren, 2013)
Yer Kabuğu	25*	65*	716*	(Sposito, 2008)
Yer Kabuğu	25-27, 55*	52-80, 70*	716-1 400, 900*	(Kabata-Pendias, 2011)
Yer Kabuğu	60	70	950	(Lide, 2005)
Yer Kabuğu (üst)	14.3*	52*	-	(Albanese vd., 2007)
Kireçtaşı	6	40	15, 1 100	(Alloway, 2013; Uren, 2013)
Kireçtaşı	4-5	20-25	1 100	(Hazelton ve Murphy, 2016)
Kireçtaşı	4*	20*	-	(Sparks, 2003)
Kireçtaşı	1-20	20	-	(Oorts, 2013; Mertens ve Smolders, 2013)
Kireçtaşı	15*	25*	-	(Albanese vd., 2007)
Kireçtaşı	5-10	10-25	200-1 000	(Kabata-Pendias, 2011)

*Ortalama değerler

Dünya topraklarının toplam Zn içeriği aralık olarak 17-125, 3.5-770, 1-900, 10-300, 50-100 mg/kg; 20, 29.2, 48, 62, 70, 74 ve 90 mg/kg olarak, yer kabuğunun toplam Zn içeriği aralık olarak 52-80 mg/kg; diğer değerler 52, 65, 70 mg/kg; kireçtaşının toplam Zn içeriği ise aralık olarak 10-25, 20-25 mg/kg; diğer verilen değerler 20, 25 ve 40 mg/kg'dır (Çizelge 4.20). Elma bahçesi yüzey toprakları minimum miktarı (53.6 mg/kg) dünya toprakları aralığına girmektedir ve dünya ortalamalarının çoğundan düşüktür (20, 29.2 ve 48 mg/kg hariç), kireçtaşına ait tüm Zn değerlerinden daha yüksektir ve yer kabuğunun toplam Zn içerikleri aralığına girmekte ve sadece 52 mg/kg değerinden daha yüksektir. Bahçe toprakları maksimum toplam Zn miktarı (333

mg/kg) ise aralık olarak verilen dünya toprakları değerlerinin çoğundan büyük, ortalama dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşı toplam Zn içeriklerinin hepsinden daha yüksektir.

Elma bahçesi yüzey toprakları minimum toplam Cu miktarı (27.1 mg/kg) dünya toprakları aralığına girmektedir ve dünya ortalamalarının çoğundan yüksektir (30 ve 38.9 mg/kg hariç), kireçtaşına ait tüm Cu değerlerinden daha yüksektir ve yer kabuğunun toplam Cu içeriği aralığının neredeyse üzerindedir ve diğer değerlerin yarısından (55 ve 60 mg/kg hariç) daha yüksektir. Elma bahçesi yüzey toprakları maksimum toplam Cu miktarı (193 mg/kg) ise dünya toprakları değerlerinin neredeyse hepsinden (2-252 mg/kg hariç), yer kabuğu ve kireçtaşı toplam Cu içeriklerinin tümünden daha yüksektir (Çizelge 4.20).

Elma bahçesi yüzey altı topraklarının minimum miktarı (254 mg/kg) dünya topraklarının ve kireçtaşının minimum değerinden daha yüksekken yer kabuğunun minimum değerinden, dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşı ortalamalarından (15 mg/kg değeri hariç) daha düşüktür. Elma bahçesi toprakları maksimum toplam Mn miktarı ise (1 221 mg/kg) ise dünya topraklarının ve yer kabuğunun maksimum değerinden daha düşüktür ancak dünya ortalamalarından (10 000 mg/kg değeri hariç), kireçtaşının maksimum değerinden ve kireçtaşı ile yer kabuğunun ortalama değerlerinden daha yüksektir (Çizelge 4.20).

Elma bahçesi yüzey altı toprakları minimum toplam Zn miktarı (48.0 mg/kg); dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşının minimum değerinden daha yüksektir. Toprakların minimum toplam Zn içeriği, dünya toprakları (20, 29.2 ve 48 mg/kg hariç) ve yer kabuğu ortalama değerlerinden daha düşüken, kireçtaşı ortalamalarından daha yüksektir. Eğirdir elma bahçesi yüzey toprakları maksimum toplam Zn miktarı (113 mg/kg) ise yer kabuğu ve kireçtaşının maksimum değerinden, dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşı ortalama toplam Zn miktarlarının hepsinden daha büyük, ancak dünya toprakları maksimum değerinden daha küçüktür (Çizelge 4.20).

Elma bahçesi yüzey altı toprakları minimum toplam Cu miktarı (24.9 mg/kg) dünya toprakları ve kireçtaşının minimum değerinden; dünya toprakları (30 ve 38.9 mg/kg hariç), yer kabuğu (55 ve 60 mg/kg hariç) ve kireçtaşı ortalamalarından daha yüksektir.

Elma bahçesi yüzey altı toprakları maksimum toplam Cu miktarı (122 mg/kg) ise dünya topraklarının maksimum değerlerinin neredeyse hepsinden daha düşüktür, dünya toprakları ortalama değerinden, yer kabuğu ve kireçtaşı toplam Cu içeriklerinin tümünün maksimum ve ortalama değerlerinden daha yüksektir (Çizelge 4.20).

Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarının minimum miktarı (291 mg/kg) dünya topraklarının ve kireçtaşının minimum değerinden daha yüksektir; yer kabuğunun minimum değerinden, dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşı ortalamalarından (15 mg/kg değeri hariç) daha düşüktür. Elma bahçesi toprakları maksimum toplam Mn miktarı (1 236 mg/kg) ise dünya topraklarının ve yer kabuğunun maksimum değerinden daha düşüktür ancak dünya toprakları ortalamalarından (10 000 mg/kg değeri hariç), kireçtaşının maksimum değerinden ve kireçtaşı ile yer kabuğunun ortalama değerlerinden daha yüksektir (Çizelge 4.20).

Eğirdir elma bahçesi yüzey toprakları minimum Zn miktarı (53.6 mg/kg) dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşının minimum değerinden daha yüksektir. Toprakların minimum toplam Zn içeriği, dünya toprakları (20, 29.2 ve 48 mg/kg hariç) ve yer kabuğu ortalama değerlerinden daha düşüktür, kireçtaşı ortalamalarından daha yüksektir. Eğirdir bahçe toprakları maksimum toplam Zn miktarı (174 mg/kg) ise yer kabuğu ve kireçtaşının maksimum değerinden daha büyük, ancak dünya toprakları maksimum değerinden daha düşüktür. Dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşı ortalama toplam Zn miktarlarının hepsinden daha yüksektir (Çizelge 4.20).

Eğirdir elma bahçesi yüzey toprakları minimum toplam Cu miktarı (32.3 mg/kg) dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşının minimum değerinden daha yüksektir. Ayrıca toprakların minimum toplam Cu miktarı, dünya toprakları (38.9 mg/kg hariç), yer kabuğu (55 ve 60 mg/kg hariç) ve kireçtaşı ortalamalarından daha yüksektir. Eğirdir elma bahçesi yüzey toprakları maksimum toplam Cu miktarı (124 mg/kg) ise yer kabuğu ve kireçtaşı toplam Cu içeriklerinin tümünün maksimum değerinden ve bunlar ile dünya topraklarının ortalama değerlerinden daha yüksekken, dünya topraklarının maksimum değerlerinin neredeyse hepsinden (2-100 mg/kg hariç) düşüktür (Çizelge 4.20).

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı topraklarının minimum miktarı (254 mg/kg) dünya topraklarının ve kireçtaşının minimum değerinden daha yüksek bulunurken; yer kabuğunun minimum değerinden, dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşı ortalamalarından (15 mg/kg değeri hariç) daha düşük bulunmuştur. Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprakları maksimum toplam Mn miktarı ise (1 221 mg/kg) ise dünya topraklarının ve yer kabuğunun maksimum değerinden daha azdır ancak dünya ortalamalarından (10 000 mg/kg değeri hariç), kireçtaşının maksimum değerinden ve kireçtaşı ile yer kabuğunun ortalama değerlerinden daha fazladır (Çizelge 4.20).

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprakları minimum miktarı (48.0 mg/kg) dünya toprakları ve kireçtaşının minimum değerinden daha yüksek, yer kabuğununkinden daha azdır. Dünya toprakları (20, 29.2 ve 48 mg/kg hariç) ve yer kabuğu ortalama değerlerinden daha düşükkken, kireçtaşı ortalamalarından daha yüksektir. Eğirdir bahçe yüzey altı toprakları maksimum toplam Zn miktarı (109 mg/kg) ise yer kabuğu ve kireçtaşının maksimum değerinden daha büyük, ancak dünya toprakları maksimum değerinden daha düşüktür. Dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşı ortalama toplam Zn miktarlarının hepsinden daha yüksektir (Çizelge 4.20).

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprakları minimum toplam Cu miktarı (32.0 mg/kg) dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşının minimum değerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca dünya toprakları (38.9 mg/kg hariç), yer kabuğu (55 ve 60 mg/kg hariç) ve kireçtaşı ortalamalarından daha yüksektir. Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprakları maksimum toplam Cu miktarı (111 mg/kg) ise yer kabuğu ve kireçtaşı toplam Cu içeriklerinin tümünün maksimum değerinden ve bunlar ile dünya topraklarının ortalama değerlerinden daha yüksekken, dünya topraklarının maksimum değerlerinin neredeyse hepsinden (2-100 mg/kg hariç) daha düşüktür (Çizelge 4.20).

Gelendost elma bahçesi yüzey topraklarının minimum miktarı (402 mg/kg) dünya topraklarının ve kireçtaşının minimum değerinden daha yüksek bulunurken; yer kabuğunun minimum değerinden, dünya toprakları (330 mg/kg değeri hariç), yer kabuğu ve kireçtaşı ortalamalarından (15 mg/kg değeri hariç) daha düşük bulunmuştur. Gelendost elma bahçesi yüzey toprakları maksimum toplam Mn miktarı ise (649 mg/kg) dünya toprakları, yer kabuğunun ve kireçtaşının maksimum değerinden daha

düşüktür. Dünya toprakları ortalama değerlerinden (10 000 mg/kg hariç) ise daha yüksektir (Çizelge 4.20).

Gelendost elma bahçesi yüzey toprakları minimum miktarı (56.4 mg/kg) dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşının minimum değerinden ve dünya toprakları (20, 29.2 ve 48 mg/kg hariç) ve yer kabuğu ortalama değerlerinin çoğundan daha düşüktür, kireçtaşı ortalamalarından daha yüksektir. Gelendost bahçe yüzey toprakları maksimum toplam Zn miktarı (333 mg/kg) ise yer kabuğu ve kireçtaşının maksimum değerinden ve dünya toprakları maksimum değerinin çoğundan daha büyüktür. Dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşı ortalama toplam Zn miktarlarının hepsinden daha yüksektir (Çizelge 4.20).

Gelendost elma bahçesi yüzey toprakları minimum toplam Cu miktarı (27.1 mg/kg) dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşının minimum değerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca dünya toprakları (30 ve 38.9 mg/kg hariç), yer kabuğu (55 ve 60 mg/kg hariç) ve kireçtaşı ortalamalarından daha yüksektir. Gelendost elma bahçesi yüzey toprakları maksimum toplam Cu miktarı (193 mg/kg) ise yer kabuğu ve kireçtaşı toplam Cu içeriklerinin tümünün ve dünya topraklarının çoğunun (2-250 mg/kg hariç) maksimum değerinden ve bunlar ile dünya topraklarının ortalama değerlerinden daha yüksektir (Çizelge 4.20).

Gelendost elma bahçesi yüzey altı topraklarının minimum Mn miktarı (409 mg/kg) dünya topraklarının ve kireçtaşının minimum değerinden daha yüksek bulunurken; yer kabuğunun minimum değerinden, dünya toprakları (330 mg/kg değeri hariç), yer kabuğu ve kireçtaşı ortalamalarından (15 mg/kg değeri hariç) daha düşük bulunmuştur. Gelendost elma bahçesi yüzey altı toprakları maksimum toplam Mn miktarı ise (665 mg/kg) dünya toprakları, yer kabuğunun ve kireçtaşının maksimum değerinden daha düşüktür. Dünya toprakları ortalama değerlerinden (10 000 mg/kg hariç) ise daha yüksektir ancak yer kabuğu ve kireçtaşının (15 mg/kg değeri hariç) ortalama değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4.20).

Gelendost elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) toprakları minimum miktarı (54.0 mg/kg) dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşının minimum değerinden ve kireçtaşı ortalamalarından daha yüksek iken, dünya toprakları (20, 29.2 ve 48 mg/kg hariç), yer

kabuğu ortalama değerlerinin çoğundan daha düşüktür. Gelendost bahçe yüzey altı toprakları maksimum toplam Zn miktarı (113 mg/kg) ise yer kabuğu ve kireçtaşının maksimum değerinden ve dünya toprakları, yer kabuğu ve kireçtaşı ortalama toplam Zn miktarlarının hepsinden daha yüksektir. Dünya toprakları ile kıyaslandığında ise bu toprakların maksimum değerinin çoğundan düşüktür (Çizelge 4.20).

Gelendost elma bahçesi yüzey altı toprakları minimum toplam Cu miktarı (24.9 mg/kg); dünya toprakları ve kireçtaşının minimum değerinden daha fazla olduğu, yer kabuğunun minimum değeri ile aynı olduğu görülmektedir. Ayrıca dünya toprakları (30 ve 38.9 mg/kg hariç), yer kabuğu (55 ve 60 mg/kg hariç) ve kireçtaşı ortalamalarından daha yüksektir. Gelendost elma bahçesi yüzey altı toprakları maksimum toplam Cu miktarı (122 mg/kg) ise yer kabuğu ve kireçtaşı toplam Cu içeriklerinin tümünün maksimum değerinden ve bunlar ile dünya topraklarının ortalama değerlerinden daha yüksektir. Dünya topraklarının çoğunun (2-100 mg/kg hariç) maksimum değerinden daha düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.20).

Eğirdir ve Gelendost elma bahçeleri yüzey topraklarına ait özelliklerden özellikle DTPA-Mn, DTPA-Zn, DTPA-Cu, DTPA-Fe, Olsen-P, toplam P, toplam Mn, toplam Zn, toplam Cu ve toplam Fe içerikleri maksimum, minimum değerler ve çarpıklık katsayıları açısından değerlendirildiğinde; DTPA-Mn (13.2-144 mg/kg), DTPA-Zn (0.256-40.6 mg/kg), DTPA-Cu (1.65-80.5 mg/kg), DTPA-Fe (3.00-87.2 mg/kg), Olsen-P (11.9-139 mg/kg), toplam P (421-1 499 mg/kg), toplam Mn (291-1 236 mg/kg), toplam Zn (53.6-333 mg/kg), toplam Cu (27.1-193 mg/kg) ve toplam Fe (17 519-41 233 mg/kg) aralığında değişmiştir.

Eğirdir ve Gelendost elma bahçeleri yüzey altı topraklarına ait minimum ve maksimum değerler ise; DTPA-Mn (11.4-93.4 mg/kg), DTPA-Zn (0.200-18.4 mg/kg), DTPA-Cu (1.38-48.5 mg/kg), DTPA-Fe (3.90-64.2 mg/kg), Olsen-P (8.50-92.1 mg/kg), toplam P (378-1 367 mg/kg), toplam Mn (254-1 221 mg/kg), toplam Zn (48.0-113 mg/kg), toplam Cu (24.9-122 mg/kg), toplam Fe (17 917-39 793 mg/kg) aralığında belirlenmiştir. Yüzey topraklarındaki DTPA-Mn, DTPA-Zn, DTPA-Cu, DTPA-Fe, Olsen-P, toplam P, toplam Mn, toplam Zn, toplam Cu ve toplam Fe miktarlarının, 20-40 cm derinlikteki topraklarınkinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Amacımız elma bahçesi topraklarındaki gübreleme ve fungusitlerden kaynaklı Cu ve Zn

kirliliğini belirlemek olduğu için özellikle Cu elementinin yüzey topraklarında daha bulunmasının sebepleri üzerine yoğunlaşmıştır. Toprak yüzeyinde Cu elementinin yüksek olmasının sebepleri; öncelikle fungusit uygulamasından sonra yağmurla beraber yaprak yüzeyindeki Cu'nun yıkanması, dökülen yaprakların ya da budanan sürgünlerin toprak yüzeyine ulaşması (Loland ve Singh, 2004; Brunetto vd., 2014; Rosa-Couto vd., 2015); püskürtücüden toprağa akış olması (Wang vd., 2015a) ile yüzey toprağında Cu birikimidir. Sonrasında uygulanan Cu bazlı fungusitlerdeki Cu elementinin organik maddenin fonksiyonel gruplarından S (kükürt), N ve ayrıca fenolik gruplara yüksek derecede bağlanma ilgisinin olması ve güçlü bir şekilde kile bağlanmasıdır (Croué vd., 2003; Wightwick vd., 2006; Duplay vd., 2014).

Bahsi geçen toprak özellikleri incelendiğinde geniş bir değişim aralığı gösterdiği ve minimum ile maksimum değer arasında büyük bir farklılık olduğu görülmektedir. Bu da elma bahçelerinde bu özellikler açısından düşük ve yüksek konsantrasyonlara sahip olan toprakların olduğunu göstermektedir. Yöredeki bazı toprakların ya da genelinin genetiksek olarak düşük konsantrasyonlara sahip olduğunu ancak gerek insan faaliyetleri (gübreleme ve zirai ilaçlama) gerekse toprak oluşum süreçlerinin sonucu olan birikimler nedeniyle çok yüksek değerlere ulaştığını göstermektedir. Bölgedeki toprakların genelde alüvyal/kolüvyal kökenli ve kuaterner kireç taşları üzerinde olduğu düşünüldüğünde yüksek değerlerden ağırlıklı olarak insan etkisinin ön plana çıktığı değerlendirilebilir. Nitekim bu özellikle Cu ve Zn elementleri açısından beklenen bir durumdur. Çünkü elma bahçelerinde özellikle elma kara leke hastalığı (Boyras vd., 2005) ile mücadelede önemli miktarda Zn içeriğine sahip bakır sülfat (Mirlean vd., 2007) ve kireçten hazırlanan Bordo bulamacı ($\text{Ca(OH)}_2 + \text{CuSO}_4$) ve Cu oksiklorit ($\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu(OH)}_2$) gibi Cu içeren fungusitler (Brun vd., 2001; Fernández-Calviño vd., 2009; Komarek vd., 2010; Mackie vd., 2012; Girotto vd., 2014; Rosa-Couto vd., 2015; Gómez-Armesto vd., 2015; Brunetto vd., 2018) kullanılmaktadır. Ve fungusitlerin elma bahçelerinde önerilen dozdan %5.71-186 daha fazla kullanıldığı bildirilmiştir (Yılmaz vd., 2015). Bu sebeple farklı yaş gruplarında yer alan ve 0-5 yaş ile 20 yaşın üzerinde olan yaşça farklı bahçelerden, gübreleme ve Bordo bulamacı gibi Cu içeren fungusitlerin toprakta iz element konsantrasyonları bakımından nasıl bir etkisi olduğunu araştırmak için toprak örnekleri alınmış ve toplam ve yarıyışlı P, Cu ve Zn içeriği bakımından farklı konsantrasyonlara sahip bahçeler olduğu görülmüştür.

Eğirdir elma bahçeleri yüzey topraklarının özelliklerine ait minimum ve maksimum değerler; pH için (6.15-7.99), CaCO_3 (% 0.385-31.2), organik madde (% 2.20-4.15), kum (% 17.5-58.4), kil (% 24.6-56.3), silt (% 13.3-43.0), yarıyışlı P (25.0-138 mg/kg), DTPA-Mn (13.9-144 mg/kg), DTPA-Zn (0.667-9.23 mg/kg), DTPA-Cu (2.98-49.9 mg/kg), DTPA-Fe (12.3-87.2 mg/kg), toplam P (537-1 499 mg/kg), toplam Mn (291-1 236 mg/kg), toplam Zn (53.6-174 mg/kg), toplam Cu (32.3-124 mg/kg), toplam Fe (17 519-41 233 mg/kg) olarak belirlenmiştir. Gelendost elma bahçeleri yüzey topraklarının özelliklerine ait minimum ve maksimum değerler; pH (7.51-8.54), CaCO_3 (% 5.72-20.9), organik madde (% 1.45-3.68), kum (% 15.5-50.7), kil (% 23.8-49.0), silt (% 16.0-48.5), yarıyışlı P (11.9-131 mg/kg), DTPA-Mn (13.2-32.1 mg/kg), DTPA-Zn (0.256-40.6 mg/kg), DTPA-Cu (1.65-80.5 mg/kg), DTPA-Fe (2.95-15.9 mg/kg), toplam P (421-1 058 mg/kg), toplam Mn (402-649 mg/kg), toplam Zn (56.4-333 mg/kg), toplam Cu (27.1-193 mg/kg), toplam Fe (23 063-32 493 mg/kg) aralığında bulunmuştur.

Eğirdir ve Gelendost bahçe toprakları maksimum değerlere göre karşılaştırıldığında; Gelendost topraklarında pH, silt, DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam Zn ve toplam Cu miktarları, Eğirdir topraklarında ise CaCO_3 , organik madde, kum, kil, Olsen-P, DTPA-Mn, DTPA-Fe, toplam P, toplam Mn ve toplam Fe miktarları daha yüksek bulunmuştur. Toplam Cu, toplam Zn, DTPA-Cu ve DTPA-Zn içeriğinin Eğirdir topraklarında daha düşük olması, bu toprakların daha yüksek kum içeriğine sahip olması, kil içeriğinin nispeten düşük olması ve kil içeriğinden dolayı düşük yüzey alanı nedeniyle daha az Cu elementinin sorbe edilmesi ve artan bakır hareketliliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Pietrzak ve McPhail, 2004). Yine de Eğirdir yüzey topraklarının DTPA-Cu ve DTPA-Zn içeriklerine ait maksimum değerler çok yüksek sınıfına girmektedir. Bu da bu elementlerin topraktaki miktarı üzerinde; toprak özelliklerinin etkisinin yanında gübre ve Cu bazlı fungusitlerin uygulanma dozu ve sıklığının da etkili olduğunu göstermektedir. Eğirdir topraklarında DTPA-Mn, DTPA-Fe, toplam Mn ve toplam Fe miktarlarının yüksek olmasının, yüksek taban suyundan dolayı indirgen koşulların oluşması ve bu koşulların yüzeyde toplam ve yarıyışlı Fe ve Mn miktarını arttırması olduğu düşünülmektedir Isparta'da alüviyal düzlüklerde taban suyunun her zaman veya yılın bir bölümünde bitki gelişmesine zarar verecek ölçüde yüksek düzeyde bulunduğu ve drenajın bozuk olduğu toprakların 26 881 hektar olduğu ve bunun 3 981 hektarında bağ-bahçe olarak kullanıldığı bildirilmiştir

(Babalık, 2002). Eğirdir'den aldığımız toprak örneklerinin konumlarına göre toprak grupları açısından haritalandığında, çoğunun Alüvyal topraklar olduğu görülmüştür. Su altında kalma sonucunda toprak çözeltisindeki birçok elementin desorpsiyonu artmakta, redüksiyon sonrasında indirgenen Fe (III) ve Mn (IV) oksitler çözeltideki Fe^{+2} ve Mn^{+2} miktarını artırmaktadır. Bu elementlerin yanında yüksek redoks potansiyeli (Eh) değerine göre düşük pH ve Eh değerinde ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Cu ve Zn miktarının da daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Çünkü indirgen koşullarda redoks potansiyeli normal topraklara göre düşüktür (Gökmen ve Uygur, 2022). Maksimum değer açısından Eğirdir yüzey topraklarının DTPA-Cu ve DTPA-Zn içerikleri sınıflandırma açısından değerlendirildiğinde çok yüksek sınıfa girmektedir. Yani hem tarımsal uygulamaların (gübreleme ve fungusit) hem de indirgen koşulların yarayışlı Cu ve Zn üzerinde önemli etkisi vardır. Ayrıca Eğirdir topraklarının Gelendost topraklarına kıyasla daha yüksek organik madde içeriğine sahip olması da redoks potansiyelini tetiklemektedir. Fe(III) ve Mn(IV)'ün indirgenmesi indirgen şartlar altında doğal organik maddenin ya da ilave olunan organik kirleticilerin oksitlenmesinde en önemli mekanizma olduğu, indirgen koşullarda DTPA-Mn ve DTPA-Fe miktarının arttığı ve DTPA-Fe ile organik madde arasında pozitif korelasyon olduğunu bildirmişlerdir (Ören vd., 2018; Ören, 2018).

Eğirdir toprakları ile kum içeriği Gelendost toprakları arasında kil miktarı açısından küçük bir farklılık vardır ancak kum miktarı açısından Eğirdir daha yüksek kum içeriğine sahiptir daha kaba bünyelidir ve bu sebeple yarayışlı P bu topraklarda tutulmadığı için yarayışlı P içeriği (25.0-138 mg/kg) arasında değişmekte ve kontrol olarak alınan toprak örneklerinde bile yüksek P bulunmaktadır. Bu örneklem alanının topografyası nedeniyle doğal depolanma arazisi olması, uzun zamandır tarımda kullanılması nedeniyle P birikiminin olması ayrıca sulamanın ötrofikasyon aşamasında olan Eğirdir Gölü'nden gerçekleştirilmesi nedeniyle kontrol alanlarında da yüksek yarayışlılığa neden olduğu şeklinde değerlendirilmiştir. Nitekim kontrol grubu ve 0-5 yaş aralığındaki bahçe topraklarında yüksek değerler görülmüştür.

Elma bahçelerinin toplam Cu (27.1-193 mg/kg) ve Zn (53.6-333 mg/kg) içerikleri literatürdeki elma bahçesi ve üzüm bağlarıyla karşılaştırıldığında; elma bahçesi yüzey topraklarında toplam Cu içeriği 17.71-814.5 mg/kg aralığında bulunmuştur (Li vd., 2005; Wang vd., 2009; Zhou vd., 2011; Aoyama ve Tanaka, 2013; Medunic vd., 2013;

Wang vd., 2015a; Wang vd., 2015b; Wang vd., 2015c; Sungur, 2016; Gheboianu vd., 2017; Brunetto vd., 2018). Elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Zn içerikleri ise 28.86-155 mg/kg olarak saptanmıştır (Medunic vd., 2013; Wang vd., 2015c; Sungur, 2016; Brunetto vd., 2018). Üzüm bağlarına ait yüzey topraklarında toplam Cu içeriği 9.37-3215.6 mg/kg olarak belirlenmiştir (Brun vd., 2001; Parat vd., 2002; Mirlean vd., 2007; Vitanovic vd., 2008; Wightwick vd., 2008; Fernández-Calviño vd., 2009; Toselli vd., 2009a; Nogueirol vd., 2010; Duplay vd., 2014; Girotto vd., 2014; Brunetto vd., 2014; Rosa-Couto vd., 2015; Gómez-Armesto vd., 2015). Üzüm bağı topraklarının toplam Zn içeriği ise 9-171.37 mg/kg olarak verilmiştir (Vitanovic vd., 2008; Brunetto vd., 2014; Duplay vd., 2014; Rosa-Couto vd., 2015).

Eğirdir ve Gelendost elma bahçelerinin minimum toplam Cu miktarı (27.1 mg/kg) literatürdeki elma bahçeleri ve üzüm bağlarının minimum miktarından daha yüksek ancak maksimum miktarı (193 mg/kg) elma bahçeleri ve üzüm bağlarının maksimum miktarından daha düşüktür. Toplam Zn içeriğinin ise çalışmalardaki elma bahçesi ve üzüm bağları toplam Zn içeriğinin hem minimum hem de maksimum miktarından yüksek olduğu görülmektedir.

Elma bahçelerinin toplam Cu ve Zn içeriklerinin yanında DTPA-Cu içeriği üzüm bağlarının DTPA-Cu içeriği ile kıyaslandığında; Eğirdir yüzey toprağı (2.98-49.9 mg/kg) ve Gelendost yüzey toprağının (1.65-80.5 mg/kg) minimum değerleri, üzüm bağı DTPA-Cu içeriğine (0.6-744 mg/kg) ait minimum değerden yüksek ancak bahçe topraklarının maksimum miktarı üzüm bağlarının maksimum miktarından düşük olarak bulunmuştur (Brun vd., 2001; Toselli vd., 2009a; Nogueirol vd., 2010).

Eğirdir ve Gelendost elma bahçeleri, toplam Cu ve Zn bakımından kirlilik olup olmadığının yorumlanması amacı ile kirlenmemiş yani tarım yapılmayan, doğal topraklara ait toplam Cu ve Zn içerikleri ile kıyaslanmıştır. Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Cu içeriğinin (32.3-124 mg/kg) ve Gelendost elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Cu içeriğinin (27.1-193 mg/kg), kirlenmemiş topraklara ait 2-50 mg/kg (Oorts, 2013) ve 6-80 mg/kg (Saha vd., 2017) toplam Cu içeriklerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Zn içeriği (53.6-174 mg/kg) ve Gelendost elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Zn içeriği (56.4-333 mg/kg), kirlenmemiş topraklar için verilen toplam Zn

miktarlarından (10-100 mg/kg, 17-125 mg/kg) daha yüksek olarak belirlenmiştir (Mertens ve Smolders, 2013; Saha vd., 2017).

Eğirdir'den 0-20 cm derinlikten alınan kontrol örneğine ait DTPA-Cu (3.82 mg/kg), toplam Cu (40.4 mg/kg), toplam Zn (88.9 mg/kg), Gelendost'tan 0-20 cm derinlikten alınan kontrol örneğine ait DTPA-Cu (2.14 mg/kg), toplam Cu (29.4 mg/kg) ve toplam Zn (63.4 mg/kg) olarak belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalarda kontrol örneği olarak belirtilen orman topraklarında ise DTPA-Cu (2.2-5.5 mg/kg), toplam Cu (0.8-290.1 mg/kg) ve toplam Zn (33.21-111.41 mg/kg), doğal tarla toprağında ise toplam Zn (3.78-9.53 mg/kg) olarak bulunmuştur (Brun vd., 2001; Parat vd., 2002; Mirlean vd., 2007; Vitanovic vd., 2008; Wightwick vd., 2008; Fernández-Calviño vd., 2009; Toselli vd., 2009a; Nogueirol vd., 2010; Duplay vd., 2014; Girotto vd., 2014; Brunetto vd., 2014; Rosa-Couto vd., 2015; Gómez-Armesto vd., 2015). Eğirdir kontrol örneklerinin DTPA-Cu, toplam Cu ve toplam Zn miktarı, çalışmalardaki aynı elementlerin minimum değerlerinden, Gelendost kontrol örneği için toplam Cu ve toplam Zn miktarı, çalışmalardaki aynı elementlerin minimum değerlerinden daha yüksek olarak belirlenmiştir.

4.1.2. Eğirdir ve Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların toplam Cu ve Zn açısından değerlendirilmesi

Genel ve çeşitli ülkelere ait kirlenmemiş toprakların toplam Cu ve Zn içerikleri Çizelge 4.21'de verilmektedir. Referans olarak kabul edilen bu topraklarda tarımsal faaliyet, gübreleme ve Cu içeren fungusit uygulaması yoktur. Bu sebeple tarım ve bahçe topraklarındaki kirliliğin kıyaslanması açısından bu topraklar kullanılabilir. Ancak iklim, ana materyal ve toprak özelliklerine göre bu değerler değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 4.21. Kirlenmemiş topraklara ait toplam Cu ve Zn konsantrasyonları

Topraklar**	Toplam Cu (mg/kg)	Toplam Zn (mg/kg)	Kaynak
KT (genel)	2-50	10-100	(Oorts, 2013; Mertens ve Smolders, 2013)
KT (genel)	6-80	17-125	(Saha vd., 2017)
Amerika KT (y)	<1-700, 25*	<5-2 900, 60*	(USEPA, 1999)
Avrupa KT (y)	1-239, 16.4*	-	(Oorts, 2013)
Avrupa KT (ya)	<1-118, 16.5*	-	(Oorts, 2013)
Avrupa OT	11.4*	-	(Oorts, 2013)
Avrupa TT	15.4*	-	(Oorts, 2013)
Avustralya KT	<1-190, <8-148, 3-412; 16*, 22*, 43*	5-92; <12-263, <2-180, 21*, 34*, 76*	(Hazelton ve Murphy (2016)
Batı Avrupa KT (y)	1-110, 16*	4-360, 45*	(USEPA, 1999)
Çin KT	14.4-27.3; 21.17*	40-86.8, 59.6*	(Tian vd., 2022)
Florida KT	0.01-16, 4.7*	6.7-18, 12*	(USEPA, 1999)
Kanada KT	5-50, 22*	100-200, 74*	(USEPA, 1999)
Hollanda KT	36	140	(VROM, 2000)
Hollanda KT	40	6-153, 140	(USEPA, 1999; Alloway, 2013)
İspanya OT***	23-70	72-203	(Campillo-Cora vd., 2021)
Lübnan KT†	12	63.7	(Yazbeck vd., 2004)
Lübnan KT	34.9	112	(Yazbeck vd., 2004)
Lübnan KT	6	83	(Yazbeck vd., 2004)
Tayvan TT	20.3*	180*	(USEPA, 1999)

*Ortalama değerler, **KT: Kirlenmemiş, Doğal oprak, OT: Orman oprak, TT: Tarım oprak, y: yüzey, ya: yüzeyaltı, *** Ana materyal kireçtaşı, † Sırasıyla ana materyali kuaterner dönemde oluşmuş olan, sert kireçtaşı olan ve yumuşak kireçtaşı olan kirlenmemiş topraklar

Eğirdir elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Cu içeriği 32.3-124 mg/kg arasında değişmektedir. Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Cu içeriği; genel ve farklı ülkelerin kirlenmemiş topraklarına ait toplam Cu içeriği ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.21). Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Cu içeriğinin (32.3-124 mg/kg), genel olarak verilen kirlenmemiş topraklara ait toplam Cu (2-50 mg/kg) ve (6-80 mg/kg) içeriklerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Eğirdir elma bahçesi yüzey toprağı toplam Cu miktarı (32.3-124 mg/kg); farklı ülkelere ait kirlenmemiş toprakların toplam Cu içerikleri ile kıyaslandığında ise Batı Avrupa için 1-110 mg/kg, Çin için 14.4-27.3 mg/kg, Florida için 0.01-16 mg/kg, Kanada için 5-50 mg/kg ve ana materyali kireçtaşı olan İspanya orman toprağı için 23-70 mg/kg olan toplam Cu değerlerinden daha yüksektir. Ancak 124 mg/kg olan elma bahçesi toplam Cu'nun maksimum değeri ise; Amerika yüzey toprakları için <1-700 mg/kg, Avrupa yüzey toprakları için 1-239 mg/kg ve Avustralya için <1-190, <8-148, 3-412 mg/kg olan maksimum toplam Cu değerlerinden düşüktür.

Eğirdir elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Cu içeriğine ait ortalama değerin (81.1 ± 4.68 mg/kg); Çizelge 4.21'deki Amerika yüzey toprakları için 25 mg/kg, Avrupa yüzey toprakları için 16.4 mg/kg, Avrupa orman toprağı için 11.4 mg/kg, Avrupa tarım toprağı için 15.4 mg/kg, Avustralya için 16, 22 ve 43 mg/kg, Batı Avrupa yüzey toprağı için 16 mg/kg, Çin için 21.17 mg/kg, Florida için 4.7 mg/kg, Kanada için 22 mg/kg ve Tayvan tarım toprağı için 20.3 mg/kg olarak verilen ortalama değerlerin hepsinden yüksek olduğu görülmektedir.

Eğirdir yüzey topraklarının maksimum değeri ise (124 mg/kg); Hollanda için 36 ve 40 mg/kg, Lübnan'da ana materyali kuaterner dönemde oluşmuş olan dönemde oluşmuş olan dönemde oluşmuş olan toprak için 12 mg/kg, ana materyali yumuşak kireçtaşı olan toprak için 34.9 mg/kg, ana materyali sert kireçtaşı olan toprak için 6 mg/kg olan toplam Cu miktarları ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur.

Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Zn içeriğı (53.6-174 mg/kg) genel olarak kirlenmemiş topraklar için verilen toplam Zn miktarlarından (10-100 mg/kg, 17-125 mg/kg) daha yüksektir (Çizelge 4.21). Eğirdir elma bahçesi yüzey toprağı toplam Zn içeriğı (53.6-174 mg/kg); farklı ülkelere ait kirlenmemiş toprakların toplam Zn içeriğı ile kıyaslandığında ise Avustralya için 5-92 mg/kg, Çin için 40-86.8 mg/kg, Florida için 6.7-18 mg/kg, Hollanda için 6-153 mg/kg olan toplam Zn değerlerinden daha yüksektir. Ancak bahçe topraklarının 174 mg/kg olan maksimum değeri; Amerika yüzey toprakları için $<5-2\ 900$ mg/kg, Avustralya $<12-263$, $<2-180$ mg/kg, Batı Avrupa yüzey toprakları için 4-360 mg/kg, Kanada toprakları için 100-200 mg/kg ve ana materyali kireçtaşı olan İspanya orman toprağı toprakları için 72-203 mg/kg olan maksimum değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir.

Eğirdir elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Zn içeriğine ait ortalama değer (84.5 ± 4.15 mg/kg); Amerika yüzey toprakları için 60 mg/kg, Avustralya için 21, 34 ve 76 mg/kg, Batı Avrupa yüzey toprağı için 45 mg/kg, Çin için 59.6 mg/kg, Florida için 12 mg/kg ve Kanada için 74 mg/kg olan ortalama değerlerin hepsinden yüksek ancak Tayvan tarım toprağı için 180 mg/kg olan ortalama değerden daha düşüktür. Eğirdir yüzey topraklarının maksimum toplam Zn değeri olan 174 mg/kg; Hollanda için 140 mg/kg, Lübnan ana materyali kuaterner dönemde oluşmuş olan olan toprak için 63.7 mg/kg, ana materyali yumuşak kireçtaşı olan toprak için 112 mg/kg, ana

materyali sert kireçtaşı olan toprak için 83 mg/kg değerleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur.

Gelendost elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Cu içeriğine ait minimum ve maksimum değerler (27.1-193 mg/kg); genel ve farklı ülkelerin kirlenmemiş topraklarına ait toplam Cu içeriği ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.21). Gelendost elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Cu içeriğinin (27.1-193 mg/kg) genel olarak verilen kirlenmemiş topraklara ait toplam Cu (2-50 mg/kg ve 6-80 mg/kg) içeriklerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Gelendost elma bahçesi yüzey toprağı toplam Cu içeriği (27.1-193 mg/kg); farklı ülkelere ait kirlenmemiş toprakların toplam Cu içeriği ile kıyaslandığında ise Batı Avrupa için 1-110 mg/kg, Çin için 14.4-27.3 mg/kg, Florida için 0.01-16 mg/kg, Kanada için 5-50 mg/kg ve ana materyali kireçtaşı olan İspanya orman toprağı için 23-70 mg/kg değerlerinden daha yüksektir. Ancak 193 mg/kg olan maksimum değer ise; Amerika yüzey toprakları için <1-700 mg/kg, Avrupa yüzey toprakları için 1-239 mg/kg ve Avustralya için <1-190, <8-148, 3-412 mg/kg olan maksimum değerlerden düşüktür.

Ayrıca Gelendost elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Cu içeriğine ait ortalama değerin (54.1 ± 6.05 mg/kg); Amerika yüzey toprakları için 25 mg/kg, Avrupa yüzey toprakları için 16.4 mg/kg, Avrupa orman toprağı için 11.4 mg/kg, Avrupa tarım toprağı için 15.4 mg/kg, Avustralya için 16, 22 ve 43 mg/kg, Batı Avrupa yüzey toprağı için 16 mg/kg, Çin için 21.17 mg/kg, Florida için 4.7 mg/kg, Kanada için 22 mg/kg ve Tayvan tarım toprağı için 20.3 mg/kg olarak verilen ortalama değerlerin hepsinden yüksek olduğu görülmektedir. Gelendost yüzey topraklarının maksimum toplam Cu miktarı (193 mg/kg); Hollanda için 36 mg/kg ve 40 mg/kg, Lübnan ana materyali kuaterner dönemde oluşmuş olan topraklar için 12 mg/kg, ana materyali yumuşak kireçtaşı olan topraklar için 34.9 mg/kg, ana materyali sert kireçtaşı olan topraklar için 6 mg/kg olan topraklarla karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur.

Gelendost elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Zn içeriği (56.4-333 mg/kg) genel olarak verilen kirlenmemiş topraklara ait toplam Zn içeriklerinden (10-100 mg/kg 17-125 mg/kg) daha yüksektir (Çizelge 4.21). Gelendost elma bahçesi yüzey toprağı toplam Zn içeriği (56.4-333 mg/kg); farklı ülkelere ait kirlenmemiş toprakların toplam Zn içeriği ile kıyaslandığında ise Avustralya için 5-92, <12-263,

<2-180 mg/kg, Çin için 40-86.8 mg/kg, Florida için 6.7-18 mg/kg, Hollanda için 6-153 mg/kg, Kanada için 100-200 mg/kg ve ana materyali kireçtaşı olan İspanya orman toprağı için 72-203 mg/kg olarak verilen değerlerden daha yüksektir. Ancak bahçe toprağı maksimum toplam Zn içeriğı (333 mg/kg); Amerika yüzey toprakları için <5-2 900 mg/kg ve Batı Avrupa yüzey toprakları için 4-360 mg/kg olan maksimum değerlerden daha düşüktür.

Ayrıca Gelendost elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Zn içeriğine ait ortalama değer (82.9 ± 8.91 mg/kg); Amerika yüzey toprakları için 60 mg/kg, Avustralya için 21, 34 ve 76 mg/kg, Batı Avrupa yüzey toprağı için 45 mg/kg, Çin için 59.6 mg/kg, Florida için 12 mg/kg ve Kanada için 74 mg/kg verilen ortalama değerlerin hepsinden yüksektir ancak Tayvan tarım toprağı için 180 mg/kg olan ortalama değerden daha düşüktür. Gelendost yüzey topraklarının maksimum toplam Zn içeriğı (333 mg/kg); Hollanda için 140 mg/kg, Lübnan ana materyali kuaterner dönemde oluşmuş olan topraklar için 63.7 mg/kg, ana materyali yumuşak kireçtaşı olan topraklar için 112 mg/kg ve ana materyali sert kireçtaşı olan topraklar için 83 mg/kg olan topraklarla karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur.

Eğirdir elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Cu içeriğı aralığı (32.3-124 mg/kg) kurak ve yarı kurak bölge toprakları ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.22); Bulgaristan için 15-68 mg/kg, kireçli kaya ve kuaterner dönemde alüvyon üzerinde oluşmuş İspanya'daki Kırmızı Akdeniz toprağı için 1.62-46.8 mg/kg, %0.5-68 CaCO₃ içeren pH'sı 7.0-8.25 olan İsrail toprakları için 4.41-73.9 mg/kg (Han, 2007) olarak verilen değerlerden daha yüksek bulunurken; Eğirdir yüzey toprağı toplam Cu içeriğine ait maksimum değer (124 mg/kg) ise, %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 2.6-300 mg/kg ve Çin için 0-145 mg/kg (Han, 2007) olarak verilen maksimum değerlerden daha düşük bulunmuştur. Eğirdir yüzey toprağı toplam Cu içeriğine ait ortalama değer olan 81.1 ± 4.68 mg/kg'ın; %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 53.3 mg/kg ve Çin için 20.8 mg/kg (Han, 2007) verilen ortalama değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.22. Kurak ve yarı kurak bölge topraklarına ait toplam ve yarıyıllı Cu ve Zn içeriği (Han, 2007)

Ülkeler	Toplam Cu (mg/kg)	Toplam Zn (mg/kg)
Birleşik Arap Emirlikleri**	2.6-300, 53.3*	1.3-48.5, 12*
Bulgaristan	15-68	42-106
Çin	0-145, 20.8*	8.7-215, 73.7*
İspanya***	1.62-46.8	5.13-669
İsrail†	4.41-73.9	7.94-144

* ortalama değer, ** %5-75 CaCO₃ içeren toprak, *** Kireçli kaya ve kuaterner dönemde alüvyon üzerinde oluşmuş kırmızı Akdeniz toprağı, †%0.5-68 CaCO₃ içeren pH 7.0-8.25 olan toprak

Eğirdir elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Zn içeriğine ait minimum ve maksimum değerler (53.6-174 mg/kg), kurak ve yarı kurak bölge toprakları ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.22); %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 1.3-48.5 mg/kg, Bulgaristan için 42-106 mg/kg, %0.5-68 CaCO₃ içeren pH'sı 7.0-8.25 olan İsrail toprakları için 7.94-144 mg/kg verilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

Eğirdir yüzey toprağı toplam Zn içeriğine ait maksimum değer (174 mg/kg) ise, Çin için 8.7-215 mg/kg ve kireçli kaya ve kuaterner dönemde alüvyon üzerinde oluşmuş İspanya'daki Kırmızı Akdeniz toprağı için 5.13-669 mg/kg (Han, 2007) olarak verilen maksimum değerlerden daha düşük bulunmuştur. Eğirdir yüzey toprağı toplam Zn içeriğine ait ortalama değer (84.5±4.15 mg/kg); %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 12 mg/kg ve Çin için 73.7 mg/kg olan ortalama değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Gelendost elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Cu içeriği (27.1-193 mg/kg), kurak ve yarı kurak bölge toprakları ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.22); Bulgaristan için 15-68 mg/kg, kireçli kaya ve kuaterner dönemde alüvyon üzerinde oluşmuş İspanya'daki Kırmızı Akdeniz toprağı için 1.62-46.8 mg/kg, %0.5-68 CaCO₃ içeren pH'sı 7.0-8.25 olan İsrail toprakları için 4.41-73.9 mg/kg ve Çin için 0-145 mg/kg olarak verilen aralıklardan daha yüksek olarak bulunmuştur. Gelendost yüzey toprağı toplam Cu içeriğine ait maksimum değer (193 mg/kg) ise, %5-75 CaCO₃ içeren

Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 2.6-300 mg/kg olarak verilen maksimum değerden daha düşük bulunmuştur. Gelendost yüzey toprağı toplam Cu içeriğine ait ortalama değerin (54.1 ± 6.05 mg/kg); %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 53.3 mg/kg ve Çin için 20.8 mg/kg olan ortalama değerlerden daha yüksek olduğu görölmektedir.

Gelendost elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Zn içeriğine ait minimum ve maksimum değerler (56.4-333 mg/kg), kurak ve yarı kurak bölge toprakları ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.22), %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 1.3-48.5 mg/kg, Bulgaristan için 42-106 mg/kg, %0.5-68 CaCO₃ içeren pH'sı 7.0-8.25 olan İsrail toprakları için 7.94-144 mg/kg ve Çin için 8.7-215 mg/kg olarak verilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

Gelendost yüzey toprağı toplam Zn içeriğine ait maksimum değer (333 mg/kg) ise, kireçli kaya ve kuaterner dönemde alüvyon üzerinde oluşmuş İspanya'daki Kırmızı Akdeniz toprağı için 5.13-669 mg/kg olan maksimum değerden daha düşük bulunmuştur. Gelendost yüzey toprağı toplam Zn içeriğine ait ortalama değerin (82.9 ± 8.91 mg/kg); %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 12 mg/kg ve Çin için 73.7 mg/kg olan ortalama değerlerden daha yüksek olduğu görölmektedir.

Farklı ölkeler tarafından topraktaki toplam Cu ve Zn için izin verilen maksimum sınır değerler Çizelge 4.23'de verilmiştir. Eğirdir ve Gelendost elma bahçelerinin yüzeyinden alınan topraklar, çizelgedeki farklı ölkelere ait sınır değerler açısından değerlendirilmiştir. Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Cu içeriğı (32.3-124 mg/kg), farklı ölkelere ait sınır değerler ile toplam Cu miktarı üzerinden kıyaslandığında bahçelerin 124 mg/kg olan maksimum toplam Cu miktarı; 30-114 mg/kg (Almanya, Avustralya, Avustralya ve Yeni Zelanda, Avusturya, Birleşik Krallık, Çin, Güney Afrika, Hollanda, Kanada, Polonya, Türkiye) olan sınır değerlerini aşmaktadır. Ayrıca toprak kirliliğı için eşik değeri olan 100 mg/kg (Fernández-Calviño vd., 2009) olan değerin de üzerindedir.

Çizelge 4.23. Çeşitli ülkeler tarafından topraklarda toplam Cu ve Zn için belirlenmiş sınır değerler

Ülkeler	Toplam Cu (mg/kg)	Toplam Zn (mg/kg)	Kaynak
Almanya	60	200	(Saha vd., 2017)
Amerika	270	1100	(He vd., 2015)
Avrupa Birliği	10-200	-	(Oorts, 2013)
Avrupa Birliği	50-140 (pH 6-7)	150-300	(EU, 1986)
Avusturya	100	300	(Saha vd., 2017)
Avustralya	100	200	(USEPA, 1999; He vd., 2015)
Avustralya ve Yeni Zelanda	60	-	(Pietrzak ve McPhail, 2004)
Birleşik Krallık	50	130	(Saha vd., 2017)
Çin	100 (<6.5<pH<7.5) 100 (pH>7)	250 (<6.5<pH<7.5) 300 (pH>7)	(Tian vd., 2022)
Güney Afrika	100	185	(USEPA, 1999)
Hollanda*	190	720	(VROM, 2000; He vd., 2015)
Hollanda**	90	720	(Albanese vd., 2007)
Kanada	150	500	(He vd., 2015)
Kanada**	114	80	(Albanese vd., 2007)
Polonya	30-70	100-300	(Saha vd., 2017)
Tanzanya	200	150	(He vd., 2015)
T.C. Çevre Bakanlığı	50 (pH≤6), 140 (pH≥6)	150 (pH≤6), 300 (pH≥6)	(Anonim, 2001)

* %10 organik madde ve %25 kil içeren topraklarda insan, hayvan ve bitkiye zararlı olan müdahale edilmesi gereken değerler, ** sediment

Eğirdir elma bahçesi yüzey toprakları maksimum toplam Cu içeriği (124 mg/kg); 140-500 mg/kg (Amerika, Avrupa Birliği, Hollanda, Kanada, Tanzanya ve Türkiye) olan sınır değerlerin altında kalmaktadır. Ayrıca tarım topraklarında maksimum izin verilen konsantrasyon olan 60-150 mg/kg ve iyileştirici uygulamalarının gerektiği konsantrasyon olan 60-500 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011) değerlerinin maksimum miktarının da altındadır.

Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Zn içeriği (53.6-174 mg/kg) arasında değişmektedir ve farklı ülkeler tarafından belirlenmiş sınır değerlerle kıyaslanmıştır (Çizelge 4.23). Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Zn içeriği (53.6-174 mg/kg), farklı ülkelere ait sınır değerler ile toplam Zn miktarı üzerinden kıyaslandığında bahçelerin 174 mg/kg olan maksimum toplam Zn miktarı; 80-150 mg/kg (Birleşik Krallık, Kanada, Tanzanya, Türkiye) sınır değerlerini aşmaktadır.

Eğirdir elma bahçesi yüzey toprakları maksimum toplam Zn içeriği (174 mg/kg); 185-1 100 mg/kg (Almanya, Amerika, Avrupa Birliği, Avusturya, Avustralya, Çin, Güney Afrika, Hollanda, Kanada, Polonya, Türkiye) olan sınır değerlerinin altında kalmaktadır. Ayrıca tarım topraklarında maksimum izin verilen konsantrasyon olan 100-300 mg/kg ve iyileştirici uygulamalarının gerektiği konsantrasyon olan 200-1 500 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011) değerlerinin maksimum miktarının da altındadır.

Gelendost elma bahçesi yüzey (0-20 cm) topraklarının toplam Cu içeriği 27.1-193 mg/kg arasında değişmektedir ve farklı ülkeler tarafından belirlenmiş sınır değerlerle karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.23). Gelendost elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Cu içeriği (27.1-193 mg/kg), farklı ülkelere ait sınır değerler ile toplam Cu miktarı üzerinden kıyaslandığında 193 mg/kg olan maksimum toplam Cu miktarı; 10-190 mg/kg (Almanya, Avrupa Birliği, Hollanda, Avusturya, Avustralya, Avustralya ve Yeni Zelanda, Birleşik Krallık, Çin, Güney Afrika, Kanada, Polonya, Türkiye) olan sınır değerlerini aşmaktadır. Ayrıca toprak kirliliği için eşik değeri olan 100 mg/kg (Fernández-Calviño vd., 2009) ve tarım topraklarında maksimum izin verilen konsantrasyon olan 60-150 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011) değerlerinin de üzerindedir.

Gelendost elma bahçesi yüzey toprakları maksimum toplam Cu içeriği (193 mg/kg); 200-270 mg/kg (Amerika, Avrupa Birliği, Tanzanya) ve tarım toprakları için iyileştirici uygulamaların gerektiği maksimum konsantrasyon olan 500 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011) sınır değerlerinin altında kalmaktadır.

Gelendost elma bahçesi yüzey topraklarının toplam Zn içeriği (56.4-333 mg/kg) arasında değişmektedir ve farklı ülkeler tarafından belirlenmiş sınır değerlerle karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.23). Gelendost elma bahçesi yüzey topraklarının 333 mg/kg olan maksimum toplam Zn miktarı; 130-300 mg/kg (Almanya, Avrupa Birliği, Avusturya, Avustralya, Birleşik Krallık, Çin, Güney Afrika, Kanada, Polonya, Tanzanya, Türkiye) olan sınır değerlerini aşmaktadır. Ayrıca tarım toprakları için maksimum izin verilen konsantrasyon olan 100-300 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011) değerini de aşmaktadır.

Gelendost elma bahçesi yüzey toprakları maksimum toplam Zn içeriği (333 mg/kg); 500-720 mg/kg (Hollanda, Kanada) ve tarım toprakları için iyileştirici uygulamaların

gerektiği konsantrasyonun maksimum miktarı 1 500 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011) olan sınır değerlerinin altında kalmaktadır.

4.1.3. Eğirdir ve Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların toplam Cu ve Zn açısından değerlendirilmesi

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Cu içeriği 32.0-111 mg/kg arasında değişmektedir. Eğirdir elma bahçesi yüzey altı topraklarının toplam Cu içeriğine ait minimum ve maksimum değeri; genel ve farklı ülkelerin kirlenmemiş topraklarına ait toplam Cu içeriği ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.21). Eğirdir elma bahçesi yüzey altı topraklarının toplam Cu içeriğinin (32.0-111 mg/kg) genel olarak verilen kirlenmemiş topraklara ait toplam Cu (2-50 mg/kg ve 6-80 mg/kg) içeriklerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprağı toplam Cu içeriği (32.0-111 mg/kg); farklı ülkelere ait kirlenmemiş toprakların toplam Cu içeriği ile kıyaslandığında; Batı Avrupa için 1-110 mg/kg, Çin için 14.4-27.3 mg/kg, Florida için 0.01-16 mg/kg, Kanada için 5-50 mg/kg ve ana materyali kireçtaşı olan İspanya orman toprağı için 23-70 mg/kg olan değerlerden daha yüksektir. Ancak 111 mg/kg olan maksimum toplam Cu miktarı; Amerika yüzey toprakları için <1-700 mg/kg, Avrupa yüzey toprakları için 1-239 mg/kg, Avrupa yüzey altı toprakları için <1-118 mg/kg ve Avustralya için <1-190, <8-148, 3-412 mg/kg olan maksimum değerlerden düşük bulunmuştur.

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Cu içeriğine ait ortalama değerin (65.0 ± 4.21 mg/kg); Amerika yüzey toprakları için 25 mg/kg, Avrupa yüzey toprakları için 16.4 mg/kg, Avrupa orman toprağı için 11.4 mg/kg, Avrupa tarım toprağı için 15.4 mg/kg, Avustralya için 16, 22 ve 43 mg/kg, Batı Avrupa yüzey toprağı için 16 mg/kg, Çin için 21.17 mg/kg, Florida için 4.7 mg/kg, Kanada için 22 mg/kg ve Tayvan tarım toprağı için 20.3 mg/kg olarak verilen ortalama değerlerin hepsinden yüksek olduğu görülmektedir.

Eğirdir yüzey altı topraklarının maksimum miktarı (111 mg/kg) ise; Hollanda için 36 mg/kg, Hollanda için 40 mg/kg, Lübnan ana materyali kuaterner dönemde oluşmuş olan toprak için 12 mg/kg, ana materyali yumuşak kireçtaşı olan toprak için 34.9

mg/kg, ana materyali sert kireçtaşı olan toprak için 6 mg/kg olarak verilen değerlerle karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur.

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Zn içeriği (48.0-109 mg/kg) genel olarak verilen kirlenmemiş topraklara ait toplam Zn (10-100 mg/kg ve 17-125 mg/kg) içeriklerinden daha yüksektir (Çizelge 4.21). Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprağı toplam Zn içeriğine ait minimum ve maksimum değer (48.0-109 mg/kg); farklı ülkelere ait kirlenmemiş toprakların toplam Zn içeriği ile kıyaslandığında ise Avustralya için 5-92 mg/kg, Çin için 40-86.8 mg/kg ve Florida için 6.7-18 mg/kg olan değerlerden daha yüksektir. Ancak 109 mg/kg olan maksimum toplam Zn miktarının; Amerika yüzey toprakları için <5-2 900 mg/kg, Avustralya <12-263, <2-180 mg/kg, Batı Avrupa yüzey toprakları için 4-360 mg/kg, Hollanda için 6-153 mg/kg, Kanada için 100-200 mg/kg ve ana materyali kireçtaşı olan İspanya orman toprağı için 72-203 mg/kg olan maksimum değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir.

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Zn içeriğine ait ortalama değer (76.3±2.79 mg/kg); Amerika yüzey toprakları için 60 mg/kg, Avustralya için 21, 34 ve 76 mg/kg, Batı Avrupa yüzey toprağı için 45 mg/kg, Çin için 59.6 mg/kg, Florida 12 mg/kg ve Kanada için 74 mg/kg olarak verilen ortalama değerlerin hepsinden yüksektir. Diğer taraftan Tayvan tarım toprağı için 180 mg/kg olan ortalama değerden düşüktür.

Eğirdir yüzey altı topraklarının maksimum toplam Zn miktarı olan 109 mg/kg; Lübnan ana materyali kuaterner dönemde oluşmuş olan toprak için 63.7 mg/kg ve ana materyali sert kireçtaşı olan toprak için 83 mg/kg olarak verilen değerlerle karşılaştırıldığında daha yüksek bulunurken; Hollanda için 140 mg/kg ve Lübnan ana materyali yumuşak kireçtaşı olan toprak için 112 mg/kg olarak verilen değerlerden düşük bulunmuştur.

Gelendost elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Cu içeriğine ait minimum ve maksimum değer; genel ve farklı ülkelerin kirlenmemiş topraklarına ait toplam Cu içeriği ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.21). Gelendost elma bahçesi yüzey altı topraklarının toplam Cu içeriği (24.9-122 mg/kg) genel olarak verilen kirlenmemiş

topraklara ait toplam Cu (2-50 mg/kg ve 6-80 mg/kg) içeriklerinden daha yüksek bulunmuştur.

Gelendost elma bahçesi yüzey altı toprağı toplam Cu içeriğı (24.9-122 mg/kg); farklı ülkelere ait kirlenmemiş toprakların toplam Cu içeriğı ile kıyaslandığında ise Avrupa yüzey altı toprakları için <1-118 mg/kg, Batı Avrupa için 1-110 mg/kg, Çin için 14.4-27.3 mg/kg, Florida için 0.01-16 mg/kg, Kanada için 5-50 mg/kg ve ana materyali kireçtaşı olan İspanya orman toprağı için 23-70 mg/kg değerlerinden daha yüksektir. Ancak 122 mg/kg olan maksimum toplam Cu miktarı; Amerika yüzey toprakları için <1-700 mg/kg, Avrupa yüzey toprakları için 1-239 mg/kg ve Avustralya için <1-190, <8-148, 3-412 mg/kg olan toplam Cu miktarlarına ait maksimum değerlerinden daha düşük bulunmuştur.

Ayrıca Gelendost elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Cu içeriğine ait ortalama değerin (42.7 ± 3.65 mg/kg); Amerika yüzey toprakları için 25 mg/kg, Avrupa yüzey toprakları için 16.4 mg/kg, Avrupa orman toprağı için 11.4 mg/kg, Avrupa tarım toprağı için 15.4 mg/kg, Avustralya için 16 ve 22 mg/kg, Batı Avrupa yüzey toprağı için 16 mg/kg, Çin için 21.17 mg/kg, Florida için 4.7 mg/kg, Kanada için 22 mg/kg ve Tayvan tarım toprağı için 20.3 mg/kg olan ortalama değerlerin hepsinden yüksek olduğu görölmektedir.

Gelendost yüzey altı topraklarının maksimum toplam Cu miktarı (122 mg/kg); Hollanda için 36 mg/kg ve 40 mg/kg, Lübnan ana materyali kuaterner dönemde oluşmuş olan toprak için 12 mg/kg, ana materyali yumuşak kireçtaşı olan toprak için 34.9 mg/kg, ana materyali sert kireçtaşı olan toprak için 6 mg/kg olan toplam Cu değerleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur.

Gelendost elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Zn içeriğı (54.0-113 mg/kg) genel olarak verilen kirlenmemiş topraklara ait 10-100 mg/kg olan toplam Zn içeriğinden daha yüksek, 17-125 mg/kg olan toplam Zn içeriğinden ise daha düşüktür (Çizelge 4.21).

Gelendost elma bahçesi yüzey altı toprağı toplam Zn içeriğine ait minimum ve maksimum değer olan 54.0-113 mg/kg; farklı ülkelere ait kirlenmemiş toprakların

toplam Zn içeriği ile kıyaslandığında ise Avustralya için 5-92 mg/kg, Çin için 40-86.8 mg/kg ve Florida için 6.7-18 mg/kg olan değerlerden daha yüksektir. Ancak 113 mg/kg olan maksimum toplam Zn miktarının; Amerika yüzey toprakları için <5-2 900 mg/kg, Avustralya için <12-263, <2-180 mg/kg, Batı Avrupa yüzey toprakları için 4-360 mg/kg, Hollanda için 6-153 mg/kg, Kanada için 100-200 mg/kg ve ana materyali kireçtaşı olan İspanya orman toprağı için 72-203 mg/kg olarak verilen miktarların maksimum değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir.

Ayrıca Gelendost elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Zn içeriğine ait ortalama değer (70.1 ± 2.37 mg/kg); Amerika yüzey toprakları için 60 mg/kg, Avustralya için 21, 34 ve 76 mg/kg, Batı Avrupa yüzey toprağı için 45 mg/kg, Çin için 59.6 mg/kg ve Florida için 12 mg/kg ortalama değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Ancak Avustralya için 76 mg/kg, Kanada için 74 mg/kg ve Tayvan tarım toprağı için 180 mg/kg olarak verilen ortalama değerlerden daha düşüktür.

Gelendost yüzey altı topraklarının maksimum toplam Zn miktarı olan 113 mg/kg; Lübnan ana materyali kuaterner dönemde oluşmuş olan topraklar için 63.7 mg/kg, ana materyali sert kireçtaşı olan topraklar için 83 mg/kg, ana materyali yumuşak kireçtaşı olan topraklar için 112 mg/kg olan değerlerle karşılaştırıldığında daha yüksek bulunurken; Hollanda için 140 mg/kg olan değerdan daha düşük bulunmuştur.

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Cu içeriği (32.0-111 mg/kg), Çizelge 4.22'de verilen kurak ve yarı kurak bölge toprakları ile karşılaştırıldığında, Bulgaristan için 15-68 mg/kg, kireçli kaya ve kuaterner dönemde alüvyon üzerinde oluşmuş İspanya'daki Kırmızı Akdeniz toprağı için 1.62-46.8 mg/kg ve %0.5-68 CaCO₃ içeren pH'sı 7.0-8.25 olan İsrail toprakları için 4.41-73.9 mg/kg olan değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

Eğirdir yüzey altı toprağı toplam Cu içeriğine ait maksimum değer olan 111 mg/kg ise %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 2.6-300 mg/kg ve Çin için 0-145 mg/kg olan maksimum değerlerden daha düşük bulunmuştur. Eğirdir yüzey altı toprağı toplam Cu içeriğine ait ortalama değerin (65.0 ± 4.21 mg/kg) ise; %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı 53.3 mg/kg ve Çin 20.8 mg/kg ortalama değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Zn içeriğine ait minimum ve maksimum değerler (48.0-109 mg/kg), kurak ve yarı kurak bölge toprakları ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.22), %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 1.3-48.5 mg/kg ve Bulgaristan için 42-106 mg/kg verilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Eğirdir yüzey altı toprağı toplam Zn içeriğine ait maksimum değer olan 109 mg/kg ise, İsrail toprakları için 7.94-144 mg/kg, Çin için 8.7-215 mg/kg ve kireçli kaya ve kuaterner dönemde alüvyon üzerinde oluşmuş İspanya'daki Kırmızı Akdeniz toprağı için 5.13-669 mg/kg olarak verilen toplam Zn miktarlarının maksimum değerlerinden daha düşük bulunmuştur.

Eğirdir yüzey altı toprağı toplam Zn içeriğine ait ortalama değerin (76.3±2.79 mg/kg); %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 12 mg/kg ve Çin için 73.7 mg/kg olan ortalama değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Gelendost elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Cu içeriğı (24.9-122 mg/kg), Çizelge 4.21'de verilen kurak ve yarı kurak bölge toprakları ile karşılaştırıldığında, Bulgaristan için 15-68 mg/kg, kireçli kaya ve kuaterner dönemde alüvyon üzerinde oluşmuş İspanya'daki Kırmızı Akdeniz toprağı için 1.62-46.8 mg/kg, %0.5-68 CaCO₃ içeren pH'sı 7.0-8.25 olan İsrail toprakları için 4.41-73.9 mg/kg olarak verilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

Gelendost yüzey altı toprağı toplam Cu içeriğine ait maksimum değer olan 122 mg/kg ise %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 2.6-300 mg/kg ve Çin için 0-145 mg/kg olan maksimum değerlerden daha düşük bulunmuştur. Gelendost yüzey altı toprağı toplam Cu içeriğine ait ortalama değer (42.7±3.65 mg/kg) ise; %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 53.3 mg/kg olan ortalama değerden daha düşük, Çin 20.8 için mg/kg olan ortalama değerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Gelendost elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Zn içeriğine ait minimum ve maksimum değerler (54.0-113 mg/kg), kurak ve yarı kurak bölge toprakları ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.21); %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 1.3-48.5 mg/kg ve Bulgaristan için 42-106 mg/kg olan değerlerden daha yüksek bulunurken; Gelendost yüzey altı toprağı toplam Zn

içeriğine ait maksimum değer olan 113 mg/kg ise, %0.5-68 CaCO₃ içeren pH'sı 7.0-8.25 olan İsrail toprakları için 7.94-144 mg/kg, Çin için 8.7-215 mg/kg ve kireçli kaya ve kuaterner dönemde alüvyon üzerinde oluşmuş İspanya'daki Kırmızı Akdeniz toprağı için 5.13-669 mg/kg olarak verilen miktarların maksimum değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Gelendost yüzey altı toprağı toplam Zn içeriğine ait ortalama değerin (70.1±2.37 mg/kg); %5-75 CaCO₃ içeren Birleşik Arap Emirlikleri toprağı için 12 mg/kg ve Çin için 73.7 mg/kg verilen ortalama değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprağı toplam Cu içeriğı 32.0-111 mg/kg arasında değişmektedir ve farklı ülkeler tarafından belirlenmiş sınır değerlerle karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.23). Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprağı toplam Cu içeriğı (32.0-111 mg/kg), farklı ülkelere ait sınır değerler ile toplam Cu miktarı üzerinden kıyaslandığında bahçelerin 111 mg/kg olan maksimum toplam Cu miktarı; 30-100 mg/kg (Almanya, Avustralya, Avusturya, Avustralya ve Yeni Zelanda, Birleşik Krallık, Çin, Güney Afrika, Hollanda, Polonya, Türkiye) olan sınır değerlerini aşmaktadır. Ayrıca toprak kirliliğı için eşik değeri olan 100 mg/kg (Fernández-Calviño vd., 2009) olan değerin de üzerindedir.

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprakları maksimum toplam Cu miktarı (111 mg/kg); 114-270 mg/kg (Amerika, Avrupa Birliğı, Avrupa Birliğı, Hollanda Kanada, Tanzanya, Türkiye) olan sınır değerlerin altında kalmaktadır. Ayrıca tarım topraklarında maksimum izin verilen konsantrasyon olan 60-150 mg/kg ve iyileştirici uygulamalarının gerektiğı konsantrasyon olan 60-500 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011) değerlerinin maksimum miktarının da altındadır.

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı (20-40 cm) topraklarının toplam Zn içeriğı (48.0-109 mg/kg) arasında değişmektedir ve farklı ülkeler tarafından belirlenmiş sınır değerlerle kıyaslanmıştır (Çizelge 4.23). Eğirdir elma bahçesi yüzey altı topraklarının toplam Zn içeriğı (48.0-109 mg/kg), farklı ülkelere ait sınır değerler ile toplam Zn miktarı üzerinden kıyaslandığında bahçelerin 109 mg/kg olan maksimum toplam Zn miktarı; sadece Kanada için verilen 80 mg/kg sınır değerini aşmaktadır.

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı toprakları maksimum toplam Zn içeriği (109 mg/kg); 130-1 100 mg/kg (Almanya, Amerika, Avrupa Birliği, Avusturya, Avustralya, Birleşik Krallık, Çin, Güney Afrika, Hollanda, Kanada, Polonya, Tanzanya, Türkiye) olan sınır değerlerin altında kalmaktadır. Ayrıca tarım toprakları için maksimum izin verilen konsantrasyon olan 100-300 mg/kg ve tarım toprakları için iyileştirici uygulamaların gerektiği konsantrasyon olan 200-1 500 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011), sınır değerlerinin de altında kalmaktadır.

Gelendost elma bahçesi yüzey altı topraklarının toplam Cu içeriği (24.9-122 mg/kg), farklı ülkelere ait sınır değerler (Çizelge 4.22) ile toplam Cu miktarı üzerinden kıyaslandığında bahçelerin 122 mg/kg olan maksimum toplam Cu miktarı; 30-114 mg/kg (Almanya, Avusturya, Avustralya, Avustralya ve Yeni Zelanda, Birleşik Krallık, Çin, Güney Afrika, Hollanda, Kanada, Polonya, Türkiye) sınır değerlerini ve toprak kirliliği için eşik değeri olan 100 mg/kg seviyesini (Fernández-Calviño vd., 2009) aşmaktadır.

Gelendost elma bahçesi yüzey altı toprakları maksimum toplam Cu içeriği (122 mg/kg); 140-500 mg/kg (Amerika, Avrupa Birliği, Avrupa Birliği, Hollanda, Kanada, Tanzanya, Türkiye) olan sınır değerlerinin altında kalmaktadır. Ayrıca tarım toprakları için maksimum izin verilen konsantrasyon olan 60-150 mg/kg ve tarım toprakları için iyileştirici uygulamaların gerektiği konsantrasyon olan 60-500 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011) değerlerinin maksimum miktarının da altında kalmaktadır.

Gelendost elma bahçesi yüzey altı topraklarının toplam Zn içeriği (54.0-113 mg/kg) arasında değişmektedir ve farklı ülkeler tarafından belirlenmiş sınır değerlerle kıyaslanmıştır (Çizelge 4.23). Gelendost elma bahçesi yüzey altı topraklarının toplam Zn içeriği (54.0-113 mg/kg), farklı ülkelere ait sınır değerler ile toplam Zn miktarı üzerinden kıyaslandığında bahçelerin 113 mg/kg olan maksimum toplam Zn miktarı; 130-1 100 mg/kg (Almanya, Amerika, Avusturya 300 mg/kg (Saha vd., 2017), Avustralya, Birleşik Krallık, Çin, Güney Afrika, Hollanda, Kanada, Hollanda, Polonya, Tanzanya, Türkiye) olan sınır değerlerinin altında kalmaktadır. Ayrıca tarım toprakları için maksimum izin verilen konsantrasyon olan 100-300 mg/kg, tarım toprakları için iyileştirici uygulamaların gerektiği konsantrasyon olan 200-1 500 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011) değerlerinin maksimum miktarlarının da altındadır.

Bahçe topraklarının olan maksimum toplam Zn miktarı (113 mg/kg) sadece Kanada’da sedimentler için belirlenmiş olan 80 mg/kg (Albanese vd., 2007) değerini aşmaktadır.

4.2. Elma Bahçesi Topraklarına Ait Cu ve Zn Jeokimyasal Fraksiyonları

Eğirdir ve Gelendost ilçeleri elma bahçeleri iki farklı derinlikten (0-20 cm ve 20-40 cm) alınmış olan toprak örneklerindeki Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonları için (WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon) miktarları belirlenmiş ve bu fraksiyonlara ait minimum, maksimum, ortalama±standart hata, standart sapma, varyans, çarpıklık ve basıklık katsayısı gibi tanımlayıcı istatistik parametreleri Çizelge 4.24 – Çizelge 4.30’da verilmiştir. Hem sadece derinliklere göre (0-20 cm ve 20-40 cm) her iki ilçedeki (Eğirdir ve Gelendost) elma bahçesi topraklarına ait tanımlayıcı istatistik hem de derinlik ve lokasyon ikisi birlikte ele alınarak tanımlayıcı istatistik parametreleri belirlenmiştir.

4.2.1. Elma bahçelerinin 0-20 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları

Tüm ilçelerdeki (Eğirdir ve Gelendost) 0-20 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlarına (WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon) ait tanımlayıcı istatistik sonucu Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Elma bahçeleri 0-20 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlarına ait minimum ve maksimum değerler; Zn_{WE} (0.018-2.94 mg/kg), Cu_{WE} (0.053-2.38 mg/kg), Zn_{Car} (1.12-90.7 mg/kg), Cu_{Car} (0.110-41.3 mg/kg), Zn_{MnO} (0.018-7.54 mg/kg), Cu_{MnO} (0.035-3.48 mg/kg), Zn_{AFeO} (4.00-41.0 mg/kg), Cu_{AFeO} (8.50-90.9 mg/kg), Zn_{KFeO} (6.50-15.0 mg/kg), Cu_{KFeO} (4.38-30.2 mg/kg), Zn_{OS} (3.20-19.4 mg/kg), Cu_{OS} (3.26-11.9 mg/kg), Zn_R (23.7-69.3 mg/kg) ve Cu_R (9.70-24.3 mg/kg) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.24. Elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan topraklara ait Cu ve Zn fraksiyonları (mg/kg)

Fraksiyonlar*	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık**	Basıklık***
Zn _{WE}	0.018	2.94	0.154 ±0.054	0.417	0.174	5.42	34.6
Cu _{WE}	0.053	2.38	0.639 ±0.061	0.470	0.221	1.04	1.88
Zn _{Car}	1.12	90.7	7.38 ±1.51	11.7	137	6.36	45.1
Cu _{Car}	0.110	41.3	7.50 ±0.848	6.57	43.2	2.64	11.1
Zn _{MnO}	0.018	7.54	1.01 ±0.133	1.03	1.06	4.59	27.5
Cu _{MnO}	0.035	3.48	0.386±0.084	0.655	0.428	3.39	12.4
Zn _{AFeO}	4.00	41.0	12.1 ±0.904	7.00	49.0	1.91	5.02
Cu _{AFeO}	8.50	90.9	35.9 ±2.82	21.9	479	0.765	-0.156
Zn _{KFeO}	6.50	15.0	9.49 ±0.222	1.72	2.96	0.976	1.17
Cu _{KFeO}	4.38	30.2	11.5 ±0.552	4.28	18.3	2.02	5.61
Zn _{OS}	3.20	19.4	9.28 ±0.476	3.68	13.6	0.589	-0.313
Cu _{OS}	3.26	11.9	5.72 ±0.190	1.47	2.17	1.42	4.25
Zn _R	23.7	69.3	47.3 ±1.08	8.36	69.8	-0.320	1.21
Cu _R	9.70	24.3	14.0 ±0.438	3.40	11.5	1.04	0.873

WE: suda çözünabilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı; MnO: Mn oksitlere bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfütlere bağlı, R: bakiye fraksiyon, **Çarpıklığın standart hatası: 0.309, * Basıklığın standart hatası: 0.608, [†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Parametrik testlerin ön şartlarından verilerin normal dağılım göstermesi Shapiro-Wilk W testi ve varyansların homojenliği Levene testi (Özdamar, 2015) ile kontrol edilmiş ayrıca basıklık ve /veya çarpıklık katsayısı $< 2 \times \text{çarpıklığın standart hatası}$ ise normal dağılımdan bahsedilebilir, aynı yaklaşım basıklık için de geçerlidir (Berkman ve Reise, 2012) görüşü de göz önüne alınarak normal dağılım göstermeyen toprak fraksiyonlarına normal dağılıma yaklaştırmak için Box-Cox transformasyonu uygulanmıştır. Transformasyon sonrası normal dağılım gösteren fraksiyonlar; Zn_{Car}, Zn_{AFeO}, Zn_{KFeO}, Zn_{OS} ve Cu_{OS}'dir. Normal dağılım göstermeyen fraksiyonlar; Zn_{WE}, Cu_{WE}, Cu_{Car}, Zn_{MnO}, Cu_{MnO}, Cu_{AFeO}, Cu_{KFeO}, Zn_R ve Cu_R'dir ve bu özelliklerde parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır.

Eğirdir ve Gelendost ilçeleri elma bahçeleri yüzey topraklarının fraksiyonlarına ait çarpıklık değerleri incelendiğinde; çarpıklık katsayısı büyükten küçüğe doğru sıralaması, Zn_{Car} (6.36), Zn_{WE} (5.42), Zn_{MnO} (4.59), Cu_{MnO} (3.39), Cu_{Car} (2.64), Cu_{KFeO} (2.02), Zn_{AFeO} (1.91), Cu_{OS} (1.42), Cu_{WE} (1.04), Cu_R (1.04), Zn_{KFeO} (0.976) ve Cu_{AFeO} (0.765) şeklinde olup, sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. Çarpıklık değerinin yüksek olması, normal dağılımdan sapma olduğunu ve bu değer yükseldikçe o derecede sapmanın da artacağı belirtilmiştir. Aynı zamanda pozitif çarpıklık göreceli olarak toprakta bitki besin elementlerinin zenginleşmesini ya da yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca yüksek çarpıklık değerleri

hem toprak oluşum süreçleriyle hem de toprakların kullanım şekline kaynaklanmaktadır (Durgun vd., 2017; Gökmen vd., 2023b). Ayrıca çalışma alanının topoğrafyasındaki ve yüksek rakımlardaki kireçtaşıdan oluşan dağlık alanlardaki farklılıkların, toprak oluşumunda önemli farklılıklara neden olduğu belirtilmiştir (Gökmen vd., 2023b). Özellikle Eğirdir lokasyonundaki toprak örnekleri hareketsiz elementler için birikme zonu özelliği göstermektedir. Farklı yaştaki elma bahçelerinden ve kontrol olarak belirlenen arazilerden toprak örneği alındığı için Cu ve Zn elementlerine ait fraksiyonlarda da miktar olarak farklılık olmakta ve bazı toprak örneklerinde fraksiyonlara ait büyük değerlerin olmasından dolayı sağdan çarpık bir dağılım yani sağdan kuyruklanma gözlemlenmektedir.

Eğirdir ve Gelendost elma bahçeleri yüzey topraklarının fraksiyonlarına ait basıklık değerleri incelendiğinde; basıklık katsayısı büyükten küçüğe doğru sıralaması, Zn_{Car} (45.1), Zn_{WE} (34.6), Zn_{MnO} (27.5), Cu_{MnO} (12.4), Cu_{Car} (11.1), Cu_{KFeO} (5.61), Zn_{AFeO} (5.02), Cu_{OS} (4.25), Cu_{WE} (1.88) ve Zn_{KFeO} (1.17) şeklindedir. Cu ve Zn fraksiyonlarında basıklık katsayısı > 2 çarpıklığın standart hatası olan negatif değer yoktur. Basıklıkta pozitif değerler sivri bir dağılımı, negatif değerler ise basık bir dağılımı göstermektedir. Pozitif basıklık değeri, mod değeri etrafında toplanma eğilimini, negatif basıklık değeri ise ilgili özellik açısından toprakların değişkenliğini göstermektedir (Berkman ve Reise, 2012). Aslında bu yüksek basıklık değerleri gerek genetik gerekse antropojenik açıdan ilgili elementlerin birikme gösterdiği jeolojik fraksiyonlara da işaret etmektedir. Özellikle WE fraksiyonu arazinin güncelde ciddi bir Zn yükü altında olduğuna da işaret etmektedir. Bu gübreleme ve ilaçlama kaynaklı yük altında alınan Cu ve Zn elementlerinin Car, MnO ve FeO fraksiyonları tarafından tamponlandığı ya da kontrol edildiği şeklinde değerlendirilebilir. Nitekim toprakta bu elementlerin termodinamik açıdan stabil minerallerine bakıldığında (Lindsay, 1979) bu yaklaşımın ne kadar yerinde olduğu daha iyi gözlemlenebilir.

4.2.2. Elma bahçelerinin 20-40 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları

Tüm ilçelerdeki (Eğirdir ve Gelendost) 20-40 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlara (WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al

oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon) ait tanımlayıcı istatistik sonucu Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Elma bahçeleri 20-40 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlarına ait minimum ve maksimum değerler; Zn_{WE} (0.020-0.580 mg/kg), Cu_{WE} (0.060-2.05 mg/kg), Zn_{Car} (0.630-31.6 mg/kg), Cu_{Car} (0.070-24.8 mg/kg), Zn_{MnO} (0.020-3.92 mg/kg), Cu_{MnO} (0.060-3.01 mg/kg), Zn_{AFeO} (3.30-22.3 mg/kg), Cu_{AFeO} (6.70-76.3 mg/kg), Zn_{KFeO} (5.90-12.3 mg/kg), Cu_{KFeO} (5.09-19.3 mg/kg), Zn_{OS} (2.90-19.6 mg/kg), Cu_{OS} (2.15-8.91 mg/kg), Zn_R (21.4-68.2 mg/kg) ve Cu_R (9.50-25.6 mg/kg) aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.25. Elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan topraklara ait Cu ve Zn fraksiyonları

Fraksiyonlar*	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık**	Basıklık***
Zn _{WE}	0.020	0.580	0.074 ±0.018	0.139	0.019	2.67	6.17
Cu _{WE}	0.060	2.05	0.375 ±0.049	0.381	0.145	1.93	5.23
Zn _{Car}	0.630	31.6	4.47 ±0.573	4.44	19.7	4.35	24.0
Cu _{Car}	0.070	24.8	5.32 ±0.593	4.59	21.1	2.39	7.36
Zn _{MnO}	0.020	3.92	0.782 ±0.080	0.617	0.380	2.52	10.3
Cu _{MnO}	0.060	3.01	0.276±0.062	0.476	0.227	4.26	20.6
Zn _{AFeO}	3.30	22.3	8.94 ±0.545	4.22	17.8	1.02	0.908
Cu _{AFeO}	6.70	76.3	26.0 ±2.22	17.2	296	1.24	0.941
Zn _{KFeO}	5.90	12.3	8.90 ±0.188	1.46	2.13	0.309	-0.386
Cu _{KFeO}	5.09	19.3	10.3 ±0.397	3.08	9.47	1.41	1.82
Zn _{OS}	2.90	19.6	9.10 ±0.491	3.81	14.5	0.721	0.117
Cu _{OS}	2.15	8.91	5.27 ±0.171	1.32	1.75	0.389	0.807
Zn _R	21.4	68.2	46.4 ±1.08	8.37	70.0	-0.214	1.56
Cu _R	9.50	25.6	13.5 ±0.451	3.49	12.2	1.39	2.11

*WE: suda çözünabilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı; MnO: Mn oksitlere bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon, **Çarpıklığın standart hatası: 0.309, *** Basıklığın standart hatası: 0.608, [†] SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Eğirdir ve Gelendost ilçelerinin elma bahçeleri yüzey altı topraklarının fraksiyonlarına ait çarpıklık değerleri incelendiğinde; çarpıklık katsayısı büyükten küçüğe doğru sıralaması, Zn_{Car} (4.35), Cu_{MnO} (4.26), Zn_{WE} (2.67), Zn_{MnO} (2.52), Cu_{Car} (2.39), Cu_{WE} (1.93), Cu_{KFeO} (1.41), Cu_R (1.39) ve Cu_{AFeO} (1.24), Zn_{AFeO} (1.02) ve Zn_{OS} (0.721) şeklinde olup, sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. Çarpıklık değerinin yüksek olması, normal dağılımdan sapma olduğunu ve bu değer yükseldikçe o derecede sapmanın da artacağı belirtilmiştir. Aynı zamanda pozitif çarpıklık göreceli olarak toprakta bitki besin elementlerinin zenginleşmesini ya da yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca yüksek çarpıklık değerleri hem toprak oluşum süreçleriyle hem de toprakların kullanım şekline kaynaklanmaktadır (Durgun vd.,

2017; Gökmen vd., 2023b). Ayrıca çalışma alanının topoğrafyasındaki ve yüksek rakımlardaki kireçtaşıdan oluşan dağlık alanlardaki farklılıkların, toprak oluşumunda önemli farklılıklara neden olduğu belirtilmiştir (Gökmen vd., 2023b). Farklı yaştaki elma bahçelerinden ve kontrol olarak belirlenen arazilerden toprak örneği alındığı için Cu ve Zn elementlerine ait fraksiyonlarda da miktar olarak farklılık olmakta ve bazı toprak örneklerinde fraksiyonlara ait büyük değerlerin olmasından dolayı sağdan çarpık bir dağılım yani sağdan kuyruklanma gözlemlenmektedir. Yüzey altı topraklarında yüzeyden farklı olarak Zn_{Os} fraksiyonu da pozitif çarpıklık göstermiştir. Yani bu fraksiyonda 20-40 cm tabakasına ulaşan Zn'nin tamponlanmasında önemli bir fraksiyon olarak öne çıkmaya başladığı şeklinde değerlendirilebilir. Yüzey altı toprakları genelde yüzey toprakları ile kıyaslandığında daha fazla su içermekte ve oksijen girişi sınırlı kalmaktadır (Ören vd., 2018). Bu durum bu tabakanın daha indirgen koşullara maruz kalmasına neden olmaktadır. Bu sürekli indirgen koşullar, özellikle sülfid minerallerinin oluşumunu tetiklemektedir (Lindsay, 1979).

Eğirdir ve Gelendost elma bahçeleri yüzey altı topraklarının fraksiyonlarına ait pozitif basıklık değerleri incelendiğinde; basıklık katsayısı büyükten küçüğe doğru sıralaması, Zn_{Car} (24.0), Cu_{MnO} (20.6), Zn_{MnO} (10.3), Cu_{Car} (7.36), Zn_{WE} (6.17), Cu_{WE} (5.23), Cu_R (2.11), Cu_{KFeO} (1.82) ve Zn_R (1.56) şeklindedir. Cu ve Zn fraksiyonlarında basıklık katsayısı > 2 çarpıklığın standart hatası olan negatif bir değer yoktur. Basıklıkta pozitif değerler sivri bir dağılımı, negatif değerler ise basık bir dağılımı göstermektedir. Pozitif basıklık değeri, mod değeri etrafında toplanma eğilimini, negatif basıklık değeri ise ilgili özellik açısından toprakların değişkenliğini göstermektedir (Berkman ve Reise, 2012). Basıklık değerlerinin Zn için Zn_{Car} > Zn_{MnO} > Zn_{WE} > Zn_R şeklinde sıralanması bu toprak tabakasında karbonatların en etkili detoksifikasyon mekanizması olduğunu ve bunu MnO'in takip ettiğini göstermektedir. Yüksek Zn_{WE} değeri ise Zn girdisinin yüksekliği ve bu elementin derinlere kadar hareket edebildiğine işaret etmektedir. Zn_R fraksiyonundaki yükseklik ise bazı alanların toprak oluşumu süreçlerinde ilgili element için bir birikim zonu olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bakır elementi için Cu_{MnO} > Cu_{Car} > Cu_{WE} > Cu_R > Cu_{KFeO} şeklinde bir sıralama olduğu görülmektedir. Çinko elementine kıyasla toprak tabakasında MnO'in en etkili detoksifikasyon mekanizması olduğunu ve bunu karbonatların takip ettiğini göstermektedir. Yüksek Cu_{WE} değeri ise Cu girdisinin yüksekliği ve bu elementin derinlere kadar hareket edebildiğine işaret

etmektedir. Cu_{KFeO} ve Cu_R fraksiyonundaki yükseklik ise bazı alanların toprak oluşumu süreçlerinde ilgili element için bir birikim zonu olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

4.2.3. Eğirdir elma bahçelerinin 0-20 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları

Eğirdir 0-20 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlarına (WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon) ait tanımlayıcı istatistik sonucu Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan topraklara ait Cu ve Zn fraksiyonları (mg/kg)

Fraksiyonlar*	Min.	Mak.	Ort. $\pm$ SH [†]	SS [†]	Varyans	Çarpıklık**	Basıklık***
Zn _{WE}	0.018	2.94	0.195 $\pm$ 0.105	0.564	0.318	4.48	21.6
Cu _{WE}	0.053	1.44	0.448 $\pm$ 0.071	0.380	0.144	0.810	-0.050
Zn _{Car}	1.12	13.7	5.29 $\pm$ 0.579	3.116	9.71	1.09	0.870
Cu _{Car}	0.110	23.3	8.00 $\pm$ 1.04	5.62	31.6	0.580	0.140
Zn _{MnO}	0.018	2.81	1.05 $\pm$ 0.129	0.693	0.481	0.850	0.270
Cu _{MnO}	0.055	3.48	0.596 $\pm$ 0.166	0.891	0.795	2.18	4.49
Zn _{AFeO}	8.67	25.1	14.0 $\pm$ 0.775	4.18	17.4	0.940	0.370
Cu _{AFeO}	14.2	88.3	48.7 $\pm$ 3.60	19.4	376	0.150	-0.360
Zn _{KFeO}	6.48	13.5	10.1 $\pm$ 0.321	1.73	2.99	0.290	-0.320
Cu _{KFeO}	4.38	30.2	13.6 $\pm$ 0.963	5.19	26.9	1.26	2.47
Zn _{OS}	3.48	19.4	10.8 $\pm$ 0.699	3.76	14.2	0.230	-0.310
Cu _{OS}	3.26	11.9	6.05 $\pm$ 0.321	1.73	2.98	1.14	3.50
Zn _R	23.7	69.3	46.1 $\pm$ 2.04	11.0	121	-0.080	-0.210
Cu _R	9.74	24.3	15.8 $\pm$ 0.691	3.72	13.8	0.450	-0.120

*WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı; MnO: Mn oksitlere bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon, **Çarpıklığın standart hatası: 0.434, *** Basıklığın standart hatası: 0.845, [†]SH: standart hata [†]SS: standart sapma

Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlarına ait minimum ve maksimum değerler; Zn_{WE} (0.018-2.94 mg/kg), Cu_{WE} (0.053-1.44 mg/kg), Zn_{Car} (1.12-13.7 mg/kg), Cu_{Car} (0.110-23.3 mg/kg), Zn_{MnO} (0.018-2.81 mg/kg), Cu_{MnO} (0.055-3.48 mg/kg), Zn_{AFeO} (8.67-25.1 mg/kg), Cu_{AFeO} (14.2-88.3 mg/kg), Zn_{KFeO} (6.48-13.5 mg/kg), Cu_{KFeO} (4.38-30.2 mg/kg), Zn_{OS} (3.48-19.4 mg/kg), Cu_{OS} (3.26-11.9 mg/kg), Zn_R (23.7-69.3 mg/kg) ve Cu_R (9.74-24.3 mg/kg) aralığında değişmektedir.

4.2.4. Eğirdir elma bahçelerinin 20-40 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları

Eğirdir 20-40 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlarına (WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon) ait tanımlayıcı istatistik sonucu Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Eğirdir elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan topraklara ait Cu ve Zn fraksiyonları (mg/kg)

Fraksiyonlar*	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık**	Basıklık***
Zn _{WE}	0.018	0.443	0.041±0.016	0.087	0.008	4.17	17.8
Cu _{WE}	0.055	0.968	0.222±0.049	0.264	0.070	2.09	3.43
Zn _{Car}	0.630	7.35	3.27±0.286	1.54	2.37	1.00	1.19
Cu _{Car}	0.074	24.8	5.71±0.957	5.16	26.6	1.99	5.57
Zn _{MnO}	0.018	1.96	0.856±0.104	0.563	0.316	0.450	-1.07
Cu _{MnO}	0.055	3.01	0.425±0.121	0.652	0.425	2.90	9.15
Zn _{AFeO}	5.81	18.4	11.0±0.612	3.30	10.9	0.670	0.310
Cu _{AFeO}	13.1	76.3	35.5±3.19	17.2	295	0.960	-0.060
Zn _{KFeO}	5.85	12.3	9.57±0.293	1.58	2.49	-0.290	-0.560
Cu _{KFeO}	5.09	19.3	11.6±0.705	3.80	14.4	0.600	-0.370
Zn _{OS}	4.27	19.6	10.9±0.757	4.08	16.6	0.360	-0.540
Cu _{OS}	2.15	8.91	5.59±0.300	1.62	2.61	-0.180	0.240
Zn _R	21.4	68.2	46.0±2.11	11.3	129	-0.110	-0.170
Cu _R	9.50	25.6	15.5±0.724	3.90	15.2	0.730	0.560

*WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı; MnO: Mn oksitlere bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon, **Çarpıklığın standart hatası: 0.434, *** Basıklığın standart hatası: 0.845, [†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Eğirdir elma bahçeleri 20-40 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlarına ait minimum ve maksimum değerler; Zn_{WE} (0.018-0.443 mg/kg), Cu_{WE} (0.055-0.968 mg/kg), Zn_{Car} (0.630-7.35 mg/kg), Cu_{Car} (0.074-24.8 mg/kg), Zn_{MnO} (0.018-1.96 mg/kg), Cu_{MnO} (0.055-3.01 mg/kg), Zn_{AFeO} (5.81-18.4 mg/kg), Cu_{AFeO} (13.1-76.3 mg/kg), Zn_{KFeO} (5.85-12.3 mg/kg), Cu_{KFeO} (5.09-19.3 mg/kg), Zn_{OS} (4.27-19.6 mg/kg), Cu_{OS} (2.15-8.91 mg/kg), Zn_R (21.4-68.2 mg/kg) ve Cu_R (9.50-25.6 mg/kg) aralığında değişmektedir.

4.2.5. Gelendost elma bahçelerinin 0-20 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları

Gelendost 0-20 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlarına (WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon) ait tanımlayıcı istatistik sonucu Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan topraklara ait Cu ve Zn fraksiyonları (mg/kg)

Fraksiyonlar*	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık**	Basıklık***
Zn _{WE}	0.018	0.753	0.117 ±0.037	0.205	0.042	2.05	3.30
Cu _{WE}	0.074	2.38	0.817 ±0.086	0.481	0.232	1.15	2.44
Zn _{Car}	1.96	90.7	9.33 ±2.85	15.9	253	4.79	24.7
Cu _{Car}	1.68	41.3	7.04 ±1.33	7.42	55.0	3.58	15.6
Zn _{MnO}	0.193	7.54	0.971 ±0.230	1.28	1.64	4.81	25.1
Cu _{MnO}	0.035	0.683	0.189 ±0.024	0.135	0.018	1.95	4.92
Zn _{AFeO}	4.04	41.0	10.3 ±1.53	8.54	72.9	2.54	6.41
Cu _{AFeO}	8.47	90.9	23.9 ±3.01	16.8	282	2.40	7.82
Zn _{KFeO}	6.62	15.0	8.93 ±0.279	1.56	2.42	2.07	7.22
Cu _{KFeO}	7.25	13.7	9.53 ±0.285	1.59	2.52	0.920	0.300
Zn _{OS}	3.21	14.4	7.82 ±0.539	3.00	9.00	0.900	0.110
Cu _{OS}	3.45	9.32	5.40 ±0.204	1.13	1.29	1.45	3.73
Zn _R	40.6	60.8	48.5 ±0.847	4.71	22.2	0.740	0.540
Cu _R	9.73	16.5	12.3 ±0.335	1.87	3.48	0.680	-0.280

*WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı; MnO: Mn oksitlere bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon, **Çarpıklığın standart hatası: 0.421, *** Basıklığın standart hatası: 0.821, [†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlarına ait minimum ve maksimum değerler; Zn_{WE} (0.018-0.753 mg/kg), Cu_{WE} (0.074-2.38 mg/kg), Zn_{Car} (1.96-90.7 mg/kg), Cu_{Car} (1.68-41.3 mg/kg), Zn_{MnO} (0.193-7.54 mg/kg), Cu_{MnO} (0.035-0.683 mg/kg), Zn_{AFeO} (4.04-41.0 mg/kg), Cu_{AFeO} (8.47-90.9 mg/kg), Zn_{KFeO} (6.62-15.0 mg/kg), Cu_{KFeO} (7.25-13.7 mg/kg), Zn_{OS} (3.21-14.4 mg/kg), Cu_{OS} (3.45-9.32 mg/kg), Zn_R (40.6-60.8 mg/kg) ve Cu_R (9.73-16.5 mg/kg) aralığında değişmektedir.

4.2.6. Gelendost elma bahçelerinin 20-40 cm derinlikten alınan topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları

Gelendost 20-40 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlarına (WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon) ait tanımlayıcı istatistik sonucu Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan topraklara ait fraksiyon içerikleri

Fraksiyonlar*	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık**	Basıklık***
Zn _{WE}	0.018	0.578	0.100±0.031	0.172	0.030	2.00	2.81
Cu _{WE}	0.055	2.05	0.516±0.075	0.420	0.176	1.82	4.90
Zn _{Car}	0.700	31.6	5.59±1.05	5.82	33.9	3.34	13.4
Cu _{Car}	0.630	22.8	4.96±0.727	4.05	16.4	3.10	12.3
Zn _{MnO}	0.140	3.92	0.711±0.119	0.665	0.442	3.94	19.0
Cu _{MnO}	0.055	0.502	0.137±0.016	0.089	0.008	2.63	8.78
Zn _{AFeO}	3.27	22.3	7.01±0.742	4.13	17.1	2.43	6.59
Cu _{AFeO}	6.65	62.8	17.0±2.10	11.7	137	2.37	7.04
Zn _{KFeO}	6.07	10.9	8.27±0.184	1.03	1.06	0.110	0.720
Cu _{KFeO}	6.81	11.7	9.03±0.237	1.32	1.75	0.520	-0.550
Zn _{OS}	2.90	12.9	7.46±0.485	2.70	7.28	0.430	-0.430
Cu _{OS}	3.80	7.88	4.97±0.162	0.899	0.809	1.09	2.00
Zn _R	39.3	55.0	46.8±0.741	4.13	17.0	0.490	0.040
Cu _R	9.46	14.7	11.6±0.276	1.54	2.36	0.700	-0.430

*WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı; MnO: Mn oksitlere bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı, R: bakiye fraksiyon, **Çarpıklığın standart hatası: 0.421, *** Basıklığın standart hatası: 0.821, [†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikteki toprak örneklerine ait Cu ve Zn elementlerinin jeokimyasal fraksiyonlarına ait minimum ve maksimum değerler; Zn_{WE} (0.018-0.578 mg/kg), Cu_{WE} (0.055-2.05 mg/kg), Zn_{Car} (0.700-31.6 mg/kg), Cu_{Car} (0.630-22.8 mg/kg), Zn_{MnO} (0.140-3.92 mg/kg), Cu_{MnO} (0.055-0.502 mg/kg), Zn_{AFeO} (3.27-22.3 mg/kg), Cu_{AFeO} (6.65-62.8 mg/kg), Zn_{KFeO} (6.07-10.9 mg/kg), Cu_{KFeO} (6.81-11.7 mg/kg), Zn_{OS} (2.90-12.9 mg/kg), Cu_{OS} (3.80-7.88 mg/kg), Zn_R (39.3-55.0 mg/kg) ve Cu_R (9.46-14.7 mg/kg) aralığında değişmektedir.

4.3. Elma Bahçelerinden Alınan Yaprak Örneklerine Ait Besin Elementi İçeriği

Eğirdir ve Gelendost ilçeleri elma bahçelerinden alınmış olan yaprak örneklerindeki N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriği belirlenmiş ve bu besin elementlerine ait minimum, maksimum, ortalama±standart hata, standart sapma, varyans, çarpıklık ve basıklık katsayısı gibi tanımlayıcı istatistik parametreleri Çizelge.4.30 – Çizelge 4.32’de verilmiştir. Hem her iki ilçedeki (Eğirdir ve Gelendost) elma bahçeleri yaprak örneklerine ait tanımlayıcı istatistik hem de lokasyonlara göre ayrı ayrı tanımlayıcı istatistik parametreleri belirlenmiştir.

4.3.1. Elma bahçeleri yaprak örneklerine ait besin elementi içerikleri

Tüm ilçelerdeki (Eğirdir ve Gelendost) elma bahçeleri yaprak örneklerine ait N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriği belirlenmiş ve bu besin elementlerine ait tanımlayıcı istatistik sonucu Çizelge 4.30’da verilmiştir.

Çizelge 4.30. Elma bahçeleri yaprak örneklerine ait özellikler

Bitki Özellikleri*	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [‡]	Varyans	Çarpıklık**	Basıklık***
N _b (%)	1.03	2.40	1.90±0.048	0.354	0.126	-0.730	-0.180
P _b (mg/kg)	1 471	11 722	9 368±302	2 223	4 941 246	-2.34	5.05
K _b (mg/kg)	5 432	16 366	9 766±363	2 668	7 115 929	0.710	-0.110
Ca _b (mg/kg)	6 268	15 935	11 135±254	1 867	3 487 291	0.050	0.260
Mg _b (mg/kg)	1 768	6 339	3 630±132	970	940 363	0.500	0.260
Fe _b (mg/kg)	71.9	226	113±4.32	31.8	1 010	1.65	3.14
Cu _b (mg/kg)	5.44	18.9	8.53±0.367	2.70	7.27	2.20	5.47
Zn _b (mg/kg)	6.2	43.5	13.1±0.896	6.59	43.4	2.28	7.49
Mn _b (mg/kg)	11.3	226	59.5±6.52	47.9	2 297	1.99	3.62

*b: bitki, **Çarpıklığın standart hatası: 0.325, *** Basıklığın standart hatası: 0.639, [†]SH: standart hata [‡]SS: standart sapma

Elma bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin besin elementi içeriklerine ait minimum ve maksimum değerler; N (%1.03-2.40), P (1 471-11 722 mg/kg), K (5 432-16 366 mg/kg), Ca (6 268-15 935 mg/kg), Mg (1 768-6 339 mg/kg), Fe (71.9-226 mg/kg), Cu (5.44-18.9 mg/kg), Zn (6.2-43.5 mg/kg) ve Mn (11.3-226 mg/kg) arasında değişmektedir.

Parametrik testlerin ön şartlarından verilerin normal dağılım göstermesi Shapiro-Wilk W testi ve varyansların homojenliği Levene testi (Özdamar, 2015) ile kontrol edilmiş ayrıca basıklık ve /veya çarpıklık katsayısı < 2*çarpıklığın standart hatası ise normal dağılımdan bahsedilebilir, aynı yaklaşım basıklık için de geçerlidir (Berkman ve

Reise, 2012) görüşü de göz önüne alınarak normal dağılım göstermeyen yaprak örnekleri besin elementi içeriklerini normal dağılıma yaklaştırmak için Box-Cox transformasyonu uygulanmıştır. Transformasyon sonrası normal dağılım gösteren besin elementleri; Ca ve Mg'dir. Normal dağılım göstermeyen besin elementleri; N, P, K, Fe, Cu, Zn ve Mn'dir ve bu besin elementlerinde parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır.

Eğirdir ve Gelendost ilçeleri elma bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin besin elementi içeriklerine ait çarpıklık değerleri incelendiğinde; çarpıklık katsayısı büyükten küçüğe doğru sıralaması, Zn (2.28), Cu (2.20), Mn (1.99), Fe (1.65) ve K (0.710) şeklinde olup, sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. Çarpıklık değerinin yüksek olması, normal dağılımdan sapma olduğunu ve bu değer yükseldikçe o derecede sapmanın da artacağı belirtilmiştir (Durgun vd., 2017). Ayrıca pozitif çarpıklık katsayısına sahip olan bitki besin elementlerinin bazı yaprak örneklerinde yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu ve farklı yaştaki elma bahçelerinden alınan yaprak örnekleri arasında Zn, Cu, Mn, Fe ve K içerikleri açısından farklılık olduğunu göstermektedir. Bu farklılığın sebebinin bahçe topraklarında doğal yani ana materyal, topoğrafya ve toprak oluşum süreçleri kaynaklı birikim ve antropojenik yani insan kaynaklı birikim olduğunu göstermektedir. Negatif çarpıklık katsayıları P (-2.34) ve N (-0.730) elementlerinde görülmüş ve bu besin elementleri açısından bazı elma bahçelerinde düşük konsantrasyonların bulunduğu ve soldan çarpıklık anlamına gelmektedir.

Eğirdir ve Gelendost ilçeleri elma bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin besin elementi içeriklerine ait basıklık değerleri incelendiğinde; basıklık katsayısı büyükten küçüğe doğru sıralaması, Zn (7.49), Cu (5.47), P (5.05), Mn (3.62) ve Fe (3.14) şeklindedir. Basıklıkta pozitif değerler sivri bir dağılımı, negatif değerler ise basık bir dağılımı göstermektedir (Berkman ve Reise, 2012). Burada Zn, Cu, P, Mn ve Fe elementleri sivri bir dağılım göstermektedir.

4.3.2. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örneklerine ait besin elementi içerikleri

Eğirdir elma bahçeleri yaprak örneklerine ait N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriği belirlenmiş ve bu besin elementlerine ait tanımlayıcı istatistik sonucu Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Eğirdir elma bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin besin elementi içeriklerine ait minimum ve maksimum değerler; N (10.3-24.0 g/kg), P (9.15-11.7 g/kg), K (5.43-12.6 g/kg), Ca (8.32-15.9 g/kg), Mg (2.34-6.34 g/kg), Fe (71.9-170 mg/kg), Cu (6.62-18.9 mg/kg), Zn (7.79-43.5 mg/kg) ve Mn (11.3-226 mg/kg) arasında değişmektedir. Erdal (2005), Eğirdir elma bahçelerinin verimlilik durumunu belirlemek amacıyla aynı ağaçlardan 2 yıl süreyle yaprak örneği almıştır. Yaprakların bazı element içerikleri; N (%2.38-2.80), P (%0.13-0.21), K (%1.72-3.01), Ca (%0.76-1.15), Mg (%0.40-0.51), Zn (15.5-35.0 mg/kg) ve Mn (15.0-69.0 mg/kg) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.31. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örneklerine ait özellikler

Bitki Özellikleri	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
N (g/kg)	10.3	24.0	18.3±0.077	0.390	0.152	-0.420	-0.420
P (g/kg)	9.15	11.7	10.2±1.14	583	340 178	0.600	0.360
K (g/kg)	5.43	12.6	8.54±3.59	1 832	3 356 124	0.600	-0.260
Ca (g/kg)	8.32	15.9	11.8±3.60	1 836	3 370 281	0.080	0.140
Mg (g/kg)	2.34	6.34	3.97±1.83	935	874 494	0.700	1.01
Fe (mg/kg)	71.9	170	102±3.90	19.9	395	1.51	4.20
Cu (mg/kg)	6.62	18.9	10.2±0.601	3.07	9.40	1.65	2.39
Zn (mg/kg)	7.79	43.5	15.9±1.53	7.79	60.7	1.95	5.26
Mn (mg/kg)	11.3	226	80.6±11.8	60.3	3 635	1.15	0.190

*Çarpıklığın standart hatası: 0.456, **Basıklığın standart hatası: 0.887, [†]SH: standart hata [†]SS: standart sapma

Elma yaprakları için verilen sınıflamaya göre ise; N elementinin minimum değeri az, maksimum değeri yeterli sınıfındadır. Fosfor elementinin minimum ve maksimum değeri fazla sınıfındadır. Potasyum elementinin minimum ve maksimum değeri az sınıfındadır. Kalsiyum elementinin minimum değeri az sınıfında, maksimum değeri yeterli sınıfında; Mg elementinin minimum değeri az sınıfında, maksimum değeri fazla sınıfında bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Elma yaprağının makro ve mikro element içerikleri için sınıflandırma (Jones vd., 1991)

Besin elementleri	Az	Yeterli/Normal	Fazla/Toksik
N (%)	1.07-1.89	1.90-2.60	2.70-3.00
P (%)	0.10-0.13	0.14-0.40	>0.40
K (%)	1.00-1.49	1.50-2.00	>2.00
Ca (%)	< 1.20	1.20-1.60	>1.60
Mg (%)	0.20-0.24	0.25-0.40	>0.50
Fe (mg/kg)	40-49	50-300	>300
Cu (mg/kg)	4-5	6-50	50
Zn (mg/kg)	15-19	20-100	>100
Mn (mg/kg)	20-24	25-200	201-300

Fe elementinin minimum ve maksimum değeri yeterli sınıfında, Cu elementinin minimum ve maksimum değeri yeterli sınıfında, Zn minimum değeri az sınıfının altında, maksimum değeri yeterli sınıfında, Mn elementinin minimum değeri az sınıfının altında, maksimum değeri fazla sınıfında bulunmuştur.

4.3.3. Gelendost elma bahçeleri yaprak örneklerine ait besin elementi içerikleri

Gelendost elma bahçeleri yaprak örneklerine ait N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriği belirlenmiş ve bu besin elementlerine ait tanımlayıcı istatistik sonucu Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Gelendost elma bahçeleri yaprak örneklerine ait özellikler

Bitki Özellikleri	Min.	Mak.	Ort.±SH [†]	SS [†]	Varyans	Çarpıklık*	Basıklık**
N (g/kg)	1.16	23.5	19.6±0.059	0.311	0.097	-1.06	0.340
P (g/kg)	1.47	11.2	8.57±535	2 832	8 017 535	-1.44	0.950
K (g/kg)	5.75	16.4	10.9±536	2 836	8 044 711	0.310	-0.710
Ca (g/kg)	6.27	14.4	10.5±325	1 720	2 958 033	-0.120	0.550
Mg (g/kg)	1.77	5.21	3.31±171	906	821 611	0.470	-0.520
Fe (mg/kg)	72.7	226	123±7.09	37.5	1 409	1.23	1.30
Cu (mg/kg)	5.44	8.86	7.01±0.144	0.761	0.579	-0.030	0.580
Zn (mg/kg)	6.20	22.5	10.6±0.737	3.90	15.2	1.74	3.05
Mn (mg/kg)	12.2	78.3	39.9±3.36	17.8	315	0.480	-0.310

*Çarpıklığın standart hatası: 0.441, **Basıklığın standart hatası: 0.858, [†]SH: standart hata [†]SS: standart sapma

Gelendost elma bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin besin elementi içeriklerine ait minimum ve maksimum değerler; N (11.6-23.5 g/kg), P (1.47-11.2 g/kg), K (5.75-16.4 g/kg), Ca (6.27-14.4 g/kg), Mg (1.77-5.21 g/kg), Fe (72.7-226 mg/kg), Cu (5.44-8.86 mg/kg), Zn (6.20-22.5 mg/kg) ve Mn (12.2-78.3 mg/kg) arasında değişmektedir. Erdal (2005)’e göre elma yapraklarının bazı element içerikleri; N (%1.89-2.82), P (%0.10-0.17), K (%1.01-2.30), Ca (%0.58-1.10), Mg (%0.37-0.46), Zn (10.0-31.0 mg/kg) ve Mn (19.5-56.5 mg/kg) olarak belirlenmiştir.

Elma yaprakları için verilen sınıflamaya göre ise; N elementinin minimum değeri az, maksimum değeri yeterli sınıfındadır. Fosfor elementinin minimum değeri yeterli, maksimum değeri fazla sınıfındadır. Ptasyum elementinin minimum değeri az ve maksimum değeri yeterli sınıfındadır. Kalsiyum elementinin minimum değeri az sınıfında, maksimum değeri yeterli sınıfında; Mg elementinin minimum değeri az sınıfında, maksimum değeri fazla sınıfında bulunmuştur.

Fe elementinin minimum değeri yeterli sınıfında ve maksimum değeri fazla sınıfında; Cu elementinin minimum değeri az sınıfında, maksimum değeri yeterli sınıfında, Zn minimum değeri az sınıfının altında, maksimum değeri yeterli sınıfında, Mn elementinin minimum değeri az sınıfının altında, maksimum değeri yeterli sınıfında bulunmuştur.

4.4. Elma Bahçeleri Toprak ve Yaprak Örneklerinin Çoklu Karşılaştırılması

Box-Cox transformasyonu sonrası normal dağılım ve varyansların homojenliği ön şartlarını sağlayan toprak özellikleri, bazı Cu ve Zn fraksiyonları ve bitki besin elementi içeriklerinde (DTPA-Mn, DTPA-Zn, DTPA-Cu, Olsen-P, toplam P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} , Zn_{KFeO} , Zn_{OS} , Cu_{OS} , Ca_{bitki} ve Mg_{bitki}) derinlik tekrarlanan ölçüm içeren faktör olduğu için, 2x6x2 (lokasyon, bahçe yaşı ve derinlik seviyeleri) faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği kullanılmıştır. Bitki özelliklerinde (Ca ve Mg) ise derinlik faktörü olmadığı için lokasyonun 2 seviyesi ve bahçe yaşlarının 6 seviyesine göre faktöriyel düzende varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizi sonrasında grup ortalamaları ya da faktör seviye ortalamaları arasındaki farklılığın belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

Ön şartların yerine gelmediği toprak özellikleri, bazı Cu ve Zn fraksiyonları ve bitki besin elementi içeriklerinde (DTPA-Fe, toplam Mn, toplam Zn, toplam Cu, toplam Fe, Zn_{WE} , Cu_{WE} , Cu_{Car} , Zn_{MnO} , Cu_{MnO} , Cu_{AFeO} , Cu_{KFeO} , Zn_R ve Cu_R , N_{bitki} , P_{bitki} , K_{bitki} , Fe_{bitki} , Cu_{bitki} , Zn_{bitki} , Mn_{bitki}) ise parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır. Parametrik olmayan yöntemlerde; derinlik bağımlı bir faktör seviyesi olduğu için derinlikler arası farklılıklar irdelenirken her bir bahçe yaşı ve lokasyon kombinasyonunda Wilcoxon testi, lokasyonlar arası farklılıkta her bir bahçe yaşı ve derinlik kombinasyonunda Mann-Whitney U testi, bahçe yaşları arası farklılıkta her

bir derinlik ve lokasyon kombinasyonunda Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Kruskal-Wallis testi sonrasında bahçe yaşı faktörünün seviye (rank) ortalamaları arasındaki farklılığın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Bonferroni testi uygulanmıştır. Varyans analizleri ve çoklu karşılaştırma için yapılan tüm testler Çizelge 4.34 – Çizelge 4.52’de verilmiştir.

4.4.1. Elma bahçesi topraklarının genel özellikleri ve Cu ve Zn fraksiyonlarının çoklu karşılaştırılması

Elma bahçesi topraklarının DTPA-Cu, DTPA-Zn, DTPA-Mn, Olsen-P, toplam P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} , Zn_{KFeO} , Zn_{OS} ve Cu_{OS} içeriklerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.25’de verilmektedir. Çizelgeye göre toprakların DTPA-Cu özelliği bakımından yapılan varyans analizi sonucunda; esas etkilerden derinlik, lokasyon, bahçe yaş grubu ve derinlik*lokasyon*bahçe yaş grubu interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). DTPA-Zn özelliği bakımından esas etkilerden derinlik, lokasyon ve bahçe yaş grubu, DTPA-Mn ve Zn_{OS} özellikleri için esas etkilerden lokasyon istatistik olarak önemlidir. Olsen-P özelliği için esas etkilerden derinlik, lokasyon ve bahçe yaş grubu, derinlik* lokasyon, derinlik*bahçe yaş grubu ikili interaksyonu ve derinlik* lokasyon *bahçe yaş grubu üçlü interaksyonu; toplam P özelliği için esas etkilerden derinlik, lokasyon, lokasyon*bahçe yaş grubu ikili interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur.

Cu ve Zn fraksiyonlarında; Zn_{Car} özelliği bakımından esas etkilerden derinlik, bahçe yaş grubu, Zn_{AFeO} özelliği için esas etkilerden derinlik, lokasyon ve bahçe yaş grubu, derinlik*bahçe yaş grubu ikili interaksyonu, Zn_{KFeO} özelliği için esas etkilerden derinlik, lokasyon, derinlik*bahçe yaş grubu ikili interaksyonu ve Cu_{OS} özelliği için esas etkilerden derinlik ve bahçe yaş grubu, lokasyon*bahçe yaş grubu ikili interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. Üçlü interaksyonun önemli olduğu toprak özelliklerinde çoklu karşılaştırmada esas etkiler için harflendirme yapılmamıştır sadece interaksyonlar için yapılmıştır.

Çizelge 4.34. Elma bahçesi topraklarının genel özellikleri ve bazı Cu ve Zn fraksiyonlarına ait varyans analizi

VK*	DTPA-Cu			DTPA-Zn			DTPA-Mn			Olsen-P		
	SD	F	P	SD	F	P	SD	F	P	SD	F	P
D	1	61.0	0.000***	1	55.2	0.000	1	5.41	0.024	1	29.2	0.000
L	1	49.1	0.000	1	14.6	0.000	1	10.9	0.002	1	15.6	0.000
YG	5	24.2	0.000	5	6.75	0.000	5	0.503	0.772	5	2.56	0.039
D*L	1	2.76	0.103	1	0.147	0.703	1	0.002	0.966	1	9.42	0.004
D*YG	5	2.15	0.076	5	2.25	0.065	5	0.937	0.466	5	3.73	0.006
L*YG	5	0.860	0.515	5	1.46	0.220	5	0.886	0.498	5	0.509	0.768
D*L*YG	5	2.52	0.042	5	0.724	0.609	5	0.373	0.864	5	5.33	0.001
Hata	48			48			48			48		
	Toplam P			Zn _{Car}			Zn _{os}			Cu _{os}		
D	1	43.3	0.000	1	26.5	0.000	1	0.187	0.667	1	10.5	0.002
L	1	21.0	0.000	1	0.524	0.473	1	7.44	0.009	1	0.000	0.984
YG	5	0.872	0.507	5	5.46	0.000	5	2.23	0.067	5	3.22	0.014
D*L	1	0.723	0.400	1	1.11	0.297	1	0.341	0.562	1	2.83	0.099
D*YG	5	2.07	0.085	5	2.35	0.055	5	2.10	0.081	5	1.94	0.104
L*YG	5	4.83	0.001	5	1.66	0.163	5	1.48	0.215	5	4.43	0.002
D*L*YG	5	1.10	0.372	5	1.24	0.303	5	0.988	0.435	5	1.42	0.232
Hata	48			48			48			48		
	Zn _{AFeO}			Zn _{KFeO}								
D	1	41.1	0.000	1	7.20	0.010						
L	1	37.5	0.000	1	10.6	0.002						
YG	5	3.66	0.007	5	1.72	0.149						
D*L	1	0.069	0.794	1	0.094	0.761						
D*YG	5	3.47	0.009	5	2.41	0.050						
L*YG	5	1.59	0.181	5	0.328	0.893						
D*L*YG	5	1.45	0.224	5	0.204	0.959						
Hata	48			48								

* D: Derinlik, L: lokasyon, YG: Yaş Grubu, VK: Varyasyon Kaynağı, SD: Serbestlik derecesi, Car: karbonatlara bağlı fraksiyon, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı fraksiyon, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı fraksiyon, p<0.05

Derinlikler arası farklılıklar irdelenirken her bir bahçe yaş grubu ve lokasyon kombinasyonunda Wilcoxon testi kullanılmış ve elma bahçesi topraklarının DTPA-Fe, toplam Mn, toplam Zn, toplam Cu, toplam Fe, Zn_{WE}, Cu_{WE}, Cu_{Car}, Zn_{MnO}, Cu_{MnO}, Cu_{AFeO}, Cu_{KFeO}, Zn_R ve Cu_R özelliklerine ait Wilcoxon testi sonuçları Çizelge 4.34’de verilmiştir. Toplam Zn, ve Cu_{KFeO} özellikleri bakımından 1. lokasyon (Eğirdir) ve 5. yaş grubunda (>20 yaş), lokasyonların rank (seviye) ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Toplam Cu, Cu_{WE}, Cu_{Car} ve Cu_{AFeO} özellikleri için 1. lokasyon için 4. (15-20 yaş) ve 5. yaş grubunda (>20 yaş), lokasyonların rank (seviye) ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. Zn_{MnO} özelliklerinde 1. lokasyon için 4. yaş grubunda (15-20 yaş), lokasyonların rank (seviye) ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur.

İkinci lokasyon için bahçe yaş grubu kombinasyonlarında; toplam Zn, toplam Cu, Cu_{WE}, Cu_{Car}, Zn_{MnO}, Cu_{MnO}, Cu_{AFeO}, Cu_{KFeO}, Zn_R ve Cu_R özelliklerine ait 2. lokasyon (Gelendost) için 5. yaş grubunda (>20 yaş), lokasyonların rank ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir.

Çizelge 4.35. Elma bahçesi topraklarının genel özellikleri ve bazı Cu ve Zn fraksiyonlarına ait parametrik olmayan Wilcoxon Testi

	P değerleri						
Faktör	YFe ₂₋₁ **	TMn ₂₋₁	TZn ₂₋₁	TCu ₂₋₁	TFe ₂₋₁	ZnWE ₂₋₁	CuWE ₂₋₁
L ₁ YG ₀ *	0.109	0.593	0.285	0.593	0.285	1.00	0.109
L ₁ YG ₁	0.655	0.180	0.180	0.180	0.180	1.00	1.00
L ₁ YG ₂	0.180	0.655	0.655	0.180	0.180	0.317	0.180
L ₁ YG ₃	0.465	0.465	0.593	0.068	0.715	0.317	0.285
L ₁ YG ₄	0.345	0.249	0.116	0.028***	0.028	0.180	0.028
L ₁ YG ₅	0.347	0.695	0.008	0.002	0.875	0.068	0.005
Faktör	CuCar ₂₋₁	ZnMnO ₂₋₁	CuMnO ₂₋₁	CuAFeO ₂₋₁	CuKFeO ₂₋₁	ZnR ₂₋₁	CuR ₂₋₁
L ₁ YG ₀	0.109	0.180	0.109	0.285	1.00	0.593	0.285
L ₁ YG ₁	0.180	0.180	0.180	0.180	0.655	0.655	0.180
L ₁ YG ₂	0.180	0.655	0.180	0.180	0.655	0.180	0.655
L ₁ YG ₃	0.068	0.465	0.285	0.068	1.00	0.465	0.715
L ₁ YG ₄	0.028	0.028	0.500	0.028	0.075	0.600	0.249
L ₁ YG ₅	0.012	0.068	0.158	0.002	0.003	0.388	0.182
Faktör	YFe ₂₋₁	TMn ₂₋₁	TZn ₂₋₁	TCu ₂₋₁	TFe ₂₋₁	ZnWE ₂₋₁	CuWE ₂₋₁
L ₂ YG ₀	0.593	0.285	1.00	0.593	0.285	0.593	0.285
L ₂ YG ₁	0.593	0.285	0.285	0.109	0.109	1.00	0.180
L ₂ YG ₂	0.285	0.414	0.285	0.109	0.593	1.00	0.285
L ₂ YG ₃	0.593	0.109	1.00	0.593	1.00	1.00	1.00
L ₂ YG ₄	0.285	0.285	0.285	0.109	0.285	1.00	0.180
L ₂ YG ₅	0.717	0.196	0.001	0.001	0.642	0.465	0.000
Faktör	CuCar ₂₋₁	ZnMnO ₂₋₁	CuMnO ₂₋₁	CuAFeO ₂₋₁	CuKFeO ₂₋₁	ZnR ₂₋₁	CuR ₂₋₁
L ₂ YG ₀	0.785	0.285	0.317	0.109	0.285	0.285	0.285
L ₂ YG ₁	0.593	0.655	0.285	0.109	1.00	0.109	0.109
L ₂ YG ₂	0.285	0.655	0.285	0.109	0.285	0.285	0.109
L ₂ YG ₃	0.593	1.00	0.593	0.593	0.285	0.109	1.00
L ₂ YG ₄	0.285	0.593	0.655	0.109	0.109	0.593	0.285
L ₂ YG ₅	0.001	0.006	0.001	0.000	0.001	0.006	0.001

* L: Lokasyon; 1: Eğirdir, 2: Gelendost, YG: Yaş Grubu; 0: Kontrol, 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş, ** Derinlik; 1: 0-20 cm, 2: 20-40 cm; YFe: Yarıyışlı; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam; WE: Suda çözünabilir ve değişebilir, Car: Karbonatlara Bağlı, MnO: Mn Oksitlere Bağlı, AFeO: Amorf Fe/Al Oksitlere Bağlı, KFeO: Kristalin Fe Oksitlere Bağlı, R: Bakiye Fraksiyon, *** p<0.05

Lokasyonlar arası farklılıklar irdelenirken her bir bahçe yaş grubu ve derinlik kombinasyonunda Mann-Whitney U testi kullanılmış ve elma bahçesi topraklarının DTPA-Fe, toplam Mn, toplam Zn, toplam Cu, toplam Fe, Zn_{WE} , Cu_{WE} , Cu_{Car} , Zn_{MnO} , Cu_{MnO} , Cu_{AFeO} , Cu_{KFeO} , Zn_R ve Cu_R özelliklerine ait Mann-Whitney U testi sonuçları Çizelge 4.36'da verilmiştir. DTPA-Fe, toplam Cu ve Cu_{AFeO} özellikleri için 3. (10-15 yaş), 4. (15-20 yaş), 5. yaş grupları (>20 yaş) ve her bir derinlik (0-20, 20-40 cm) kombinasyonunda lokasyonlar arası farklılık istatistik olarak önemlidir. Toplam Zn özelliği bakımından sıfıncı yaş grubu (kontrol) ve 1. derinlikte (0-20 cm), 3. yaş grubu (10-15 yaş) için her bir derinlik (0-20, 20-40 cm) kombinasyonunda lokasyonlar arası farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur. Toplam Fe özelliği için 3. yaş grubu (10-15 yaş) için her bir derinlik (0-20, 20-40 cm) kombinasyonunda lokasyonlar arası farklılık istatistik olarak önemlidir.

Bakiye Cu fraksiyonu (Cu_R) özellikleri bakımından 3. yaş grubu (10-15 yaş) ve 5. yaş grubu (>20 yaş) için her bir derinlik (0-20, 20-40 cm) kombinasyonunda lokasyonlar arası farklılık istatistik olarak önemlidir. Suda çözünebilir ve değişebilir Cu fraksiyonu (Cu_{WE}) özellikleri için 5. yaş grubu (>20 yaş) için her bir derinlik (0-20, 20-40 cm) kombinasyonunda lokasyonlar arası farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur. Mangan oksitlere bağlı Zn fraksiyonu (Zn_{MnO}) özellikleri bakımından 3. yaş grubu (10-15 yaş) ve 1. derinlik (0-20 cm) için lokasyonlar arası farklılık istatistik olarak önemlidir. Kristalin Fe oksitlere bağlı Cu fraksiyonu (Cu_{KFeO}) özelliği bakımından 4. (15-20 yaş) ve 5. yaş grubu (>20 yaş) için her bir derinlik (0-20, 20-40 cm) kombinasyonunda lokasyonlar arası farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur. Bakiye Zn fraksiyonu (Zn_R) özelliği için 3. yaş grubu (10-15 yaş) ve 2. derinlik (20-40 cm) için, 5. yaş grubu (>20 yaş) için her bir derinlik (0-20, 20-40 cm) kombinasyonunda lokasyonlar arası farklılık istatistik olarak önemlidir.

Çizelge 4.36. Elma bahçesi topraklarının genel özellikleri ve bazı Cu ve Zn fraksiyonlarına ait parametrik olmayan Mann-Whitney U Testi

	P değerleri						
Faktör	YFe ₂₋₁ **	TMn ₂₋₁	TZn ₂₋₁	TCu ₂₋₁	TFe ₂₋₁	Zn _{WE2-1}	Cu _{WE2-1}
D ₁ YG ₀ *	0.050	0.513	0.046***	0.127	0.513	0.037	0.050
D ₂ YG ₀	0.050	0.513	0.050	0.050	0.513	0.037	0.050
D ₁ YG ₁	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	1.00	0.197
D ₂ YG ₁	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	1.00	1.00
D ₁ YG ₂	0.083	0.083	1.00	0.083	1.00	0.221	0.083
D ₂ YG ₂	0.083	0.083	1.00	0.083	1.00	0.221	0.076
D ₁ YG ₃	0.034	0.077	0.034	0.034	0.034	0.386	0.108
D ₂ YG ₃	0.034	0.157	0.034	0.034	0.034	0.386	0.067
D ₁ YG ₄	0.020	0.796	0.796	0.020	0.606	0.289	0.606
D ₂ YG ₄	0.020	1.00	1.00	0.020	0.606	1.00	0.893
D ₁ YG ₅	0.000	0.610	0.963	0.004	0.853	0.600	0.005
D ₂ YG ₅	0.000	0.577	0.745	0.002	0.963	0.477	0.037
Faktör	Cu _{Car2-1}	Zn _{MnO2-1}	Cu _{MnO2-1}	Cu _{AFeO2-1}	Cu _{KFeO2-1}	Zn _{R2-1}	Cu _{R2-1}
D ₁ YG ₀	0.050	0.513	0.507	0.050	0.050	0.050	0.050
D ₂ YG ₀	0.050	0.513	0.507	0.050	0.050	0.513	0.127
D ₁ YG ₁	0.083	0.083	0.564	0.083	1.00	0.083	0.564
D ₂ YG ₁	0.083	0.083	0.182	0.083	0.564	0.083	0.248
D ₁ YG ₂	1.00	0.083	0.083	0.083	0.564	1.00	0.083
D ₂ YG ₂	0.564	0.083	0.083	0.083	0.564	1.00	0.083
D ₁ YG ₃	0.858	0.034	0.289	0.034	0.157	0.157	0.034
D ₂ YG ₃	0.480	0.157	0.372	0.034	1.00	0.034	0.034
D ₁ YG ₄	0.071	0.439	0.896	0.020	0.020	0.606	0.302
D ₂ YG ₄	0.121	0.302	1.00	0.020	0.020	0.796	0.302
D ₁ YG ₅	0.186	0.745	0.944	0.000	0.001	0.016	0.037
D ₂ YG ₅	0.137	0.390	0.177	0.000	0.017	0.033	0.018

* D: Derinlik; 1: 0-20 cm, 2: 20-40 cm; YG: Yaş Grubu; 0: Kontrol, 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş, ** Lokasyon; 1: Eğirdir, 2: Gelendost, YFe: Yarıyıllı; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam; WE: Suda çözünabilir ve değişebilir, Car: Karbonatlara Bağlı, MnO: Mn Oksitlere Bağlı, AFeO: Amorf Fe/Al Oksitlere Bağlı, KFeO: Kristalin Fe Oksitlere Bağlı, R: Bakiye Fraksiyon, *** p<0.05

Bahçe yaş grupları arası farklılıklar incelenirken, her bir derinlik ve lokasyon kombinasyonunda Kruskal-Wallis testi kullanılmış ve elma bahçesi topraklarının DTPA-Fe, toplam Mn, toplam Zn, toplam Cu, toplam Fe, Zn_{WE}, Cu_{WE}, Cu_{Car}, Zn_{MnO}, Cu_{MnO}, Cu_{AFeO}, Cu_{KFeO}, Zn_R ve Cu_R özelliklerine ait Kruskal-Wallis testi sonuçları Çizelge 4.37’de verilmiştir. Toplam Zn, Zn_{MnO} ve Cu_{MnO} özellikleri bakımından 2. derinlik (20-40 cm) ve 2. lokasyonda (Gelendost) bahçe yaş grupları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Çizelge 4.37. Elma bahçesi topraklarının genel özellikleri ve bazı Cu ve Zn fraksiyonlarına ait parametrik olmayan Kruskal-Wallis Testi

Faktör	P değerleri			
	L ₁ D ₁ **	L ₁ D ₂	L ₂ D ₁	L ₂ D ₂
YFe ₀₋₅ *	0.150	0.082	0.556	0.252
TMn ₀₋₅	0.085	0.111	0.665	0.347
TZn ₀₋₅	0.690	0.351	0.010***	0.297
TCu ₀₋₅	0.009	0.005	0.001	0.033
TFe ₀₋₅	0.218	0.190	0.384	0.284
Zn _{WE0-5}	0.798	0.559	0.033	0.022
Cu _{WE0-5}	0.034	0.539	0.001	0.028
Cu _{Car0-5}	0.011	0.003	0.005	0.027
Zn _{MnO0-5}	0.224	0.155	0.010	0.131
Cu _{MnO0-5}	0.279	0.297	0.001	0.065
Cu _{AFeO0-5}	0.002	0.002	0.000	0.007
Cu _{KFeO0-5}	0.033	0.327	0.019	0.125
Zn _{R0-5}	0.092	0.098	0.273	0.815
Cu _{R0-5}	0.428	0.726	0.119	0.507

* 0-5: Tüm Yaş Grupları; 0: Kontrol, 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş, ** Lokasyon; 1: Eğirdir, 2: Gelendost, Derinlik; 1: 0-20 cm, 2: 20-40 cm; YFe: Yarıyışlı; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam; WE: Suda çözünabilir ve değişebilir, Car: Karbonatlara Bağlı, MnO: Mn Oksitlere Bağlı, AFeO: Amorf Fe/Al Oksitlere Bağlı, KFeO: Kristalin Fe Oksitlere Bağlı, R: Bakiye Fraksiyon, *** p<0.05

Toplam Cu ve Cu_{AFeO} özellikleri için her bir derinlik (0-20 ve 20-40 cm) ve lokasyon (Eğirdir ve Gelendost) kombinasyonunda bahçe yaş grupları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.37). Cu_{KFeO} özellikleri bakımından 1. derinlik (0-20 cm) ve her bir lokasyon (Eğirdir ve Gelendost) kombinasyonunda bahçe yaş grupları arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir. Zn_{WE} özelliği için 2. lokasyonda (Gelendost) her bir derinlik (0-20 ve 20-40 cm) kombinasyonunda bahçe yaş grupları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur. Cu_{WE} ve Cu_{Car} özellikleri bakımından 1. lokasyon (Eğirdir) 1. derinlik (0-20 cm) ve 2. lokasyonda (Gelendost) her bir derinlik (0-20 ve 20-40 cm) kombinasyonunda bahçe yaş grupları arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir.

Elma bahçesi topraklarındaki Cu ve Zn elementlerinin toplam ve yarıyışlı miktarlarına ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.38’de verilmiştir. DTPA-Cu içeriği bakımından varyans analizine göre derinlik*lokasyon*bahçe yaş grubu üçlü interaksyonu istatistik olarak önemli bulunduğu için Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, bahçe yaş grupları arasındaki farklar her bir lokasyon ve derinlik kombinasyonuna göre ortalama değerlerin sağ tarafında büyük harf olarak verilmiştir. Eğirdir’de 0-20 cm derinlikten alınan topraklarda bahçe yaş gruplarına göre en büyük değer 34.1 mg/kg olarak >20 yaşındaki bahçelerde bulunurken, en küçük DTPA-Cu değeri 3.82 mg/kg olarak kontrol grubunda görülmüştür. Eğirdir 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda ise en büyük değer 26.0 mg/kg olarak >20 yaşındaki bahçelerde, en küçük değer ise 3.25 mg/kg olarak kontrol grubunda belirlenmiştir. Gelendost 0-20 cm derinlikten alınan topraklarda bahçe yaş gruplarına göre en yüksek DTPA-Cu konsantrasyonu 19.8 mg/kg olarak 20 yaşından daha büyük olan bahçelerde, en düşük konsantrasyon ise 2.14 mg/kg olarak kontrol grubunda saptanmıştır. 20-40 cm derinlikten alınan Gelendost bahçe topraklarında bahçe yaş grupları bakımından en yüksek DTPA-Cu miktarı (11.5 mg/kg) 20 yaşından daha büyük olan bahçelerde, en düşük miktar ise (1.72 mg/kg) 0-5 yaş aralığındaki bahçelerde bulunmuştur.

Bahçe topraklarında DTPA-Cu içeriği için lokasyonlar arasındaki farklılık her bir bahçe yaş grubu ve derinlik kombinasyonuna göre ortalama değerlerin sağ tarafında küçük harf olarak verilmiştir.

Çizelge 4.38. Elma bahçesi topraklarına ait toplam ve yarıyışlı Cu ve Zn içeriklerinin çoklu karşılaştırılması

Lokasyon	YG*	DTPA-Cu (mg/kg)			Toplam Cu (mg/kg)			DTPA-Zn (mg/kg)			Toplam Zn (mg/kg)		
		D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort
E	K	a 3.82 Da**	a 3.25 Ca	3.53	a 40.5 Da	a 39.6 Ca	40.1	2.26	2.15	2.21	a 88.9 a	a 87.1 a	88.0
	1	a 8.76 Ca	a 5.16 Ca	6.96	a 48.4 CDa	a 38.7 Ca	43.6	2.44	1.86	2.15	a 96.3 a	a 88.9 a	92.6
	2	a 21.6 ABa	a 11.1 Ba	16.3	a 76.1 ABCa	a 57.2 ABa	66.6	4.94	2.01	3.47	a 82.8 a	a 79.3 a	81.1
	3	a 18.1 Ba	a 10.6 Ba	14.3	a 75.1 BCa	a 59.2 ABa	67.1	3.31	1.86	2.59	a 85.6 a	a 83.8 a	84.7
	4	a 26.4 ABa	b 14.2 Ba	20.3	a 80.2 ABa	b 58.5 Ba	69.3	4.70	2.13	3.41	a 89.4 a	a 70.4 a	79.9
	5	a 34.1 Aa	a 26.0 Aa	30.0	a 100 Aa	b 82.2 Aa	91.2	5.13	2.98	4.05	a 78.8 a	b 71.3 a	75.1
	ort	24.6	16.6	20.6***	81.1	65.0	73.1	4.29	2.42	3.36 B	84.5	76.3	80.4
G	K	a 2.14 Db	a 1.82 Cb	1.98	a 29.4 Ca	a 28.9 Bb	29.2	0.487	0.428	0.458	a 63.4 Bb	a 63.8 b	63.6
	1	a 2.18 Db	b 1.72 Cb	1.95	a 30.1 Ca	a 28.3 Ba	29.2	0.750	0.526	0.638	a 62.3 Ba	a 61.6 a	62.0
	2	a 7.98 Bb	b 5.11 Bb	6.55	a 45.5 Ba	a 38.8 ABa	42.2	1.95	0.712	1.33	a 71.9 ABa	a 68.1 a	70.0
	3	a 4.73 Cb	a 5.40 Bb	5.07	a 34.8 BCb	a 37.1 ABb	35.9	1.40	1.33	1.37	a 63.6 ABb	a 64.6 b	64.1
	4	a 5.51 BCb	b 3.63 Bb	4.57	a 39.9 BCb	a 33.2 ABb	36.6	2.92	1.07	2.00	a 73.0 Aa	a 67.1 a	70.0
	5	a 19.8 Ab	b 11.5 Ab	15.7	a 71.2 Ab	b 51.6 Ab	61.4	8.08	4.00	6.04	a 97.9 Aa	b 74.9 a	86.4
	ort	12.4	7.66	10.0	54.1	42.7	48.4	4.90	2.46	3.68 A	82.9	70.1	76.5
Derinlik		DTPA-Cu (mg/kg)			Toplam Cu (mg/kg)			DTPA-Zn (mg/kg)			Toplam Zn (mg/kg)		
D ₁		18.3			67.2			4.61 a [†]			83.6		
D ₂		12.0			53.5			2.44 b			73.1		
YG		DTPA-Cu (mg/kg)			Toplam Cu (mg/kg)			DTPA-Zn (mg/kg)			Toplam Zn (mg/kg)		
K		2.76			34.6			1.33 bc [†]			75.8		
1		3.95			35.0			1.24 c			74.2		
2		10.5			51.9			2.19 ab			74.4		
3		10.4			53.8			2.06 bc			75.8		
4		15.1			58.4			2.94 ab			76.6		
5		21.8			74.1			5.19 a			81.6		
YG*D		DTPA-Cu (mg/kg)			Toplam Cu (mg/kg)			DTPA-Zn (mg/kg)			Toplam Zn (mg/kg)		
		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂	
K		2.98	2.53		35.0	34.3		1.38	1.29		76.2	75.5	
1		4.81	3.10		37.5	32.5		1.43	1.06		75.9	72.6	
2		13.4	7.49		57.7	46.1		3.15	1.23		76.3	72.6	
3		12.4	8.35		57.8	49.7		2.49	1.63		76.1	75.5	
4		19.4	10.7		66.8	50.0		4.11	1.77		83.9	69.3	
5		25.9	17.7		83.6	64.7		6.81	3.56		89.7	73.4	

*YG: Yaş Grubu; K: Kontrol, 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş; D: Derinlik, D₁: 0-20 cm, D₂: 20-40 cm, E: Eğirdir, G: Gelendost, ** İnteraksiyon: Sağdaki farklı büyük harfler her bir lokasyon ve her bir derinlik için bahçe yaş grupları arasındaki farkı (sütun); sağdaki farklı küçük harfler her bir yaş grubu ve her bir derinlikte lokasyonlar arasındaki farkı (sütun); soldaki farklı italik harfler her bir lokasyon ve her bir yaş grubunda derinlikler arası farklılığı (satır) göstermektedir (p<0.05), *** Lokasyona ait ortalama, [†] Derinliğe ait ortalama, [†] Yaş grubuna ait ortalama

Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, Eğirdir bahçe toprakları her iki derinlikte de tüm yaş gruplarında Gelendost bahçe topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Eğirdir 0-20 cm derinlik için DTPA-Cu konsantrasyonları; kontrol grubunda 3.82 mg/kg, 0-5 yaş aralığındaki bahçelerde 8.76 mg/kg, 5-10 yaş aralığındaki bahçelerde 21.6 mg/kg, 10-15 yaş aralığındaki bahçelerde 18.1 mg/kg, 15-20 yaş aralığındaki bahçelerde 26.4 mg/kg ve >20 yaş grubundaki bahçelerde 34.1 mg/kg olarak belirlenmiştir. Eğirdir 20-40 cm derinlik için DTPA-Cu konsantrasyonları ise; kontrol grubunda 3.25 mg/kg, 0-5 yaş aralığındaki bahçelerde 5.16 mg/kg, 5-10 yaş aralığındaki bahçelerde 11.1 mg/kg, 10-15 yaş aralığındaki bahçelerde 10.6 mg/kg, 15-20 yaş aralığındaki bahçelerde 14.2 mg/kg ve >20 yaş grubundaki bahçelerde 26.0 mg/kg'dır.

Her bir lokasyon ve yaş grubu göre derinlikler arası farklılıklar DTPA-Cu ortalama değerlerinin sol tarafında italik olarak verilmiştir. Eğirdir 15-20 yaş aralığındaki bahçeler karşılaştırıldığında 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki DTPA-Cu miktarı (26.4 mg/kg) daha yüksek olarak belirlenirken, Gelendost için 0-5, 5-10, 15-20 ve >20 yaş gruplarında yer alan bahçelerden 0-20 cm derinliktekiler daha yüksek bulunmuş ve konsantrasyonları sırasıyla 2.18 mg/kg, 7.98 mg/kg, 5.51 mg/kg ve 19.8 mg/kg'dır.

Toprakların toplam Cu içeriği için bahçe yaşları arası farklılıkta her bir derinlik ve lokasyon kombinasyonunda Kruskal-Wallis testi kullanılmış ve bu test sonrasında bahçe yaşı faktörünün seviye (rank) ortalamaları arasındaki farklılığın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Bonferroni testi uygulanmıştır. Bahçe topraklarının bahçe yaş grupları arasındaki farklar her bir lokasyon ve derinlik kombinasyonuna göre ortalama değerlerin sağ tarafında büyük harf olarak verilmiştir (Çizelge 4.38). Eğirdir yüzey (0-20 cm) topraklarında en yüksek konsantrasyon (100 mg/kg) 5. bahçe yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (40.5 mg/kg) kontrol grubunda bulunmuştur. Eğirdir yüzey altı (20-40 cm) topraklarında en yüksek konsantrasyon (82.2 mg/kg) 5. bahçe yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (38.7 mg/kg) 1. bahçe yaş grubunda belirlenmiştir. Gelendost yüzey (0-20 cm) topraklarında en yüksek konsantrasyon (71.2 mg/kg) 5. bahçe yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (29.4 mg/kg) kontrol grubunda saptanmıştır. Gelendost yüzey altı (20-40 cm) topraklarında

en yüksek konsantrasyon (51.6 mg/kg) 5. bahçe yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (28.3 mg/kg) 1. bahçe yaş grubunda bulunmuştur.

Bahçe topraklarında toplam Cu içeriği için lokasyonlar arasındaki farklılık irdelenirken her bir bahçe yaş grubu ve derinlik kombinasyonunda Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Toplam Cu içeriğine ait ortalama değerlerin sağ tarafında verilen küçük harf lokasyonlar arası farklılığı göstermektedir. Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, hem 0-20 cm hem de 20-40 cm'de Eğirdir bahçe toprakları 3. (10-15 yaş), 4. (15-20 yaş) ve 5. (>20 yaş) bahçe yaş gruplarında Gelendost bahçe topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Eğirdir yüzey topraklarında; 3. yaş grubu için 75.1 mg/kg, 4. yaş grubu için 80.2 mg/kg, 5. yaş grubu için 100 mg/kg, Eğirdir yüzey altı topraklarında ise; 3. yaş grubu için 59.2 mg/kg, 4. yaş grubu için 58.5 mg/kg, 5. yaş grubu için 82.2 mg/kg olduğu görülmektedir. Eğirdir'de yaş gruplarının yüksek olmasında gölün nispi nemi artırmasının etkili olabileceği düşünülmüştür. Zira göl etkisiyle ve örnekleme alanının çanak vari jeomorfolojik yapısı göreceli olarak bu lokasyonda nispi nemi arttırmaktadır. Bu da özellikle funguslardan kaynaklanan zararı arttırdığından genelde fungusit uygulama sıklığını arttırmaktadır.

Derinlikler arası farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı her bir lokasyon ve yaş grubuna göre Wilcoxon testi kullanılarak belirlenmiş ve bu farklılıklar için toplam Cu ortalama değerlerinin sol tarafında italik harfle belirtilmiştir. Eğirdir 4. yaş grubu (15-20 yaş) ve 5. yaş grubundaki (>20 yaş) bahçeler karşılaştırıldığında 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki toplam Cu miktarı sırasıyla 80.2 mg/kg ve 100 mg/kg olarak daha yüksek bulunurken, Gelendost için sadece 5. yaş grubunda (>20 yaş) 0-20 cm derinlikteki toplam Cu 71.2 mg/kg olarak daha yüksek belirlenmiştir.

DTPA-Cu içeriğinde olduğu gibi toplam Cu içeriğinde de bahçe yaş gruplarına göre Eğirdir ve Gelendost'ta 2. yaş grubundaki bahçeler hariç düzenli bir sıralama görülmüştür. Eğirdir topraklarında 2. yaş grubunun, 3. yaş grubundan daha yüksek, Gelendost topraklarında ise 2. yaş grubunun, 3. ve 4. yaş grubundaki bahçelerden DTPA-Cu içeriği bakımından daha yüksek olduğu görülmüştür. Sebebi, özellikle 2. yaş grubundaki bahçelerin daha önce 35-40 yaş aralığındaki çöğür anaç elma yetiştirilen bahçelerin yerine kurulması ve maliyet ve budama gibi kolaylıklardan

dolayı genelde bodur ve yarı bodur anaçların yetiştirilmesinin tercih edilmesidir. Ayrıca bu yaş gruplarındaki bazı bahçelerde daha önceleri üzüm yetiştiriciliğinin yapılmış olması da nedenlerden biridir.

Eğirdir ve Gelendost elma bahçeleri DTPA-Cu ve toplam Cu miktarları, 2. yaş grubundaki bahçeler hariç bahçe yaşı arttıkça artmıştır. Çünkü 2. yaş grubundaki bahçeler, 3. ve 4. yaş grubundaki bahçelerden daha yüksek DTPA-Cu ve toplam Cu konsantrasyonuna sahiptir. Elma bahçesi topraklarında bu şekilde Cu artışı ve birikiminin temelde Cu içeren bir fungusit olan Bordo bulamacının uzun süre kullanımından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Topraklardaki toplam Cu miktarı elma bahçesi yaşına ve yoğun bir şekilde Bordo bulamacı uygulanmasına bağlı olarak önemli derecede artmış ve bahçe yaşının artmasıyla toprakta yüksek miktarda Cu belirlenmiştir (Li vd., 2005; Wang vd., 2009; Park ve Cho, 2011; Zhou vd., 2011; Aoyama ve Tanaka, 2013; Medunic vd., 2013; Wang vd., 2015a; Wang vd., 2015b). Farklı yaştaki üzüm bağlarında yaş arttıkça çoğu bağ topraklarındaki Cu ve Zn artış göstermiş ve Zn'nin ağırlıklı olarak yaygın bir şekilde gübre kullanımından (fosfat uygulaması), Cu'nun ise bakırlı fungusitlerin yaygın bir şekilde uygulanmasından kaynaklandığı saptanmıştır (Preston vd., 2016). Brunetto vd. (2018)'e göre de en yüksek toplam Cu içeriği 18 yaşındaki elma bahçesinde, sonrasında 8 yaşındaki elma bahçesinde ve en düşük toplam Cu içeriği kontrol örneği olan doğal mera toprağında görülmüştür.

Derinliklerin etkisine göre, Eğirdir 4. yaş grubu ve 5. yaş grubundaki bahçeler karşılaştırıldığında 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki toplam Cu miktarı daha yüksek bulunurken, Gelendost için sadece 5. yaş grubunda 0-20 cm derinlikteki toplam Cu daha yüksek belirlenmiştir. Brunetto vd. (2018), 8 ve 18 yaşındaki elma bahçelerinin yüzey toprağında (0-2.5 cm), 20-40 cm derinliğe göre toplam Cu içeriğini daha yüksek olarak belirlemişlerdir. Derinlik arttıkça toplam Cu içeriği azalmıştır.

Elma bahçesi topraklarında yapılan varyans analizi sonucu DTPA-Zn için esas etkilerden derinlik, lokasyon ve bahçe yaş grubu istatistik olarak önemli bulunmuş ve varyans analizi sonrası DTPA-Zn özelliğine ait ortalamalar arasındaki farklar için Tukey testi kullanılmıştır (Çizelge 4.38). Esas etkilerden biri olan derinlik faktörüne göre en yüksek DTPA-Zn miktarı (4.61 mg/kg) yüzey (0-20 cm) topraklarında, en

düşük miktar (2.44 mg/kg) yüzey altı (20-40 cm) topraklarında görülmüştür. Diğer esas etkilerden biri olan lokasyon faktörüne göre en yüksek değer 3.68 mg/kg olarak Gelendost'ta, en düşük değer 3.36 mg/kg olarak Eğirdir'de belirlenmiştir. Son esas etki olan bahçe yaş grubuna göre ise; en yüksek miktar (5.19 mg/kg) >20 yaş olan elma bahçelerinde, en düşük miktar (1.24 mg/kg) 0-5 yaş aralığındaki bahçelerde saptanmıştır.

Lokasyonların etkisi olmadan sadece genel yaş gruplarına göre büyükten küçüğe doğru sıralama yapılırsa; 5. yaş grubu (5.19 mg/kg), 4. yaş grubu (2.94 mg/kg), 2. yaş grubu (2.19 mg/kg), 3. yaş grubu (2.06 mg/kg), kontrol grubu (1.33 mg/kg) ve 1. yaş grubu (1.24 mg/kg) olarak belirlenmiştir. Bahçe yaş gruplarına göre DTPA-Zn içeriğinde düzenli bir sıralama görülmemiştir. Sebebi, özellikle 1. ve 2. yaş grubundaki bahçelerin daha önce 35-40 yaş aralığındaki çöğür anaç elma yetiştirilen bahçelerin yerine kurulması ve maliyet ve budama gibi kolaylıklardan dolayı genelde bodur ve yarı bodur anaçların yetiştirilmesinin tercih edilmesidir. Ayrıca bu yaş gruplarındaki bazı bahçelerde daha önceleri üzüm yetiştiriciliğinin yapılmış olması da nedenlerden biridir. Aynı zamanda 0-5 yaş aralığındaki bazı bahçeler kontrol gruplarıyla Zn açısından benzerlik göstermektedir. Bahçe yaş grupları arasındaki farkları net olarak görebilmek için daha sonraki çalışmalarda yaş aralıklarının daha geniş tutulması önerilmektedir.

Toprakların toplam Zn içeriği için bahçe yaş grupları arasındaki farklılığın belirlenmesinde her bir derinlik ve lokasyon için Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Sonrasında bahçe yaş grubu faktörünün seviye ortalamaları arasındaki farklılığın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Bonferroni testi uygulanmıştır (Çizelge 4.38). Sadece Gelendost yüzey (0-20 cm) topraklarında bahçe yaş grupları arasında istatistik olarak önemli bir farklılık bulunmuş ve en yüksek konsantrasyon (97.9 mg/kg) 5. bahçe yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (62.3 mg/kg) 1. bahçe yaş grubunda belirlenmiştir.

Bahçe topraklarında toplam Zn içeriği için lokasyonlar arasındaki farklılık irdelenirken her bir bahçe yaş grubu ve derinlik kombinasyonunda Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar toplam Zn içeriği için yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında; her iki

derinlikte Eğirdir bahçe topraklarının, kontrol ve 3. (10-15 yaş) yaş gruplarında Gelendost bahçe topraklarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Eğirdir yüzey topraklarında; kontrol için 88.9 mg/kg, 3. yaş grubu için 85.6 mg/kg, Eğirdir yüzey altı topraklarında ise; kontrol için 87.1 mg/kg, 3. yaş grubu için 83.8 mg/kg olarak bulunmuştur. Bahçe yaş gruplarına göre büyükten küçüğe doğru; 5. yaş grubu (97.9 mg/kg), 4. yaş grubu (73.0 mg/kg), 2. yaş grubu (71.9 mg/kg), 3. yaş grubu (63.6 mg/kg), kontrol grubu (63.4 mg/kg) ve 1. yaş grubu (62.3 mg/kg) şeklinde sıralanmıştır. DTPA-Zn içeriğinde görüldüğü gibi toplam Zn içeriğinde de bahçe yaş gruplarına göre düzenli bir sıralama görülmemiştir. Sebebi, özellikle 1. ve 2. yaş grubundaki bahçelerin daha önce 35-40 yaş üstü çöğür anaç elma bahçelerinin olduğu yere kurulmasıdır. Çünkü maliyet ve budama gibi kolaylıklardan dolayı genelde bodur ve yarı bodur anaçların yetiştirilmesinin tercih edilmesidir. Ayrıca bu yaş gruplarındaki bazı bahçelerde daha önceleri üzüm yetiştiriciliği yapılmıştır. Aynı zamanda 0-5 yaş aralığındaki bazı bahçeler kontrol gruplarıyla Zn açısından benzerlik göstermektedir. Bahçe yaş grupları arasındaki farkları net olarak görebilmek için daha sonraki çalışmalarda yaş aralıklarının daha geniş tutulması önerilmektedir.

Derinlikler arası farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı her bir lokasyon ve yaş grubuna göre Wilcoxon testi kullanılarak belirlenmiştir. Eğirdir 5. yaş grubundaki bahçeler karşılaştırıldığında 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki toplam Zn miktarı 78.8 mg/kg olarak daha yüksek bulunurken, Gelendost için 5. yaş grubunda 0-20 cm derinlikteki toplam Zn 97.9 mg/kg olarak daha yüksek belirlenmiştir.

Topraklardaki DTPA-Fe içeriği için lokasyonlar arasında farklılığın önemli olup olmadığı incelenirken her bir bahçe yaş grubu ve derinlik kombinasyonunda Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost her iki derinlikteki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle karşılaştırıldığında, hem 0-20 cm hem de 20-40 cm'de Eğirdir toprakları kontrol, 3., 4. ve 5. bahçe yaş gruplarında Gelendost topraklarından daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.39). Eğirdir yüzey topraklarında kontrol için 23.9 mg/kg, 3. yaş grubu için 32.1 mg/kg, 4. yaş grubu için 27.8 mg/kg, 5. yaş grubu için 42.6 mg/kg; Eğirdir yüzey altı topraklarında kontrol için 21.0 mg/kg, 3. yaş grubu için 30.1 mg/kg, 4. yaş grubu için 24.3 mg/kg ve 5. yaş grubu için 38.9 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.39. Elma bahçesi topraklarına ait toplam ve yarıyışlı Fe ve Mn içeriklerinin çoklu karşılaştırılması

Lokasyon	YG*	DTPA-Fe (mg/kg)			Toplam Fe (mg/kg)			DTPA-Mn (mg/kg)			Toplam Mn (mg/kg)		
		D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort
E	K	23.9 a**	21.0 a	22.4	a 33 951 a	a 33 001 a	33 476	57.7	42.0	49.9	799	807	803
	1	18.3 a	18.6 a	18.5	a 33 266 a	a 32 710 a	32 988	33.8	39.6	36.7	1 010	977	993
	2	31.7 a	28.0 a	29.8	a 29 828 a	a 32 190 a	31 009	48.7	38.1	43.4	971	988	980
	3	32.1 a	30.1 a	31.1	a 32 145 a	a 32 596 a	32 371	33.0	36.2	34.6	608	638	623
	4	27.8 a	24.3 a	26.0	b 26 864 a	a 28 184 a	27 524	29.2	26.3	27.8	546	597	572
	5	42.6 a	38.9 a	40.7	a 26 687 a	a 26 627 a	26 657	38.7	31.6	35.1	520	528	524
	ort	33.7	30.7	32.2	28 898	29 235	29 066	38.3	33.2	35.7 A***	631	649	640
G	K	10.3 b	10.2 b	10.3	a 28 325 a	a 28 728 a	28 527	24.1	21.9	23.0	507	520	513
	1	8.70 a	8.02 a	8.36	a 26 657 a	a 26 283 a	26 470	18.1	16.7	17.4	477	469	473
	2	10.4 a	11.0 a	10.7	a 29 005 a	a 28 914 a	28 959	21.9	19.5	20.7	529	530	530
	3	7.01 b	7.31 b	7.16	a 26 189 b	a 26 492 b	26 340	19.7	19.2	19.5	463	467	465
	4	9.45 b	8.74 b	9.10	a 29 099 a	a 29 892 a	29 496	24.4	22.0	23.2	533	549	541
	5	8.35 b	7.93 b	8.14	a 27 431 a	a 27 507 a	27 469	20.4	19.8	20.1	491	486	488
	ort	8.75	8.48	8.62	27 636	27 776	27 706	21.0	19.8	20.4 B	496	496	496
Derinlik		DTPA-Fe (mg/kg)			Toplam Fe (mg/kg)			DTPA-Mn (mg/kg)			Toplam Mn (mg/kg)		
D ₁		20.8			28 246			29.3 a [†]			561		
D ₂		19.2			28 481			26.3 b			570		
YG		DTPA-Fe (mg/kg)			Toplam Fe (mg/kg)			DTPA-Mn (mg/kg)			Toplam Mn (mg/kg)		
K		16.3			31 001			36.4			658		
1		12.4			29 077			25.1			681		
2		18.4			29 779			29.8			710		
3		20.9			29 786			28.1			555		
4		20.4			28 181			26.3			561		
5		22.1			27 121			26.5			504		
YG*D		DTPA-Fe (mg/kg)			Toplam Fe (mg/kg)			DTPA-Mn (mg/kg)			Toplam Mn (mg/kg)		
		D ₁		D ₂	D ₁		D ₂	D ₁		D ₂	D ₁		D ₂
K		17.1		15.6	31 138		30 864	40.9		31.9	653		664
1		12.6		12.3	29 301		28 854	24.4		25.9	690		672
2		18.9		17.8	29 334		30 224	32.6		26.9	706		713
3		21.4		20.4	29 592		29 980	27.3		28.9	546		565
4		21.7		19.1	27 609		28 753	27.6		24.9	542		581
5		23.0		21.2	27 112		27 130	28.2		24.9	503		504

*YG: Yaş Grubu; K: Kontrol, 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş; D: Derinlik, D₁: 0-20 cm, D₂: 20-40 cm, E: Eğirdir, G: Gelendost, ** İnteraksiyon: Sağdaki farklı büyük harfler her bir lokasyon ve her bir derinlik için bahçe yaş grupları arasındaki farkı (sütun); sağdaki farklı küçük harfler her bir yaş grubu ve her bir derinlikte lokasyonlar arasındaki farkı (sütun); soldaki farklı italik harfler her bir lokasyon ve her bir yaş grubunda derinlikler arası farklılığı (satır) göstermektedir (p<0.05), ***Lokasyona ait ortalama, [†] Derinliğe ait ortalama, [‡] Yaş grubuna ait ortalama

Elma bahçesi topraklarındaki toplam Fe içeriği için lokasyonlar arasında farklılığın önemli olup olmadığı incelenirken her bir bahçe yaş grubu ve derinlik kombinasyonunda Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Eğirdir ve Gelendost her iki derinlikteki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle karşılaştırıldığında, hem 0-20 cm hem de 20-40 cm’de Eğirdir topraklarının sadece 3. yaş grubunda Gelendost topraklarından daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.39). Eğirdir yüzey topraklarında 3. yaş grubu için 32 145 mg/kg, Eğirdir yüzey altı topraklarında 3. yaş grubu için 32 596 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Bahçe topraklarındaki derinlikler arası farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı her bir lokasyon ve yaş grubuna göre Wilcoxon testi kullanılarak belirlenmiştir. Eğirdir 4. yaş grubundaki bahçeler karşılaştırıldığında 20-40 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki toplam Fe miktarı 28 184 mg/kg olarak daha yüksek bulunmuştur.

DTPA-Mn içeriği bakımından esas etkilerden derinlik ve lokasyon istatistik olarak önemli bulunmuştur. Esas etkilerden derinlik faktörüne göre, en yüksek miktar 29.3 mg/kg olarak 0-20 cm’de, en düşük miktar 26.3 mg/kg olarak 20-40 cm’deki topraklarda görülmüştür. Diğer esas etki olan lokasyon faktörüne göre en yüksek değer Eğirdir’de (35.7 mg/kg), en düşük değer (20.4 mg/kg) Gelendost topraklarında belirlenmiştir (Çizelge 4.38).

Toprakların Olsen-P içeriği bakımından derinlik*lokasyon*bahçe yaş grubu üçlü interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ve çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.40’da verilmiştir. Bahçe yaş grupları arasındaki farklılıklar lokasyon ve derinliklere göre incelendiğinde; Eğirdir 20-40 cm derinlikteki topraklarda yaş grubuna göre en yüksek değer (55.7 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük değer (23.5 mg/kg) 1. yaş grubunda bulunmuştur. Gelendost 0-20 cm derinlikteki topraklarda yaş grubuna göre en yüksek değer (51.0 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük değer (17.1 mg/kg) kontrol grubunda, 20-40 cm’de ise en yüksek konsantrasyon (51.0 mg/kg) 3. yaş grubunda, en düşük değer (17.0 mg/kg) kontrol grubunda belirlenmiştir.

Çizelge 4.40. Elma bahçesi topraklarına ait toplam ve yarayışlı P içeriklerinin çoklu karşılaştırılması

Lokasyon	YG*	Olsen-P (mg/kg)			Toplam P (mg/kg)		
		D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort
E	K	a 50.9 Aa**	a 48.1 ABa	49.5	890	873	881 Aa****
	1	a 79.2 Aa	b 23.5 Ca	51.3	1 345	1 134	1 240 Aa
	2	a 72.2 Aa	a 54.6 Aa	63.4	869	700	785 Aa
	3	a 47.3 Aa	b 28.8 BCa	38.0	740	654	697 ABa
	4	a 75.7 Aa	b 45.8 ABa	60.8	781	605	693 Ba
	5	a 75.0 Aa	a 55.7 Aa	65.3	793	686	740 Aa
	ort	68.9	46.8	57.9***	837	716	776
G	K	a 17.1 Bb	a 17.0 Bb	17.0	505	482	494 ABa
	1	a 25.9 Bb	a 29.1 ABa	27.5	483	426	454 Ba
	2	a 28.0 Bb	a 25.6 Bb	26.8	553	464	509 ABa
	3	b 25.3 Bb	a 35.5 Aa	30.4	575	583	579 ABa
	4	a 49.9 Ab	b 26.4 Bb	38.2	784	672	728 ABa
	5	a 51.0 Ab	b 33.9 ABa	42.5	833	664	748 ABa
	ort	40.5	30.4	35.5	710	597	654
Derinlik		Olsen-P (mg/kg)			Toplam P (mg/kg)		
D ₁		54.2			771 a [†]		
D ₂		38.4			655 b		
YG		Olsen-P (mg/kg)			Toplam P (mg/kg)		
K		33.3			688		
1		37.0			768		
2		41.4			619		
3		34.8			647		
4		53.2			705		
5		52.3			745		
YG*D		Olsen-P (mg/kg)			Toplam P (mg/kg)		
		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂	
K		34.0	32.5		697	678	
1		47.2	26.8		828	709	
2		45.7	37.2		680	559	
3		37.9	31.7		669	624	
4		67.1	39.3		782	627	
5		61.3	43.2		816	674	

*YG: Yaş Grubu; K: Kontrol, 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş; D: Derinlik, D₁: 0-20 cm, D₂: 20-40 cm, E: Eğirdir, G: Gelendost, ** İnteraksiyon: Sağdaki farklı büyük harfler her bir lokasyon ve her bir derinlik için bahçe yaş grupları arasındaki farkı (sütun); sağdaki farklı küçük harfler her bir yaş grubu ve her bir derinlikte lokasyonlar arasındaki farkı (sütun); soldaki farklı italik harfler her bir okasyon ve her bir yaş grubunda derinlikler arası farklılığı (satır) göstermektedir (p<0.05), ***Lokasyona ait ortalama, ****Y x YG ait ortalama, [†] Derinliğe ait ortalama

Bahçe topraklarında Olsen-P içeriği için lokasyonlar arasındaki farklılık her bir bahçe yaş grubu ve derinliğe göre; Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, Eğirdir bahçe toprakları 0-20 cm derinlikte tüm yaş gruplarında Gelendost bahçe topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Eğirdir 0-20 cm derinlik için Olsen-P konsantrasyonları; kontrol grubunda 50.9 mg/kg, 0-5 yaş aralığındaki bahçelerde 79.2 mg/kg, 5-10 yaş aralığındaki bahçelerde 72.2 mg/kg, 10-15 yaş aralığındaki bahçelerde 47.3 mg/kg, 15-20 yaş aralığındaki bahçelerde 75.7 mg/kg ve >20 yaş grubundaki bahçelerde 75.0 mg/kg olarak belirlenmiştir. Eğirdir için 20-40 cm derinlikte ise kontrol, 2. ve 4. bahçe yaş grupları Gelendost aynı derinlik ve yaştaki elma bahçesi topraklarından daha yüksek olarak belirlenmiştir. Eğirdir 20-40 cm derinlik için Olsen-P konsantrasyonları; kontrol grubunda 48.1 mg/kg, 5-10 yaş aralığındaki bahçelerde 54.6 mg/kg, 15-20 yaş aralığındaki bahçelerde 45.8 mg/kg olarak bulunmuştur.

Toprakların Olsen-P konsantrasyonları için derinlikler arası farklılıklar her bir lokasyon ve yaş grubuna göre verilmiştir. Eğirdir 0-5 yaş aralığındaki bahçelerde 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki yarayışlı P miktarı (79.2 mg/kg), Eğirdir 10-15 yaş aralığındaki bahçelerde 0-20 cm'deki topraklarda yarayışlı P miktarı (47.3 mg/kg) ve Eğirdir 15-20 yaş aralığındaki bahçelerde 0-20 cm'deki topraklarda yarayışlı P miktarı (75.7 mg/kg), Eğirdir 20-40 cm derinlikteki toprakların yarayışlı P miktarından daha yüksektir. Gelendost için 15-20 ve >20 yaş gruplarında yer alan bahçelerden 0-20 cm derinliktekiler daha yüksek bulunmuş ve konsantrasyonları sırasıyla 49.9 mg/kg ve 51.0 mg/kg'dır. Ancak Gelendost 20-40 cm derinlikte 10-15 yaş aralığındaki bahçelerde yarayışlı P miktarı (35.5 mg/kg) daha yüksek bulunmuştur.

Gelendost 0-20 cm derinlikteki topraklarda Olsen-P içeriği yaş grubuna göre en yüksek değer (51.0 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük değer (17.1 mg/kg) kontrol grubunda, 20-40 cm'de ise en yüksek konsantrasyon (51.0 mg/kg) 3. yaş grubunda, en düşük değer (17.0 mg/kg) kontrol grubunda belirlenmiştir. Gelendost 0-20 cm derinlikteki topraklarda Olsen-P içeriği yaş gruplarına göre büyükten küçüğe doğru; 5. yaş grubu (51.0 mg/kg), 4. yaş grubu (49.9 mg/kg), 2. yaş grubu (28.0 mg/kg), 1. yaş grubu (25.9 mg/kg), 3. yaş grubu (25.3 mg/kg) ve kontrol grubu (17.1 mg/kg) şeklinde sıralanmıştır.

Eğirdir 0-5 yaş, 10-15 yaş ve 15-20 yaş aralığındaki bahçelerin 0-20 cm'deki topraklarında yarayışlı P miktarı 20-40 cm derinlikteki toprakların yarayışlı P miktarından daha yüksektir. Gelendost için 15-20 ve >20 yaş gruplarında yer alan bahçelerden 0-20 cm derinliktekiler daha yüksek bulunmuştur.

Toprakların toplam P konsantrasyonunda esas etkilerden derinlik, lokasyon ve lokasyon*bahçe yaş grubu ikili interaksiyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ve çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.40'da verilmiştir. Derinlik faktörüne göre en yüksek miktar 1. derinlikte (0-20 cm) 771 mg/kg, en düşük miktar 2. derinlikte (20-40 cm) 655 mg/kg olarak bulunmuştur. Lokasyon*bahçe yaş grubu ikili interaksiyonuna göre Eğirdir topraklarında en yüksek miktar (1 240 mg/kg) 0-5 yaş aralığındaki bahçelerde, en düşük miktar (693 mg/kg) 20-25 yaş aralığındaki bahçelerde belirlenmiştir. Gelendost topraklarında en yüksek miktar (748 mg/kg) > 20 yaş aralığındaki bahçelerde, en düşük miktar (693 mg/kg) 0-5 yaş aralığındaki bahçelerde görülmüştür.

Toprakların Cu ve Zn elementlerine ait fraksiyonların özellikleri birbirlerinden farklılık göstermektedir. Değişebilir iyonlar (EXC), bazen karbonat, organik madde, Fe, Mn, Si ve Al oksitler ve kil mineralleri gibi çeşitli toprak bileşenlerinin yüzeyinde spesifik olmayan bir şekilde adsorbe edilmiş ve spesifik olarak absorbe edilmiş iyonları içermekte ve adsorpsiyon-desorpsiyon süreçleri tarafından kontrol edilmektedir. Organik olarak bağlı (OM) fraksiyon; ağır metaller/iz elementler, canlı organizmalara ve toprağın organik maddesine bağlanabilmekte ve organik olarak bağlı iz elementler veya ağır metaller, organik maddenin üretimi ve ayrışmasından etkilenmektedirler. Karbonat tarafından oklüde olmuş ya da eş çökmüş fraksiyon (CARB), pH değişimlerine karşı duyarlıdır.

Demir ve Mn oksitlere bağlı fraksiyonda, Fe ve Mn oksitler partiküller üzerinde nodül, beton ve kaplama gibi görünen amorf ve kristalin oksitleri içermekte ve redoks potansiyelindeki değişimlerle indirgenmekte ya da yükseltgenmektedir. Bu fraksiyon üç kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımlar; Mn oksitlere veya kolayca indirgenebilir oksitlere (ERO) bağlı metaller, amorf Fe oksitlere (AmoFe) bağlı metaller ve kristalli Fe oksitlere (CryFe) bağlı metallerdir ve son iki kısım bazen toplu olarak indirgenebilir oksit fraksiyonu (RO) olarak adlandırılmaktadır. Bakiye fraksiyon, esas olarak

elementleri kristal yapılarında tutan birincil ve ikincil mineralleri ve önceki tüm fraksiyonların ekstraksiyonundan kalan iz elementleri de içermektedir. Bu iz metallerin doğada normal olarak karşılaşılan koşullar altında belli bir süre boyunca toprak çözeltilerine salınması beklenmemektedir (Han, 2007).

Bakır ve Zn fraksiyonları yarayırlılıkları bakımından incelendiğinde; WE (suda çözünebilir ve değişebilir), Car (karbonatlara bağlı), MnO (Mn oksitlere bağlı), AFeO (amorf Fe/Al oksitlere bağlı), KFeO (kristalin Fe oksitlere bağlı), OS (organik ve sülfütlere bağlı), R (bakiye) fraksiyonlardan ilk üçünün hareketliliği yüksek, AFeO ile KFeO fraksiyonlarının bitkiye yarayırlılığı düşüktür. OS fraksiyonunun uygun koşullar altında hareketli hale gelebilme olasılığı vardır. R fraksiyonunun bitkiye yarayırlılığı yok denecek kadar azdır.

Topraktaki metallerin suda çözünür (WS) ve değişebilir (E) fraksiyonları; hareketli, kolayca hareketli hale gelebilir ya da biyota için yarayırlı olarak kabul edilmektedir (Pietrzak ve McPhail, 2004). Suda çözünebilir, değişebilir ve sorbe edilmiş bakır fraksiyonları toprakta aktif olarak kabul edilmektedir. Bakiye fraksiyon (RES) ve Fe ve Al oksitlere (FeOx) bağlı Cu fraksiyonunun daha az aktif olması muhtemeldir ve biyotayı etkileme olasılığı daha düşüktür. Karczewska (1996)'nın belirttiğine göre karbonatlara bağlı (CA), kolayca indirgenebilen Mn (ERMn) ve organik maddeye (OM) bağlı Cu fraksiyon, organik maddenin ayrışması, redoks potansiyeli, pH gibi çevresel değişikliklere karşı hassastır ve uygun kimyasal koşullar altında hareketli hale gelebilmektedir (Pietrzak ve McPhail, 2004).

Topraklardaki Cu elementine ait suda çözünebilir ve değişebilir fraksiyonu (Cu_{WE}) için bahçe yaşları arası farklılıkların belirlenmesinde Kruskal-Wallis testi ve bu test sonrasında bahçe yaşı faktörünün seviye ortalamaları arasındaki farklılığın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Bonferroni testi uygulanmıştır (Çizelge 4.41). Eğirdir yüzey topraklarında en yüksek konsantrasyon (0.679 mg/kg) yaşı 20'den büyük bahçelerde, en düşük konsantrasyon (0.074 mg/kg) 0-5 yaşındaki bahçelerde belirlenmiştir. Gelendost yüzey topraklarında en yüksek konsantrasyon (1.14 mg/kg) yaşı 20'den büyük bahçelerde, en düşük konsantrasyon (0.243 mg/kg) 0-5 yaşındaki bahçelerde saptanmıştır. Gelendost yüzey altı topraklarında en yüksek

konsantrasyon (0.669 mg/kg) yaşı 20'den büyük bahçelerde, en düşük konsantrasyon (0.125 mg/kg) 0-5 yaşındaki bahçelerde görülmüştür.

Bahçe topraklarında Cu_{WE} içeriği için lokasyonlar arasındaki farklılığın belirlenmesinde Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, hem 0-20 cm hem de 20-40 cm'de Gelendost toprakları kontrol ve 5. (> 20 yaş) bahçe yaş grubunda Eğirdir topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Cu_{WE} içeriği; Gelendost yüzey topraklarında, kontrol grubu için 0.683 mg/kg, 5. yaş grubu için 1.14 mg/kg, Gelendost yüzey altı topraklarında ise; kontrol grubunda 0.537 mg/kg, 5. yaş grubunda 0.669 mg/kg olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.41. Elma bahçesi topraklarına ait Cu_{WE}, Zn_{WE}, Cu_{Car} ve Zn_{Car} fraksiyonlarının çoklu karşılaştırılması

Lokasyon	YG*	Cu _{WE} [†] (mg/kg)			Zn _{WE} (mg/kg)			Cu _{Car} (mg/kg)			Zn _{Car} (mg/kg)		
		D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort
E	K	a 0.142 Bb**	a 0.181 b	0.161	0.018 b	0.018 b	0.018	a 1.62 Cb	a 1.67 Cb	1.64	1.93	1.87	1.90
	1	a 0.074 Ba	a 0.074 a	0.074	0.018 a	0.018 a	0.018	a 0.579 Ca	a 0.236 Ca	0.407	3.06	2.26	2.66
	2	a 0.189 ABa	a 0.074 a	0.132	0.020 a	0.024 a	0.022	a 7.38 ABCa	a 3.14 BCa	5.26	6.98	3.02	5.00
	3	a 0.190 Ba	a 0.130 a	0.160	0.185 a	0.124 a	0.155	a 5.39 BCa	a 2.78 BCa	4.08	4.00	2.35	3.17
	4	a 0.523 ABa	b 0.125 a	0.324	0.059 a	0.018 a	0.038	a 8.87 ABa	b 5.47 ABa	7.17	5.84	3.08	4.46
	5	a 0.679 Ab	b 0.360 b	0.519	0.369 a	0.038 a	0.203	a 11.4 Aa	b 9.15 Aa	10.3	6.37	4.23	5.30
	ort	0.448	0.222	0.335	0.195	0.041	0.118	8.00	5.71	6.85	5.29	3.27	4.28
G	K	a 0.683 Ba	a 0.537 ABa	0.610	0.385 Aa	0.350 Aa	0.368	a 3.42 Ba	a 3.46 ABa	3.44	4.29	4.26	4.28
	1	a 0.243 Ca	a 0.125 Ca	0.184	0.018 Ba	0.018 Ba	0.018	a 2.14 Ba	a 2.27 Ba	2.20	2.12	2.14	2.13
	2	a 0.566 BCa	a 0.371 ABCa	0.469	0.018 Ba	0.018 Ba	0.018	a 4.52 ABa	a 3.78 ABa	4.15	3.51	2.40	2.96
	3	a 0.476 BCa	a 0.578 Aa	0.527	0.018 Ba	0.018 Ba	0.018	a 4.23 Ba	a 3.62 ABa	3.93	3.73	4.25	3.99
	4	a 0.383 BCa	a 0.156 BCa	0.269	0.018 Ba	0.018 Ba	0.018	a 3.00 Ba	a 2.30 Ba	2.65	4.93	2.39	3.66
	5	a 1.14 Aa	b 0.669 Aa	0.906	0.140 ABa	0.115 Ba	0.128	a 10.4 Aa	b 6.71 Aa	8.55	14.6	7.93	11.3
	ort	0.817	0.516	0.667	0.117	0.100	0.108	7.04	4.96	6.00	9.33	5.59	7.46
Derinlik		Cu _{WE} (mg/kg)			Zn _{WE} (mg/kg)			Cu _{Car} (mg/kg)			Zn _{Car} (mg/kg)		
D ₁		0.639			0.154			7.50			7.37 a [†]		
D ₂		0.374			0.072			5.32			4.47 b		
YG		Cu _{WE} (mg/kg)			Zn _{WE} (mg/kg)			Cu _{Car} (mg/kg)			Zn _{Car} (mg/kg)		
K		0.386			0.193			2.54			3.09 bc [†]		
1		0.140			0.018			1.48			2.34 c		
2		0.334			0.020			4.59			3.77 b		
3		0.318			0.096			4.02			3.52 b		
4		0.306			0.031			5.66			4.19 b		
5		0.740			0.160			9.28			8.71 a		
YG*D		Cu _{WE} (mg/kg)			Zn _{WE} (mg/kg)			Cu _{Car} (mg/kg)			Zn _{Car} (mg/kg)		
		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂	
K		0.412	0.359		0.201	0.184		2.52	2.56		3.11	3.07	
1		0.175	0.105		0.018	0.018		1.51	1.46		2.50	2.19	
2		0.415	0.253		0.019	0.020		5.66	3.53		4.90	2.65	
3		0.313	0.322		0.113	0.079		4.89	3.14		3.88	3.16	
4		0.476	0.135		0.045	0.018		6.91	4.42		5.54	2.85	
5		0.944	0.537		0.238	0.082		10.8	7.76		11.1	6.35	

*YG: Yaş Grubu; K: Kontrol, 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş; D: Derinlik, D₁: 0-20 cm, D₂: 20-40 cm, E: Eğirdir, G: Gelendost, * WE: suda çözünür ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı fraksiyon, ** İnteraksiyon: Sağdaki farklı büyük harfler her bir lokasyon ve her bir derinlik için bahçe yaş grupları arasındaki farkı (sütun); sağdaki farklı küçük harfler her bir yaş grubu ve her bir derinlikte lokasyonlar arasındaki farkı (sütun); soldaki farklı italik harfler her bir lokasyon ve her bir yaş grubunda derinlikler arası farklılığı (satır) göstermektedir (p<0.05), [†] Derinliğe ait ortalama, [‡] Yaş grubuna ait ortalama

Topraklarda derinlikler arası farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı Wilcoxon testi kullanılarak belirlenmiştir. Eğirdir 4. ve 5. yaş grubundaki 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki Cu_{WE} miktarı sırasıyla 0.523 mg/kg ve 0.679 mg/kg olarak 20-40 cm derinlikteki topraklardan daha yüksek bulunmuştur. Gelendost 0-20 cm'de ise 5. yaş grubunda 1.14 mg/kg değeri 20-40 cm'dekine göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Topraklardaki Zn elementine ait suda çözünebilir ve değişebilir fraksiyonu (Zn_{WE}) için bahçe yaş grupları arası farklılıkların belirlenmesinde Kruskal-Wallis testi ve bahçe yaş grubu faktörünün seviye ortalamaları arasındaki farklılık için Bonferroni çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Çizelge 4.41). Bahçe yaşlarına göre farklılıklar sadece Gelendost topraklarında gözlemlenmiştir. Gelendost yüzey topraklarında en yüksek konsantrasyon (0.385 mg/kg) kontrol grubunda, en düşük konsantrasyonlar (0.018 mg/kg) 1. (0-5 yaş), 2. (5-10 yaş), 3. (10-15 yaş) ve 4. (15-20 yaş) yaş grubundaki bahçelerde saptanmıştır. Gelendost yüzey altı topraklarında en yüksek konsantrasyon (0.350 mg/kg) yaşı kontrol grubunda, en düşük konsantrasyon (0.015 mg/kg) 5. (>20 yaş) yaş grubundaki bahçelerde görülmüştür. Bu fraksiyonda 0.018 mg/kg gibi çok düşük değerlerin bulunması bu fraksiyonun ICP-OES cihazının dedeksiyon limitinin altında kalmasından dolayıdır. Bu nedenle bu fraksiyona ait çok düşük konsantrasyonlar hesaplanırken cihazın dedeksiyon limiti ile seyreltme faktörü çarpılmıştır.

Bahçe topraklarında Zn_{WE} içeriği için lokasyonlar arasındaki farklılığın belirlenmesinde Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, hem 0-20 cm hem de 20-40 cm'de Gelendost toprakları kontrol grubunda Eğirdir topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Zn_{WE} içeriği; Gelendost yüzey topraklarında, kontrol grubu için 0.385 mg/kg, Gelendost yüzey altı topraklarında ise; kontrol grubunda 0.350 mg/kg olduğu görülmektedir.

Topraklardaki Cu elementine ait karbonatlara bağlı fraksiyon (Cu_{Car}) için bahçe yaş grupları arası farklılıkların belirlenmesinde Kruskal-Wallis testi ve bahçe yaş grubu faktörünün seviye ortalamaları arasındaki farklılık için Bonferroni çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Çizelge 4.41). Eğirdir yüzey topraklarında en yüksek

konsantrasyon (11.4 mg/kg) yaşı 20'den büyük olan bahçelerde, en düşük konsantrasyon (0.579 mg/kg) 1. (0-5 yaş) yaş grubundaki bahçelerde görülmüştür. Eğirdir yüzey altı topraklarında en yüksek konsantrasyon (9.15 mg/kg) yaşı 20'den büyük olan bahçelerde, en düşük konsantrasyon (0.236 mg/kg) 1. (0-5 yaş) yaş grubundaki bahçelerde belirlenmiştir. Gelendost yüzey topraklarında en yüksek konsantrasyon (10.4 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (2.14 mg/kg) 1. yaş grubundaki bahçelerde saptanmıştır. Gelendost yüzey altı topraklarında en yüksek konsantrasyon (6.71 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (2.27 mg/kg) 1. yaş grubundaki bahçelerde görülmüştür.

Bahçe topraklarında Cu_{Car} konsantrasyonu için lokasyonlar arasındaki farklılığın belirlenmesinde Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, hem 0-20 cm hem de 20-40 cm'de Gelendost toprakları kontrol grubunda Eğirdir topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Cu_{Car} konsantrasyonunun; Gelendost yüzey topraklarında, kontrol grubu için 3.42 mg/kg, Gelendost yüzey altı topraklarında ise; kontrol grubunda 3.46 mg/kg olduğu görülmektedir.

Topraklarda derinlikler arası farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı Wilcoxon testi kullanılarak belirlenmiştir. Eğirdir 4. ve 5. yaş grubundaki 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki Cu_{Car} miktarı sırasıyla 8.87 mg/kg ve 11.4 mg/kg olarak 20-40 cm derinlikteki topraklardan daha yüksek bulunmuştur. Gelendost 0-20 cm'de ise 5. yaş grubunda 10.4 mg/kg değeri 20-40 cm'deki Cu_{Car} miktarına göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Topraklarda Zn elementi için karbonatlara bağlı fraksiyonda (Zn_{Car}) yapılan varyans analizine göre derinlik ve bahçe yaş grubu esas etkileri istatistik olarak önemli bulunmuştur ve Tukey çoklu karşılaştırma testine göre gerekli harflendirmeler yapılarak Çizelge 4.41'de verilmiştir. Esas etkilerden derinlik faktörüne göre en yüksek Zn_{Car} içeriği (7.37 mg/kg) 0-20 cm derinlikteki topraklarda, en düşük Zn_{Car} içeriği (4.47 mg/kg) 20-40 cm derinlikteki topraklarda görülmüştür. Diğer bir esas etki olan bahçe yaş grubuna göre ise, en yüksek Zn_{Car} içeriği (8.71 mg/kg) 5. yaş grubundaki topraklarda, en düşük Zn_{Car} içeriği (2.34 mg/kg) 1. yaş grubundaki topraklarda belirlenmiştir.

Topraklardaki Cu elementine ait mangan oksitlere bağlı fraksiyon (Cu_{MnO}) için bahçe yaē grupları arası farklılıkların belirlenmesinde Kruskal-Wallis testi ve bahçe yaē grubu faktörünün seviye ortalamaları arasındaki farklılık için Bonferroni oklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (izelge 4.42). Bahçe yaē grupları arasındaki farklılık sadece Gelendost'taki 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda görölmüştür.



Çizelge 4.42. Elma bahçesi topraklarına ait Cu_{MnO}, Zn_{MnO}, Cu_{AFeO} ve Zn_{AFeO} fraksiyonlarının çoklu karşılaştırılması

Lokasyon	YG*	Cu _{MnO} [†] (mg/kg)			Zn _{MnO} (mg/kg)			Cu _{AFeO} (mg/kg)			Zn _{AFeO} (mg/kg)		
		D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort
E	K	a 0.148**	a 0.262	0.205	a 0.653 a	a 0.788 a	0.720	a 18.2 Ca	a 16.9 Ca	17.6	12.6	12.3	12.5
	1	a 0.147	a 0.074	0.111	a 0.624 a	a 0.473 a	0.548	a 22.6 Ca	a 17.3 Ca	19.9	12.4	11.4	11.9
	2	a 1.07	a 0.432	0.750	a 1.87 a	a 1.37 a	1.62	a 39.9 BCa	a 25.1 BCa	32.5	11.9	8.67	10.3
	3	a 0.696	a 0.330	0.513	a 1.14 a	a 1.04 a	1.09	a 41.5 BCa	a 29.2 Ba	35.3	12.9	9.85	11.4
	4	a 0.317	a 0.276	0.297	a 0.697 a	b 0.439 a	0.568	a 49.4 Ba	b 30.8 Ba	40.1	14.1	9.56	11.8
	5	a 0.811	a 0.629	0.720	a 1.23 a	a 1.00 a	1.11	a 64.3 Aa	b 49.4 Aa	56.9	15.3	12.1	13.7
	ort	0.596	0.425	0.510	1.05	0.856	0.953	48.7	35.5	42.1	14.0	11.0	12.5 A***
G	K	a 0.146 B	a 0.158	0.152	a 0.782 ABa	a 0.747 a	0.764	a 8.94 Cb	a 8.04 Bb	8.49	4.54	4.36	4.45
	1	a 0.111 BC	a 0.071	0.091	a 0.362 Ca	a 0.385 a	0.373	a 9.19 Ca	a 7.93 Ba	8.56	4.87	4.31	4.59
	2	a 0.072 C	a 0.084	0.078	a 0.484 BCa	a 0.476 a	0.480	a 17.1 Ba	a 12.8 ABa	14.9	6.08	4.47	5.28
	3	a 0.100 BC	a 0.157	0.128	a 0.555 BCb	a 0.545 a	0.550	a 13.4 BCb	a 14.9 Ab	14.1	5.78	6.29	6.04
	4	a 0.089 C	a 0.093	0.091	a 0.568 BCa	a 0.340 a	0.454	a 17.6 Bb	a 12.7 ABb	15.1	8.20	5.23	6.72
	5	a 0.269 A	b 0.159	0.214	a 1.37 Aa	b 0.911 a	1.14	a 33.8 Ab	b 22.5 Ab	28.1	14.4	8.95	11.7
	ort	0.189	0.137	0.163	0.971	0.711	0.841	23.9	17.0	20.4	10.3	7.01	8.64 B
Derinlik		Cu _{MnO} (mg/kg)			Zn _{MnO} (mg/kg)			Cu _{AFeO} (mg/kg)			Zn _{AFeO} (mg/kg)		
D ₁		0.386			1.01			35.9			12.1		
D ₂		0.276			0.781			26.0			8.93		
YG		Cu _{MnO} (mg/kg)			Zn _{MnO} (mg/kg)			Cu _{AFeO} (mg/kg)			Zn _{AFeO} (mg/kg)		
K		0.178			0.742			13.0			8.45		
1		0.099			0.443			13.1			7.53		
2		0.347			0.936			22.0			7.29		
3		0.348			0.859			26.2			9.10		
4		0.228			0.530			31.8			10.1		
5		0.431			1.13			40.4			12.5		
YG*D		Cu _{MnO} (mg/kg)			Zn _{MnO} (mg/kg)			Cu _{AFeO} (mg/kg)			Zn _{AFeO} (mg/kg)		
		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂	
K		0.147	0.210		0.717	0.767		13.6	12.5		8.57 Ba*	8.34 Ba	
1		0.125	0.073		0.467	0.420		14.5	11.7		7.89 Ca	7.16 BCa	
2		0.470	0.223		1.04	0.833		26.2	17.7		8.42 BCa	6.15 Ca	
3		0.440	0.256		0.892	0.827		29.4	23.0		9.87 Ba	8.33 BCa	
4		0.241	0.215		0.654	0.406		38.8	24.7		12.1 Ba	8.11 BCb	
5		0.501	0.361		1.31	0.948		46.9	34.0		14.8 Aa	10.3 Aa	

*YG: Yaş Grubu; K: Kontrol, 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş; D: Derinlik, D₁: 0-20 cm, D₂: 20-40 cm, E: Eğirdir, G: Gelendost, [†]MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı fraksiyon, ** İnteraksiyon: Sağdaki farklı büyük harfler her bir lokasyon ve her bir derinlik için bahçe yaş grupları arasındaki farkı (sütun); sağdaki farklı küçük harfler her bir yaş grubu ve her bir derinlikte lokasyonlar arasındaki farkı (sütun); soldaki farklı italik harfler her bir lokasyon ve her bir yaş grubunda derinlikler arası farklılığı (satır) göstermektedir (p<0.05), ***Lokasyona ait ortalama, * YG x D ait ortalama

Gelendost yüzey topraklarında en yüksek Cu_{MnO} konsantrasyonu (0.269 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük Cu_{MnO} konsantrasyonu (0.072 mg/kg) 2. yaş grubundaki bahçelerde saptanmıştır.

Topraklarda derinlikler arası farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı Wilcoxon testi kullanılarak belirlenmiştir. Gelendost 0-20 cm’de ise 5. yaş grubunda 0.269 mg/kg değeri 20-40 cm’deki Cu_{MnO} miktarına göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Topraklardaki Zn elementine ait mangan oksitlere bağlı fraksiyon (Zn_{MnO}) için bahçe yaş grupları arası farklılıkların belirlenmesinde Kruskal-Wallis testi kullanılmış ve Çizelge 4.42’de bahçe yaş grubu faktörünün seviye ortalamaları arasındaki farklılık için uygulanan Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları verilmiştir. Sadece Gelendost yüzey topraklarında yaş gruplarına göre istatistik olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Gelendost yüzey topraklarında en yüksek konsantrasyon (1.37 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (0.362 mg/kg) 1. yaş grubundaki bahçelerde saptanmıştır.

Bahçe topraklarında Zn_{MnO} konsantrasyonu için lokasyonlar arasındaki farklılığın belirlenmesinde Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, 0-20 cm derinlikte Eğirdir toprakları 3. yaş grubunda Gelendost topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Zn_{MnO} konsantrasyonunun; Eğirdir yüzey topraklarında, 3. yaş grubu için 1.14 mg/kg olduğu görülmektedir.

Topraklarda derinlikler arası farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı Wilcoxon testi kullanılarak belirlenmiştir. Eğirdir 4. (15-20) ve Gelendost 5. yaş grubunda 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki Zn_{MnO} miktarı sırasıyla 0.697 mg/kg ve 1.37 mg/kg olarak 20-40 cm derinlikteki topraklardan daha yüksek bulunmuştur.

Topraklardaki Cu elementine ait amorf Fe/Al oksitlere bağlı fraksiyon (Cu_{AFeO}) için bahçe yaş grupları arası farklılıkların belirlenmesinde Kruskal-Wallis testi kullanılmış ve Çizelge 4.42’de bahçe yaş grubu faktörünün seviye ortalamaları arasındaki farklılık

için uygulanan Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları verilmiştir. Eğirdir yüzey topraklarında en yüksek Cu_{AFeO} konsantrasyonu (64.3 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (18.2 mg/kg) kontrol grubundaki topraklarda saptanmıştır. Eğirdir yüzey altı topraklarında en yüksek Cu_{AFeO} konsantrasyonu (49.4 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (16.9 mg/kg) kontrol grubundaki topraklarda bulunmuştur. Gelendost yüzey topraklarında en yüksek konsantrasyon (33.8 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (8.94 mg/kg) kontrol grubundaki topraklarda saptanmıştır. Gelendost yüzey altı topraklarında en yüksek konsantrasyon (22.5 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (7.93 mg/kg) 1. yaş grubundaki topraklarda görülmüştür.

Bahçe topraklarında Cu_{AFeO} konsantrasyonu için lokasyonlar arasındaki istatistik olarak önemli bir farklılık olup olmadığının bulunmasında Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, her iki derinlikte de Eğirdir toprakları kontrol, 3. yaş grubu, 4. yaş grubu ve 5. yaş grubunda Gelendost topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Cu_{AFeO} konsantrasyonunun; Eğirdir yüzey topraklarında, kontrol grubu için 18.2 mg/kg, 3. yaş grubu için 41.5 mg/kg, 4. yaş grubu için 49.4 mg/kg ve 5. yaş grubu için 64.3 mg/kg olduğu görülmektedir. Eğirdir yüzey altı topraklarında ise, kontrol grubu için 16.9 mg/kg, 3. yaş grubu için 29.2 mg/kg, 4. yaş grubu için 30.8 mg/kg ve 5. yaş grubu için 49.4 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Topraklarda derinlikler arası farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı Wilcoxon testi kullanılarak belirlenmiştir. Eğirdir 4., 5. yaş grubunda ve Gelendost 5. yaş grubunda 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki Cu_{AFeO} miktarı sırasıyla 49.4 mg/kg, 64.3 mg/kg ve 33.8 mg/kg olarak 20-40 cm derinlikteki topraklardan daha yüksek bulunmuştur.

Topraklarda Zn elementi için amorf Fe/Al oksitlere bağlı fraksiyonda (Zn_{AFeO}) yapılan varyans analizine göre lokasyon, derinlik ve bahçe yaş grubu esas etkileri ve derinlik*bahçe yaş grubu ikili interaksiyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ve Tukey çoklu karşılaştırma testine göre gerekli harflendirmeler yapılarak Çizelge 4.42'de verilmiştir. Esas etkilerden lokasyon faktörüne göre en yüksek Zn_{AFeO} içeriği

(12.5 mg/kg) Eğirdir topraklarında, en düşük $Zn_{AF_{FeO}}$ içeriği (8.64 mg/kg) Gelendost topraklarında görülmüştür. Derinlik*bahçe yaş grubu ikili interaksiyonuna göre, 1. derinlikte (0-20 cm) en yüksek $Zn_{AF_{FeO}}$ içeriği (14.8 mg/kg) 5. yaş grubundaki topraklarda, en düşük $Zn_{AF_{FeO}}$ içeriği (7.89 mg/kg) 1. yaş grubundaki topraklarda belirlenmiştir. 2. derinlikte ise (20-40 cm) en yüksek $Zn_{AF_{FeO}}$ içeriğinin (10.3 mg/kg) 5. yaş grubundaki topraklarda, en düşük $Zn_{AF_{FeO}}$ içeriğinin (6.15 mg/kg) 2. yaş grubundaki topraklara ait olduğu görülmüştür.

Topraklardaki Cu elementine ait kristalin Fe oksitlere bağlı fraksiyon (Cu_{KFeO}) için bahçe yaş grupları arası farklılıkların belirlenmesinde Kruskal-Wallis testi kullanılmış ve Çizelge 4.43’de bahçe yaş grubu faktörünün seviye ortalamaları arasındaki farklılık için uygulanan Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları verilmiştir. Eğirdir yüzey topraklarında en yüksek Cu_{KFeO} konsantrasyonu (16.3 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (9.69 mg/kg) 1. yaş grubundaki topraklarda saptanmıştır. Gelendost yüzey topraklarında en yüksek Cu_{KFeO} konsantrasyonu (10.2 mg/kg) 5. yaş grubunda, en düşük konsantrasyon (7.94 mg/kg) kontrol grubundaki topraklarda saptanmıştır.

Bahçe topraklarında Cu_{KFeO} konsantrasyonu için lokasyonlar arasındaki istatistik olarak önemli bir farklılık olup olmadığının bulunmasında Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, her iki derinlikte de Eğirdir toprakları kontrol, 4. yaş grubu ve 5. yaş grubunda Gelendost topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Cu_{KFeO} konsantrasyonunun; Eğirdir yüzey topraklarında, kontrol grubu için 9.99 mg/kg, 4. yaş grubu için 13.8 mg/kg ve 5. yaş grubu için 16.3 mg/kg olduğu görülmektedir. Eğirdir yüzey altı topraklarında ise, kontrol grubu için 9.92 mg/kg, 4. yaş grubu için 11.6 mg/kg ve 5. yaş grubu için 13.0 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Topraklarda derinlikler arası farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı Wilcoxon testi kullanılarak belirlenmiştir. Eğirdir ve Gelendost 5. yaş grubunda 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki Cu_{KFeO} miktarı sırasıyla 16.3 mg/kg ve 10.2 mg/kg olarak 20-40 cm derinlikteki topraklardan daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.43. Elma bahçesi topraklarına ait Cu_{KFeO}, Zn_{KFeO}, Cu_{OS} ve Zn_{OS} fraksiyonlarının çoklu karşılaştırılması

Lokasyon	YG*	Cu _{KFeO} [†] (mg/kg)			Zn _{KFeO} (mg/kg)			Cu _{OS} (mg/kg)			Zn _{OS} (mg/kg)		
		D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort
E	K	a 9.99 BCa**	a 9.92 a	9.95	10.9	10.8	10.9	4.92	4.98	4.95 Ba****	16.3	15.9	16.1
	1	a 9.69 Ca	a 8.43 a	9.06	9.98	9.44	9.71	3.40	2.53	2.96 Cb	8.08	7.42	7.75
	2	a 9.98 BCa	a 8.98 a	9.48	8.45	8.08	8.26	5.12	4.68	4.90 Bb	7.83	8.73	8.28
	3	a 11.8 ABCa	a 11.9 a	11.9	9.64	10.2	9.91	6.28	5.77	6.03 Aa	9.90	10.1	10.0
	4	a 13.8 ABA	a 11.6 a	12.7	9.74	9.04	9.39	6.12	5.59	5.86 Aa	10.7	10.7	10.7
	5	a 16.3 Aa	b 13.0 a	14.7	10.5	9.59	10.0	6.81	6.34	6.57 Aa	10.8	10.8	10.8
	ort	13.6	11.6	12.6	10.1	9.57	9.82 A	6.05	5.59	5.82	10.8	10.9	10.8 A***
G	K	a 7.94 Cb	a 7.75 b	7.85	9.04	8.84	8.94	4.21	4.47	4.34 Bb	10.0	10.4	10.2
	1	a 8.45 Ca	a 8.42 a	8.44	7.78	7.29	7.54	5.75	5.50	5.62 Aa	8.81	8.68	8.74
	2	a 10.5 Aa	a 10.1 a	10.3	7.76	7.68	7.72	5.93	5.83	5.88 Aa	7.68	8.10	7.89
	3	a 8.68 BCa	a 8.90 a	8.79	8.43	8.45	8.44	4.63	4.69	4.66 Bb	5.98	6.16	6.07
	4	a 8.34 Cb	a 8.00 b	8.17	8.18	7.78	7.98	4.53	4.24	4.38 Bb	5.00	4.47	4.73
	5	a 10.2 Ab	b 9.40 b	9.82	9.57	8.52	9.05	5.78	4.99	5.38 Ab	8.13	7.37	7.75
	ort	9.53	9.03	9.28	8.93	8.27	8.60 B	5.40	4.97	5.19	7.82	7.46	7.64 B
Derinlik		Cu _{KFeO} (mg/kg)			Zn _{KFeO} (mg/kg)			Cu _{OS} (mg/kg)			Zn _{OS} (mg/kg)		
D ₁		11.5			9.48			5.72 a [†]			9.28		
D ₂		10.3			8.90			5.27 b			9.10		
YG		Cu _{KFeO} (mg/kg)			Zn _{KFeO} (mg/kg)			Cu _{OS} (mg/kg)			Zn _{OS} (mg/kg)		
K		8.90			9.90			4.64			13.1		
1		8.69			8.41			4.56			8.35		
2		9.98			7.94			5.48			8.05		
3		10.5			9.28			5.44			8.32		
4		11.2			8.92			5.36			8.69		
5		11.9			9.47			5.89			9.07		
YG*D		Cu _{KFeO} (mg/kg)			Zn _{KFeO} (mg/kg)			Cu _{OS} (mg/kg)			Zn _{OS} (mg/kg)		
		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂	
K		8.96	8.84		9.98 Aa*	9.83 Aa		4.56	4.72		13.1	13.2	
1		8.95	8.42		8.66 Ba	8.15 BCa		4.81	4.31		8.52	8.18	
2		10.3	9.65		8.04 Ba	7.84 Ca		5.60	5.37		7.74	8.35	
3		10.5	10.6		9.12 Aa	9.43 Aa		5.57	5.30		8.22	8.43	
4		12.0	10.4		9.22 Aa	8.62 ABA		5.59	5.14		8.76	8.62	
5		12.8	10.9		9.95 Aa	8.98 Aa		6.22	5.57		9.29	8.85	

*YG: Yaş Grubu; K: Kontrol, 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş; D: Derinlik, D₁: 0-20 cm, D₂: 20-40 cm, E: Eğirdir, G: Gelendost, *KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfidlere bağlı ** İnteraksiyon: Sağdaki farklı büyük harfler her bir lokasyon ve her bir derinlik için bahçe yaş grupları arasındaki farkı (sütun); sağdaki farklı küçük harfler her bir yaş grubu ve her bir derinlikte lokasyonlar arasındaki farkı (sütun); soldaki farklı italik harfler her bir yer ve her bir yaş grubunda derinlikler arası farklılığı (satır) göstermektedir (p<0.05), ***Lokasyona ait ortalama, ****Y x YG ait ortalama, [†] Derinliğe ait ortalama, * YG x D ait ortalama

Topraklarda Zn elementi için kristalin Fe oksitlere bağlı fraksiyonda (Zn_{KFeO}) yapılan varyans analizine göre derinlik, lokasyon ve bahçe yaş grubu esas etkileri ve derinlik*bahçe yaş grubu ikili interaksiyonu istatistik olarak önemli bulunmuş ve Tukey çoklu karşılaştırma testine göre gerekli harflendirmeler yapılarak Çizelge 4.37’da verilmiştir. Esas etkilerden lokasyon faktörüne göre en yüksek Zn_{KFeO} içeriği (9.82 mg/kg) Eğirdir topraklarında, en düşük Zn_{KFeO} içeriği (8.60 mg/kg) Gelendost topraklarında bulunmuştur. Derinlik*bahçe yaş grubu ikili interaksiyonuna göre, 1. derinlikte (0-20 cm) en yüksek Zn_{KFeO} içeriği (9.98 mg/kg) kontrol grubundaki topraklarda, en düşük Zn_{KFeO} içeriği (8.04 mg/kg) 2. yaş grubundaki topraklarda belirlenmiştir. 2. derinlikte ise (20-40 cm) en yüksek Zn_{KFeO} içeriğinin (9.83 mg/kg) kontrol grubundaki topraklarda, en düşük Zn_{KFeO} içeriğinin (7.84 mg/kg) 2. yaş grubundaki topraklara ait olduğu görülmüştür.

Topraklarda Cu elementi için organik ve sülfütlere bağlı fraksiyonda (Cu_{OS}) yapılan varyans analizine göre derinlik ve bahçe yaş grubu esas etkileri ve lokasyon*bahçe yaş grubu ikili interaksiyonu istatistik olarak önemli bulunmuş ve Tukey çoklu karşılaştırma testine göre gerekli harflendirmeler yapılarak Çizelge 4.36’da verilmiştir. Esas etkilerden derinlik faktörüne göre en yüksek Cu_{OS} içeriği (5.72 mg/kg) 0-20 cm derinlikteki topraklarda, en düşük Cu_{OS} içeriği (5.27 mg/kg) 20-40 cm derinlikteki topraklarda bulunmuştur. Lokasyon*bahçe yaş grubu ikili interaksiyonuna göre, Eğirdir’de en yüksek Cu_{OS} konsantrasyonu (6.57 mg/kg) 5. yaş grubundaki topraklarda, en düşük Cu_{OS} konsantrasyonu (2.96 mg/kg) 1. yaş grubundaki topraklarda belirlenmiştir. Gelendost’ta en yüksek Cu_{OS} konsantrasyonu (5.88 mg/kg) 2. yaş grubundaki topraklarda, en düşük Cu_{OS} konsantrasyonu (4.34 mg/kg) kontrol grubundaki topraklarda bulunmuştur.

Eğirdir ve Gelendost yaş grupları bakımından kendi aralarında kıyaslandığında; kontrol, 3., 4. ve 5. yaş gruplarında en yüksek Cu_{OS} miktarı Eğirdir topraklarında belirlenirken, 1. ve 2. yaş gruplarında en yüksek Cu_{OS} miktarı Gelendost topraklarında görülmüştür. Eğirdir toprakları için kontrol grubunda (4.95 mg/kg), 3. yaş grubunda (6.03 mg/kg), 4. yaş grubunda (5.86 mg/kg) ve 5. yaş grubunda (6.57 mg/kg), Gelendost toprakları için 1. yaş grubunda (5.62 mg/kg) ve 2. yaş grubunda (5.88 mg/kg) en yüksek Cu_{OS} miktarları belirlenmiştir.

Topraklarda Zn elementi için organik ve sülfidlere bağlı fraksiyonda (Zn_{OS}) yapılan varyans analizine göre derinlik esas etkisi istatistik olarak önemli bulunmuş ve Çizelge 4.43’de Tukey çoklu karşılaştırma testine göre gerekli karşılaştırmalar verilmiştir. Lokasyon faktörüne göre en yüksek Zn_{OS} konsantrasyonu (10.8 mg/kg) Eğirdir topraklarında, en düşük Zn_{OS} konsantrasyonu (7.64 mg/kg) Gelendost topraklarında bulunmuştur.

Bahçe topraklarında Cu_R (Cu elementine ait bakiye fraksiyon) konsantrasyonu için lokasyonlar arasındaki istatistik olarak önemli bir farklılıkların belirlenmesinde Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, 0-20 cm derinlikte Eğirdir toprakları kontrol, 3. yaş grubu ve 5. yaş grubunda (>20 yaş), 20-40 cm derinlikte Eğirdir toprakları 3. yaş grubu ve 5. yaş grubunda Gelendost topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Cu_R konsantrasyonunun; Eğirdir yüzey topraklarında, kontrol grubu için 15.4 mg/kg, 3. yaş grubu için 19.1 mg/kg ve 5. yaş grubu için 15.9 mg/kg olduğu görülmektedir. Eğirdir yüzey altı topraklarında ise, 3. yaş grubu için 18.3 mg/kg ve 5. yaş grubu için 15.2 mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.44).

Topraklarda derinlikler arası farklılıkların istatistik olarak önemliliği Wilcoxon testi kullanılarak belirlenmiştir. Sadece Gelendost 5. yaş grubunda 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki Cu_R miktarı 12.9 mg/kg olarak 20-40 cm derinlikteki topraklardan daha yüksek bulunmuştur.

Bahçe topraklarında Zn_R (Zn elementine ait bakiye fraksiyon) konsantrasyonu için lokasyonlar arasındaki istatistik olarak önemli bir farklılıkların belirlenmesinde Mann-Whitney U testi kullanılmış ve önemli farklılıklara göre harflendirmeler yapılmıştır (Çizelge 4.44). Eğirdir ve Gelendost 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki topraklar yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, 0-20 cm derinlikte Eğirdir toprakları kontrol grubundaki Zn_R miktarı (57.7 mg/kg) Gelendost topraklarından daha yüksek bulunurken, 0-20 cm derinlikte Gelendost toprakları 5. yaş grubundaki Zn_R miktarı (48.7 mg/kg) Eğirdir topraklarından daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.44. Elma bahçesi topraklarına ait Cu_R ve Zn_R fraksiyonlarının çoklu karşılaştırılması

Lokasyon	YG*	Cu _R [‡] (mg/kg)			Zn _R (mg/kg)		
		D ₁	D ₂	ort	D ₁	D ₂	ort
E	K	a 15.4 a **	a 14.9 a	15.1	a 57.7 a	a 55.7 a	56.7
	1	a 12.9 a	a 12.4 a	12.6	a 57.5 a	a 56.5 a	57.0
	2	a 14.9 a	a 15.1 a	15.0	a 41.6 a	a 44.6 a	43.1
	3	a 19.1 a	a 18.3 a	18.7	a 52.8 a	a 54.0 a	53.4
	4	a 14.7 a	a 15.5 a	15.1	a 42.5 a	a 43.2 a	42.8
	5	a 15.9 a	a 15.2 a	15.6	a 41.7 b	a 40.9 b	41.3
	ort	15.8	15.5	15.6	46.1	46.0	46.1
G	K	a 10.1 b	a 10.2 a	10.2	a 44.4 b	a 45.3 a	44.9
	1	a 11.7 a	a 11.2 a	11.5	a 49.1 a	a 45.4 a	47.2
	2	a 12.5 a	a 11.5 a	12.0	a 51.8 a	a 49.2 a	50.5
	3	a 11.2 b	a 11.3 b	11.2	a 46.8 a	a 46.0 b	46.4
	4	a 12.6 a	a 11.9 a	12.3	a 48.8 a	a 47.6 a	48.2
	5	a 12.9 b	b 12.0 b	12.4	a 48.7 a	b 47.0 a	47.8
	ort	12.3	11.6	11.9	48.5	46.8	47.6
Derinlik		Cu _R (mg/kg)			Zn _R (mg/kg)		
D ₁		14.0			47.3		
D ₂		13.5			46.5		
YG		Cu _R (mg/kg)			Zn _R (mg/kg)		
K		12.7			50.8		
1		11.9			51.2		
2		13.2			47.6		
3		15.5			50.4		
4		14.1			44.6		
5		13.8			45.0		
YG*D		Cu _R (mg/kg)			Zn _R (mg/kg)		
		D ₁	D ₂		D ₁	D ₂	
K		12.7	12.6		51.1	50.5	
1		12.2	11.7		52.5	49.8	
2		13.5	13.0		47.7	47.4	
3		15.7	15.3		50.2	50.6	
4		14.0	14.3		44.6	44.6	
5		14.2	13.4		45.7	44.4	

*YG: Yaş Grubu; K: Kontrol, 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş; D: Derinlik, D₁: 0-20 cm, D₂: 20-40 cm, E: Eğirdir, G: Gelendost, [‡] R: bakiye fraksiyon, ** İnteraksiyon: Sağdaki farklı büyük harfler her bir lokasyon ve her bir derinlik için bahçe yaş grupları arasındaki farkı (sütun); sağdaki farklı küçük harfler her bir yaş grubu ve her bir derinlikte lokasyonlar arasındaki farkı (sütun); soldaki farklı italik harfler her bir lokasyon ve her bir yaş grubunda derinlikler arası farklılığı (satır) göstermektedir (p<0.05)

20-40 cm derinlikte Eğirdir toprakları 3. yaş grubundaki Zn_R miktarı (44.6 mg/kg) Gelendost topraklarından daha yüksek olarak belirlenirken, 20-40 cm derinlikte Gelendost toprakları 5. yaş grubundaki Zn_R miktarı (47.0 mg/kg) Eğirdir topraklarından daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Topraklarda derinlikler arası farklılıkların istatistik olarak önemliliği Wilcoxon testi kullanılarak belirlenmiştir. Sadece Gelendost 5. yaş grubunda 0-20 cm derinlikteki bahçe topraklarındaki Zn_R miktarı 48.7 mg/kg olarak 20-40 cm derinlikteki topraklardan daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.43).

Genel olarak tüm Cu ve Zn fraksiyonları değerlendirildiğinde; suda çözünebilir ve değişebilir fraksiyondan organik ve sülfütlere bağlı fraksiyona kadar (Zn_{WE} , suda çözünebilir ve değişebilir, Zn_{KFeO} , kristalin Fe oksitlere bağlı, Zn_{OS} , organik ve sülfütlere bağlı fraksiyon hariç) en yüksek konsantrasyonlar 5. yaş grubu elma bahçelerinde görülmüştür. Genel olarak en düşük konsantrasyonlar ise kontrol grubu ve 1. yaş grubundaki bahçelerde belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda da Cu ve Zn elementlerine ait çözünebilir, değişebilir, organik maddeye bağlı ve bakiye fraksiyonları, özellikle meyve bahçelerinin üst kısmındaki (0.0–0.025 m) topraklarda doğal mera alanındaki topraklara kıyasla yüksek derecede birikim göstermiş, elma bahçesi yaşına göre artmış ve en yüksek değerler 18 yıldır yetiştiricilik yapılan elma bahçelerinde belirlenmiştir. Özellikle 18 yaşındaki elma bahçesinin üst toprağında Cu elementinin çoğu daha az stabil (daha az kararlı, yani Cu'nun bitkilere karşı olan toksisite etkisini arttıran ve Cu elementinin yer altı sularına aktarılma gücünü arttıran fraksiyon) olan organik maddeye bağlı fraksiyonda yer almıştır (Brunetto vd., 2018).

4.4.2. Elma bahçesi yaprak örneklerine ait besin elementi içeriklerinin çoklu karşılaştırılması

Elma bahçelerinden alınan yaprak örneklerine ait Ca ve Mg içeriklerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.45'de verilmektedir. Çizelgeye göre yaprak örneklerinin Ca özelliği bakımından yapılan varyans analizi sonucunda; esas etkilerden sadece derinlik faktörü istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Mg özelliği bakımından ise hiçbir faktör istatistik olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.45. Elma bahçeleri yaprak örneklerinin Ca ve Mg içeriğine ait varyans analizi

VK*	Ca**			Mg		
	SD	F	P	SD	F	P
Y	1	6.53	0.014***	1	2.36	0.132
YG	4	0.591	0.671	4	0.871	0.489
Y*YG	4	1.28	0.294	4	0.774	0.548
Hata	44			44		

*Y: Lokasyon, YG: Yaş Grubu, VK: Varyasyon Kaynağı, SD: Serbestlik derecesi, *** p<0.05

Lokasyonlar arası farklılıklar irdelenirken, yaprak örneklerinde derinlik faktörü olmadığı için sadece her bir bahçe yaş grubuna göre Mann-Whitney U testi kullanılmış ve yaprak örnekleri N, P, K, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriğine ait Mann-Whitney U testi sonuçları Çizelge 4.46’da verilmiştir. Yaprak örneklerinin N içeriği bakımından 4. yaş grubunda lokasyonlar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur (p<0.05). Fosfor, Zn ve Mn içerikleri için 5. yaş grubunda lokasyonlar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur. Potasyum içeriği için 4. ve 5.yaş grubunda lokasyonlar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur. Cu içeriği için 3. ve 5. yaş grubunda lokasyonlar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.46. Elma bahçeleri yaprak örneklerinin N, P, K, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriğine ait parametrik olmayan Mann-Whitney U Testi

P değerleri							
Faktör	N ₂₋₁ **	P ₂₋₁	K ₂₋₁	Fe ₂₋₁	Cu ₂₋₁	Zn ₂₋₁	Mn ₂₋₁
YG ₁ *	0.564	0.248	0.083	0.083	0.564	0.564	0.083
YG ₂	0.564	0.564	1.00	0.248	0.083	0.248	0.083
YG ₃	1.00	0.157	0.480	0.289	0.034***	0.077	0.289
YG ₄	0.039	0.439	0.020	0.302	0.071	0.071	0.302
YG ₅	0.307	0.024	0.033	0.210	0.000	0.041	0.023

* YG: Yaş Grubu; 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş, ** Lokasyon; 1: Eğirdir, 2: Gelendost, *** p<0.05

Bahçe yaş grupları arasındaki farklılıklar incelenirken, her bir lokasyon için Kruskal-Wallis testi kullanılmış ve yaprak örnekleri N, P, K, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriğine ait Kruskal-Wallis testi sonuçları Çizelge 4.47’de verilmiştir. Sadece yaprakların K içeriği için 2. lokasyonda (Gelendost) bahçe yaş grupları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Çizelge 4.47. Elma bahçeleri yaprak örneklerinin N, P, K, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriğine ait parametrik olmayan Kruskal-Wallis Testi

Faktör	Y₁**	Y₂
N₁₋₅*	0.292	0.331
P₁₋₅	0.245	0.612
K₁₋₅	0.818	0.020***
Fe₁₋₅	0.091	0.199
Cu₁₋₅	0.205	0.288
Zn₁₋₅	0.682	0.832
Mn₁₋₅	0.599	0.086

*1-5: Tüm Yaş Grupları; 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş, ** Lokasyon; 1: Eğirdir, 2: Gelendost, *** p<0.05

Elma bahçesi yaprak örneklerindeki N içeriği için lokasyonlar arasındaki istatistik olarak önemli bir farklılıkların belirlenmesinde Mann-Whitney U testi kullanılmış ve önemli farklılıklara göre harflendirmeler yapılmıştır (Çizelge 4.48). Eğirdir ve Gelendost'tan alınan yaprak örnekleri yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, Gelendost yaprak örnekleri 4. yaş grubundaki N miktarı (%1.94) Eğirdir yaprak örnekleri P miktarından daha yüksek bulunmuştur.

Elma bahçesi yaprak örneklerindeki P içeriği için lokasyonlar arasındaki istatistik olarak önemli bir farklılıkların belirlenmesinde Mann-Whitney U testi kullanılmış ve önemli farklılıklara göre harflendirmeler yapılmıştır (Çizelge 4.42). Eğirdir ve Gelendost'tan alınan yaprak örnekleri yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, Eğirdir yaprak örnekleri 5. yaş grubundaki P miktarının (10.3 g/kg) Gelendost yaprak örnekleri P miktarından daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.48. Elma bahçeleri yaprak örneklerine ait N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinin çoklu karşılaştırılması

Lokasyon	YG*	N _{bitki} (g/kg)	P _{bitki} (g/kg)	K _{bitki} (g/kg)	Ca _{bitki} (g/kg)	Mg _{bitki} (g/kg)
E	1	14.8 a**	9.43 a	8.02 a	12.3	3.40
	2	20.7 a	10.8 a	9.30 a	13.7	3.81
	3	21.1 a	10.3 a	8.89 a	11.8	3.65
	4	16.4 b	10.1 a	7.70 b	11.6	4.19
	5	18.6 a	10.3 a	8.79 b	11.5	4.09
	ort	18.3	10.2	8.54	11.8 A***	3.97
G	1	17.4 a	9.88 a	15.9 Aa	9.23	2.52
	2	19.6 a	9.54 a	7.43 BCa	10.2	4.13
	3	22.1 a	3.67 a	8.54 Ca	10.8	3.11
	4	19.4 a	7.85 a	12. 2ABa	12.8	2.90
	5	19.6 a	9.20 b	10.8 Ba	10.4	3.43
	ort	19.6	8.57	10.9	10.5 B	3.31
YG		N_{bitki} (%)	P_{bitki} (g/kg)	K_{bitki} (g/kg)	Ca_{bitki} (g/kg)	Mg_{bitki} (g/kg)
	1	16.4	9.70	12.8	10.5	2.87
	2	20.0	10.0	8.18	11.6	4.00
	3	21.5	7.46	8.74	11.4	3.42
	4	17.4	9.34	9.20	12.0	3.76
	5	19.2	9.68	9.96	10.9	3.71

*YG: Yaş Grubu; 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş; E: Eğirdir, G: Gelendost, ** Sağdaki farklı büyük harfler her bir lokasyon için bahçe yaş grupları arasındaki farkı (sütun); sağdaki farklı küçük harfler her bir yaş grubunda lokasyonlar arasındaki farkı (sütun) göstermektedir (p<0.05), ***Lokasyona ait ortalama

Elma bahçesi yaprak örneklerindeki K içeriği için bahçe yaş grupları arası farklılıkların belirlenmesinde Kruskal-Wallis testi kullanılmış ve Çizelge 4.42’de bahçe yaş grubu faktörünün seviye ortalamaları arasındaki farklılık için uygulanan Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları verilmiştir. Gelendost yaprak örnekleri yaş grupları arasında istatistik olarak önemli farklılıklar bulunmuş ve en yüksek K konsantrasyonu (15.9 g/kg) 0-5 yaş grubundaki bahçelerde, en düşük K konsantrasyonu (8.54 g/kg) 10-15 yaş grubundaki bahçelerden alınan yaprak örneklerinde görülmüştür.

Elma bahçesi yaprak örneklerindeki K içeriği için lokasyonlar arasındaki istatistik olarak önemli bir farklılık olup olmadığının bulunmasında Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost’tan alınan yaprak örnekleri yaş grupları

bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, Gelendost yaprak örnekleri 4. yaş grubundaki K miktarı (12.2 g/kg) ve 5. yaş grubundaki K miktarının (10.8 g/kg) Eğirdir yaprak örnekleri P miktarından daha yüksek olduğu görülmüştür.

Yaprak örneklerinin Ca özelliği bakımından yapılan varyans analizi sonucunda; esas etkilere sadece derinlik faktörü istatistik olarak önemli bulunmuştur ve en yüksek Ca içeriği (11.8 g/kg) Eğirdir'den, en düşük Ca içeriği (10.5 g/kg) Gelendost'tan alınan yaprak örneklerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.42). Yaprak örneklerinin Mg özelliği bakımından yapılan varyans analizi sonucunda hiçbir faktör istatistik olarak önemli bulunmamıştır.

Yaprak örneklerinin Fe içeriği üzerine hiçbir faktörün istatistik olarak önemli etkisi olmamıştır (Çizelge 4.49). Yaprakların Cu içeriği için ise lokasyonlar arasındaki istatistik olarak önemli bir farklılık olup olmadığının bulunmasında Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost'tan alınan yaprak örnekleri yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, Eğirdir yaprak örnekleri 3. yaş grubundaki Cu miktarı (11.4 mg/kg) ve 5. yaş grubundaki Cu miktarının (10.6 mg/kg) Gelendost yaprak örnekleri Cu miktarından daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.49. Elma bahçeleri yaprak örneklerine ait Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin çoklu karşılaştırılması

Lokasyon	YG*	Fe _{bitki} (mg/kg)	Cu _{bitki} (mg/kg)	Zn _{bitki} (mg/kg)	Mn _{bitki} (mg/kg)
E	1	74.6	7.27 a	14.5 a	48.8 a
	2	137	10.1 a	15.9 a	87.2 a
	3	107	11.4 a	21.6 a	106 a
	4	101	9.45 a	16.5 a	61.6 a
	5	101	10.6 a	13.8 a	85.8 a
	ort	103	10.2	15.9	80.6
G	1	184	7.45 a	12.7 a	69.8 a
	2	123	7.50 a	11.2 a	42.3 a
	3	123	7.16 b	9.76 a	38.5 a
	4	120	6.42 a	8.69 a	29.8 a
	5	112	6.91 b	10.6 b	35.9 b
	ort	123	7.01	10.6	39.9
YG		Fe _{bitki} (mg/kg)	Cu _{bitki} (mg/kg)	Zn _{bitki} (mg/kg)	Mn _{bitki} (mg/kg)
	1	140	7.38	13.4	61.4
	2	129	8.54	13.1	60.3
	3	114	9.60	16.5	77.1
	4	107	8.44	13.9	51.0
	5	107	8.49	12.0	57.3

*YG: Yaş Grubu; 1: 0-5 yaş, 2: 5-10 yaş, 3: 10-15 yaş, 4: 15-20 yaş, 5: >20 yaş; E: Eğirdir, G: Gelendost, ** Sağdaki farklı küçük harfler her bir yaş grubunda lokasyonlar arasındaki farkı (sütun) göstermektedir (p<0.05)

Yaprakların Zn ve Mn içerikleri için lokasyonlar arasındaki istatistik olarak önemli bir farklılık olup olmadığının bulunmasında parametrik olmayan test (Mann-Whitney U testi) kullanılmıştır. Eğirdir ve Gelendost'tan alınan yaprak örnekleri yaş grupları bakımından birbirleriyle kıyaslandığında, Eğirdir yaprak 5. yaş grubundaki Zn miktarının (13.8 mg/kg) ve Mn miktarının (85.8 mg/kg) Gelendost yaprak örnekleri Zn ve Mn miktarından daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.49).

Elma bahçesi topraklarında yüksek miktarda hatta sınıflandırmalara göre yüksek ve çok yüksek sınıfta olan yarayışlı Cu ve Zn olmasına rağmen, yaprak örneklerinde maksimum Cu ve Zn miktarının yeterli sınıfta olduğu görülmüştür. Yani toksik bir etki oluşmamıştır. Çünkü genel olarak Cu elementi kök hücrelerine güçlü bir şekilde bağlı olduğu için diğer elementlere göre sürgünlere taşınımı daha az olmakta ve toprakta Cu toksisitesi durumunda hücre duvarı ve hücre vakuollerinde immobil hale getirilerek ve yayılmayan Cu-protein kompleksi oluşturularak kök dokularından sürgünlere taşınımı engellenmektedir (Kabata-Pendias, 2011). Köklerdeki toplam Cu'nun %60'a kadarı hücre duvarına ve hücre duvarı-plazma membranı ara yüzeyine bağlanabilmektedir (Marschner, 2012). Kökten bitkinin üst kısımlarına taşınmada orta derecede mobil olan Zn elementi de toksisite durumunda, kök dokularındaki hücre duvarında immobilize edilmekte ya da taşınmayan Zn proteinleri şeklinde kompleksleştirilmektedir. Daha ileri aşamalarda bu elementler yaprak uçlarından tuz şeklinde atılma, köklerden atılma ve en son yaprakların dökülmesi şeklinde bitkiden uzaklaştırılmaktadır (Kabata-Pendias, 2011). Toprakta yüksek miktarda Cu ve Zn olmasına rağmen, bitkiler toksisite koşullarında bu elementleri kökte immobil hale getirerek üst kısımlara taşınımını engellediği için yapraklarda Cu ve Zn artışı sınırlı kalmaktadır. Ayrıca burada toprakta fazla miktarda bulunan yarayışlı P'nin bitkinin Cu ve Zn alımı üzerine antagonistik etkisi de göz önünden bulundurulmalıdır.

Yaprak örnekleri N, P, K, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerinde K içeriği hariç bahçe yaş gruplarına göre önemli bir farklılık bulunmamıştır. Gelendost yaprak örnekleri yaş gruplarına göre; en yüksek K konsantrasyonu (15 921 mg/kg) 0-5 yaş grubundaki bahçelerde, en düşük K konsantrasyonu (8 535 mg/kg) 10-15 yaş grubundaki bahçelerden alınan yaprak örneklerinde görülmüştür. Yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı yaprakların özellikle Cu ve Zn miktarında önemli bir farklılık görülmemiştir.

4.5. Elma Bahçeleri Topraklarının Genel Özellikleri, Cu ve Zn Fraksiyonları ve Yaprak Örnekleri Arasındaki İlişkiler

Box-Cox transformasyonu sonrası normal dağılım ve varyansların homojenliği ön şartlarını sağlayan toprak özellikleri, bazı Cu ve Zn fraksiyonları ve bitki besin elementi içerikleri (DTPA-Mn, DTPA-Zn, DTPA-Cu, Olsen-P, çözünebilir+değişebilir Na, K, toplam P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} , Zn_{KFeO} , Zn_{OS} , Cu_{OS} , Ca_{bitki} ve Mg_{bitki}) arasındaki doğrusal ilişkiler lokasyon ve derinlik faktörlerine göre Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak incelenmiştir.

Ön şartların yerine gelmediği toprak özellikleri, bazı Cu ve Zn fraksiyonları ve bitki besin elementi içerikleri (DTPA-Fe, toplam Mn, toplam Zn, toplam Cu, toplam Fe, pH, EC, $CaCO_3$, organik madde, kum, kil, silt, N, çözünebilir+değişebilir Ca, Mg, KDK, Zn_{WE} , Cu_{WE} , Cu_{Car} , Zn_{MnO} , Cu_{MnO} , Cu_{AFeO} , Cu_{KFeO} , Zn_R ve Cu_R , N_{bitki} , P_{bitki} , K_{bitki} , Fe_{bitki} , Cu_{bitki} , Zn_{bitki} , Mn_{bitki}) arasındaki doğrusal ilişkilerin varlığı lokasyon ve derinlik faktörlerine göre Spearman's rho korelasyon katsayısı kullanılarak incelenmiştir.

4.5.1. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan topraklara ait genel özellikler ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler

Eğirdir yüzey topraklarının genel özellikleri arasındaki ilişkiler, bazı Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler ve genel özellikler ile fraksiyonlar arasındaki ilişkiler Çizelge 4.50'de verilmiştir. Bu ilişkiler Pearson korelasyon katsayıları üzerinden değerlendirilmiştir. Toprak özellikleri için Pearson korelasyon katsayıları; DTPA-Mn ile DTPA-Zn için (0.474), DTPA-Mn ile toplam P için (0.459), DTPA-Mn ile çözünebilir+değişebilir Na için (0.517), DTPA-Zn ile DTPA-Cu için (0.528), DTPA-Zn ile Olsen-P için (0.646), DTPA-Zn ile Zn_{Car} için (0.876), DTPA-Zn ile Zn_{AFeO} için (0.609), DTPA-Cu ile Olsen-P için (0.439), DTPA-Cu ile Zn_{Car} için (0.626), DTPA-Cu ile Cu_{OS} için (0.456), toplam P ile Olsen-P için (0.578), toplam P ile çözünebilir+değişebilir Na için (0.568), toplam P ile çözünebilir+değişebilir K için (0.451) ve Olsen-P ile Zn_{Car} için (0.583) olarak saptanmıştır.

Bakır ve Zn fraksiyonları için Pearson korelasyon katsayıları; Zn_{Car} ile Zn_{AFeO} için (0.479), Zn_{AFeO} ile Zn_{KFeO} (0.520), Zn_{AFeO} ile Zn_{OS} için (0.543), Zn_{AFeO} ile Cu_{OS} (0.414), Zn_{KFeO} ile Zn_{OS} için (0.482) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.50. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)

	YMn	YZn	YCu	TP	YP	DNa	DK	Zn_{Car}	Zn_{AFeO}	Zn_{KFeO}	Zn_{OS}
YZn	0.474**										
YCu	-0.043	0.528**									
TP	0.459*	0.352	-0.183								
YP	0.338	0.646**	0.439*	0.578**							
DNa	0.517**	0.310	-0.065	0.568**	0.269						
DK	0.043	0.069	-0.292	0.451*	0.250	0.306					
Zn_{Car}	0.177	0.876**	0.626**	0.169	0.583**	0.072	-0.028				
Zn_{AFeO}	0.305	0.609**	0.183	0.229	0.138	0.085	0.186	0.479**			
Zn_{KFeO}	0.029	0.066	-0.217	0.006	-0.172	-0.057	0.294	-0.080	0.520**		
Zn_{OS}	0.066	-0.031	-0.270	-0.066	-0.215	-0.329	0.198	-0.091	0.543**	0.482**	
Cu_{OS}	-0.125	0.331	0.456*	-0.148	0.092	-0.157	-0.199	0.436*	0.414*	0.009	0.277

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YMn, YZn, YCu: Yarayırlı, DTPA; DNa, DK: Çözünabilir+değişebilir ; TP: Toplam; YP: Yarayırlı, Olsen; Car: karbonatlara bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfütlere bağlı fraksiyon

Eğirdir yüzey topraklarının genel özellikleri arasındaki ilişkiler Spearman's rho korelasyon katsayıları olarak Çizelge 4.51'de verilmiştir. Bu ilişkiler Spearman's rho korelasyon katsayıları üzerinden değerlendirilmiştir. Toprak özellikleri için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; toplam Mn ile kum için (0.429), toplam Zn ile toplam Fe için (0.855), pH ile $CaCO_3$ için (0.549), pH ile çözünabilir+değişebilir Ca için (0.449), EC ile kil için (0.432), EC ile silt için (0.495), EC ile KDK için (0.435), $CaCO_3$ ile çözünabilir+değişebilir Ca için (0.577), organik madde ile KDK için (0.549), kil ile KDK için (0.631) ve N ile KDK için (0.549) olarak belirlenmiştir.

Toprak özellikleri için negatif Spearman's rho korelasyon katsayıları; DTPA-Fe ile toplam Mn için (-0.394), DTPA-Fe ile pH için (-0.685), DTPA-Fe ile $CaCO_3$ için (-0.568), DTPA-Fe ile çözünabilir+değişebilir Ca için (-0.393), toplam Mn ile EC için (-0.431), toplam Zn ile $CaCO_3$ için (-0.415), toplam Cu ile pH için (-0.466), toplam Fe ile $CaCO_3$ için (-0.428), EC ile kum için (-0.681), organik madde ile kum için (-0.406), kum ile kil için (-0.800), kum ile silt için (-0.521) ve kum ile KDK için (-0.564) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.51. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	YFe	TMn	TZn	TCu	TFe	pH	EC	CaCO ₃	OM	Kum	Kil	Silt	N	DCa	DMg
TMn	-0.394*														
TZn	0.204	0.349													
TCu	0.311	-0.264	0.026												
TFe	0.190	0.324	0.855**	-0.160											
pH	-0.685**	0.242	0.018	-0.466*	0.044										
EC	0.346	-0.431*	0.036	0.006	-0.026	-0.073									
CaCO ₃	-0.568**	0.040	-0.415*	-0.234	-0.428*	0.549**	-0.014								
OM	0.236	-0.217	0.235	0.030	0.067	-0.084	0.147	-0.091							
Kum	-0.374	0.429*	-0.253	0.097	-0.254	-0.131	-0.681**	0.016	-0.406*						
Kil	0.147	-0.262	0.282	-0.327	0.349	0.322	0.432*	-0.038	0.342	-0.800**					
Silt	0.384	-0.331	-0.049	0.314	-0.220	-0.146	0.495*	0.113	0.232	-0.521**	-0.006				
N	0.236	-0.217	0.235	0.030	0.067	-0.084	0.147	-0.091	0.980**	-0.406*	0.342	0.232			
DCa	-0.393*	0.161	-0.091	-0.246	-0.150	0.449*	0.117	0.577**	0.318	-0.137	0.054	0.237	0.318		
DMg	0.141	-0.174	0.160	-0.130	0.121	-0.229	0.213	-0.388	0.143	0.040	-0.035	-0.247	0.143	-0.136	
KDK	0.044	-0.353	0.177	-0.140	0.063	0.177	0.435*	-0.084	0.549**	-0.564**	0.631**	0.127	0.549**	0.236	0.291

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YFe: Yarıyışlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünabilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi

Eğirdir 0-20 cm derinlikten alınan toprakların genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ve fraksiyonlar arasındaki ilişkiler Spearman's rho korelasyon katsayıları şeklinde Çizelge 4.52'de verilmiştir. Toprakların genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; Zn_{WE} ile DTPA-Fe için (0.644), Cu_{WE} ile toplam Cu için (0.463), Cu_{WE} ile CaCO₃ için (0.508), Cu_{Car} ile toplam Cu için (0.639), Zn_{MnO} ile DTPA-Fe için (0.565), Zn_{MnO} ile toplam Cu için (0.404), Zn_{MnO} ile organik madde (0.439), Cu_{MnO} ile toplam Cu için (0.402), Cu_{AFeO} ile toplam Cu için (0.910), Cu_{AFeO} ile silt için (0.450), Cu_{KFeO} ile toplam Cu için (0.629), Cu_{KFeO} ile silt için (0.451), Zn_R ile toplam Zn için (0.840), Zn_R ile toplam Fe için (0.826), Cu_R ile organik madde için (0.609) ve Cu_R ile KDK için (0.641) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.52. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	Zn _{WE}	Cu _{WE}	Cu _{Car}	Zn _{MnO}	Cu _{MnO}	Cu _{AFeO}	Cu _{KFeO}	Zn _R	Cu _R
YFe	0.644**	-0.090	0.033	0.565**	0.199	0.309	0.060	-0.025	0.314
TMn	-0.300	-0.191	-0.136	0.035	0.029	-0.299	-0.541**	0.262	-0.294
TZn	-0.011	-0.405*	-0.413*	0.322	-0.037	0.021	-0.043	0.840**	0.280
TCu	0.143	0.463*	0.639**	0.404*	0.402*	0.910**	0.629**	-0.103	0.247
TFe	0.043	-0.581**	-0.452*	0.208	-0.070	-0.160	-0.132	0.826**	0.162
pH	-0.691**	0.115	-0.253	-0.511**	-0.423*	-0.318	-0.173	0.095	-0.290
EC	0.099	0.037	-0.129	0.064	-0.060	0.074	0.199	0.031	0.320
CaCO ₃	-0.602**	0.508**	0.199	-0.403*	-0.257	-0.197	0.097	-0.432*	-0.525**
OM	-0.209	-0.282	-0.521**	0.439*	0.180	0.017	0.320	0.231	0.609**
Kum	0.075	0.056	0.337	-0.104	0.270	-0.101	-0.299	-0.225	-0.396*
Kil	-0.168	-0.203	-0.496*	-0.038	-0.357	-0.147	0.039	0.375	0.379
Silt	0.024	0.374	0.252	0.195	0.050	0.450*	0.451*	-0.212	0.122
N	-0.209	-0.282	-0.521**	0.439*	0.180	0.017	0.320	0.231	0.609**
DCa	-0.561**	0.045	-0.235	0.089	0.286	-0.256	0.069	-0.021	0.004
DMg	0.270	-0.514**	-0.480*	0.037	0.183	-0.192	0.039	0.205	0.260
KDK	-0.305	-0.236	-0.484*	0.168	0.023	-0.047	0.251	0.329	0.641**
Cu _{WE}	-0.205								
Cu _{Car}	0.080	0.794**							
Zn _{MnO}	0.195	-0.168	-0.061						
Cu _{MnO}	0.168	-0.159	0.068	0.704**					
Cu _{AFeO}	0.066	0.574**	0.621**	0.267	0.166				
Cu _{KFeO}	-0.195	0.292	0.296	0.062	0.140	0.649**			
Zn _R	-0.100	-0.601**	-0.501**	0.131	-0.003	-0.149	0.047		
Cu _R	0.066	-0.455*	-0.364	0.474*	0.345	0.159	0.325	0.476*	

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YFe: Yarıyışlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünabilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, WE: suda çözünabilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, R: bakiye fraksiyon

Toprakların genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler için negatif Spearman's rho korelasyon katsayıları; Zn_{WE} ile pH için (-0.691), Zn_{WE} ile $CaCO_3$ için (-0.602), Zn_{WE} ile çözünebilir+değişebilir Ca için (-0.561), Cu_{WE} ile toplam Zn için (-0.405), Cu_{WE} ile toplam Fe için (-0.581), Cu_{WE} ile çözünebilir+değişebilir Mg için (-0.514), Cu_{Car} ile toplam Zn için (-0.413), Cu_{Car} ile toplam Fe için (-0.452), Cu_{Car} ile organik madde için (-0.521), Cu_{Car} ile kil için (-0.496), Cu_{Car} ile çözünebilir+değişebilir Mg için (-0.480), Cu_{Car} ile KDK için (-0.484), Zn_{MnO} ile pH için (-0.511), Zn_{MnO} ile $CaCO_3$ için (-0.403), Cu_{MnO} ile pH için (-0.423), Cu_{KFeO} ile toplam Mn için (-0.541), Zn_R ile $CaCO_3$ için (-0.432), Cu_R ile $CaCO_3$ için (-0.525), Cu_R ile kum için (-0.396) olarak belirlenmiştir.

Cu ve Zn fraksiyonları için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; Cu_{WE} ile Cu_{Car} için (0.794), Cu_{WE} ile Cu_{AFeO} için (0.574), Cu_{Car} ile Cu_{AFeO} için (0.621), Zn_{MnO} ile Cu_{MnO} için (0.704), Zn_{MnO} ile Cu_R için (0.474), Cu_{AFeO} ile Cu_{KFeO} için (0.649) ve Zn_R ile Cu_R için (0.476), Cu ve Zn fraksiyonları için negatif Spearman's rho korelasyon katsayıları ise; Cu_{WE} ile Zn_R için (-0.601), Cu_{WE} ile Cu_R için (-0.455) ve Cu_{Car} ile Zn_R için (-0.501) olarak bulunmuştur.

4.5.2. Eğirdir elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan topraklara ait genel özellikler ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler

Eğirdir yüzey altı topraklarının genel özellikleri arasındaki ilişkiler, bazı Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler ve genel özellikler ile fraksiyonlar arasındaki ilişkiler Çizelge 4.53'de verilmiştir. Toprak özellikleri için Pearson korelasyon katsayıları; DTPA-Mn ile DTPA-Zn için (0.427), DTPA-Mn ile toplam P için (0.444), DTPA-Zn ile DTPA-Cu için (0.532), DTPA-Zn ile toplam P için (0.405), DTPA-Zn ile Olsen-P için (0.727), DTPA-Zn ile çözünebilir+değişebilir K (0.445), DTPA-Zn ile Zn_{Car} için (0.795), DTPA-Zn ile Zn_{AFeO} için (0.473), DTPA-Cu ile Olsen-P için (0.526), DTPA-Cu ile Zn_{Car} için (0.558), DTPA-Cu ile Zn_{KFeO} için (-0.389), toplam P ile Olsen-P için (0.390), toplam P ile çözünebilir+değişebilir Na için (0.422), toplam P ile çözünebilir+değişebilir K için (0.492), toplam P ile Zn_{AFeO} için (0.444), Olsen-P ile çözünebilir+değişebilir K için (0.406), Olsen-P ile Zn_{Car} için (0.528) ve çözünebilir+değişebilir K ile Zn_{AFeO} için (0.487) olarak saptanmıştır.

Cu ve Zn fraksiyonları için Pearson korelasyon katsayıları; Zn_{AFeO} ile Zn_{KFeO} (0.557), Zn_{AFeO} ile Zn_{OS} için (0.489) ve Zn_{KFeO} ile Zn_{OS} için (0.402) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.53. Eğirdir elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)

	YMn	YZn	YCu	TP	YP	DNa	DK	Zn _{Car}	Zn _{AFeO}	Zn _{KFeO}	Zn _{OS}
YZn	0.427*										
YCu	0.135	0.532**									
TP	0.444*	0.405*	-0.143								
YP	0.214	0.727**	0.526**	0.390*							
DNa	0.349	0.238	-0.050	0.422*	0.015						
DK	0.137	0.445*	-0.007	0.492**	0.406*	0.058					
Zn _{Car}	0.232	0.795**	0.558**	0.120	0.528**	0.039	0.142				
Zn _{AFeO}	0.329	0.473**	0.020	0.444*	0.239	0.084	0.487**	0.305			
Zn _{KFeO}	-0.107	-0.076	-0.389*	0.074	-0.309	0.144	0.336	-0.245	0.557**		
Zn _{OS}	0.127	-0.056	-0.336	-0.126	-0.096	-0.315	0.118	-0.025	0.489**	0.402*	
Cu _{OS}	-0.064	0.128	0.302	-0.140	0.157	-0.200	-0.075	0.306	0.225	-0.007	0.308

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YMn, YZn, YCu: Yarayışlı, DTPA; DNa, DK: Çözünabilir+değişebilir ; TP: Toplam; YP: Yarayışlı, Olsen; Car: karbonatlara bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfütlere bağlı fraksiyon

Eğirdir yüzey altı topraklarının genel özellikleri arasındaki ilişkiler Spearman's rho korelasyon katsayıları olarak Çizelge 4.54'de verilmiştir. Toprak özellikleri için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; DTPA-Fe ile toplam Cu için (0.400), DTPA-Fe ile organik madde için (0.512), DTPA-Fe ile silt için (0.411), toplam Mn ile toplam Fe için (0.396), toplam Zn ile toplam Fe için (0.796), toplam Cu ile organik madde için (0.672), pH ile $CaCO_3$ için (0.742), pH ile çözünabilir+değişebilir Ca için (0.506), EC ile kil için (0.475), $CaCO_3$ ile çözünabilir+değişebilir Ca için (0.389), organik madde ile silt için (0.420), organik madde ile çözünabilir+değişebilir Mg için (0.410), organik madde ile KDK için (0.679), kil ile KDK için (0.631), kil ile KDK için (0.551) ve çözünabilir+değişebilir Mg ile KDK için (0.425) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.54. Eğirdir elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	YFe	TMn	TZn	TCu	TFe	pH	EC	CaCO ₃	OM	Kum	Kil	Silt	N	DCa	DMg
TMn	-0.416*														
TZn	0.160	0.340													
TCu	0.400*	-0.410*	-0.014												
TFe	0.123	0.396*	0.796**	-0.307											
pH	-0.530**	0.222	-0.305	-0.330	-0.137										
EC	0.257	-0.365	-0.130	0.050	-0.054	-0.014									
CaCO ₃	-0.489*	0.067	-0.524**	-0.102	-0.422*	0.742**	0.009								
OM	0.512**	-0.469*	0.249	0.672**	-0.039	-0.259	0.240	-0.246							
Kum	-0.448*	0.375	-0.056	-0.130	-0.134	-0.218	-0.550**	0.127	-0.455*						
Kil	0.330	-0.348	0.035	0.053	0.205	0.226	0.475*	-0.094	0.336	-0.900**					
Silt	0.411*	-0.230	-0.048	0.249	-0.236	0.123	0.372	0.058	0.420*	-0.516**	0.171				
N	0.512**	-0.469*	0.249	0.672**	-0.039	-0.259	0.240	-0.246	0.970**	-0.455*	0.336	0.420*			
DCa	-0.099	0.106	-0.262	0.034	-0.275	0.506**	0.267	0.389*	0.189	-0.310	0.234	0.374	0.189		
DMg	0.370	-0.533**	0.081	0.182	0.041	-0.320	0.371	-0.419*	0.410*	-0.179	0.142	0.062	0.410*	-0.106	
KDK	0.377	-0.388	0.307	0.378	0.172	-0.125	0.244	-0.381	0.679**	-0.503**	0.551**	0.169	0.679**	0.275	0.425*

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YFe: Yarıyışlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünabilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi

Toprak özellikleri için negatif Spearman's rho korelasyon katsayıları; DTPA-Fe ile toplam Mn için (-0.416), DTPA-Fe ile pH için (-0.530), DTPA-Fe ile CaCO_3 için (-0.489), DTPA-Fe ile kum için (-0.448), toplam Mn ile toplam Cu için (-0.410), toplam Mn ile organik madde için (-0.469), toplam Mn ile çözünebilir+değişebilir Mg için (-0.533), toplam Zn ile CaCO_3 için (-0.524), toplam Fe ile CaCO_3 için (-0.422), EC ile kum için (-0.550), CaCO_3 ile çözünebilir+değişebilir Mg için (-0.419), organik madde ile kum için (-0.455), kum ile kil için (-0.900), kum ile silt için (-0.516) ve kum ile KDK için (-0.503) olarak bulunmuştur.

Eğirdir 20-40 cm derinlikten alınan toprakların genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ve fraksiyonlar arasındaki ilişkiler Spearman's rho korelasyon katsayıları şeklinde Çizelge 4.55'de verilmiştir. Toprakların genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; Zn_{WE} ile DTPA-Fe için (0.433), Cu_{WE} ile toplam Cu için (0.516), Cu_{Car} ile toplam Cu için (0.537), Cu_{Car} ile CaCO_3 için (0.439), Zn_{MnO} ile DTPA-Fe için (0.463), Cu_{MnO} ile toplam Cu için (0.484), Cu_{AFeO} ile DTPA-Fe için (0.467), Cu_{AFeO} ile toplam Cu için (0.915), Cu_{AFeO} ile organik madde için (0.579), Cu_{KFeO} ile toplam Cu için (0.685), Cu_{KFeO} ile organik madde için (0.524), Cu_{KFeO} ile KDK için (0.522), Zn_{R} ile toplam Zn için (0.880), Zn_{R} ile toplam Fe için (0.883), Cu_{R} ile DTPA-Fe için (0.465), Cu_{R} ile toplam Zn için (0.498), Cu_{R} ile toplam Cu için (0.456), Cu_{R} ile organik madde için (0.725), Cu_{R} ile çözünebilir+değişebilir Mg için (0.426) ve Cu_{R} ile KDK için (0.724) olarak belirlenmiştir.

Toprakların genel özellikleri Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler için negatif Spearman's rho korelasyon katsayıları; Zn_{WE} ile pH için (-0.418), Cu_{WE} ile toplam Fe için (-0.508), Cu_{Car} ile toplam Fe için (-0.570), Zn_{MnO} ile pH için (-0.407), Cu_{KFeO} ile toplam Mn için (-0.513), Zn_{R} ile CaCO_3 için (-0.420) ve Cu_{R} ile CaCO_3 için (-0.517) olarak belirlenmiştir.

Cu ve Zn fraksiyonları için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; Cu_{WE} ile Cu_{Car} için (0.643), Cu_{WE} ile Cu_{AFeO} için (0.597), Cu_{Car} ile Cu_{AFeO} için (0.659), Zn_{MnO} ile Cu_{MnO} için (0.680), Cu_{AFeO} ile Cu_{KFeO} için (0.567) ve Zn_{R} ile Cu_{R} için (0.505), Cu ve Zn fraksiyonları için negatif Spearman's rho korelasyon katsayıları ise; Cu_{Car} ile Zn_{R} için (-0.502) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.55. Eğirdir elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri ile fraksiyonlar arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	Zn _{WE}	Cu _{WE}	Cu _{Car}	Zn _{MnO}	Cu _{MnO}	Cu _{AFeO}	Cu _{KFeO}	Zn _R	Cu _R
YFe	0.433*	-0.074	0.073	0.463*	0.202	0.467*	0.065	0.108	0.465*
TMn	-0.026	-0.270	-0.248	0.069	-0.053	-0.489*	-0.513**	0.290	-0.149
TZn	0.146	-0.249	-0.387	0.363	0.150	-0.045	0.000	0.880**	0.498**
TCu	-0.014	0.516**	0.537**	0.352	0.484*	0.915**	0.685**	-0.116	0.456*
TFe	0.261	-0.508**	-0.570**	0.031	-0.134	-0.281	-0.201	0.883**	0.339
pH	-0.418*	0.052	-0.026	-0.407*	-0.267	-0.340	-0.055	-0.180	-0.359
EC	-0.229	-0.198	0.123	-0.298	-0.209	0.157	0.069	-0.041	0.273
CaCO ₃	-0.292	0.333	0.439*	-0.358	-0.132	-0.073	-0.061	-0.420*	-0.517**
OM	0.007	0.125	0.009	0.376	0.372	0.579**	0.524**	0.193	0.725**
Kum	0.156	0.182	0.159	0.061	0.104	-0.161	-0.317	-0.116	-0.383
Kil	-0.144	-0.152	-0.244	-0.194	-0.281	0.059	0.317	0.214	0.360
Silt	-0.063	0.005	0.294	0.239	0.180	0.353	0.131	-0.211	0.131
N	0.007	0.125	0.009	0.376	0.372	0.579**	0.524**	0.193	0.725**
DCa	-0.327	-0.032	-0.072	0.108	0.208	-0.078	0.068	-0.192	0.004
DMg	0.171	-0.272	-0.255	0.037	0.132	0.101	0.293	0.101	0.426*
KDK	-0.119	0.014	-0.271	0.188	0.126	0.320	0.522**	0.363	0.724**
Cu _{WE}	-0.360								
Cu _{Car}	-0.112	0.643**							
Zn _{MnO}	0.297	0.051	0.023						
Cu _{MnO}	0.247	0.028	0.090	0.680**					
Cu _{AFeO}	0.041	0.597**	0.659**	0.218	0.305				
Cu _{KFeO}	-0.180	0.299	0.215	0.050	0.305	0.567**			
Zn _R	0.143	-0.295	-0.502**	0.095	-0.085	-0.108	-0.033		
Cu _R	0.003	-0.125	-0.214	0.262	0.265	0.374	0.320	0.505**	

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YFe: Yarayırlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünabilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, WE: suda çözünabilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, R: bakiye fraksiyon

4.5.3. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan topraklara ait genel özellikler ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler

Gelendost yüzey topraklarının genel özellikleri arasındaki ilişkiler, bazı Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler ve genel özellikler ile fraksiyonlar arasındaki ilişkiler Çizelge 4.56'da verilmiştir. Bu ilişkiler Pearson korelasyon katsayıları üzerinden değerlendirilmiştir. Toprak özellikleri için Pearson korelasyon katsayıları; DTPA-Mn ile çözünabilir+değişebilir Na için (-0.366), DTPA-Zn ile DTPA-Cu için (0.769),

DTPA-Zn ile toplam P için (0.767), DTPA-Zn ile Olsen-P için (0.616), DTPA-Zn ile Zn_{Car} için (0.791), DTPA-Zn ile Zn_{AFeO} için (0.961), DTPA-Zn ile Zn_{KFeO} için (0.580), DTPA-Cu ile toplam P için (0.686), DTPA-Cu ile Olsen-P için (0.553), DTPA-Cu ile Zn_{Car} için (0.557), DTPA-Cu ile Zn_{AFeO} için (0.763), DTPA-Cu ile Cu_{OS} için (0.453), toplam P ile Olsen-P için (0.803), toplam P ile çözünebilir+değişebilir K için (0.557), toplam P ile Zn_{Car} için (0.614), toplam P ile Zn_{AFeO} için (0.765), toplam P ile Zn_{KFeO} için (0.427), Olsen-P ile çözünebilir+değişebilir K için (0.491), Olsen-P ile Zn_{Car} için (0.476), Olsen-P ile Zn_{AFeO} için (0.610), Olsen-P ile Zn_{KFeO} için (0.360), Olsen-P ile Cu_{OS} için (0.389) ve çözünebilir+değişebilir K ile Zn_{OS} için (-0.582) olarak belirlenmiştir.

Cu ve Zn fraksiyonları için Pearson korelasyon katsayıları; Zn_{Car} ile Zn_{AFeO} için (0.833), Zn_{Car} ile Zn_{KFeO} için (0.779), Zn_{AFeO} ile Zn_{KFeO} (0.695), Zn_{KFeO} ile Zn_{OS} için (0.385) ve Zn_{OS} ile Cu_{OS} için (0.457) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.56. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)

	YMn	YZn	YCu	TP	YP	DNa	DK	Zn _{Car}	Zn _{AFeO}	Zn _{KFeO}	Zn _{OS}
YZn	-0.039										
YCu	-0.121	0.769**									
TP	0.144	0.767**	0.686**								
YP	0.108	0.616**	0.553**	0.803**							
DNa	-0.366*	-0.042	0.209	0.025	-0.001						
DK	-0.026	0.273	0.282	0.557**	0.491**	0.227					
Zn _{Car}	-0.030	0.791**	0.557**	0.614**	0.476**	-0.095	0.083				
Zn _{AFeO}	-0.087	0.961**	0.763**	0.765**	0.610**	-0.022	0.294	0.833**			
Zn _{KFeO}	-0.018	0.580**	0.341	0.427*	0.360*	-0.110	0.002	0.779**	0.695**		
Zn _{OS}	0.143	-0.149	-0.175	-0.203	-0.050	-0.266	-0.582**	0.149	-0.048	0.385*	
Cu _{OS}	0.078	0.267	0.453*	0.281	0.389*	0.036	-0.212	0.100	0.258	0.059	0.457**

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YMn, YZn, YCu: Yarayışlı, DTPA; DNa, DK: Çözünebilir+değişebilir ; TP: Toplam; YP: Yarayışlı, Olsen; Car: karbonatlara bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfütlere bağlı fraksiyon

Gelendost yüzey topraklarının genel özellikleri arasındaki ilişkiler Spearman's rho korelasyon katsayıları olarak Çizelge 4.57'de verilmiştir. Toprak özellikleri için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; DTPA-Fe ile toplam Fe için (0.442), toplam Mn ile toplam Zn için (0.440), toplam Mn ile toplam Fe için (0.944), toplam

Mn ile kil için (0.599), toplam Mn ile çözünebilir+değişebilir Mg için (0.612), toplam Mn ile KDK için (0.455), toplam Zn ile toplam Cu için (0.777), toplam Zn ile toplam Fe için (0.408), toplam Zn ile organik madde için (0.426), toplam Cu ile organik madde için (0.430), toplam Fe ile kil için (0.529), toplam Fe ile çözünebilir+değişebilir Mg için (0.606), toplam Fe ile KDK için (0.428), CaCO_3 ile silt için (0.386), kil ile çözünebilir+değişebilir Mg için (0.559), kil ile KDK için (0.764) ve çözünebilir+değişebilir Mg ile KDK için (0.415) olarak belirlenmiştir.



Çizelge 4.57. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	YFe	TMn	TZn	TCu	TFe	pH	EC	CaCO ₃	OM	Kum	Kil	Silt	N	DCa	DMg
TMn	0.345														
TZn	0.018	0.440*													
TCu	-0.025	0.255	0.777**												
TFe	0.442*	0.944**	0.408*	0.250											
pH	0.035	0.132	-0.251	-0.187	0.138										
EC	-0.449*	-0.083	0.331	0.225	-0.159	-0.354									
CaCO ₃	-0.224	-0.522**	-0.633**	-0.439*	-0.567**	0.245	0.071								
OM	0.030	0.267	0.426*	0.430*	0.175	-0.333	0.356	-0.321							
Kum	-0.148	-0.572**	0.087	0.079	-0.448*	-0.374	0.024	-0.284	0.085						
Kil	-0.192	0.599**	0.309	0.287	0.529**	0.036	0.027	-0.412*	0.286	-0.314					
Silt	0.232	0.236	-0.223	-0.285	0.175	0.284	0.058	0.386*	-0.267	-0.689**	-0.355				
N	0.030	0.267	0.426*	0.430*	0.175	-0.333	0.356	-0.321	0.970**	0.085	0.286	-0.267			
DCa	-0.280	0.025	0.265	0.301	0.025	-0.672**	0.259	-0.178	0.241	0.226	0.252	-0.357	0.241		
DMg	0.128	0.612**	0.227	0.175	0.606**	0.080	-0.049	-0.268	0.228	-0.360	0.559**	-0.001	0.228	0.157	
KDK	-0.219	0.455*	0.199	0.137	0.428*	0.239	0.033	-0.331	0.300	-0.145	0.764**	-0.348	0.300	0.091	0.415*

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YFe: Yarayırlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünabilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi

Toprak özellikleri için negatif Spearman's rho korelasyon katsayıları; DTPA-Fe ile EC için (-0.449), toplam Mn ile CaCO₃ için (-0.522), toplam Mn ile kum için (-0.572), toplam Zn ile CaCO₃ için (-0.633), toplam Cu ile CaCO₃ için (-0.439), toplam Fe ile CaCO₃ için (-0.567), toplam Fe ile kum için (-0.448), pH ile çözünebilir+değişebilir Ca için (-0.672), CaCO₃ ile kil için (-0.412) ve kum ile silt için (-0.689) şeklinde bulunmuştur.

Gelendost 0-20 cm derinlikten alınan toprakların genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ve fraksiyonların kendi aralarındaki ilişkiler Spearman's rho korelasyon katsayıları şeklinde Çizelge 4.58'de verilmiştir. Toprakların genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; Cu_{WE} ile toplam Zn için (0.629), Cu_{WE} ile toplam Cu için (0.793), Cu_{Car} ile toplam Zn için (0.469), Cu_{Car} ile toplam Cu için (0.712), Zn_{MnO} ile toplam Zn için (0.648), Zn_{MnO} ile toplam Cu için (0.526), Zn_{MnO} ile EC için (0.423), Cu_{MnO} ile toplam Zn için (0.574), Cu_{MnO} ile toplam Cu için (0.677), Cu_{MnO} ile EC için (0.538), Cu_{MnO} ile organik madde için (0.422), Cu_{MnO} ile çözünebilir+değişebilir Ca için (0.468), Cu_{AFeo} ile toplam Zn için (0.739), Cu_{AFeo} ile toplam Cu için (0.951), Cu_{AFeo} ile organik madde için (0.469), Cu_{AFeo} ile kil için (0.391), Cu_{AFeo} ile çözünebilir+değişebilir Ca için (0.454), Cu_{KFeO} ile toplam Mn için (0.450), Cu_{KFeO} ile toplam Zn için (0.607), Cu_{KFeO} ile toplam Cu için (0.770), Cu_{KFeO} ile toplam Fe için (0.384), Zn_R ile toplam Mn için (0.674), Zn_R ile toplam Zn için (0.440), Zn_R ile organik madde için (0.443), Zn_R ile kil için (0.615), Zn_R ile çözünebilir+değişebilir Mg için (0.415), Zn_R ile KDK için (0.552), Cu_R ile toplam Mn için (0.644), Cu_R ile toplam Zn için (0.549), Cu_R ile toplam Cu için (0.519), Cu_R ile toplam Fe için (0.505), Cu_R ile organik madde için (0.547), Cu_R ile kil için (0.694), ZCu_R ile çözünebilir+değişebilir Mg için (0.523) ve Cu_R ile KDK için (0.541) olarak belirlenmiştir.

Toprakların genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler için negatif Spearman's rho korelasyon katsayılarının; Zn_{MnO} ile pH için (-0.378), Zn_R ile CaCO₃ için (-0.559) ve Cu_R ile CaCO₃ için (-0.564) olduğu görülmüştür.

Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; Zn_{WE} ile Cu_{Car} için (0.380), Zn_{WE} ile Zn_{MnO} için (0.511), Cu_{WE} ile Cu_{Car} için (0.700), Cu_{WE} ile Zn_{MnO} için (0.650), Cu_{WE} ile Cu_{MnO} için (0.758), Cu_{WE} ile Cu_{AFeo}

için (0.828), Cu_{WE} ile Cu_{KFeO} için (0.505), Cu_{Car} ile Zn_{MnO} için (0.552), Cu_{Car} ile Cu_{MnO} için (0.562), Cu_{Car} ile Cu_{AFeO} için (0.662), Cu_{Car} ile Cu_{KFeO} için (0.484), Zn_{MnO} ile Cu_{MnO} için (0.673), Zn_{MnO} ile Cu_{AFeO} için (0.574), Cu_{MnO} ile Cu_{AFeO} için (0.752), Cu_{MnO} ile Cu_{KFeO} için (0.380), Cu_{AFeO} ile Cu_{KFeO} için (0.655), Cu_{AFeO} ile Cu_R için (0.536), Cu_{KFeO} ile Cu_R için (0.517) ve Zn_R ile Cu_R için (0.819) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.58. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri ile fraksiyonlar arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	Zn _{WE}	Cu _{WE}	Cu _{Car}	Zn _{MnO}	Cu _{MnO}	Cu _{AFeO}	Cu _{KFeO}	Zn _R	Cu _R
YFe	0.176	-0.178	-0.105	-0.132	-0.305	-0.192	0.166	0.022	-0.164
TMn	0.043	0.088	0.016	-0.039	-0.005	0.221	0.450*	0.674**	0.644**
TZn	0.203	0.629**	0.469*	0.648**	0.574**	0.739**	0.607**	0.440*	0.549**
TCu	0.058	0.793**	0.712**	0.526**	0.677**	0.951**	0.770**	0.251	0.519**
TFe	0.174	0.111	0.026	0.003	-0.042	0.194	0.384*	0.534**	0.505**
pH	-0.139	-0.243	-0.051	-0.378*	-0.306	-0.266	0.060	0.106	-0.044
EC	-0.048	0.362	0.203	0.423*	0.538**	0.330	-0.046	0.128	0.166
CaCO ₃	-0.029	-0.164	-0.186	-0.242	-0.063	-0.373	-0.354	-0.559**	-0.564**
OM	-0.312	0.351	0.014	0.014	0.422*	0.469*	0.138	0.443*	0.547**
Kum	-0.054	0.022	0.032	0.223	0.042	0.099	-0.323	-0.322	-0.253
Kil	-0.016	0.184	0.243	0.074	0.244	0.391*	0.218	0.615**	0.694**
Silt	0.011	-0.159	-0.212	-0.263	-0.249	-0.358	0.115	0.011	-0.180
N	-0.312	0.351	0.014	0.014	0.422*	0.469*	0.138	0.443*	0.547**
DCa	0.031	0.349	0.055	0.425*	0.468*	0.454*	0.094	0.013	0.292
DMg	0.013	-0.006	-0.029	-0.086	-0.064	0.205	0.136	0.415*	0.523**
KDK	-0.162	0.023	-0.007	-0.096	0.123	0.214	0.051	0.552**	0.541**
Cu _{WE}	0.346								
Cu _{Car}	0.380*	0.700**							
Zn _{MnO}	0.511**	0.650**	0.552**						
Cu _{MnO}	0.200	0.758**	0.562**	0.673**					
Cu _{AFeO}	0.040	0.828**	0.662**	0.574**	0.752**				
Cu _{KFeO}	-0.013	0.505**	0.484**	0.350	0.380*	0.655**			
Zn _R	-0.367	-0.075	-0.009	-0.137	0.110	0.213	0.366		
Cu _R	-0.318	0.215	0.154	-0.006	0.253	0.536**	0.517**	0.819**	

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YFe: Yarayışlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünebilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, R: bakiye fraksiyon

4.5.4. Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan topraklara ait genel özellikler ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler

Gelendost yüzey altı topraklarının genel özellikleri arasındaki ilişkiler, bazı Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler ve genel özellikler ile fraksiyonlar arasındaki ilişkiler Çizelge 4.59'da verilmiştir. Toprak özellikleri için Pearson korelasyon katsayıları; DTPA-Mn ile toplam P için (0.579), DTPA-Mn ile çözünebilir+değişebilir K için (0.389), DTPA-Zn ile DTPA-Cu için (0.725), DTPA-Zn ile toplam P için (0.696), DTPA-Zn ile Olsen-P için (0.578), DTPA-Zn ile çözünebilir+değişebilir K için (0.403), DTPA-Zn ile Zn_{Car} için (0.595), DTPA-Zn ile Zn_{AFeO} için (0.955), DTPA-Zn ile Zn_{KFeO} için (0.447), DTPA-Cu ile toplam P için (0.651), DTPA-Cu ile Olsen-P için (0.396), DTPA-Cu ile çözünebilir+değişebilir K için (0.455), DTPA-Cu ile Zn_{AFeO} için (0.738), DTPA-Cu ile Zn_{KFeO} için (0.366), toplam P ile Olsen-P için (0.693), toplam P ile çözünebilir+değişebilir K için (0.713), toplam P ile Zn_{Car} için (0.412), toplam P ile Zn_{AFeO} için (0.671), toplam P ile Zn_{KFeO} için (0.388), Olsen-P ile çözünebilir+değişebilir K için (0.429), Olsen-P ile Zn_{AFeO} için (0.522), çözünebilir+değişebilir K ile Zn_{AFeO} için (0.419) ve çözünebilir+değişebilir K ile Zn_{OS} için (-0.668) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.59. Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)

	YMn	YZn	YCu	TP	YP	DNa	DK	Zn_{Car}	Zn_{AFeO}	Zn_{KFeO}	Zn_{OS}
YZn	0.325										
YCu	0.303	0.725**									
TP	0.579**	0.696**	0.651**								
YP	0.338	0.578**	0.396*	0.693**							
DNa	0.098	0.021	0.326	0.058	-0.049						
DK	0.389*	0.403*	0.455*	0.713**	0.429*	0.340					
Zn_{Car}	0.148	0.595**	0.343	0.412*	0.343	-0.244	0.029				
Zn_{AFeO}	0.321	0.955**	0.738**	0.671**	0.522**	0.052	0.419*	0.657**			
Zn_{KFeO}	0.256	0.447*	0.366*	0.388*	0.195	0.026	0.149	0.573**	0.574**		
Zn_{OS}	0.083	-0.204	-0.219	-0.283	-0.084	-0.262	-0.668**	0.238	-0.113	0.389*	
Cu_{OS}	0.349	-0.003	0.278	0.094	0.234	0.175	-0.234	-0.129	0.011	0.038	0.517**

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YMn, YZn, YCu: Yarayışlı, DTPA; DNa, DK: Çözünebilir+değişebilir; TP: Toplam; YP: Yarayışlı, Olsen; Car: karbonatlara bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfütlere bağlı fraksiyon

Cu ve Zn fraksiyonları için Pearson korelasyon katsayıları; Zn_{Car} ile Zn_{AFeO} için (0.657), Zn_{Car} ile Zn_{KFeO} için (0.573), Zn_{AFeO} ile Zn_{KFeO} (0.574) ve Zn_{OS} ile Cu_{OS} için (0.517) olarak bulunmuştur.

Gelendost yüzey altı topraklarının genel özellikleri arasındaki ilişkiler Spearman's rho korelasyon katsayıları olarak Çizelge 4.60'da verilmiştir. Toprak özellikleri için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; DTPA-Fe ile toplam Mn için (0.600), DTPA-Fe ile silt için (0.407), toplam Mn ile toplam Zn için (0.551), toplam Mn ile toplam Cu için (0.432), toplam Mn ile toplam Fe için (0.948), toplam Mn ile kil için (0.498), toplam Mn ile çözünebilir+değişebilir Mg için (0.571), toplam Mn ile KDK için (0.573) olarak belirlenmiştir.



Çizelge 4.60. Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	YFe	TMn	TZn	TCu	TFe	pH	EC	CaCO ₃	OM	Kum	Kil	Silt	N	DCa	DMg
TMn	0.600**														
TZn	0.096	0.551**													
TCu	-0.039	0.432*	0.714**												
TFe	0.509**	0.948**	0.581**	0.450*											
pH	0.199	-0.163	-0.511**	-0.351	-0.155										
EC	-0.490**	-0.027	0.416*	0.464*	-0.020	-0.537**									
CaCO ₃	-0.279	-0.634**	-0.455*	-0.319	-0.714**	0.233	-0.035								
OM	-0.013	0.381*	0.611**	0.765**	0.386*	-0.431*	0.452*	-0.201							
Kum	-0.431*	-0.465*	-0.082	-0.310	-0.362	-0.211	0.044	-0.194	-0.337						
Kil	-0.030	0.498**	0.470*	0.583**	0.565**	-0.104	0.033	-0.352	0.479**	-0.270					
Silt	0.407*	0.132	-0.282	-0.106	-0.031	0.272	-0.026	0.359	-0.038	-0.741**	-0.385*				
N	-0.013	0.381*	0.611**	0.765**	0.386*	-0.431*	0.452*	-0.201	0.900**	-0.337	0.479**	-0.038			
DCa	-0.213	-0.090	-0.051	0.110	-0.076	-0.255	-0.071	0.031	0.034	0.056	0.209	-0.168	0.034		
DMg	0.290	0.571**	0.280	0.226	0.652**	0.054	-0.073	-0.315	0.155	-0.273	0.516**	-0.033	0.155	0.255	
KDK	0.083	0.573**	0.460*	0.617**	0.604**	-0.201	0.090	-0.484**	0.590**	-0.267	0.724**	-0.161	0.590**	0.375*	0.560**

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YFe: Yarıyışlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünabilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi

Toprak özellikleri için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; toplam Zn ile toplam Cu için (0.714), toplam Zn ile toplam Fe için (0.581), toplam Zn ile organik madde için (0.611), toplam Zn ile EC için (0.416), toplam Zn ile KDK için (0.460), toplam Cu ile toplam Fe için (0.450), toplam Cu ile EC için (0.464), toplam Cu ile organik madde için (0.765), toplam Cu ile kil için (0.583), toplam Cu ile KDK için (0.617), toplam Fe ile organik madde için (0.386), toplam Fe ile kil için (0.565), toplam Fe ile çözünebilir+değişebilir Mg için (0.652), toplam Fe ile KDK için (0.604), EC ile organik madde için (0.452), organik madde ile kil için (0.479), organik madde ile KDK için (0.590), kil ile çözünebilir+değişebilir Mg için (0.516), kil ile KDK için (0.724), çözünebilir+değişebilir Ca ile KDK için (0.375) ve çözünebilir+değişebilir Mg ile KDK için (0.560) olarak belirlenmiştir.

Toprak özellikleri için negatif Spearman's rho korelasyon katsayıları; DTPA-Fe ile EC için (-0.490), DTPA-Fe ile kum için (-0.431), toplam Mn ile CaCO_3 için (-0.634), toplam Mn ile kum için (-0.465), toplam Zn ile pH için (-0.511), toplam Zn ile CaCO_3 için (-0.455), toplam Fe ile CaCO_3 için (-0.714), pH ile EC için (-0.537), pH ile organik madde için (-0.431), CaCO_3 ile KDK için (-0.484), kum ile silt için (-0.741) ve kil ile silt için (-0.385) şeklinde bulunmuştur.

Gelendost 20-40 cm derinlikten alınan toprakların genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ve fraksiyonların kendi aralarındaki ilişkiler Spearman's rho korelasyon katsayıları şeklinde Çizelge 4.61'de verilmiştir. Toprakların genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; Cu_{WE} ile toplam Zn için (0.615), Cu_{WE} ile toplam Cu için (0.795), Cu_{WE} ile EC için (0.429), Cu_{WE} ile organik madde için (0.577), Cu_{Car} ile toplam Zn için (0.381), Cu_{Car} ile toplam Cu için (0.678), Zn_{MnO} ile EC için (0.530), Cu_{MnO} ile toplam Zn için (0.386), Cu_{MnO} ile toplam Cu için (0.479), Cu_{AFeO} ile toplam Mn için (0.397), Cu_{AFeO} ile toplam Zn için (0.664), Cu_{AFeO} ile toplam Cu için (0.977), Cu_{AFeO} ile toplam Fe için (0.412), Cu_{AFeO} ile EC için (0.419), Cu_{AFeO} ile organik madde için (0.718), Cu_{AFeO} ile kil için (0.626), Cu_{AFeO} ile KDK için (0.595), Cu_{KFeO} ile toplam Cu için (0.615), Cu_{KFeO} ile organik madde için (0.402), Zn_{R} ile toplam Mn için (0.800), Zn_{R} ile toplam Zn için (0.638), Zn_{R} ile toplam Cu için (0.629), Zn_{R} ile toplam Fe için (0.756), Zn_{R} ile organik madde için (0.533), Zn_{R} ile kil için (0.631), Zn_{R} ile çözünebilir+değişebilir Mg için (0.476), Zn_{R} ile KDK için (0.632), Cu_{R} ile toplam Mn

için (0.629), Cu_R ile toplam Zn için (0.631), Cu_R ile toplam Cu için (0.794), Cu_R ile toplam Fe için (0.639), Cu_R ile organik madde için (0.694), Cu_R ile kil için (0.748), Cu_R ile çözünebilir+değişebilir Mg için (0.392) ve Cu_R ile KDK için (0.709) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.61. Gelendost elma bahçeleri 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri ile fraksiyonlar arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	Zn _{WE}	Cu _{WE}	Cu _{Car}	Zn _{MnO}	Cu _{MnO}	Cu _{AFeO}	Cu _{KFeO}	Zn _R	Cu _R
YFe	0.197	-0.099	0.117	-0.134	-0.234	-0.083	0.246	0.314	0.086
TMn	0.071	0.186	0.231	-0.052	-0.038	0.397*	0.363	0.800**	0.629**
TZn	0.158	0.615**	0.381*	0.319	0.386*	0.664**	0.309	0.638**	0.631**
TCu	-0.031	0.795**	0.678**	0.183	0.479**	0.977**	0.615**	0.629**	0.794**
TFe	0.139	0.217	0.203	-0.035	-0.020	0.412*	0.288	0.756**	0.639**
pH	-0.215	-0.198	-0.070	-0.349	-0.170	-0.309	0.017	-0.194	-0.220
EC	-0.055	0.429*	0.112	0.530**	0.328	0.419*	0.031	0.170	0.220
CaCO ₃	0.043	-0.074	-0.136	-0.017	0.090	-0.262	-0.166	-0.624**	-0.525**
OM	-0.143	0.577**	0.273	0.090	0.359	0.718**	0.402*	0.533**	0.694**
Kum	-0.129	-0.293	-0.291	0.106	-0.165	-0.273	-0.440*	-0.339	-0.261
Kil	-0.036	0.324	0.294	-0.282	0.191	0.626**	0.179	0.631**	0.748**
Silt	0.074	0.008	0.033	0.067	-0.011	-0.156	0.286	-0.048	-0.220
N	-0.143	0.577**	0.273	0.090	0.359	0.718**	0.402*	0.533**	0.694**
DCa	0.044	-0.104	0.140	-0.240	0.278	0.115	-0.097	0.072	0.131
DMg	0.047	0.039	-0.003	-0.158	0.157	0.282	0.096	0.476*	0.392*
KDK	-0.031	0.373	0.288	-0.100	0.309	0.595**	0.270	0.632**	0.709**
Cu _{WE}	0.309								
Cu _{Car}	0.379*	0.764**							
Zn _{MnO}	0.518**	0.570**	0.326						
Cu _{MnO}	0.340	0.763**	0.595**	0.537**					
Cu _{AFeO}	-0.058	0.783**	0.677**	0.164	0.508**				
Cu _{KFeO}	-0.266	0.410*	0.440*	-0.074	0.094	0.608**			
Zn _R	-0.129	0.291	0.280	-0.144	0.070	0.599**	0.501**		
Cu _R	-0.232	0.438*	0.379*	-0.197	0.165	0.783**	0.527**	0.870**	

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), YFe: Yarayırlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünebilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, R: bakiye fraksiyon

Toprakların genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler için negatif Spearman's rho korelasyon katsayılarının; Cu_{KFeO} ile kum için (-0.440), Zn_R ile CaCO₃ için (-0.624) ve Cu_R ile CaCO₃ için (-0.525) olduğu görülmüştür. Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler için pozitif Spearman's rho korelasyon katsayıları; Zn_{WE} ile Cu_{Car} için (0.379), Zn_{WE} ile Zn_{MnO} için (0.518), Cu_{WE} ile Cu_{Car} için (0.764), Cu_{WE} ile Zn_{MnO} için (0.570), Cu_{WE} ile Cu_{MnO} için (0.763), Cu_{WE} ile Cu_{AFeO} için (0.783), Cu_{WE} ile Cu_{KFeO} için (0.410), Cu_{WE} ile Cu_R için (0.438), Cu_{Car} ile Cu_{MnO} için (0.595), Cu_{Car} ile Cu_{AFeO} için (0.677), Cu_{Car} ile Cu_{KFeO} için (0.440), Cu_{Car} ile Cu_R için (0.379), Zn_{MnO} ile Cu_{MnO} için (0.537), Cu_{MnO} ile Cu_{AFeO} için (0.508), Cu_{AFeO} ile Cu_{KFeO} için (0.608), Cu_{AFeO} ile Zn_R için (0.599), Cu_{AFeO} ile Cu_R için (0.783), Cu_{KFeO} ile Zn_R için (0.501), Cu_{KFeO} ile Cu_R için (0.527) ve Zn_R ile Cu_R için (0.870) olarak bulunmuştur.

4.5.5. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile toprakların genel özellikleri ve Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler

Eğirdir'deki bahçelere ait yaprak örnekleri ile toprakların genel özellikleri ve bazı Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon katsayıları kullanılarak Çizelge 4.62'de verilmiştir. Çizelgede her iki derinlikteki (0-20 ve 20-40 cm) topraklar ile yaprak örneklerine ait özellikler arasındaki doğrusal ilişkilerin varlığı belirlenmiştir. Yaprak örnekleri ile toprak özellikleri ve Cu ve Zn fraksiyonlarına ait Pearson korelasyon katsayıları; 0-20 cm derinlikteki toprakların çözünebilir+değişebilir Na içeriği ile bitkinin Ca içeriği için (-0.433), 20-40 cm derinlikteki toprakların çözünebilir+değişebilir Na içeriği ile bitkinin Ca içeriği için (-0.537) olarak belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin besin elementleri için ise Ca ile Mg (0.608) arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur.

Çizelge 4.62. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile her iki derinlikteki topraklar arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)

	YMn [†]	YZn [†]	YCu [†]	TP [†]	YP [†]	DNa [†]	DK [†]	ZnCar [†]	ZnAFeO [†]	ZnKFeO [†]	ZnOS [†]	CuOS [†]	Ca ^b
Ca _b	-0.130	-0.116	0.285	-0.204	0.179	-0.433*	-0.164	-0.162	-0.262	-0.265	-0.087	0.051	
Mg _b	-0.095	-0.168	-0.047	0.026	0.004	-0.109	0.179	-0.107	-0.207	-0.274	-0.162	-0.333	0.608**
	YMn [‡]	YZn [‡]	YCu [‡]	TP [‡]	YP [‡]	DNa [‡]	DK [‡]	ZnCar [‡]	ZnAFeO [‡]	ZnKFeO [‡]	ZnOS [‡]	CuOS [‡]	Ca ^b
Ca _b	-0.024	0.351	0.370	-0.027	0.319	-0.537**	0.252	0.145	-0.068	-0.268	-0.156	0.096	
Mg _b	0.035	0.211	0.022	0.122	0.085	-0.253	0.377	0.155	-0.010	-0.120	-0.172	-0.242	0.608**

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), [†]1: 0-20 cm derinlik, [‡]2: 20-40 cm derinlik, YMn, YZn, YCu: Yarıyışlı, DTPA; DNa, DK: Çözünebilir+değişebilir baz içerikleri; TP: Toplam; YP: Yarıyışlı, Olsen; Car: karbonatlara bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfütlere bağlı fraksiyon, b: bitki

Çizelge 4.63’de yaprak örnekleri ile Eğirdir yüzey topraklarının özellikleri arasındaki ilişkilere ait Spearman’s rho katsayıları verilmiştir. Bitki fosforu ile DTPA-Fe arasında (0.399), DTPA-Cu arasında (0.456) pozitif korelasyon, pH ile (-0.504) negatif korelasyon görülmüştür. Bitki Cu içeriği ile kum arasında (-0.490) negatif ve bitki Mn içeriği ile organik madde arasında (0.438) pozitif korelasyon tespit edilmiştir.

Çizelge 4.63. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 0-20 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman’s rho korelasyon)

	N _b	P _b	K _b	Fe _b	Cu _b	Zn _b	Mn _b
YFe	0.184	0.399*	0.058	0.238	0.333	-0.094	0.195
TMn	-0.129	-0.198	-0.012	-0.183	-0.192	0.255	0.144
TZn	-0.214	-0.092	-0.038	-0.258	0.126	0.334	0.259
TCu	-0.248	0.456*	-0.013	0.083	0.041	-0.075	-0.001
TFe	-0.088	-0.037	0.056	-0.048	0.109	0.236	0.158
pH	0.178	-0.504**	-0.015	-0.232	-0.082	0.130	-0.069
EC	0.182	0.146	-0.111	-0.058	0.351	-0.279	0.025
CaCO ₃	-0.015	-0.354	-0.255	-0.173	0.189	0.175	0.218
OM	0.326	-0.259	-0.293	-0.122	0.294	0.363	0.438*
Kum	-0.375	0.111	0.071	-0.029	-0.490*	-0.132	-0.238
Kil	0.327	-0.191	0.014	-0.042	0.275	0.116	0.065
Silt	0.135	0.177	0.048	0.056	0.352	-0.006	0.267
N	0.326	-0.259	-0.293	-0.122	0.294	0.363	0.438*
DCa	0.290	-0.187	-0.076	-0.242	0.221	0.108	0.334
DMg	0.100	-0.073	-0.039	-0.370	-0.259	-0.232	-0.348
KDK	0.382	-0.192	-0.066	-0.184	0.151	0.120	-0.062
P _b	-0.045						
K _b	0.162	0.613**					
Fe _b	0.205	0.380	0.218				
Cu _b	0.297	0.010	-0.369	0.189			
Zn _b	0.027	-0.490*	-0.434*	0.011	0.383		
Mn _b	0.117	-0.203	-0.453*	0.064	0.817**	0.614**	

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), **Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü) YFe: Yarıyışlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünabilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, Nb, Pb, Kb, Fe_b, Cu_b, Zn_b, Mn_b: bitki

Yaprak örneklerinin besin elementleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde; bitki fosforu ile bitki K içeriği arasında (0.613) pozitif korelasyon, bitki Zn içeriği ile (-0.490) negatif korelasyon görülmüştür. Bitki K içeriği ile bitki Zn içeriği (-0.434) ve bitki Mn içeriği arasında (-0.453) negatif korelasyonlar saptanmıştır. Bitki Cu içeriği ile Mn içeriği arasında (0.817) ve bitki Zn içeriği ile Mn içeriği arasında (0.614) pozitif ilişkiler bulunmuştur.

Yaprak örnekleri ile yüzey topraklarının Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkilere ait Spearman's rho korelasyon katsayıları Çizelge 4.64'de gösterilmiştir. Bitki P içeriği ile Zn_{WE} (0.462), Cu_{Car} (0.472), Zn_{MnO} (0.423) ve Cu_{MnO} (0.569) arasında pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Bitkiye ait Cu içeriği ile Zn_{MnO} (0.423) arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Benzer şekilde bitki Mn içeriği ile Zn_{MnO} (0.436) arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Sadece bitki Zn içeriği ile Zn_{WE} (-0.414) arasında negatif bir ilişki görülmüştür.

Çizelge 4.64. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 0-20 cm derinlikten alınan toprakların fraksiyonları arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	N_b	P_b	K_b	Fe_b	Cu_b	Zn_b	Mn_b
Zn_{WE}	-0.245	0.462*	0.181	0.160	-0.028	-0.414*	-0.107
Cu_{WE}	-0.142	0.129	-0.023	-0.015	0.083	-0.124	-0.028
Cu_{Car}	-0.274	0.472*	0.203	0.240	-0.054	-0.234	-0.149
Zn_{MnO}	0.222	0.423*	-0.090	0.122	0.405*	0.188	0.436*
Cu_{MnO}	0.157	0.569**	0.174	0.091	0.101	-0.235	0.120
Cu_{AFeO}	-0.185	0.342	0.016	-0.035	-0.028	-0.103	-0.128
Cu_{KFeO}	-0.072	0.157	0.022	-0.039	0.060	0.032	-0.044
Zn_R	-0.144	-0.097	0.095	-0.136	0.005	0.234	0.113
Cu_R	0.249	0.124	0.005	0.079	0.159	0.157	0.126

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), **Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), WE: suda çözünür ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, R: bakiye fraksiyon Nb, Pb, Kb, Fe_b, Cu_b, Zn_b, Mn_b: bitki

Bahçelerden alınan yaprak örnekleri ile Eğirdir yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerine ait genel özellikler arasındaki ilişkiler Çizelge 4.65'de verilmiştir. Yaprak örnekleri ile topraklar arasındaki ilişkilere ait Spearman's rho korelasyon katsayıları;

bitki N içeriği ile pH (0.390) ve çözünebilir+değişebilir Ca (0.448) arasında pozitif, kum (-0.445) arasında negatif korelasyonlar belirlenmiştir. Bitki Cu içeriği ile kum (-0.445) arasında negatif, çözünebilir+değişebilir Ca (0.495) arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Çizelge 4.65. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 20-40 cm derinlikten alınan toprakların özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	N _b	P _b	K _b	Fe _b	Cu _b	Zn _b	Mn _b
YFe	0.242	0.363	0.130	0.319	0.304	-0.019	0.188
TMn	-0.102	-0.212	-0.042	-0.134	-0.152	0.261	0.132
TZn	-0.236	0.138	0.168	-0.074	-0.026	0.199	0.157
TCu	0.037	0.304	0.025	0.225	-0.058	-0.128	-0.095
TFe	-0.145	-0.065	0.066	0.019	-0.009	0.257	0.055
pH	0.390*	-0.336	-0.004	0.026	0.274	0.127	0.110
EC	0.002	0.035	-0.160	-0.073	0.246	-0.283	-0.022
CaCO ₃	0.024	-0.142	-0.067	0.156	0.268	0.080	0.184
OM	0.230	0.051	-0.049	0.116	0.259	0.153	0.288
Kum	-0.445*	0.080	0.043	0.016	-0.445*	-0.095	-0.181
Kil	0.352	-0.179	-0.074	0.073	0.352	0.158	0.108
Silt	0.358	0.179	0.148	0.056	0.341	-0.028	0.228
N	0.230	0.051	-0.049	0.116	0.259	0.153	0.288
DCa	0.448*	-0.106	-0.210	-0.006	0.495*	0.074	0.381
DMg	0.162	0.154	0.070	0.160	-0.009	-0.326	-0.180
KDK	0.272	0.057	0.035	0.084	0.202	0.090	0.009
P _b	-0.045						
K _b	0.162	0.613**					
Fe _b	0.205	0.380	0.218				
Cu _b	0.297	0.010	-0.369	0.189			
Zn _b	0.027	-0.490*	-0.434*	0.011	0.383		
Mn _b	0.117	-0.203	-0.453*	0.064	0.817**	0.614**	

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), **Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü) YFe: Yarıyışlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünebilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, Nb, Pb, Kb, Feb, Cub, Znb, Mnb: bitki

Yaprakların özellikleri arasındaki ilişkilere bakıldığında; bitki P içeriği ile K (0.613) arasında pozitif, Zn arasında (-0.490) ilişki tespit edilmiştir. Bitki K içeriği ile Zn (-0.434) ve Mn (-0.453) arasında negatif korelasyonlar bulunmuştur. Bitki Cu içeriği ile Mn (0.817) içeriği arasında yüksek bir pozitif ilişki görülmüştür. Bitki Zn içeriği ile Mn (0.614) arasında da pozitif bir ilişki belirlenmiştir.

Eğirdir yaprak örneklerinin besin elementi içeriği ile yüzey altı toprakların Cu ve Zn fraksiyonu arasındaki ilişkiler irdelendiğinde; bitki P içeriği ile Zn_{WE} (0.394), Cu_{Car} (0.393), Zn_{MnO} (0.553) ve Cu_{MnO} (0.507) arasında ve bitki K içeriği ile Zn_{WE} (0.394) arasında pozitif korelasyonlar saptanmıştır (Çizelge 4.66).

Çizelge 4.66. Eğirdir elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 20-40 cm derinlikten alınan toprakların fraksiyonları arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	N_b	P_b	K_b	Fe_b	Cu_b	Zn_b	Mn_b
Zn_{WE}	-0.064	0.394*	0.417*	0.287	-0.077	-0.065	-0.052
Cu_{WE}	-0.089	0.143	0.150	0.103	-0.147	-0.065	-0.126
Cu_{Car}	-0.179	0.393*	0.173	0.191	-0.041	-0.281	-0.135
Zn_{MnO}	0.159	0.553**	0.177	0.264	0.197	0.058	0.324
Cu_{MnO}	0.075	0.507**	0.046	0.065	0.161	-0.065	0.174
Cu_{AFeO}	-0.044	0.345	0.166	0.192	-0.110	-0.183	-0.201
Cu_{KFeO}	0.059	0.118	0.035	-0.089	-0.091	-0.035	-0.240
Zn_R	-0.142	-0.032	0.151	0.025	-0.052	0.238	0.083
Cu_R	0.146	0.051	-0.069	0.146	0.134	0.234	0.118

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), **Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), WE: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, R: bakiye fraksiyon N_b , P_b , K_b , Fe_b , Cu_b , Zn_b , Mn_b : bitki

4.5.6. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile toprakların genel özellikleri ve Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler

Gelendost'taki bahçelere ait yaprak örnekleri ile iki farklı derinlikten alınan toprakların genel özellikleri ve bazı Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon katsayıları kullanılarak Çizelge 4.67'de verilmiştir. Çizelgede her iki derinlikteki (0-20 ve 20-40 cm) topraklar ile yaprak örneklerine ait özellikler

arasındaki doğrusal ilişkilerin varlığı belirlenmiştir. Yaprak örnekleri ile toprak özellikleri ve Cu ve Zn fraksiyonlarına ait Pearson korelasyon katsayıları; 0-20 cm derinlikteki toprakların çözünebilir+değişebilir Na içeriği ile bitkinin Ca içeriği (-0.429) arasında ve toprakların çözünebilir+değişebilir K içeriği ile bitkinin Ca içeriği (-0.525) arasında negatif ilişkiler belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikteki toprakların DTPA-Mn içeriği ile bitkinin Ca içeriği (-0.406) arasında, toprakların toplam P içeriği ile bitkinin Ca içeriği (-0.535) arasında ve toprakların çözünebilir+değişebilir K içeriği ile bitkinin Ca içeriği (-0.566) arasında negatif ilişkiler tespit edilmiştir.

Çizelge 4.67. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile her iki derinlikteki topraklar arasındaki ilişkiler (Pearson korelasyon)

	YMn ₁ [†]	YZn ₁	YCu ₁	TP ₁	YP ₁	DNa ₁	DK ₁	Zn _{Car1}	Zn _{AFeO1}	Zn _{KFeO1}	Zn _{OS1}	Cu _{OS1}	Ca _b
Ca _b	-0.086	-0.018	-0.034	-0.373	-0.187	-0.429*	-0.525**	0.024	-0.045	-0.105	0.214	0.118	
Mg _b	-0.151	0.035	-0.206	0.002	-0.129	-0.237	0.139	0.009	0.090	-0.022	-0.193	-0.273	0.062
	YMn ₂ [†]	YZn ₂	YCu ₂	TP ₂	YP ₂	DNa ₂	DK ₂	Zn _{Car2}	Zn _{AFeO2}	Zn _{KFeO2}	Zn _{OS2}	Cu _{OS2}	Ca _b
Ca _b	-0.406*	-0.151	-0.231	-0.535**	-0.284	-0.360	-0.566**	0.217	-0.155	-0.249	0.233	-0.042	
Mg _b	-0.135	0.011	-0.239	-0.002	-0.076	-0.209	0.163	0.073	0.061	-0.268	-0.220	-0.312	0.062

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), [†]1: 0-20 cm derinlik, [†]2: 20-40 cm derinlik, YMn, YZn, YCu: Yarayırlı, DTPA; DNa, DK: Çözünebilir+değişebilir; TP: Toplam; YP: Yarayırlı, Olsen; Car: karbonatlara bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfütlere bağlı fraksiyon, b: bitki

Bahçelerden alınan yaprak örnekleri ile Gelendost yüzey Çizelge 4.68’de verilmiştir. (0-20 cm) topraklarının özellikleri arasındaki ilişkilere ait Spearman’s rho katsayıları verilmiştir. Bitki P içeriği ile kum arasında (-0.401) negatif korelasyon, bitki K içeriği ile organik madde arasında (0.400) pozitif korelasyon bulunmuştur. Bitki Fe içeriği ile toprak toplam Mn içeriği (-0.495), toprak toplam Cu içeriği (-0.415), toprak toplam Fe içeriği (-0.421), kum (-0.522) ve KDK (-0.410) arasında negatif ilişkiler belirlenmiştir. Bitki Cu içeriği ile kum (-0.388) ve toprak çözünebilir+değişebilir Ca (-0.419) arasında negatif korelasyonlar saptanmıştır. Bitki Zn içeriği ile toprak toplam Cu içeriği (-0.375), bitki Mn içeriği ile DTPA-Fe arasında da negatif ilişkiler olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.68. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 0-20 cm derinlikten alınan topraklar özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	N _b	P _b	K _b	Fe _b	Cu _b	Zn _b	Mn _b
YFe	-0.371	0.059	0.218	0.142	-0.155	-0.337	-0.383*
TMn	-0.034	0.340	0.031	-0.495**	0.237	0.067	0.007
TZn	-0.145	0.102	-0.059	-0.370	-0.217	-0.234	-0.253
TCu	-0.099	0.117	-0.147	-0.415*	-0.286	-0.375*	-0.324
TFe	-0.153	0.283	0.088	-0.421*	0.128	-0.008	-0.086
pH	0.124	0.136	-0.245	-0.352	0.280	0.152	0.233
EC	0.135	-0.134	-0.076	-0.119	-0.344	0.172	0.030
CaCO ₃	0.272	0.170	-0.133	0.169	0.081	0.367	0.067
OM	0.110	0.239	0.400*	-0.209	-0.172	0.072	0.195
Kum	-0.097	-0.401*	0.143	0.263	-0.388*	-0.321	-0.045
Kil	0.224	0.130	0.015	-0.522**	0.196	0.180	0.213
Silt	-0.060	0.272	-0.166	0.124	0.189	0.217	-0.036
N	0.110	0.239	0.400*	-0.209	-0.172	0.072	0.195
DCa	-0.168	0.022	0.265	0.016	-0.419*	-0.200	-0.086
DMg	-0.111	0.344	0.025	-0.239	0.082	0.101	-0.070
KDK	0.325	0.066	-0.011	-0.410*	0.170	0.279	0.337
P _b	0.079						
K _b	-0.400*	0.161					
Fe _b	-0.283	-0.353	0.058				
Cu _b	0.371	0.267	-0.205	-0.089			
Zn _b	0.487**	0.485**	0.084	-0.236	0.456*		
Mn _b	0.122	0.065	0.341	-0.212	0.288	0.472*	

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), **Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü) YFe: Yarayışlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünabilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, Nb, Pb, Kb, Fe_b, Cu_b, Zn_b, Mn_b: bitki

Yaprak örneklerine ait özellikler arasındaki ilişkilere bakıldığında; bitki N içeriği ile Zn içeriği (0.487) arasında pozitif, K içeriği (-0.400) arasında negatif korelasyon görülmüştür. Bitki Cu içeriği ile Zn içeriği (0.456) ve bitki Zn içeriği ile Mn içeriği (0.472) arasında pozitif ilişkiler saptanmıştır.

Yaprak örneklerinin bitki besin elementi içeriği ile yüzey Gelendost yüzey topraklarının Cu ve Zn fraksiyonları arasındaki ilişkiler Çizelge 4.69'da verilmiş ve bu ilişkiler incelendiğinde; bitki Fe içeriği ile Cu_{Car} (-0.380), Cu_{AFeo} (-0.472), Cu_{KFeO} (-0.397) ve Cu_R (-0.476) arasında negatif korelasyonlar belirlenmiştir. Bitki Cu içeriği ile Zn_{MnO} (-0.468) ve Cu_{MnO} (-0.402), bitki Mn içeriği ile Zn_{MnO} (-0.446) arasında negatif ilişkiler olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.69. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 0-20 cm derinlikten alınan toprakların fraksiyonları arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	N _b	P _b	K _b	Fe _b	Cu _b	Zn _b	Mn _b
Zn _{WE}	-0.129	-0.050	-0.014	-0.008	-0.154	0.049	-0.305
Cu _{WE}	0.091	0.093	-0.139	-0.367	-0.350	-0.148	-0.297
Cu _{Car}	0.015	-0.043	-0.248	-0.380*	-0.223	-0.182	-0.332
Zn _{MnO}	-0.118	-0.159	-0.172	-0.152	-0.468*	-0.253	-0.446*
Cu _{MnO}	0.078	0.020	0.011	-0.287	-0.402*	-0.054	-0.029
Cu _{AFeO}	0.043	0.095	-0.142	-0.472*	-0.320	-0.257	-0.219
Cu _{KFeO}	-0.152	0.257	-0.237	-0.397*	0.006	-0.337	-0.368
Zn _R	-0.094	0.206	0.148	-0.354	0.169	0.046	0.359
Cu _R	-0.090	0.223	0.152	-0.476*	0.129	-0.013	0.227

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), **Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), WE: suda çözünür ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, R: bakiye fraksiyon Nb, Pb, K_b, Fe_b, Cu_b, Zn_b, Mn_b: bitki

Gelendost elma bahçesi yaprak örnekleri ile 20-40 cm derinlikten alınan toprakların genel özellikleri arasındaki ilişkilere ait Spearman's rho korelasyon katsayıları Çizelge 4.70'de gösterilmiştir. Bu ilişkilere ait korelasyon katsayıları; bitki P içeriği ile kum (-0.410) ve bitki Fe içeriği ile toprak toplam Mn (-0.458), toprak toplam Zn (-0.413), toprak toplam Cu (-0.523) ve toprak toplam Fe (-0.455) arasında negatif ilişkiler tespit edilmiştir.

Yaprak örneklerinin özellikleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde; bitki N içeriği ile K içeriği (-0.400) arasında negatif, bitki Zn içeriği (0.487) arasında pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Bitki P içeriği ile bitki Zn içeriği (0.485), bitki Cu içeriği ile bitki Zn içeriği (0.456) ve bitki Zn içeriği ile bitki Mn içeriği (0.472) arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur.

Çizelge 4.70. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 20-40 cm derinlikten alınan topraklar özellikleri arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	N _b	P _b	K _b	Fe _b	Cu _b	Zn _b	Mn _b
YFe	-0.218	0.257	-0.065	-0.053	0.102	-0.202	-0.305
TMn	-0.162	0.285	0.041	-0.458*	0.141	-0.027	-0.060
TZn	-0.155	0.153	0.023	-0.413*	-0.127	-0.084	-0.044
TCu	0.073	0.125	-0.272	-0.523**	-0.090	-0.136	0.021
TFe	-0.168	0.211	0.058	-0.455*	0.145	-0.012	-0.014
pH	0.056	-0.010	-0.016	-0.131	0.289	0.050	0.144
EC	0.104	-0.108	-0.145	-0.105	-0.329	0.132	0.087
CaCO ₃	0.220	0.108	-0.067	0.182	0.064	0.228	-0.018
OM	0.042	0.215	0.008	-0.293	-0.060	0.061	0.259
Kum	-0.130	-0.410*	0.122	0.344	-0.315	-0.325	-0.138
Kil	0.238	0.192	0.025	-0.567**	0.209	0.224	0.322
Silt	0.008	0.318	-0.088	0.050	0.119	0.218	-0.070
N	0.042	0.215	0.008	-0.293	-0.060	0.061	0.259
DCa	0.200	0.004	-0.082	0.106	-0.112	-0.025	-0.091
DMg	0.030	0.206	0.011	-0.248	0.063	0.040	-0.172
KDK	0.188	0.089	-0.136	-0.366	0.124	0.095	0.117
P _b	0.079						
K _b	-0.400*	0.161					
Fe _b	-0.283	-0.353	0.058				
Cu _b	0.371	0.267	-0.205	-0.089			
Zn _b	0.487**	0.485**	0.084	-0.236	0.456*		
Mn _b	0.122	0.065	0.341	-0.212	0.288	0.472*	

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), **Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü) YFe: Yarayışlı, DTPA; TMn, TZn, TCu, TFe: Toplam, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, DCa, DMg: Çözünabilir+değişebilir, N: Azot, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, Nb, Pb, Kb, Feb, Cub, Znb, Mnb: bitki

Gelendost yüzey topraklarına ait Cu ve Zn fraksiyonları ile yaprak örneklerinin besin elementi içerikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları Çizelge 4.71'de gösterilmiştir. Bu ilişkiler incelendiğinde; bitki P içeriği ile Cu_{KFeO} (0.419) ve Zn_R (0.376) arasında pozitif ilişkiler saptanmıştır. Yaprakların Fe içeriği ile Cu_{WE} (-0.410), Cu_{Car} (-0.418), Cu_{AFeO} (-0.563), Zn_R (-0.493) ve Cu_R (-0.562) arasında negatif korelasyonlar belirlenmiştir. Bitki Cu içeriği ile Zn_{MnO} (-0.523) arasında da negatif bir ilişki olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.71. Gelendost elma bahçeleri yaprak örnekleri ile 20-40 cm derinlikten alınan toprakların fraksiyonları arasındaki ilişkiler (Spearman's rho korelasyon)

	N _b	P _b	K _b	Fe _b	Cu _b	Zn _b	Mn _b
Zn _{WE}	-0.115	-0.040	-0.021	-0.013	-0.134	0.077	-0.287
Cu _{WE}	-0.008	-0.025	-0.231	-0.410*	-0.149	-0.091	-0.063
Cu _{Car}	-0.015	-0.024	-0.362	-0.418*	-0.178	-0.242	-0.280
Zn _{MnO}	-0.243	-0.286	-0.018	0.053	-0.523**	-0.189	-0.366
Cu _{MnO}	0.014	-0.177	-0.086	-0.184	-0.366	-0.128	-0.164
Cu _{AFeO}	0.107	0.150	-0.236	-0.563**	-0.124	-0.158	-0.030
Cu _{KFeO}	-0.073	0.419*	-0.296	-0.303	0.153	-0.213	-0.191
Zn _R	-0.035	0.376*	0.012	-0.493**	0.155	-0.010	0.125
Cu _R	0.049	0.321	0.000	-0.562**	0.186	-0.026	0.235

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), **Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2 yönlü), WE: suda çözünür ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, R: bakiye fraksiyon Nb, Pb, K_b, Fe_b, Cu_b, Zn_b, Mn_b: bitki

4.5.7. Elma bahçesi topraklarına ait korelasyon analizlerinin değerlendirilmesi

Yapılan korelasyon analizine göre, Eğirdir yüzey topraklarında toprak özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları; DTPA-Mn ile DTPA-Zn için (0.474), DTPA-Zn ile DTPA-Cu için (0.528), DTPA-Zn ile Olsen-P için (0.646), toplam Zn ile toplam Fe için (0.855), DTPA-Cu ile Olsen-P için (0.439) olarak belirlenmiştir. Özellikle yarayışlı P ile DTPA-Cu ve DTPA-Zn arasındaki pozitif korelasyonlar topraklara uygulanan fosforlu gübrelerin bu iki elementin yarayışlı miktarları üzerinde etkili olduğunu ve Olsen-P ile DTPA-Zn arasındaki korelasyon katsayısının, Olsen-P ile DTPA-Cu arasındaki korelasyon katsayısından daha yüksek olmasının fosforlu gübrenin DTPA-Zn üzerinde daha etkili olduğu ve DTPA-Cu'nun tek kaynağının fosforlu gübre olmadığını göstermektedir. DTPA-Zn ile DTPA-Cu arasındaki pozitif ilişki bu iki elementin aynı kaynaklardan gelmiş olabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca yapraktan uygulanan mikro element gübrelerinin yapraktan toprağa akışının olması ve gübre ve fungusit uygulanan yaprakların dökülerek tekrar toprağa bu elementleri ilave etmesi anlamına da gelebilmektedir. Yarayışlı Cu üzerinde hem fosforlu ve mikro element gübresi hem de Cu bazlı fungusitlerin etkisinin olduğunu göstermektedir. Toprakların Cu ve Zn ile P içerikleri arasındaki pozitif ilişki, yüksek miktarlarda ağır metal ilavesinin toprak pH'sında azalmaya neden olması ile de açıklanabilmektedir. Yıl içerisinde sıklıkla yapılan Cu preparat uygulamaları ve damla sulama sistemlerinde zaman zaman yapılan asit uygulamaları toprak pH'sını farklı reaksiyonlar sonucu düşürmektedir. Toprak pH'sının yıl içerisinde bu uygulamalarla

geçici olarak düşmesi özellikle kireçli topraklarda Ca-P formları şeklinde çökelme eğiliminde olan P'nin yarayırlılığında artışa neden olmaktadır. Olsen-P ile Zn_{Car} (0.583) arasındaki pozitif korelasyon ise fosforlu gübreleme ile toprağa fazla miktarda ilave olan Zn'nin toprakta miktarı fazla derecede arttığında en yarayırlıdan en yarayırsıza doğru (WE, Car, MnO, AFeO, KFeO, OS ve R) bir sıralama izleyerek fraksiyonlara bağlanmakta ve toprak bu şekilde fazla miktarda bulunan elementleri tamponlamaktadır. Bu ilişki de fosforlu gübrenin Car fraksiyonuna bağlı olan Zn miktarı üzerinde etkili olduğunu ve yarayırlı P miktarı arttıkça Zn elementinin bu fraksiyonunda da artış olduğunu göstermektedir.

Toplam P ile çözünebilir+değişebilir Na (0.568), toplam P ile çözünebilir+değişebilir K (0.451) arasındaki pozitif korelasyonlar, bu lokasyonda sulamanın ağırlıklı olarak Eğirdir gölünden yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira bu göl ötrafikasyon sürecinde olan ve çevresinde yer alan yerleşimlerin evsel-lağım atıklarından kaynaklanan bir kirlilik yükü altındadır. Şener (2012), Eğirdir Gölü havzası içerisinde bulunan yerleşim alanlarının hiç birinde katı atık düzenli depolama tesisi bulunmadığını ve havzadaki tüm yerleşimlere ait atıkların kendi imkanları havza içerisindeki açık arazilere bıraktığını ve tarımsal faaliyetler sonucu çalışma alanında pestisitlerin kullanıldığını belirtmiştir. Ayrıca gölün güneyinde su kalite sınıfına göre toplam P açısından yüksek değerler görülmüştür. Bu sebeple gübreleme harici toprağa sulama ile P ilavesi olmaktadır. Şener (2012), göl pH'sının 6.5-8.5 arasında değiştiğini ve yıllara göre pH'da gitgide artma olduğunu saptamıştır. Bu durumda da göl suyunda çözülmüş katyonlarda Na ve kısmen K'nın ağırlığı söz konusudur. Sulama ile birlikte göreceli olarak daha fazla Na ilavesi göl suyundan beraberinde P ilavesini de getirdiğinden, çözünebilir+değişebilir Na/K ile toplam P arasında önemli korelasyonlar olduğu şeklinde değerlendirilmiştir.

DTPA-Mn ile DTPA-Zn için (0.474) ve toplam Zn ile toplam Fe için (0.855) arasındaki pozitif korelasyonlar, Eğirdir topraklarındaki indirgen koşullardan dolayı topraktaki yarayırlı ve toplam Fe ve Mn miktarı artmaktadır. Aynı zamanda yarayırlı Cu ve Zn elementlerinde de artışa neden olmaktadır. Redüksiyon sonrasında indirgenen Fe (III) ve Mn (IV) oksitler çözeltideki Fe^{+2} ve Mn^{+2} miktarını artırmaktadır. Bu elementlerin yanında yüksek redoks potansiyeli (Eh) değerine göre düşük pH ve Eh değerinde ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Cu ve Zn miktarının da daha

yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Çünkü indirgen koşullarda redoks potansiyeli normal topraklara göre düşüktür (Gökmen ve Uygur, 2022).

DTPA-Zn ile Zn_{Car} için (0.876) ve DTPA-Zn ile Zn_{AFeO} için (0.609) bulunan pozitif korelasyon katsayıları tarımsal faaliyetlerden sonucu toprakta biriken yarayışlı Zn'nin AFeO fraksiyonundan önce Car fraksiyonuna bağlandığını göstermektedir. Eğirdir yüzey topraklarının içinde $CaCO_3$ içeriği yüksek olan topraklar vardır ve genel olarak $CaCO_3$ içeriği %0.385-31.2 arasında değişmektedir. Bu sebeple Zn elementi Car fraksiyonuna bağlanmaktadır. Aynı zamanda sonradan topraklara yapılan yapılan uygulamaları gösteren ve bitkiye yarayışlılığı düşük olan fraksiyon olan AFeO, topraktaki yarayışlı Zn'yi kendi bağlamaktadır. Ayrıca indirgen koşullarda AFeO fraksiyonun çözünürlüğü artmakta ve Zn bu fraksiyona bağlanarak çökelmektedir.

DTPA-Cu ile Zn_{Car} için (0.626), DTPA-Cu ile Cu_{OS} için (0.456), Cu_{WE} ile toplam Cu için (0.463), Cu_{Car} ile toplam Cu için (0.639), Zn_{MnO} ile toplam Cu için (0.404), Cu_{MnO} ile toplam Cu için (0.402), Cu_{AFeO} ile toplam Cu için (0.910), Cu_{KFeO} ile toplam Cu için (0.629) pozitif ilişkiler saptanmıştır. Bakır ve Zn'ye ait yarayışlılığı yüksek olan WE, Car, MnO fraksiyonları topraktaki Cu elementinin toplam ve yarayışlı miktarları ile pozitif ilişkiler göstermiştir. DTPA-Cu ve DTPA-Zn arasındaki ilişkiden dolayı aynı kaynaktan gelmiş olabilecekleri söylenmiştir. Toplam Cu ile DTPA-Cu birbirleriyle ilişkili olduğu için toplam Cu ile Zn fraksiyonu (Zn_{MnO}) arasında pozitif korelasyonlar bulunmuştur. DTPA-Cu ile Zn fraksiyonu (Zn_{Car}) ile de pozitif korelasyonlar görülmüştür. Toplam Cu ile Cu elementine ait AFeO ve KFeO fraksiyonlarıyla pozitif ilişkilere sahiptir. Topraktaki kirlenme sonucu toplam Cu miktarında da artış olmaktadır ve toplam Cu yarayışlı ve yarayışsız Cu fraksiyonları ile ilişkilidir. Toplam Cu miktarı arttıkça, Cu elementinin AFeO ve KFeO fraksiyonlarında da artış olmuştur. Zn_{WE} ile DTPA-Fe için (0.644), Zn_{MnO} ile DTPA-Fe için (0.565), Zn_R ile toplam Fe için (0.826) olarak belirlenen korelasyon katsayıları indirgen koşullardan kaynaklanabilmektedir.

Fraksiyonların kendi aralarındaki ilişkilere bakıldığında; Zn_{Car} ile Zn_{AFeO} için (0.479), Zn_{AFeO} ile Zn_{KFeO} (0.520), Zn_{AFeO} ile Zn_{OS} için (0.543) ve Zn_{KFeO} ile Zn_{OS} için (0.482) olarak bulunmuştur. Cu_{WE} ile Cu_{Car} için (0.794), Cu_{WE} ile Cu_{AFeO} için (0.574), Cu_{Car} ile Cu_{AFeO} için (0.621) ve Cu_{AFeO} ile Cu_{KFeO} için (0.649) pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

Bu ilişkiler fraksiyonlar arasında geçiş olduğunu göstermektedir. Örneğin Zn elementi için; toprakta fazla miktarda bulunan yarayışlı Zn, Car fraksiyonuna bağlanmakta, bu fraksiyonun kapasitesini aştığında diğer fraksiyonlara bağlanmaktadır. Burada Car, AFeO, KFeO, OS şeklinde yarayışlıdan az yarayışlıya doğru bir geçiş olmuş ve aynı zamanda Zn elementinin bir fraksiyonu artarken diğer fraksiyonunda da artış görülmüştür. Bu da ortamda fazla miktarda antropojenik kaynaklı Zn olduğu gösterebilmektedir. Zn_{MnO} ile Cu_{MnO} (0.704) arasındaki yüksek pozitif korelasyon, bir elementin yarayışlılığı yüksek olan fraksiyonu artarken diğerinde de artış olduğunu ve iki elementin de aynı kaynaktan gelebileceğini göstermektedir.

Yapılan korelasyon analizine göre, Gelendost yüzey topraklarının genel özellikleri arasındaki ilişkiler, DTPA-Zn ile DTPA-Cu için (0.769), DTPA-Zn ile toplam P için (0.767), DTPA-Zn ile Olsen-P için (0.616), DTPA-Cu ile toplam P için (0.686), DTPA-Cu ile Olsen-P için (0.553), toplam P ile Olsen-P için (0.803) olarak bulunmuştur. Olsen-P ile DTPA-Cu ve DTPA-Zn arasındaki pozitif korelasyonlar topraklara uygulanan fosforlu gübrelerin bu iki elementin yarayışlı miktarları üzerinde etkili olduğunu ve Olsen-P ile DTPA-Zn arasındaki korelasyon katsayısının, Olsen-P ile DTPA-Cu arasındaki korelasyon katsayısından daha yüksek olmasının fosforlu gübrenin DTPA-Zn üzerinde daha etkili olduğu ve DTPA-Cu'nun tek kaynağının fosforlu gübre olmadığını göstermektedir. DTPA-Zn ile DTPA-Cu arasındaki pozitif ilişki bu iki elementin aynı kaynaklardan gelmiş olabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca yapraktan uygulanan mikro element gübrelerinin yapraktan toprağa akışının olması ve gübre ve fungusit uygulanan yaprakların dökülerek tekrar toprağa bu elementleri ilave etmesi anlamına da gelebilmektedir. Yarayışlı Cu üzerinde hem fosforlu ve mikro element gübresi hem de Cu bazlı fungusitlerin etkisinin olduğunu göstermektedir.

Olsen-P ile Zn_{Car} (0.476), Olsen-P ile Zn_{AFeO} için (0.610), Olsen-P ile Zn_{KFeO} için (0.360) arasındaki pozitif korelasyonlar ise fosforlu gübreleme ile toprağa fazla miktarda ilave olan Zn'nin toprakta miktarı fazla derecede arttığında en yarayışlıdan en yarayışsızına doğru (WE, Car, MnO, AFeO, KFeO, OS ve R) bir sıralama izleyerek fraksiyonlara bağlanmakta ve toprak bu şekilde fazla miktarda bulunan elementleri tamponlamaktadır. Bu ilişkiler fosforlu gübrenin Car, AFeO, KFeO fraksiyonuna bağlı olan Zn miktarı üzerinde etkili olduğunu ve yarayışlı P miktarı arttıkça Zn elementinin

bu fraksiyonlarında da artış olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Olsen-P ile Cu_{O} (0.389) arasında da pozitif korelasyon görülmüştür. Topraklara yüksek miktarlarda Zn girdisi olduğunda bu Zn adsorpsiyon/çökeltme reaksiyonları ile tamponlanmaktadır. Taban gübresi uygulamaları yapıldığında özellikle DAP gibi asidik ve P'den dolayı yüksek ağır metal yüküne sahip olan gübrelerde gübre taneciğinin çevresindeki çözeltide son derece ekstrem değişimler olmaktadır. Lindsay (1979)'un bildirdiğine göre DAP gübresinin taneciğinin etrafında gübrenin çözünme sürecinde çözelti pH'sı 2 civarına düşebilmektedir. Bu durum aynı zamanda pH ile çözünürlüğü artan Fe/Al ve Mn oksitlerin sonraki süreçte tekrar çökmesi neticesinde bu oksitlerle özellikle başlangıçta amorf oksitlerle bir arada bulunma eğilimindedir. Sonraki süreçte ise pH etkisiyle başlangıçta artan Ca, yükselen pH ile ve derinliklerde artan CO_2 kısmi basıncı ile karbonatlar şeklinde çökeltme eğiliminde olabilir. Bu açıdan çöken fazların stabilitesi değerlendirildiğinde Zn (hidroksi) karbonatlar kireçli ortamlarda stabil katı fazlardır (Lindsay, 1979; Uygur ve Rimmer, 2000; Kaya ve Uygur, 2019). Bu süreçte toprağın karbonat miktarı ve fiziksel boyutları son derece önemlidir. Genelde killi topraklarda özellikle aktif karbonatların bulunması Zn_{Car} fraksiyonunun oluşumunu teşvik edebilir. Tanecik çapı 14 μm ve 2 μm olan kasitin tanecik çapı daha küçük olan kalsitin daha yüksek miktarda Zn adsorbe ettiği ve denge çözeltisinin genellikle Zn hidroksi karbonat ile dengede olma eğilimi gösterdiği bildirilmiştir.

DTPA-Zn ile Zn_{Car} için (0.791), DTPA-Zn ile Zn_{AFeO} için (0.961), DTPA-Zn ile Zn_{KFeO} için (0.580), DTPA-Cu ile Zn_{Car} için (0.557), DTPA-Cu ile Zn_{AFeO} için (0.763) bulunan pozitif korelasyon katsayıları; toprakta yarayışlı Zn miktarı arttıkça Zn elementine ait Car, AFeO, KFeO fraksiyonlarında da artış olduğunu ve yarayışlı Zn'nin bu fraksiyonlara bağlandığını göstermektedir. DTPA-Cu ile DTPA Zn pozitif ilişkili olduğu için DTPA-Cu, Zn_{Car} ve Zn_{AFeO} ile de pozitif ilişkiye sahip olmuş ve topraktaki yarayışlı Cu miktarı arttıkça Zn elementinin bu fraksiyonlarında da artış olmuştur. Fosforlu gübreden kaynaklı yarayışlı Cu ve Zn içerikleri topraklarda arttıkça bu fraksiyonlara bağlanan Zn miktarında da artma görülmüştür.

Cu_{WE} ile toplam Zn için (0.629), Cu_{Car} ile toplam Zn için (0.469), Cu_{MnO} ile toplam Zn için (0.574), Cu_{AFeO} ile toplam Zn (0.739), Cu_{KFeO} ile toplam Zn için (0.607) ve Zn_{MnO} ile toplam Zn için (0.648) pozitif ilişkiler bulunmuştur. DTPA-Zn ile DTPA-Cu arasındaki pozitif ilişkinin yanında toplam Zn ile Cu elementine ait WE, Car, MnO,

AFeO, KFeO fraksiyonları arasında da pozitif korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir. Toplam Zn ile MnO fraksiyonuna bağlı Zn arasında da pozitif korelasyon saptanmıştır.

Cu_{WE} ile toplam Cu için (0.793), Cu_{Car} ile toplam Cu için (0.712), Cu_{MnO} ile toplam Cu için (0.677), Cu_{KFeO} ile toplam Cu için (0.770) ve Zn_{MnO} ile toplam Cu için (0.526) saptanan pozitif ilişkiler, toprakta tarımsal faaliyetlerden dolayı sadece yarayışlı değil toplam Cu miktarı da artmakta ve Cu miktarı arttıkça yarayışlıdan yarayışsız fraksiyona doğru Cu elementi bağlanmaktadır. Toplam Cu miktarı arttıkça bu fraksiyonların miktarı da artmaktadır. Ayrıca toplam Cu'nun MnO fraksiyonuna bağlı Zn elementi miktarı üzerinde de önemli pozitif bir etkisi vardır.

Bakır ve Zn'ye ait yarayışlılığı yüksek olan WE, Car, MnO fraksiyonları topraktaki Cu elementinin toplam ve yarayışlı miktarları ile pozitif ilişkiler göstermiştir. DTPA-Cu ve DTPA-Zn arasındaki ilişkiden dolayı aynı kaynaktan gelmiş olabilecekleri söylenmiştir. Toplam Cu ile DTPA-Cu birbirleriyle ilişkili olduğu için toplam Cu ile Zn fraksiyonu (Zn_{MnO}) arasında pozitif korelasyonlar bulunmuştur. DTPA-Cu ile Zn fraksiyonu (Zn_{Car}) ile de pozitif korelasyonlar görülmüştür. Toplam Cu ile Cu elementine ait AFeO ve KFeO fraksiyonlarıyla pozitif ilişkilere sahiptir. Topraktaki kirlenme sonucu toplam Cu miktarında da artış olmaktadır ve toplam Cu yarayışlı ve yarayışsız Cu fraksiyonları ile ilişkilidir. Toplam Cu miktarı arttıkça, Cu elementinin AFeO ve KFeO fraksiyonlarında da artış olmuştur.

Gelendost yüzey topraklarında; Zn_{WE} ile Zn_{MnO} için (0.511), Zn_{Car} ile Zn_{AFeO} için (0.833), Zn_{Car} ile Zn_{KFeO} için (0.779), Zn_{AFeO} ile Zn_{KFeO} (0.695) ve Zn_{KFeO} ile Zn_{OS} için (0.385) olarak pozitif korelasyonlar bulunmuştur. Bu ilişkiler fraksiyonlar arasında geçiş olduğunu göstermektedir. Örneğin Zn elementi için; toprakta fazla miktarda bulunan yarayışlı Zn, WE fraksiyonuna bağlanmakta, bu fraksiyonun kapasitesini aştığında diğer fraksiyonlara bağlanmaktadır. Burada Car, MnO, AFeO, KFeO, OS şeklinde yarayışlıdan az yarayışlıya doğru bir geçiş olmuş ve aynı zamanda Zn elementinin bir fraksiyonu artarken diğer fraksiyonunda da artış görülmüştür.

Gelendost topraklarında fraksiyonlar arası korelasyonlar; Cu_{WE} ile Cu_{Car} için (0.700), Cu_{WE} ile Cu_{MnO} için (0.758), Cu_{WE} ile Cu_{AFeO} için (0.828), Cu_{WE} ile Cu_{KFeO} için (0.505), Cu_{Car} ile Cu_{MnO} için (0.562), Cu_{Car} ile Cu_{AFeO} için (0.662), Cu_{Car} ile Cu_{KFeO}

için (0.484), Cu_{MnO} ile Cu_{AFeO} için (0.752), Cu_{MnO} ile Cu_{KFeO} için (0.380), Cu_{AFeO} ile Cu_{KFeO} için (0.655), Cu_{AFeO} ile Cu_R için (0.536) ve Cu_{KFeO} ile Cu_R için (0.517) olarak belirlenmiştir. Cu elementi için OS fraksiyonu dışında tüm fraksiyonlar arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Toprakta yayılsı Cu miktarı arttıkça Cu elementi bu fraksiyonlara bağlanmakta ve bir fraksiyondaki miktarı artarken diğer fraksiyondaki miktarında da artış olmaktadır. Örneğin WE fraksiyonu; Car, MnO, AFeO ve KFeO fraksiyonlarıyla ilişkili bulunmuştur. Bu da fraksiyonlar arasında en hareketliden az hareketliye doğru geçiş olduğunu ve toprakta yüksek miktarda yayılsı Cu olabileceğini göstermektedir.

Zn_{WE} ile Cu_{Car} için (0.380), Cu_{WE} ile Zn_{MnO} için (0.650), Cu_{Car} ile Zn_{MnO} için (0.552), Zn_{MnO} ile Cu_{MnO} için (0.673), Zn_{MnO} ile Cu_{AFeO} için (0.574) ve Zn_R ile Cu_R için (0.819) pozitif korelasyonlar bulunmuştur. DTPA-Cu ile DTPA-Zn arasında pozitif korelasyon olduğu için bu elementlere ait fraksiyonlar arasında da pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

Eğirdir'den alınan yaprak örneklerinin P içeriği ile Zn_{WE} (0.462), Cu_{Car} (0.472), Zn_{MnO} (0.423) ve Cu_{MnO} (0.569) arasında pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Cu ve Zn elementlerinin yayılsı fraksiyonları ile bitkinin P içeriği arasındaki pozitif ilişki sonucu toprakta bu fraksiyonların miktarı arttıkça bitki P içeriğinde de dolaylı bir artış olmaktadır. Çünkü Cu ve Zn'nin toprakta yayılsı miktarının artmasına neden olan fosfordur.

Bitkiye ait Cu içeriği ile Zn_{MnO} (0.423) arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Yayılsı Cu ile Zn elementleri gübrelemeden dolayı benzer kaynaklardan topraklara ilave edildiği için Zn elementinin yayılsı olan MnO fraksiyonunun da bitkinin Cu elementi üzerinde pozitif bir etkisi vardır. Benzer şekilde bitki Mn içeriği ile Zn_{MnO} (0.436) arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Çünkü daha önce topraktaki DTPA-Mn ile DTPA-Zn arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. Dolaylı olarak Zn elementinin yayılsı fraksiyonu olan MnO toprakta arttıkça bitkinin Mn içeriğinde de artış olmaktadır. Sadece bitki Zn içeriği ile Zn_{WE} (-0.414) arasında negatif bir ilişki görülmüştür. Bunun nedeni, toprakta yüksek miktarda yayılsı Zn olmasına rağmen kökte Zn elementi engellenerek ağacın üst kısımlarına taşınmamaktadır. Nitekim bazı yaprak örneklerinin Zn içeriği yetersiz sınıfta yer almıştır.

Fosforlu gübrelerin Cu ve Zn elementleri açısından toprakta neden olabileceği Cu ve Zn kirliliğini gösterebilmek için fosforlu gübreler diğer gübreler ve pestisitlerle karşılaştırılmıştır. Fosforlu ve mikro bitki besin elementi gübresinin Cu ve Zn içeriklerine ait aralığın azotlu gübreler, pestisitler ve atmosferik birikimden yüksek olduğu ve bu gübrelerin toprakta bahsedilen iz metallerin birikimine katkısının daha fazla olabileceği görülmüştür (Senesi ve Polemio, 1981; Förstner, 1995; USEPA, 1999; Brigden vd., 2002; Saltalı vd., 2005; Molina vd., 2009; Kabata-Pendias, 2011; Alloway, 2013; Mertens ve Smolders, 2013; Benson vd., 2014; Saha vd., 2017). Ancak mikro bitki besin elementi gübresi genellikle yapraktan şelatlı formda uygulandığı için ve topraktan uygulandığında ise fosforlu gübrelere kıyasla daha az miktarda kullanılmasından dolayı, toprak için fosforlu gübreler daha fazla risk oluşturmaktadır.

Yapılan başka bir çalışmada; Isparta Atabey ovasındaki toprakların yarayışlı P içeriği açısından %60'dan fazlasının yeterlilik sınır değeri üzerinde olduğu, yarayışlı Cu içeriği açısından toprakların %78.57'sinin yeterlilik sınır değerinin 10 katının üzerinde olduğu; yarayışlı Zn içeriği ele alındığında toprakların %41.43'ünün yeterli, %25.71'inin fazla sınıfında olduğu ve yüksek miktarda yarayışlı Cu içeren toprakların neredeyse tamamının çok yıllık kiraz, şeftali ve elma bahçelerinde olduğu, gübrelemede yaygın olarak kullanılan elementlerin yarayışlı formları incelendiğinde Cu ile P (0.519, $p<0.01$), Zn ile P (0.711, $p<0.01$) ve Cu ile Zn (0.674, $p<0.01$) arasında pozitif korelasyonlar bulunmasının Cu ve Zn'nin başat olarak fosforlu gübrelerle ve mikro element karışımları şeklinde gübre veya tarımsal mücadele ilaçları (önemli miktarda Cu ve Zn içeren bordo bulamacı) ile toprağa ilave edilmiş olabileceği tespit edilmiştir (Durgun vd., 2017).

Kızılırmak deltasının batı kısmından alınan ağır bünyeye sahip yüzey topraklarında toplam Cu konsantrasyonunun yüksek olmasının Cu içeren pestisitlerin yaygın olarak uygulanmasından kaynaklanabileceği ve bazı topraklardaki yüksek Cu ve Zn içeriğinin yüksek oranda fosforlu gübre uygulaması ve yoğun tarım yapılması ile ilgili olabileceği (Kızılkaya vd., 2011) şeklinde yorumlanmıştır.

Terkedilmiş bakır madeni atıklarının olduğu yerden alınan toprak örneklerine (DTPA-Cu:7.53 mg/kg, DTPA-Zn:3.16 mg/kg) DAP (2300 mg P/kg toprak) uygulanarak inkübasyona bırakılmış, DAP uygulaması sonucu zamana bağlı olarak topraktaki

yarayışlı Cu miktarının arttığı ve bu artışın DAP'ın çözünmesiyle oluşan asitleştirmeden dolayı olabileceği (Khan ve Jones, 2009); kirliliğe maruz kalmış bir bölgeden alınan ve yüksek miktarda Cu ve Zn içeren kireçli toprakta yürütülen kolon denemesinde DAP gübresi uygulanması sonucu Cu ve Zn'nin topraktaki hareketliliğinin ve kontrol örneğine kıyasla değişebilir fraksiyondaki konsantrasyonunun arttığı (Jalali ve Moharami, 2010) bildirilmiştir.

4.6. Elma Bahçeleri Topraklarının Genel Özellikleri ile Cu ve Zn Fraksiyonlarına Ait Faktör Analizi

Elma bahçeleri topraklarına ait genel özellikler ile Cu ve Zn fraksiyonları için faktör analizi yapılırken, Açıklayıcı Faktör analizinin ön şartları olan Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) örnekleme yeterliliği ve Bartlett's Küresellik (Sphericity) testi sağlandıktan sonra bahsedilen faktör analizi yapılabilmektedir. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) örnekleme yeterliliği için bu değerin en az 0.5 olması gerekmektedir. 0.5'ten küçük olursa faktör analizinin sonuçları aradaki ilişkilerin açıklanabilmesi için pek yararlı olmamaktadır. Bartlett's Küresellik (Sphericity) testi için de $p < 0.05$ olmalıdır. Bu da faktör analizinin verilerimizle yararlı olabileceğini belirtmektedir. Faktör analizinde faktörler, korelasyon matrisinden yararlanılarak ve Temel Bileşenler (Principal Component) analiz yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Faktör sayısının belirlenmesinde ise 1'den büyük özdeğere sahip ve açıkladıkları yığımlı varyans en az %67 olan özdeğer sayısı kadar faktör seçilmiştir. Faktör yükleri Equimax rotasyonu ile döndürülmüştür. Sonuçlar Çizelge 4.66 – Çizelge 4.71 ve Şekil 4.1 – Şekil 4.5'de gösterilmiştir.

4.6.1. Eğirdir elma bahçeleri topraklarının genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonlarına ait faktör analizi

Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarına ait KMO ve Bartlett's testi sonuçları Çizelge 4.72'de gösterilmektedir. Yapılan faktör analizinin bu testlere göre uygun olduğu belirlenmiştir. Yapılan faktör analizinin bu testlere göre uygun olduğu belirlenmiştir. Çünkü KMO 0.5'ten büyük ve Bartlett's testi p değeri 0.05'ten küçüktür.

Çizelge 4.72. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde yapılan faktör analizine ait KMO ve Bartlett's Testi

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Örnekleme Yeterliliği		0.633
Bartlett's Küresellik Testi	Ki-kare	229
	sd	78.0
	p	0.000

Faktör sayısının belirlenmesinde ise 1'den büyük özdeğere sahip ve açıkladıkları yığımlı varyans en az %67 olan özdeğer sayısı kadar faktör seçilmiştir. Çizelge 4.73'e göre 3 adet temel bileşen seçilmiştir. Bu üç temel bileşen toplam varyansın %70'ini açıklamaktadır.

Çizelge 4.73. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerine ait temel bileşenlerin öz değerleri ve varyansı açıklama yüzdesi

Bileşen	Başlangıç Öz Değerler			Ekstrakte edilen yüklerin karelerinin toplamı			Döndürülmüş yüklerin karelerinin toplamı		
	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)
1	4.10	31.5	31.5	4.10	31.5	31.5	3.80	29.2	29.2
2	2.71	20.8	52.4	2.71	20.8	52.4	2.98	22.9	52.1
3	2.29	17.6	70.0	2.29	17.6	70.0	2.32	17.8	70.0
4	0.982	7.56	77.5						

*Ekstraksiyon metodu: Temel bileşen analizi

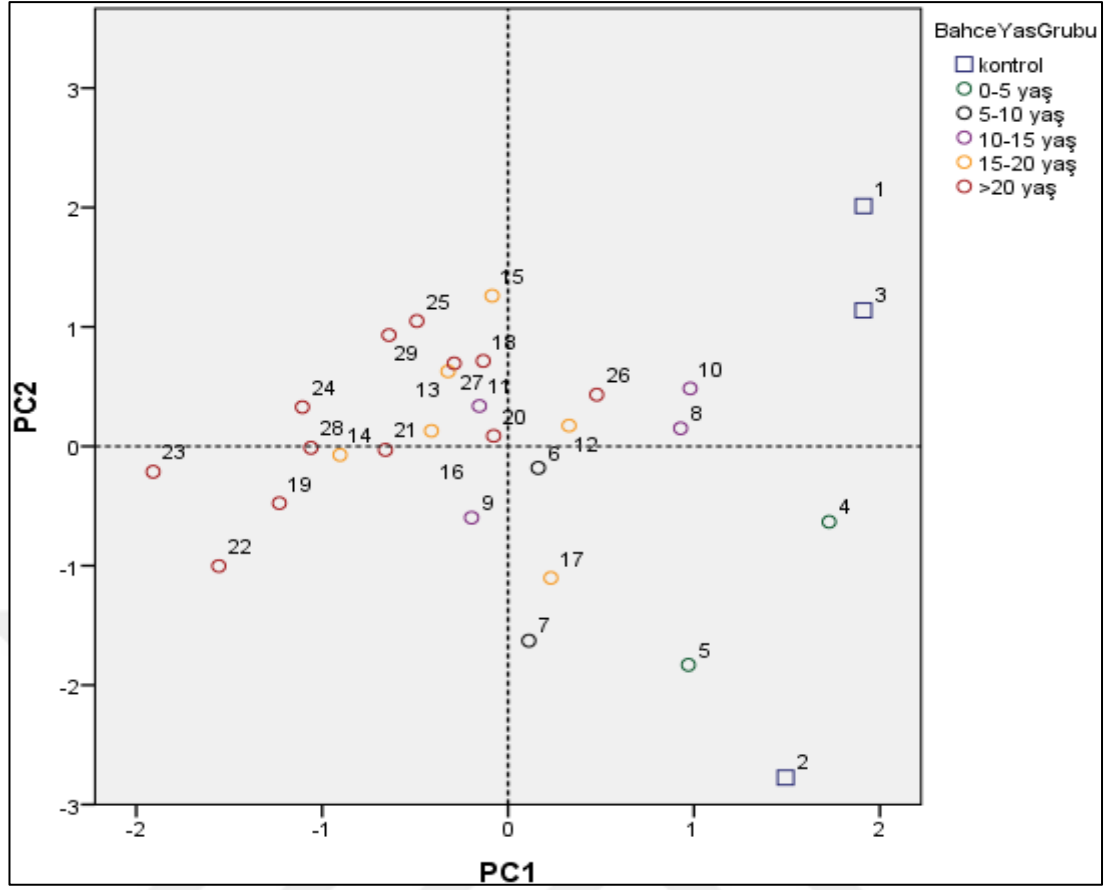
Seçilen temel bileşenlerle toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ve hangi toprak özelliğinin hangi bileşende yer aldığı Çizelge 4.74'de gösterilmiştir. 1. temel bileşenle DTPA-Zn, DTPA-Cu, Olsen-P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} ve Cu_{OS} arasında pozitif korelasyon, bahçe yaşı arasında negatif korelasyon bulunmaktadır. Özellikle 0.4'den büyük olan yükleme değerleri göz önünde bulundurulursa, 2. temel bileşenle DTPA-Mn, DTPA-Zn, toplam P, Olsen-P, çözünebilir+değişebilir Na, çözünebilir+değişebilir K arasında pozitif korelasyon olduğu görülmektedir. 3. temel bileşenle Zn_{AFeO} , Zn_{KFeO} , Zn_{OS} ve Cu_{OS} arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır.

Çizelge 4.74. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerine ait döndürülmüş bileşen matriksi

Toprak Özellikleri*	Bileşenler**		
	1	2	3
Bahçe yaşı	-0.832		
DTPA-Mn (mg/kg)		0.681	
DTPA-Zn (mg/kg)	0.776	0.508	0.145
DTPA-Cu (mg/kg)	0.864	-0.137	-0.256
Toplam P (mg/kg)		0.862	
Olsen-P (mg/kg)	0.540	0.611	-0.201
DNa (mg/kg)		0.768	-0.173
DK (mg/kg)	-0.262	0.543	0.342
Zn _{Car} (mg/kg)	0.847	0.251	
Zn _{AFeo} (mg/kg)	0.470	0.240	0.765
Zn _{KFeO} (mg/kg)			0.785
Zn _{OS} (mg/kg)		-0.151	0.865
Cu _{OS} (mg/kg)	0.661	-0.288	0.285
Toplam özdeğer	4.10	2.71	2.29
Varyans (%)	31.5	20.8	17.6
Kümülatif (%)	31.5	52.4	70.0

*DNa, DK: Çözünabilir+değişebilir baz içerikleri, Car: karbonatlara bağlı; AFeo: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfütlere bağlı fraksiyon, **Ekstraksiyon metodu: Temel bileşen analizi, Döndürme metodu: Kaiser normalizasyonu ile yapılan Equamax. 0.10'dan daha küçük değerler maskelenmiştir.

Şekil 4.1'de temel bileşen 1 ile temel bileşen 2 arasında yaş gruplarına göre toprak örneklerinin dağılımı verilmektedir. Bu şekilde Y eksenine paralel 0 noktasından geçen hattın negatif ucunda yani solunda yer alan topraklar PC1 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleri (bahçe yaşı) ile, hattın pozitif yani sağ ucunda yer alan topraklar PC1 ile pozitif korelasyon veren toprak özellikleri (DTPA-Zn, DTPA-Cu, Olsen-P, Zn_{Car}, Zn_{AFeo} ve Cu_{OS}) ile ilişkilidir. Aynı şekilde X eksenine paralel 0 noktasından geçen hattın negatif ucunda yani solunda yer alan topraklar PC2 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleri (DTPA-Cu, Zn_{OS}) ile, hattın pozitif yani sağ ucunda yer alan topraklar PC2 ile pozitif korelasyon veren toprak özellikleri (DTPA-Mn, DTPA-Zn, toplam P, Olsen-P, çözünabilir+değişebilir Na, çözünabilir+değişebilir K) ile ilişkilidir.

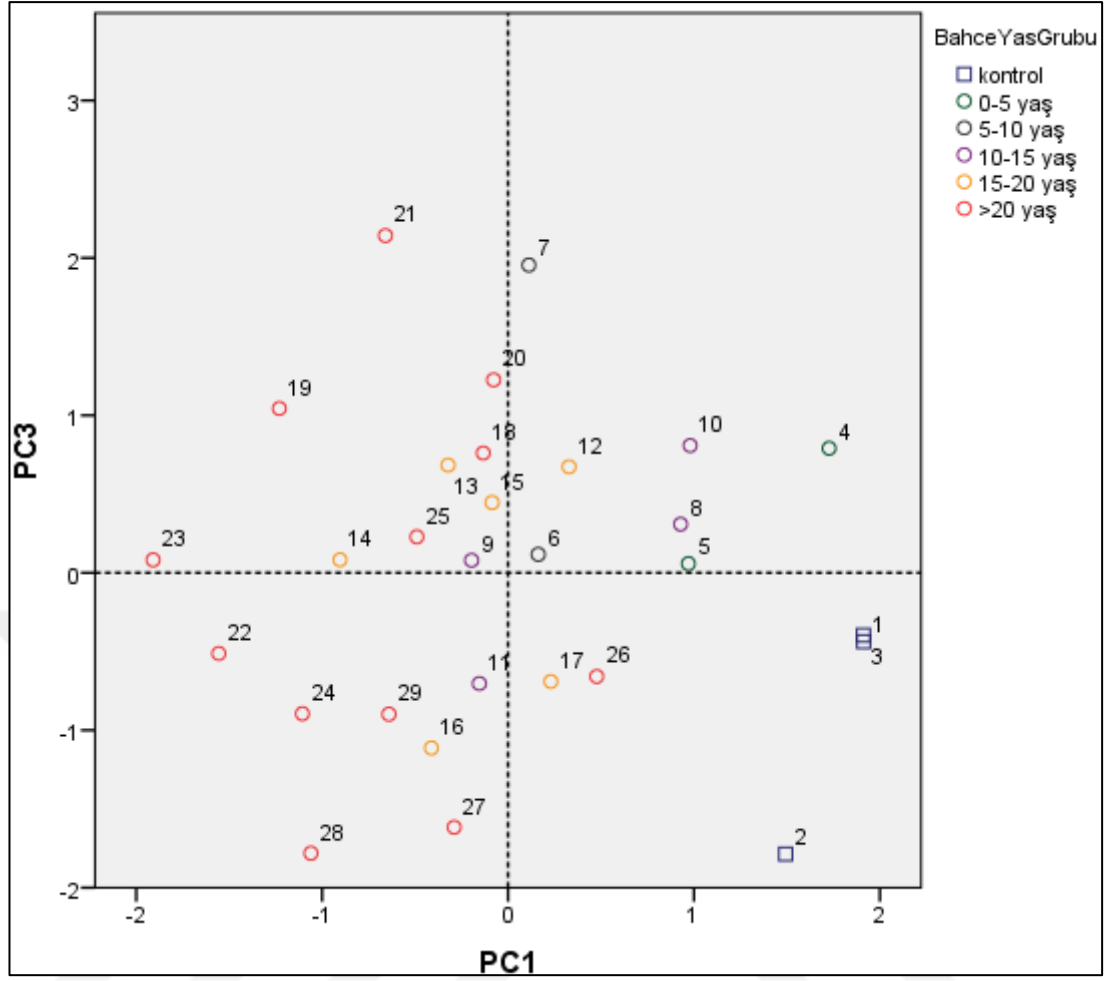


Şekil 4.1. Eğirdir 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine göre bileşen 1 ile bileşen 2 arasında dağılım grafiği

Dağılım grafiği incelendiğinde toprak örneklerinin geneli belli bir noktada bulunurken bazı toprak örnekleri aykırı davranarak farklı noktalarda yer almıştır. 1 nolu toprak örneği, grafiğe göre PC1 ile PC2'nin pozitif tarafında yer almaktadır. Ancak transformasyondan dolayı tam tersi ilişkiye sahiptir. Yani PC1 ve PC2 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleri ile ilişkilidir. 1 ve 3 nolu topraklar, kontrol grubunda olduğu için bahçe yaşı özelliği açısından PC1'in negatif kısmında yer almıştır. PC2 ile negatif yükleme değerine sahip Zn_{os} özelliği etkisiyle diğer topraklardan farklılık göstermektedir. 2 nolu toprak örneği, PC1 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı ve çözünebilir+değişebilir K, PC2 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Mn, Olsen-P, toplam P, çözünebilir+değişebilir Na ve K içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 4 nolu toprak örneği, PC1 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı, PC2 ile pozitif yükleme değerine sahip toplam P ve DTPA-Mn içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 5 nolu toprak örneği, PC1 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı ve çözünebilir+değişebilir K, PC2 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Mn, toplam P, Olsen-P ve çözünebilir+değişebilir K

içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 7 nolu toprak örneği, PC1'in neredeyse 0 noktasında yer almaktadır. PC2 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Mn, DTPA-Zn, toplam P, Olsen-P ve çözünebilir+değişebilir Na içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 15 nolu toprak örneği, PC1'in neredeyse 0 noktasında yer almaktadır. PC2 ile negatif yükleme değerine sahip DTPA-Cu, Zn_{OS} ve Cu_{OS} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 19 nolu toprak örneği, PC1 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Zn, DTPA-Cu, Olsen-P, Zn_{Car} ve Cu_{OS} içeriği, PC2 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Mn, toplam P, Olsen-P ve çözünebilir+değişebilir Na içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 22 nolu toprak örneği, PC1 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Zn, DTPA-Cu, Olsen-P, Zn_{Car} ve Cu_{OS} içeriği, PC2 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Mn, toplam P, Olsen-P ve çözünebilir+değişebilir Na ve K içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 23 ile 28 nolu toprak örnekleri, PC1 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Zn, DTPA-Cu, Olsen-P, Zn_{Car} ve Cu_{OS} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. PC2'nin neredeyse 0 noktasında yer almaktadır. 24 nolu toprak örneği, PC1 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Cu, Olsen-P, Zn_{Car} ve Cu_{OS} içeriği, PC2 ile negatif yükleme değerine sahip DTPA-Cu, Zn_{OS} ve Cu_{OS} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir.

Şekil 4.2'de temel bileşen 1 ile temel bileşen 3 arasında yaş gruplarına göre toprak örneklerinin dağılımı verilmektedir. Bu şekilde Y eksenine paralel 0 noktasından geçen hattın negatif ucunda yani solunda yer alan topraklar PC1 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleri (bahçe yaşı) ile, hattın pozitif yani sağ ucunda yer alan topraklar PC1 ile pozitif korelasyon veren toprak özellikleri (DTPA-Zn, DTPA-Cu, Olsen-P, Zn_{Car}, Zn_{AF_{Fe}O} ve Cu_{OS}) ile ilişkilidir. Aynı şekilde X eksenine paralel 0 noktasından geçen hattın negatif ucunda yani solunda yer alan topraklar PC3 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleri (DTPA-Cu, Olsen-P, çözünebilir+değişebilir Na) ile, hattın pozitif yani sağ ucunda yer alan topraklar PC3 ile pozitif korelasyon veren toprak özellikleri (Zn_{AF_{Fe}O}, Zn_{K_{Fe}O}, Zn_{OS} ve Cu_{OS}) ile ilişkilidir.



Şekil 4.2. Eğirdir 0-20 cm’den alınan toprakların özelliklerine göre bileşen 1 ile bileşen 3 arasında dağılım grafiği

Dağılım grafiği incelendiğinde toprak örneklerinin geneli belli bir noktada bulunurken bazı toprak örnekleri bazı özelliklerinden dolayı farklı noktalarda yer almıştır. 1, 2, 3, 22, 24, 27 ve 28 nolu toprak örnekleri, PC3 ile pozitif yükleme değerine sahip Zn_{AFEO} , Zn_{KFeO} ve Zn_{OS} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 3 nolu toprak örneği, PC3 ile negatif yükleme değerine sahip çözünabilir+değişebilir Na içeriği etkisi ile farklılık gösterirken, 7 nolu toprak örneği, PC3 ile negatif yükleme değerine sahip Olsen-P ve çözünabilir+değişebilir Na içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 19, 20 ve 21 nolu toprak örnekleri, PC3 ile negatif yükleme değerine sahip DTPA-Cu, Olsen-P ve çözünabilir+değişebilir Na içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir.

4.6.2. Gelendost elma bahçeleri topraklarının genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonlarına ait faktör analizi

Gelendost elma bahçesi yüzey topraklarına ait KMO ve Barlett's testi sonuçları Çizelge 4.75'de gösterilmektedir. Yapılan faktör analizinin bu testlere göre uygun olduğu belirlenmiştir. Çünkü KMO 0.5'ten büyük ve Barlett's testi p değeri 0.05'ten küçüktür.

Çizelge 4.75. Gelendost bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde yapılan faktör analizine ait KMO ve Bartlett's Testi

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Örnekleme Yeterliliği		0.717
Bartlett's Küresellik Testi	Ki-kare	342
	sd	78.0
	p	0.000

Faktör sayısının belirlenmesinde ise 1'den büyük özdeğere sahip ve açıkladıkları yığımlı varyans en az %67 olan özdeğer sayısı kadar faktör seçilmiştir. Çizelge 4.76'ya göre 4 adet temel bileşen seçilmiştir. Bu dört temel bileşen toplam varyansın %82.8'ini açıklamaktadır.

Çizelge 4.76. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerine ait temel bileşenlerin öz değerleri ve varyansı açıklama yüzdesi

Bileşen	Başlangıç Öz Değerler			Ekstrakte edilen yüklerin karelerinin toplamı			Döndürülmüş yüklerin karelerinin toplamı		
	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)
1	5.86	45.1	45.1	5.86	45.1	45.1	3.71	28.5	28.5
2	2.21	17.0	62.1	2.21	17.0	62.1	3.23	24.8	53.4
3	1.38	10.6	72.7	1.38	10.6	72.7	2.32	17.8	71.2
4	1.31	10.1	82.8	1.31	10.1	82.8	1.51	11.6	82.8
5	0.675	5.20	88.0						

*Ekstraksiyon metodu: Temel bileşen analizi

Seçilen temel bileşenlerle toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ve hangi toprak özelliğinin hangi bileşende yer aldığı Çizelge 4.77'de gösterilmiştir. 1. temel bileşenle DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Olsen-P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} , Zn_{KFeO} ve Zn_{OS} arasında pozitif korelasyon, bahçe yaşı arasında negatif korelasyon bulunmaktadır. Özellikle 0.4'den büyük olan yükleme değerleri göz önünde bulundurulursa, 2. temel bileşenle DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Olsen-P, Zn_{AFeO} , Cu_{OS} arasında pozitif korelasyon, bahçe yaşı arasında negatif korelasyon olduğu görülmektedir. 3. temel bileşenle

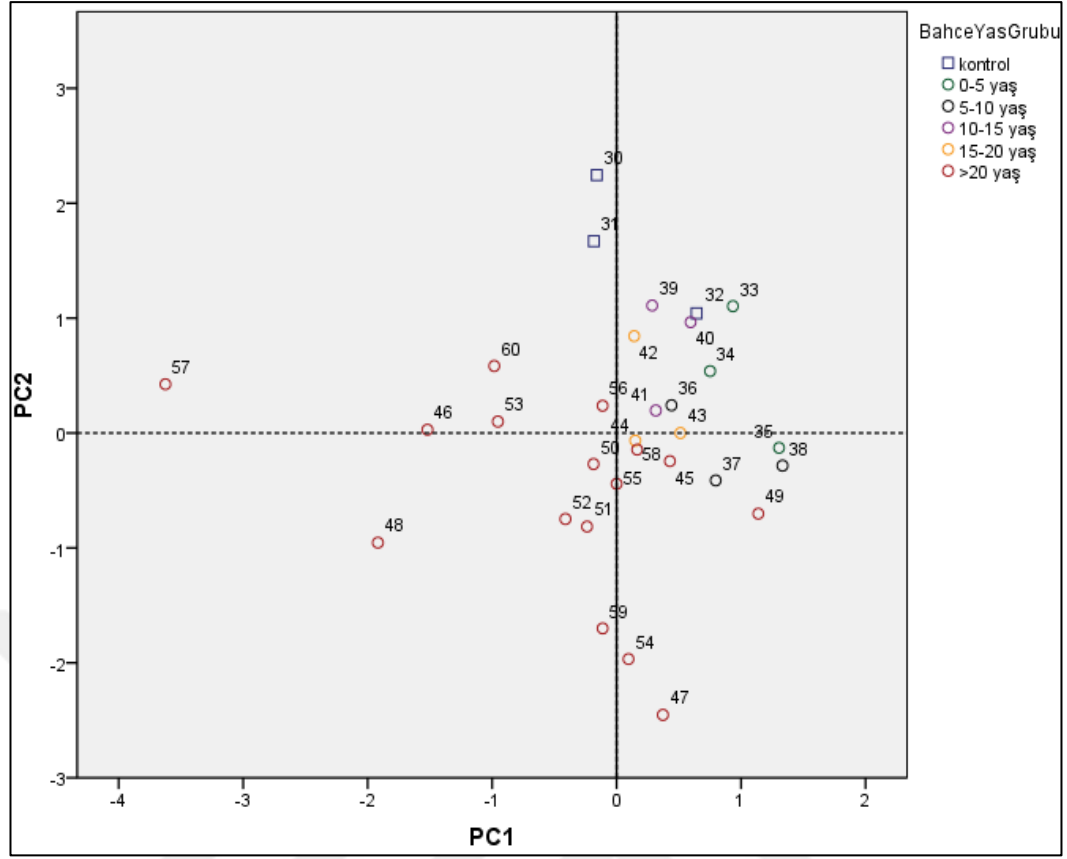
toplam P, çözünebilir+değişebilir K arasında pozitif korelasyon, Cu_{OS} arasında negatif korelasyon bulunmaktadır. 4. temel bileşenle DTPA-Mn arasında pozitif korelasyon, çözünebilir+değişebilir Na arasında negatif korelasyon bulunmaktadır.

Çizelge 4.77. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerine ait döndürülmüş bileşen matriksi

Toprak Özellikleri*	Bileşenler**			
	1	2	3	4
Bahçe yaşı	-0.425	-0.681	-0.290	0.194
DTPA-Mn (mg/kg)	-0.144	0.138		0.848
DTPA-Zn (mg/kg)	0.758	0.493	0.231	
DTPA-Cu (mg/kg)	0.441	0.727	0.191	-0.257
Toplam P (mg/kg)	0.495	0.655	0.450	0.160
Olsen-P (mg/kg)	0.342	0.699	0.312	0.201
DNa (mg/kg)	-0.187	0.185	0.184	-0.748
DK (mg/kg)		0.215	0.859	
Zn _{Car} (mg/kg)	0.915	0.235		
Zn _{AFeO} (mg/kg)	0.827	0.458	0.178	
Zn _{KFeO} (mg/kg)	0.888		-0.186	
Zn _{OS} (mg/kg)	0.141		-0.877	0.231
Cu _{OS} (mg/kg)		0.838	-0.486	
Toplam özdeğer	5.86	2.21	1.38	1.31
Varyans (%)	45.1	17.0	10.6	10.1
Kümülatif (%)	45.1	62.1	72.7	82.8

*DNa, DK: Çözünebilir+değişebilir baz içerikleri, Car: karbonatlara bağlı; AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı; KFeO: kristalin Fe oksitlere bağlı, OS: organik ve sülfütlere bağlı fraksiyon, **Ekstraksiyon metodu: Temel bileşen analizi, Döndürme metodu: Kaiser normalizasyonu ile yapılan Equamax. 0.10'dan daha küçük değerler maskelenmiştir.

Şekil 4.3'de temel bileşen 1 ile temel bileşen 2 arasında yaş gruplarına göre toprak örneklerinin dağılımı verilmektedir. Bu şekilde Y eksenine paralel 0 noktasından geçen hattın negatif ucunda yani solunda yer alan topraklar PC1 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleri (bahçe yaşı) ile, hattın pozitif yani sağ ucunda yer alan topraklar PC1 ile pozitif korelasyon veren toprak özellikleri (DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Olsen-P, Zn_{Car}, Zn_{AFeO}, Zn_{KFeO} ve Zn_{OS}) ile ilişkilidir. Aynı şekilde X eksenine paralel 0 noktasından geçen hattın negatif ucunda yani solunda yer alan topraklar PC2 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleri (bahçe yaşı) ile, hattın pozitif yani sağ ucunda yer alan topraklar PC2 ile pozitif korelasyon veren toprak özellikleri (DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Olsen-P, Zn_{AFeO}, Cu_{OS}) ile ilişkilidir.

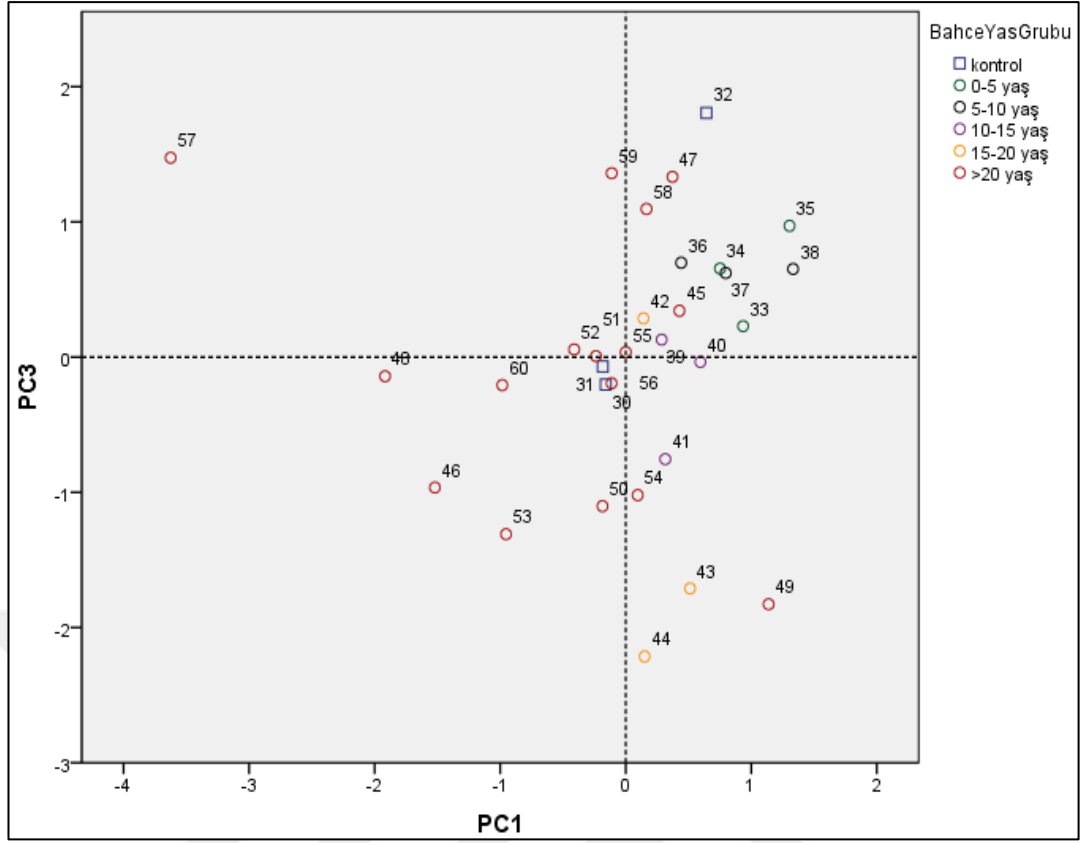


Şekil 4.3. Gelendost 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine göre bileşen 1 ile bileşen 2 arasında dağılım grafiği

Dağılım grafiği incelendiğinde toprak örneklerinin geneli belli bir noktada bulunurken bazı toprak örnekleri aykırı davranarak farklı noktalarda yer almıştır. 30 ve 31 nolu toprak örnekleri, PC1 bileşenin 0 noktasında yer almaktadır. PC2 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı özelliği etkisi ile farklılık göstermektedir. 33 nolu toprak örneği, PC1 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı, PC2 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı etkisi ile farklılık göstermektedir. 38 nolu toprak örneği, PC1 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı etkisi ile farklıdır. PC2 bileşenin 0 noktasında yer almaktadır. 46 nolu toprak örneği, PC1 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} ve Zn_{KFeO} içeriği etkisi ile farklıdır. PC2 bileşenin 0 noktasında yer almaktadır. 47 nolu toprak örneği, PC1 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı, PC2 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Cu, toplam P, Olsen-P, Zn_{AFeO} ve Cu_{OS} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 48 nolu toprak örneği, PC1 ile pozitif yükleme değerine sahip bahçe yaşı, PC2 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} ve Zn_{KFeO} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 49 nolu toprak örneği, PC1 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı, çözünebilir+değişebilir Na, PC2 ile

pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Cu, toplam P ve Olsen-P, içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 54 nolu toprak örneği, PC1 bileşenin 0 noktasında yer almaktadır. PC2 ile pozitif yükleme değerine sahip toplam P ve Olsen-P, Zn_{AFeO} ve Cu_{OS} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 57 nolu toprak örneği, PC1 ile pozitif yükleme değerine sahip bahçe yaşı, PC2 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Olsen-P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} ve Zn_{KFeO} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. PC2 bileşenin neredeyse 0 noktasında yakın bulunmaktadır. 59 toprak örneği, PC1 bileşenin 0 noktasında yer almaktadır. PC2 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Olsen-P ve Cu_{OS} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir.

Şekil 4.4’de temel bileşen 1 ile temel bileşen 3 arasında yaş gruplarına göre toprak örneklerinin dağılımı verilmektedir. Bu şekilde Y eksenine paralel 0 noktasından geçen hattın negatif ucunda yani solunda yer alan topraklar PC1 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleri (bahçe yaşı) ile, hattın pozitif yani sağ ucunda yer alan topraklar PC1 ile pozitif korelasyon veren toprak özellikleri (DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Olsen-P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} , Zn_{KFeO} ve Zn_{OS}) ile ilişkilidir. Aynı şekilde X eksenine paralel 0 noktasından geçen hattın negatif ucunda yani solunda yer alan topraklar PC3 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleri (Cu_{OS}) ile, hattın pozitif yani sağ ucunda yer alan topraklar PC3 ile pozitif korelasyon veren toprak özellikleri (toplam P, çözünebilir+değişebilir K) ile ilişkilidir.

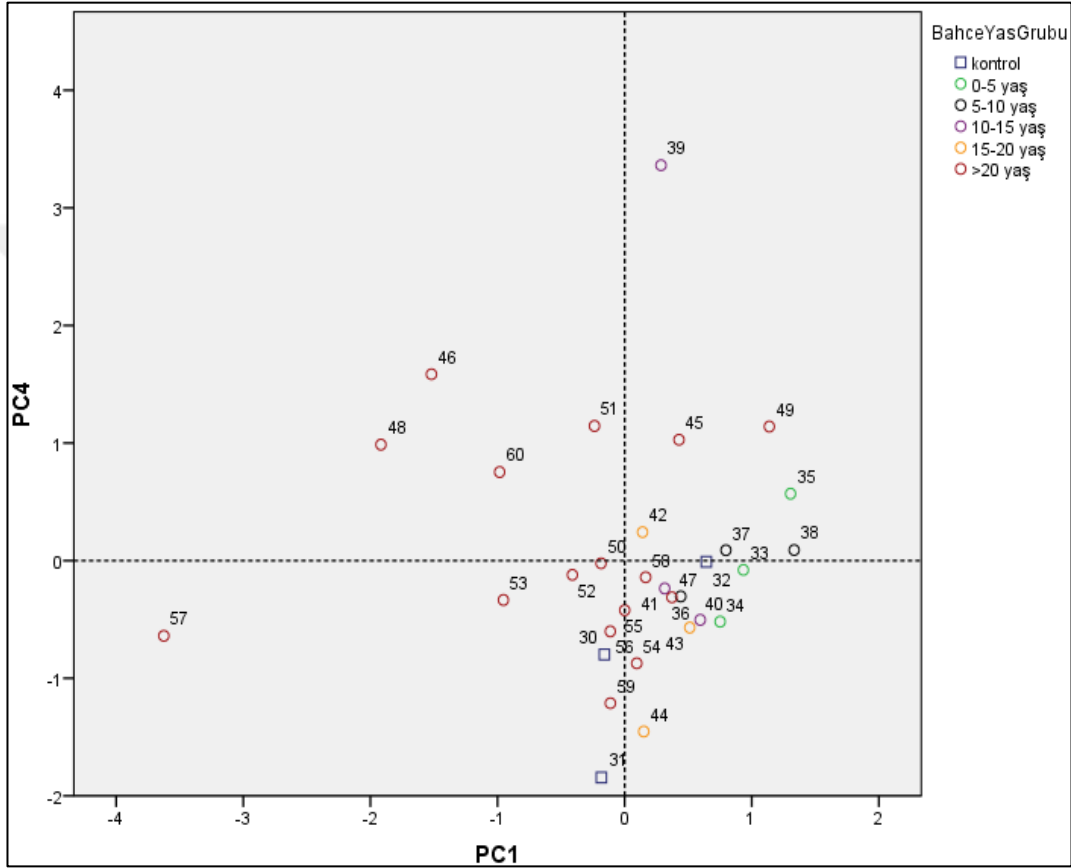


Şekil 4.4. Gelendost 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine göre bileşen 1 ile bileşen 3 arasında dağılım grafiği

32 nolu toprak örneği, PC3 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı ve Zn_{OS} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 33 nolu toprak örneği, PC3 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı etkisi ile farklılık göstermektedir. 35, 38 ve 47 nolu toprak örnekleri, PC3 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı, Cu_{OS} ve Zn_{OS} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 43, 44, 46, 49 ve 53 nolu toprak örnekleri, PC3 ile pozitif yükleme değerine sahip toplam P ve çözünebilir+değişebilir K içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir. 57 nolu toprak örneği; PC3 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı, Zn_{KFeO} ve Zn_{OS} içeriği etkisi ile farklılık gösterirken, 58 nolu toprak örneği, PC3 ile negatif yükleme değerine sahip bahçe yaşı ve Zn_{OS} içeriği etkisi ile, 59 nolu toprak örneği ise bahçe yaşı, Zn_{KFeO} , Cu_{OS} ve Zn_{OS} içeriği etkisi ile farklılık göstermektedir.

Şekil 4.5'de temel bileşen 1 ile temel bileşen 4 arasında yaş gruplarına göre toprak örneklerinin dağılımı verilmektedir. Bu şekilde Y eksenine paralel 0 noktasından geçen hattın negatif ucunda yani solunda yer alan topraklar PC1 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleri (bahçe yaşı) ile, hattın pozitif yani sağ ucunda yer alan

topraklar PC1 ile pozitif korelasyon veren toprak özellikleri (DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Olsen-P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} , Zn_{KFeO} ve Zn_{OS}) ile ilişkilidir. Aynı şekilde X eksenine paralel 0 noktasından geçen hattın negatif ucunda yani solunda yer alan topraklar PC4 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleri (çözünebilir+değişebilir Na) ile, hattın pozitif yani sağ ucunda yer alan topraklar PC4 ile pozitif korelasyon veren toprak özellikleri (DTPA-Mn) ile ilişkilidir.



Şekil 4.5. Gelendost 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine göre bileşen 1 ile bileşen 4 arasında dağılım grafiği

31, 44, 57 ve 59 nolu toprak örnekleri, PC4 ile pozitif yükleme değerine sahip DTPA-Mn içeriği etkisi ile aykırılık göstermektedir. 35 ve 39 nolu toprak örnekleri, PC4 ile negatif yükleme değerine sahip çözünebilir+değişebilir Na içeriği etkisi ile farklı olduğu görülmektedir. 46 ve 49 nolu toprak örnekleri, PC4 ile negatif yükleme değerine sahip DTPA-Cu ve çözünebilir+değişebilir Na içeriği etkisi ile grafikte farklı noktada yer almaktadır. 48 toprak örneği, PC4 ile negatif yükleme değerine sahip DTPA-Cu içeriği etkisi ile grafikte farklı noktada yer almaktadır.

4.7. Elma Bahçeleri Topraklarının Genel Özellikleri ile Cu ve Zn Fraksiyonlarına Ait Kümeleme Analizi

Parametrik testlerin ön şartlarını sağlayan özelliklerde Aşamalı Kümeleme (Hierarchical Cluster) analizi yapılmış, her bir özellik yani değişken bir küme olarak kabul edilmiş ve bunların kümelenmesinde Tam Bağlantı Kümeleme (Complete Linkage) yöntemi ve birbirlerine olan uzaklığın ölçümünde Öklid uzaklığı (Euclidean distance) kullanılmıştır (Özdamar, 2013). Ve sonuçlar Çizelge 4.78 – Çizelge 4.79 ve Şekil 4.6 – Şekil 4.7’de verilmiştir.

4.7.1. Eğirdir elma bahçeleri topraklarının genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonlarına ait kümeleme analizi

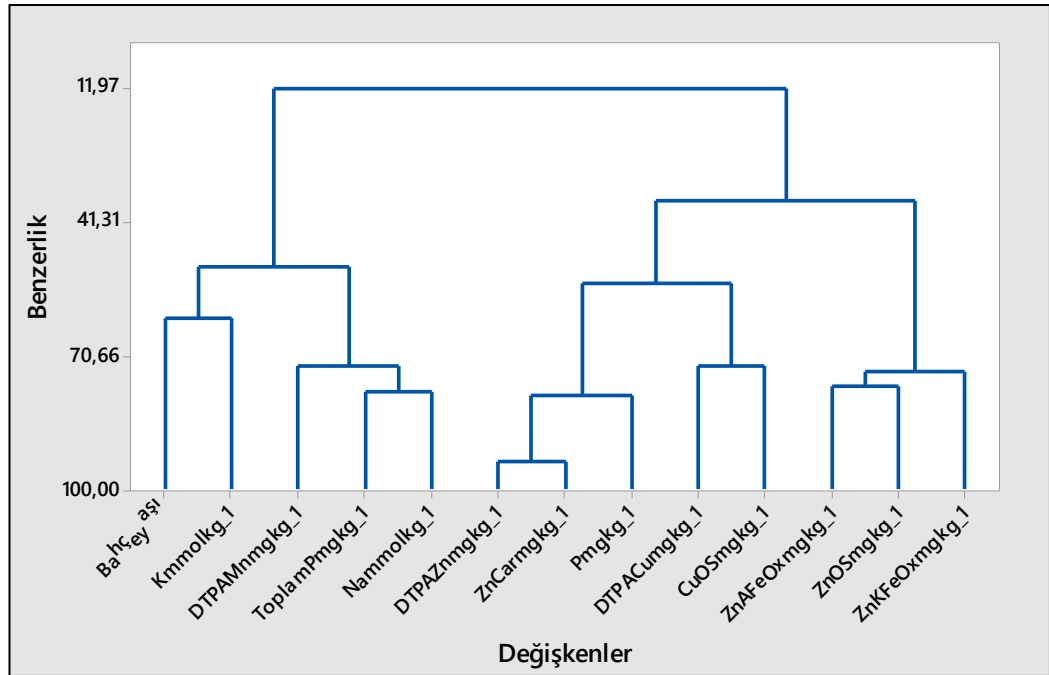
Eğirdir bahçe topraklarında Aşamalı Kümeleme (Hierarchical Cluster) analizi yapılmış, benzerlik seviyesine göre küme sayıları Çizelge 4.78’de verilmiştir. Küme 3 (DTPA-Zn) ile küme 9 (Zn_{Car}) arasındaki benzerlik seviyesi 93.82’dir. Bu kümelere küme 6 (Olsen-P) katılınca benzerlik seviyesi 79.13 olmaktadır. Küme 5 (toplam P) ile küme 7 (çözünebilir+değişebilir Na) arasındaki benzerlik seviyesi 78.41’dir. Küme 10 (Zn_{AFEO}) ile küme 12 (Zn_{OS}) arasındaki benzerlik seviyesi 77.14’dir ve bu kümelere küme 11 (Zn_{KFeO}) katılınca benzerlik seviyesi 74.08 olmaktadır. Küme 5 (toplam P) ile küme 7’ye (çözünebilir+değişebilir Na) küme 2 (DTPA-Mn) katılınca benzerlik seviyesi 72.96 olmaktadır. Küme 4 (DTPA-Cu) ile küme 13 (Cu_{OS}) arasındaki benzerlik seviyesi 72.82’dir.

Çizelge 4.78. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine ait kümeleme analizi

Adım	Küme sayısı	Benzerlik seviyesi	Uzaklık seviyesi	Katılan kümeler		Yeni küme	Yeni kümedeki küme sayısı
1	12	93.82	0.124	3	9	3	2
2	11	79.13	0.417	3	6	3	3
3	10	78.41	0.432	5	7	5	2
4	9	77.14	0.457	10	12	10	2
5	8	74.08	0.518	10	11	10	3
6	7	72.96	0.541	2	5	2	3
7	6	72.82	0.544	4	13	4	2
8	5	62.25	0.755	1	8	1	2
9	4	54.60	0.908	3	4	3	5
10	3	50.96	0.981	1	2	1	5
11	2	36.48	1.27	3	10	3	8
12	1	11.97	1.76	1	3	1	13

*Correlation Coefficient Distance (Korelasyon Katsayısı Uzaklığı) ve Complete Linkage (Tam Bağlantı) kümeleme yöntemleri kullanılmıştır.

Şekil 4.6'da Çizelge 4.78'de verilen kümelerin benzerlik seviyesine ait dendogram verilmiştir. Şekle ve yüksek benzerlik seviyelerine göre; DTPA-Zn, Zn_{Car} ve Olsen-P aynı kümede, DTPA-Cu ile Cu_{OS} aynı kümede, Zn_{AFeO}, Zn_{OS} ve Zn_{KFeO} aynı kümede, DTPA-Mn, toplam P ve çözünebilir+değişebilir Na aynı kümede yer almaktadır. Faktör analizinde aynı temel bileşende yer alan toprak özellikleri kümeleme analizi sonucu benzer kümelerde bulunmuştur.



Şekil 4.6. Eğirdir elma bahçeleri 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine ait dendogram

4.7.2. Gelendost elma bahçeleri topraklarının genel özellikleri ile Cu ve Zn fraksiyonlarına ait kümeleme analizi

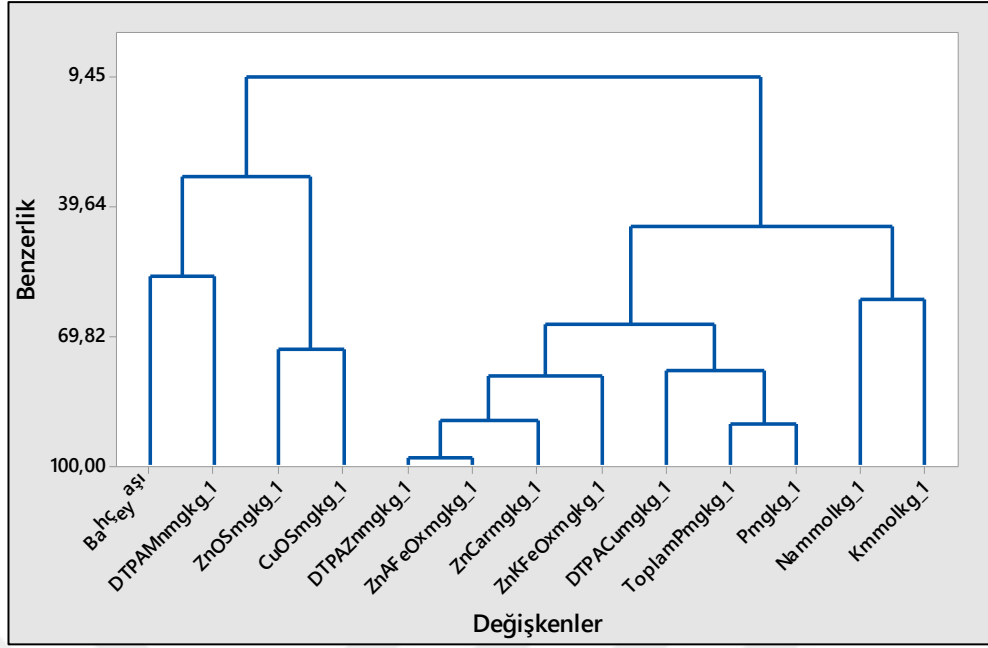
Gelendost bahçe topraklarında Aşamalı Kümeleme (Hierarchical Cluster) analizi yapılmış, benzerlik seviyesine göre küme sayıları Çizelge 4.79’de verilmiştir. Küme 3 (DTPA-Zn) ile küme 10 (Zn_{AFEO}) arasındaki benzerlik seviyesi 98.1’dir. Bu kümelere küme 9 katılınca benzerlik seviyesi 89.6 olmaktadır. Yine bu kümelere küme 11 katılınca benzerlik seviyesi 79.0 olmaktadır. Küme 5 (toplam P) ile küme 6 (Olsen-P) arasındaki benzerlik seviyesi 90.2’dir. Bu kümelere küme 4 (DTPA-Cu) katılınca benzerlik seviyesi 77.7 olmaktadır. Küme 12 (Zn_{OS}) ile küme 13 (Cu_{OS}) arasındaki benzerlik seviyesi 72.9’dur.

Çizelge 4.79. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm’den alınan toprakların özelliklerine ait kümeleme analizi

Adım	Küme sayısı	Benzerlik seviyesi	Uzaklık seviyesi	Katılan kümeler		Yeni küme	Yeni kümedeki küme sayısı
1	12	98.1	0.039	3	10	3	2
2	11	90.2	0.197	5	6	5	2
3	10	89.6	0.209	3	9	3	3
4	9	79.0	0.420	3	11	3	4
5	8	77.7	0.447	4	5	4	3
6	7	72.9	0.543	12	13	12	2
7	6	67.0	0.659	3	4	3	7
8	5	61.3	0.773	7	8	7	2
9	4	55.7	0.886	1	2	1	2
10	3	44.5	1.11	3	7	3	9
11	2	32.8	1.34	1	12	1	4
12	1	9.45	1.81	1	3	1	13

*Correlation Coefficient Distance (Korelasyon Katsayısı Uzaklığı) ve Complete Linkage (Tam Bağlantı) kümeleme yöntemleri kullanılmıştır.

Şekil 4.7’de ve Çizelge 4.79’da verilen kümelerin benzerlik seviyesine ait dendogram verilmiştir. Şekle ve yüksek benzerlik seviyelerine göre; DTPA-Zn, Zn_{AFEO} , Zn_{Car} ve Zn_{KFeO} aynı kümede, toplam P, Olsen-P ve DTPA-Cu aynı kümede, Zn_{OS} ile Cu_{OS} aynı kümede yer almaktadır. Faktör analizinde aynı temel bileşende yer alan toprak özellikleri (Zn_{OS} ile Cu_{OS} hariç) kümeleme analizi sonucunda da benzer kümelerde yer almıştır.



Şekil 4.7. Gelendost elma bahçeleri 0-20 cm'den alınan toprakların özelliklerine ait dendogram

4.8. Elma Bahçesi Topraklarına Ait Faktör ve Kümeleme Analizlerinin Değerlendirilmesi

Yapılan faktör analizine göre; Eğirdir yüzey topraklarının DTPA-Zn, DTPA-Cu, Olsen-P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} ve Cu_{OS} özellikleri 1. temel bileşenle pozitif korelasyon göstermiştir. 2. temel bileşenle DTPA-Mn, DTPA-Zn, toplam P, Olsen-P, değişebilir Na, değişebilir K arasında pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. 3. temel bileşenle Zn_{AFeO} , Zn_{KFeO} , Zn_{OS} ve Cu_{OS} arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. Korelasyon analizindeki ilişkilere benzer olarak özellikle DTPA-Zn, DTPA-Cu, Olsen-P aynı temel bileşenle pozitif yükleme değerine sahiptir.

Gelendost yüzey topraklarında; 1. temel bileşenle DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Olsen-P, Zn_{Car} , Zn_{AFeO} , Zn_{KFeO} ve Zn_{OS} arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. 2. temel bileşenle DTPA-Zn, DTPA-Cu, toplam P, Olsen-P, Zn_{AFeO} , Cu_{OS} arasında pozitif korelasyon görülmüştür. 3. temel bileşenle toplam P, değişebilir K arasında pozitif korelasyon, Cu_{OS} arasında negatif korelasyon bulunmuştur. 4. temel bileşenle DTPA-Mn arasında pozitif korelasyon, değişebilir Na arasında negatif korelasyon olduğu görülmüştür. Korelasyon analizindeki ilişkilere benzer olarak özellikle DTPA-Zn, DTPA-Cu, Olsen-P aynı temel bileşenle pozitif yükleme değerine sahiptir.

Faktör analizi ile toprak örnekleri dağılım grafiğine göre X ve Y eksenine göre hangi tarafta (pozitif ya da negatif) yer alıyorsa, o temel bileşenle pozitif ve negatif korelasyona sahip toprak özellikleri ile ilişkili olmaktadır. Dağılım grafiğinde toprakların geneline göre farklılık göstererek eksenlerin uç noktalarında yer alan topraklar için, Cu ve Zn kirliliğinin azaltılması için hangi toprak özelliklerini (organik madde, kireç, kil gibi) dikkate almak gerektiği belirlenebilmektedir. Çünkü o toprak örneğinin uç noktalarda yer alması, diğer topraklara göre farklı özellikler taşımasından dolayıdır.

Yapılan kümeleme analizi sonucu; Eğirdir topraklarında; DTPA-Zn, Zn_{Car} ve Olsen-P aynı kümede, DTPA-Cu ile Cu_{OS} aynı kümede, Zn_{AFEO} , Zn_{OS} ve Zn_{KFeO} aynı kümede, DTPA-Mn, toplam P ve değişebilir Na aynı kümede yer almaktadır. Faktör analizinde aynı temel bileşende yer alan toprak özellikleri kümeleme analizi sonucu benzer kümelerde bulunmuştur. Gelendost topraklarında ise; DTPA-Zn, Zn_{AFEO} , Zn_{Car} ve Zn_{KFeO} aynı kümede, toplam P, Olsen-P ve DTPA-Cu aynı kümede, Zn_{OS} ile Cu_{OS} aynı kümede yer almaktadır. Faktör analizinde aynı temel bileşende yer alan toprak özellikleri (Zn_{OS} ile Cu_{OS} hariç) kümeleme analizi sonucunda da benzer kümelerde yer almıştır. Kümeleme sonuçları, yarayışlı P'un yarayışlı Cu ve Zn içerikleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Yapılan çalışmalarda; ıslah edilmiş tarım topraklarındaki toplam Cu ve Zn içeriğinin olası antropojenik kirlilikten dolayı önemli derecede referans topraktan daha yüksek olduğu, temel bileşen analizine göre Cu'nun kimyasal gübreler tarafından kontrol edildiği (Gu vd., 2014); tarım topraklarında referans toprağa göre yüksek miktarda toplam Cu ve Zn belirlenmesinin uzun süre yüksek miktarda gübre ve pestisit-fungisit uygulaması sonucu oluştuğu, öte yandan Ni, Cr, Co ve Fe'nin ana materyal tarafından kontrol edildiği; temel bileşen ve kümeleme analizine göre Cu, Zn, Cd, Pb, P ve K'nin aynı temel bileşen ve grupta yer almasının uygulanan fosforlu ve potasyumlu gübrelerin toprakta antropojenik etkinin ana kaynağı olduğu ve Zn ile Cd arasındaki ilişkinin fosforlu gübre uygulamasının toprakta önemli bir Zn kaynağı olduğu belirtilmiştir (Kelepertzis, 2014).

Yoğun bir şekilde ekim yapılan alanlardan alınan yüzey ve yüzeyaltı topraklardaki toplam ağır metal içerikleri incelendiğinde; temel bileşen analizi ve korelasyon

matrisine göre Cu, Cd ve Pb'nin agrokimyasal ve gübreleme gibi antropojenik girdilerden etkilendiği bildirilmiştir (Al-Wabel vd., 2017). Yapılan temel bileşen (PCA) analizi sonucuna göre ise sedimentlerdeki iz metallerden Cu ve Zn elementlerinin öncelikle litojenik ve antropojenik kaynaklardan ileri geldiği görülmüştür (Eren vd., 2021). Farklı yaştaki üzüm bağlarında yapılan ayırma analizi sonucu, Zn ve Cu içeren kimyasalların kullanımı ve organik maddenin birikimi sebebiyle yüzey topraklarında yüksek derecede metal özellikle Zn ve Cu elementleri birikimi olduğunu göstermiştir (Preston vd., 2016).

Korelasyon, faktör ve kümeleme analizlerine göre; P ile Cu ve Zn arasındaki pozitif ilişkiler, fosforlu gübrelemenin bu elementler üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca Cu ve Zn'nin toplam ve yarıyışlı miktarı bu elementlerin fraksiyonları üzerinde de etkili olmuştur. Topraklarda yüksek miktarda yarıyışlı Cu ve Zn bulunmaktadır ve bu durum uygulanan fosforlu gübre ve Cu bazlı fungusitlerin azaltılması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca Benson vd. (2014)'e göre gübrelerdeki iz elementler açısından maksimum kirletici madde seviyesi için bir düzenleme getirilmesinin gerekli olduğu ve tarım topraklarındaki iz element miktarının azaltılmasının, toprak koruma politikalarının amaçlarından biri olması gerektiği vurgulanmıştır.

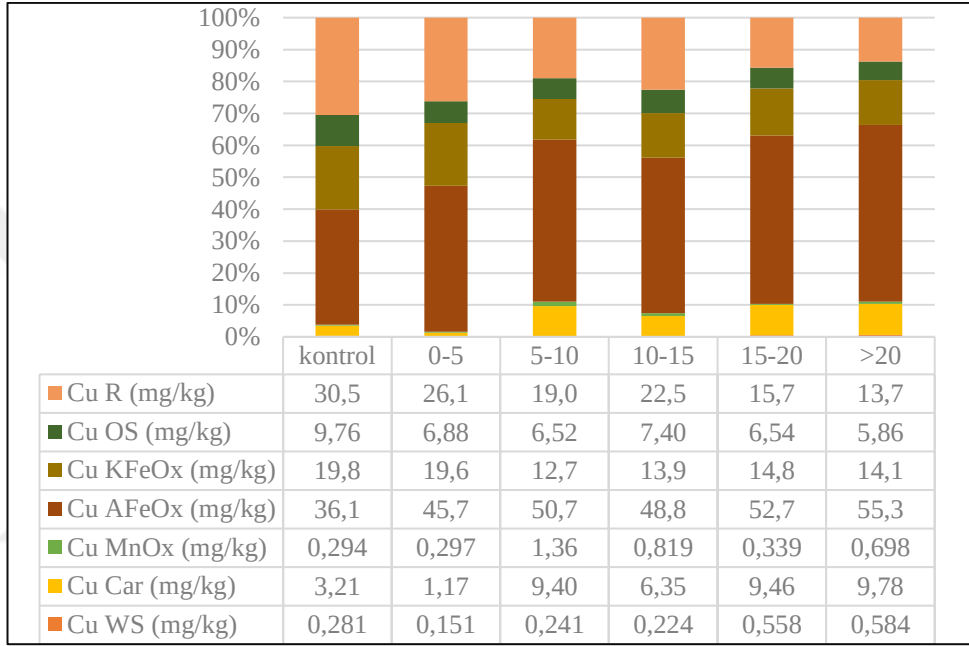
4.9. Elma Bahçeleri Topraklarının Cu ve Zn Fraksiyonlarının Oransal Dağılımı

Eğirdir ve Gelendost elma bahçesi topraklarına ait 7 farklı Cu ve Zn fraksiyonlarının (WS: suda çözünebilir ve değişebilir, Car: karbonatlara bağlı, MnO: Mn oksitlere bağlı, AFeO: amorf Fe/Al oksitlere bağlı, KFeO: kristalin Fe oksit, OS: organik ve sülfütlere bağlı, R: bakiye fraksiyon) oransal dağılımı derinliğe ve bahçe yaşına göre karşılaştırılmıştır. Cu ve Zn fraksiyonlarına ait oransal dağılımlar Şekil 4.8 – Şekil 4.15'de verilmiştir.

4.9.1. Eğirdir elma bahçeleri topraklarının Cu ve Zn fraksiyonlarının oransal dağılımı

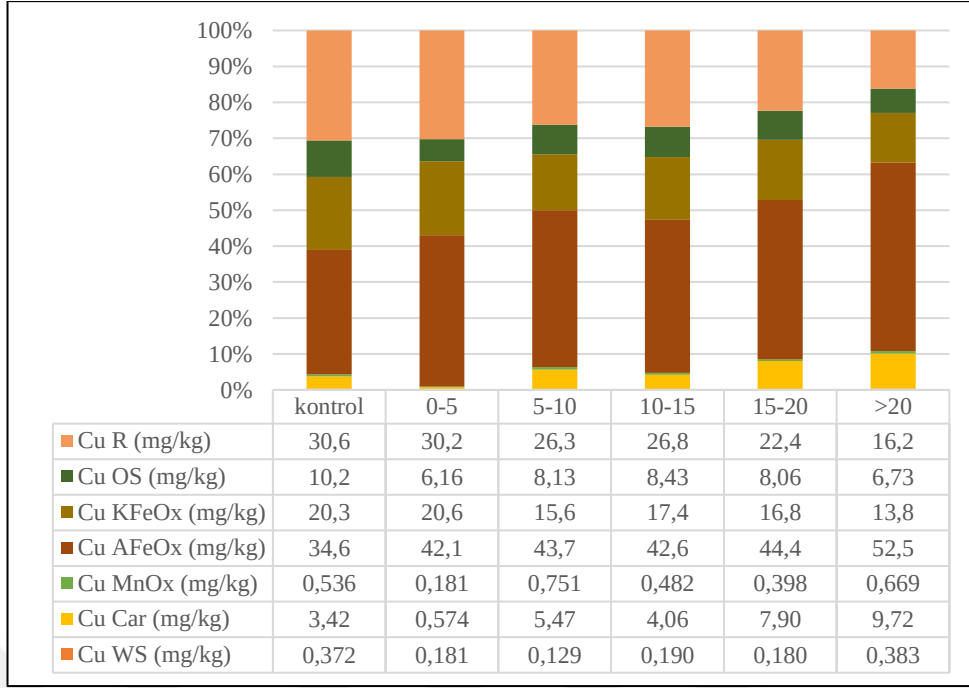
Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarına ait Cu fraksiyonlarının oransal dağılımı Şekil 4.8'de verilmiştir. En yüksek Cu_{WS} (%0.584) 5. yaş grubunda, en düşük Cu_{WS} (%0.151) 1. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_{Car} (%9.78) 5. yaş grubunda, en

düşük Cu_{Car} (%1.17) 1. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Cu_{MnO} (%8.19) 3. yaş grubunda, en düşük Cu_{MnO} (%1.36) 2. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_{AFeO} (%55.3) 5. yaş grubunda, en düşük Cu_{AFeO} (%36.1) kontrol grubunda belirlenmiştir. En yüksek Cu_{KFeO} (%14.8) 4. yaş grubunda, en düşük Cu_{KFeO} (%12.7) 2. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Cu_{OS} (%9.76) kontrol grubunda, en düşük Cu_{OS} (%5.86) 5. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_R (%30.5) kontrol grubunda, en düşük Cu_{OS} (%13.7) 5. yaş grubunda belirlenmiştir.



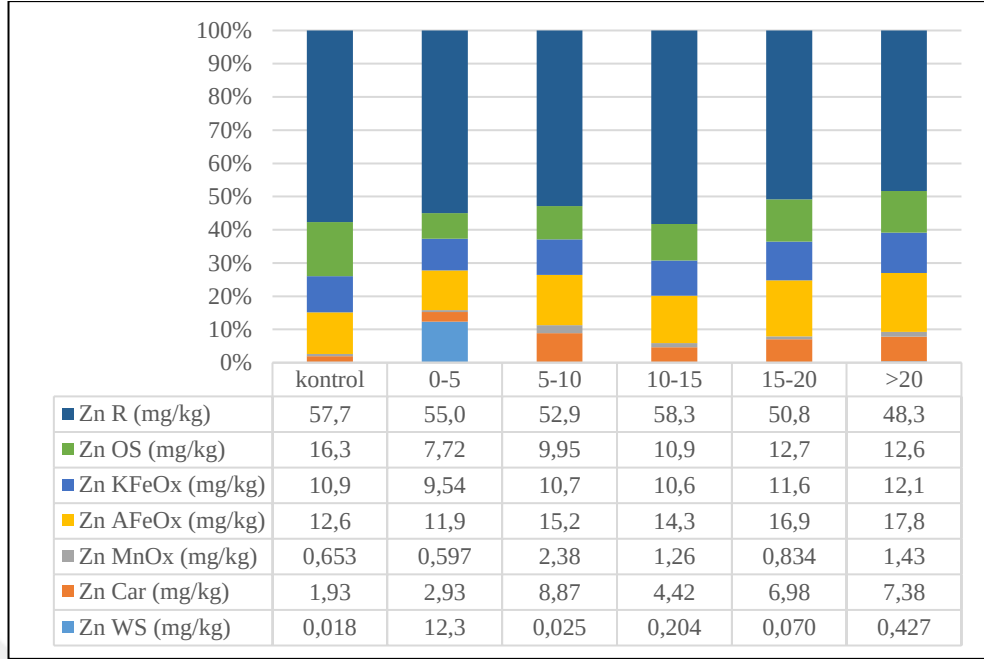
Şekil 4.8. Eğirdir elma bahçesi 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Cu fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği

Eğirdir elma bahçesi yüzey altı topraklarına ait Cu fraksiyonlarının oransal dağılımı Şekil 4.9'da verilmiştir. En yüksek Cu_{WS} (%0.383) 5. yaş grubunda, en düşük Cu_{WS} (%0.129) 2. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_{Car} (%9.72) 5. yaş grubunda, en düşük Cu_{Car} (%0.574) 1. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_{MnO} (%0.669) 5. yaş grubunda, en düşük Cu_{MnO} (%0.181) 1. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Cu_{AFeO} (%52.5) 5. yaş grubunda, en düşük Cu_{AFeO} (%34.6) kontrol grubunda belirlenmiştir. En yüksek Cu_{KFeO} (%17.4) 3. yaş grubunda, en düşük Cu_{KFeO} (%13.8) 5. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_{OS} (%10.2) kontrol grubunda, en düşük Cu_{OS} (%6.16) 1. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_R (%30.6) kontrol grubunda, en düşük Cu_{OS} (%16.2) 5. yaş grubunda belirlenmiştir.



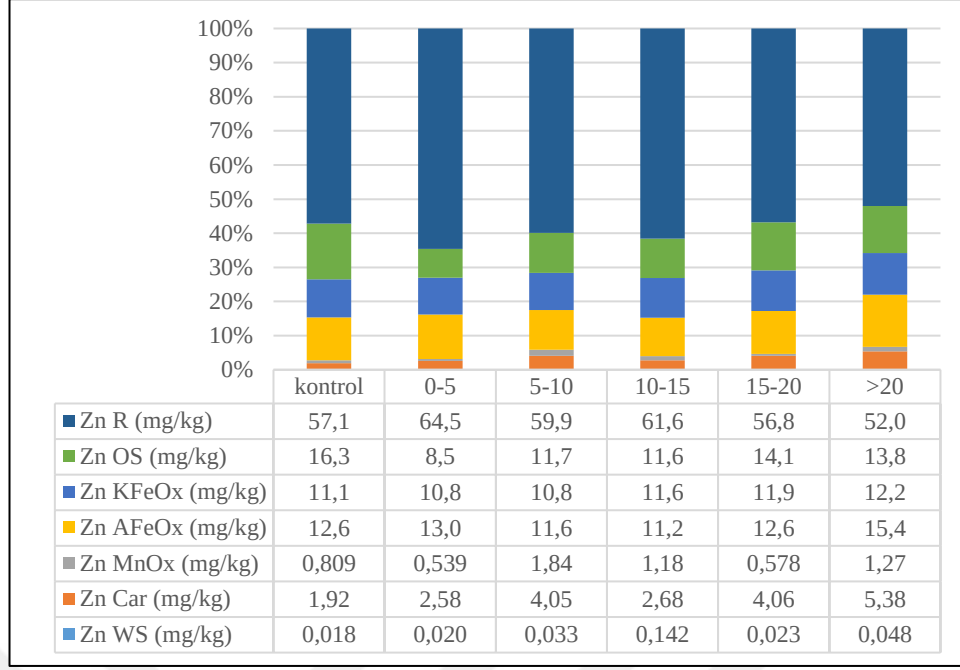
Şekil 4.9. Eğirdir elma bahçesi 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Cu fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği

Eğirdir elma bahçesi yüzey topraklarına ait Zn fraksiyonlarının oransal dağılımı Şekil 4.10'da verilmiştir. En yüksek Zn_{WS} (%0.427) 5. yaş grubunda, en düşük Zn_{WS} (%0.018) kontrol grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_{Car} (%8.87) 2. yaş grubunda, en düşük Zn_{Car} (%1.93) kontrol grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{MnO} (%2.38) 2. yaş grubunda, en düşük Zn_{MnO} (%0.597) 1. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{AFeO} (%17.8) 5. yaş grubunda, en düşük Zn_{AFeO} (%11.9) 1. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{KFeO} (%12.1) 5. yaş grubunda, en düşük Zn_{KFeO} (%9.54) 1. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_{OS} (%16.3) kontrol grubunda, en düşük Zn_{OS} (%7.72) 1. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_R (%58.3) 3. yaş grubunda, en düşük Zn_R (%48.3) 5. yaş grubunda belirlenmiştir.



Şekil 4.10. Eğirdir elma bahçesi 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Zn fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği

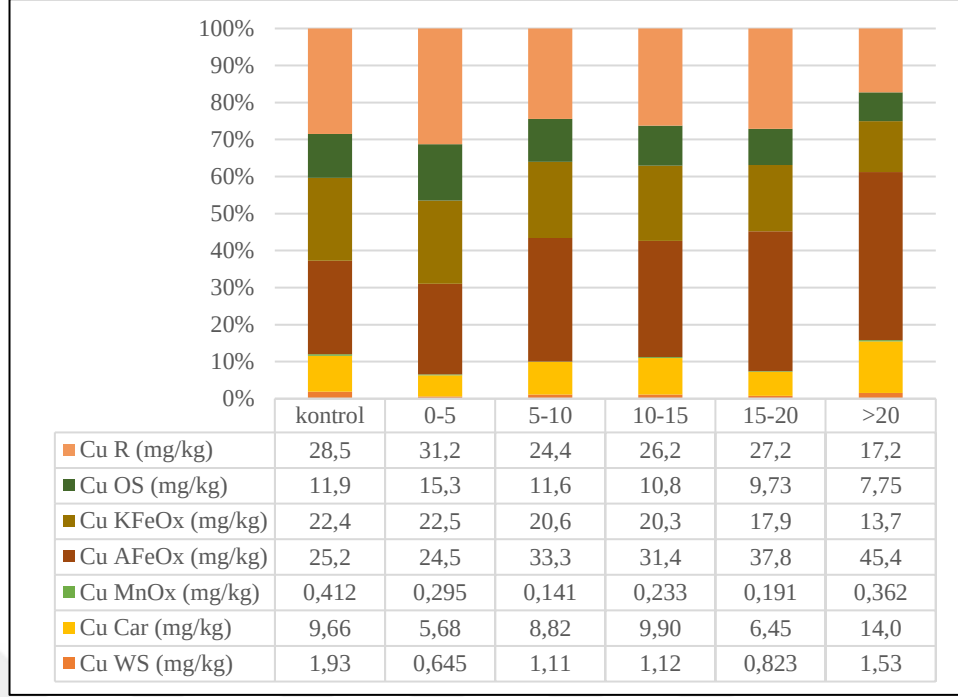
Eğirdir elma bahçesi yüzey altı topraklarına ait Zn fraksiyonlarının oransal dağılımı Şekil 4.11’de verilmiştir. En yüksek Zn_{WS} (%0.142) 3. yaş grubunda, en düşük Zn_{WS} (%0.018) kontrol grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_{Car} (%5.38) 5. yaş grubunda, en düşük Zn_{Car} (%1.92) kontrol grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{MnO} (%1.84) 2. yaş grubunda, en düşük Zn_{MnO} (%0.539) 1. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{AFeO} (%15.4) 5. yaş grubunda en düşük Zn_{AFeO} (%11.2) 3. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{KFeO} (%12.2) 5. yaş grubunda, en düşük Zn_{KFeO} (%10.8) 1. yaş grubunda ve 2. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_{OS} (%16.3) kontrol grubunda, en düşük Zn_{OS} (%8.5) 1. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_R (%61.6) 3. yaş grubunda, en düşük Zn_R (%52.0) 5. yaş grubunda belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Eğirdir elma bahçesi 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Zn fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği

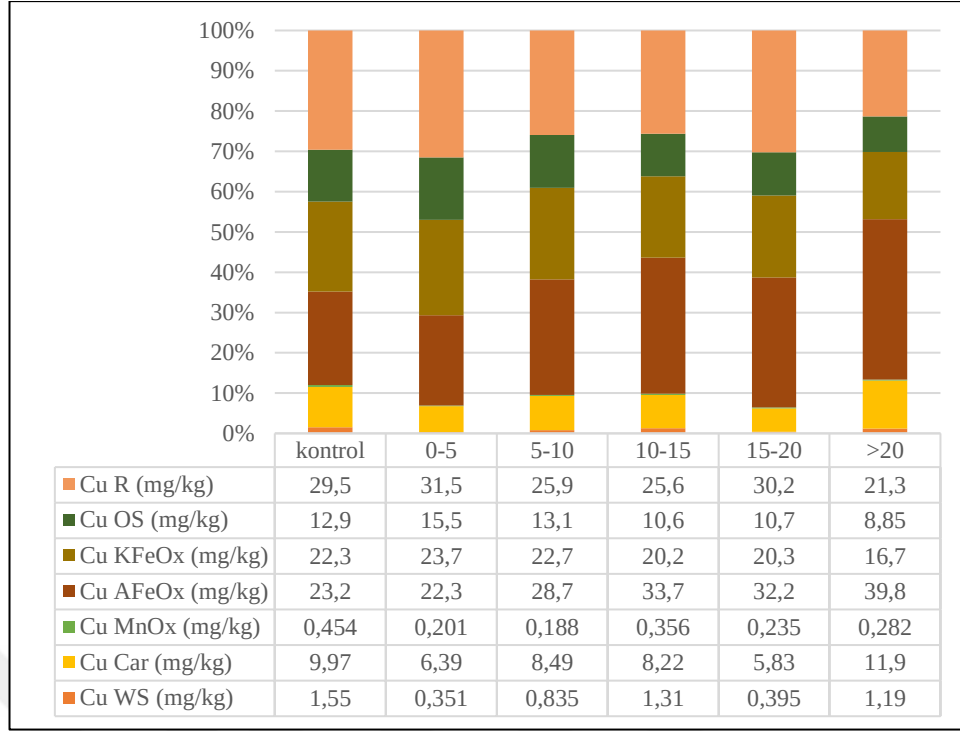
4.9.2. Gelendost elma bahçeleri topraklarının Cu ve Zn fraksiyonlarının oransal dağılımı

Gelendost elma bahçesi yüzey topraklarına ait Cu fraksiyonlarının oransal dağılımı Şekil 4.12’de verilmiştir. En yüksek Cu_{WS} (%1.93) kontrol grubunda, en düşük Cu_{WS} (%0.645) 1. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_{Car} (%14.0) 5. yaş grubunda, en düşük Cu_{Car} (%5.68) 1. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Cu_{MnO} (%0.412) kontrol grubunda, en düşük Cu_{MnO} (%0.141) 2. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_{AFeO} (%45.4) 5. yaş grubunda, en düşük Cu_{AFeO} (%24.5) 1. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Cu_{KFeO} (%22.5) 1. yaş grubunda, en düşük Cu_{KFeO} (%13.7) 5. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Cu_{OS} (%15.3) 1. yaş grubunda, en düşük Cu_{OS} (%7.75) 5. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_R (%31.2) 1. yaş grubunda, en düşük Cu_R (%17.2) 5. yaş grubunda belirlenmiştir.



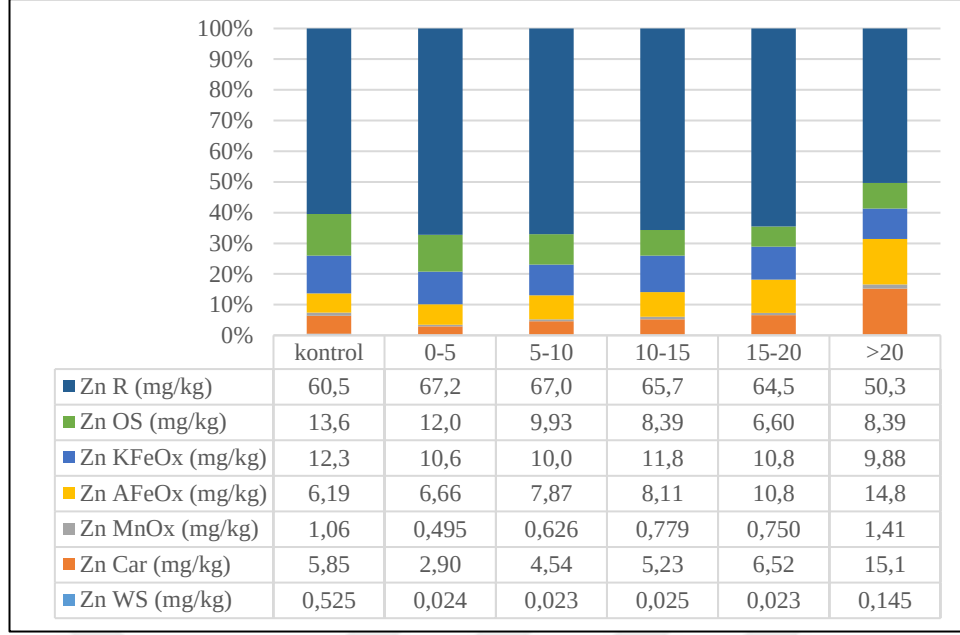
Şekil 4.12. Gelendost elma bahçesi 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Cu fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği

Gelendost elma bahçesi yüzey altı topraklarına ait Cu fraksiyonlarının oransal dağılımı Şekil 4.13’de verilmiştir. En yüksek Cu_{WS} (%1.55) kontrol grubunda, en düşük Cu_{WS} (%0.351) 1. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_{Car} (%11.9) 5. yaş grubunda, en düşük Cu_{Car} (%5.83) 4. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Cu_{MnO} (%0.454) kontrol grubunda, en düşük Cu_{MnO} (%0.188) 2. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_{AFeO} (%39.8) 5. yaş grubunda, en düşük Cu_{AFeO} (%22.3) 1. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Cu_{KFeO} (%23.7) 1. yaş grubunda, en düşük Cu_{KFeO} (%16.7) 5. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Cu_{OS} (%15.5) 1. yaş grubunda, en düşük Cu_{OS} (%8.75) 5. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Cu_R (%31.5) 1. yaş grubunda, en düşük Cu_R (%21.3) 5. yaş grubunda) belirlenmiştir.



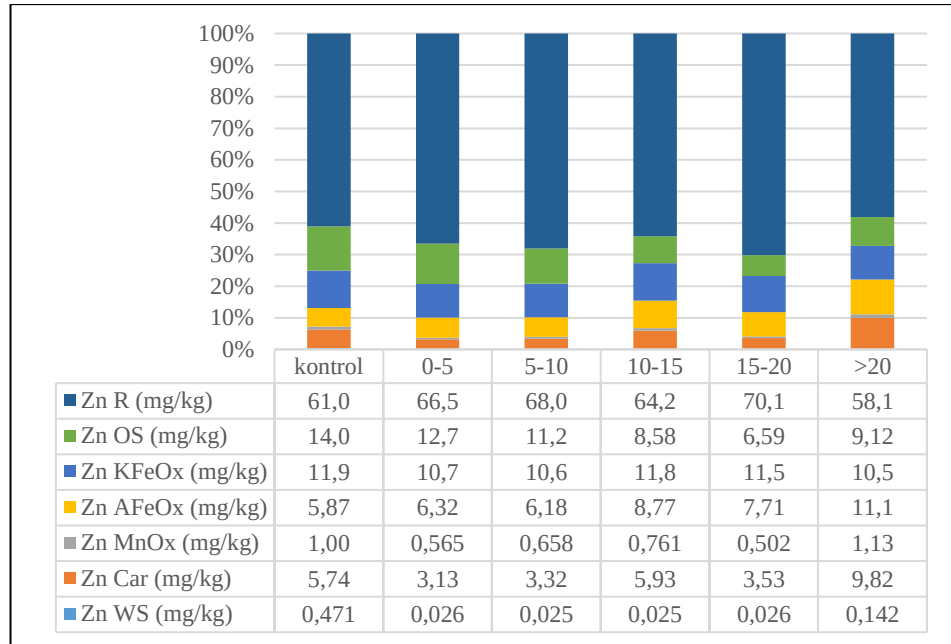
Şekil 4.13. Gelendost elma bahçesi 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Cu fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği

Gelendost elma bahçesi yüzey topraklarına ait Zn fraksiyonlarının oransal dağılımı Şekil 4.14’de verilmiştir. En yüksek Zn_{WS} (%0.525) kontrol grubunda, en düşük Zn_{WS} (%0.023) 2. ve 4. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_{Car} (%15.1) 5. yaş grubunda, en düşük Zn_{Car} (%2.90) 1. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{MnO} (%1.41) 5. yaş grubunda, en düşük Zn_{MnO} (%0.495) 1. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{AFeO} (%14.8) 5. yaş grubunda, en düşük Zn_{AFeO} (%6.19) kontrol grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{KFeO} (%12.3) kontrol grubunda, en düşük Zn_{KFeO} (%9.88) 5. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_{OS} (%13.6) kontrol grubunda, en düşük Zn_{OS} (%6.60) 4. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_R (%60.5) kontrol grubunda, en düşük Zn_R (%50.3) 5. yaş grubunda belirlenmiştir.



Şekil 4.14. Gelendost elma bahçesi 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Zn fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği

Gelendost elma bahçesi yüzey altı topraklarına ait Zn fraksiyonlarının oransal dağılımı Şekil 4.15’de verilmiştir. En yüksek Zn_{WS} (%0.471) kontrol grubunda, en düşük Zn_{WS} (%0.025) 2. ve 4. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_{Car} (%9.82) 5. yaş grubunda, en düşük Zn_{Car} (%3.13) 1. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{MnO} (%1.13) 5. yaş grubunda, en düşük Zn_{MnO} (%0.502) 4. yaş grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{AFeO} (%11.1) 5. yaş grubunda, en düşük Zn_{AFeO} (%5.87) kontrol grubunda belirlenmiştir. En yüksek Zn_{KFeO} (%11.9) kontrol grubunda, en düşük Zn_{KFeO} (%10.5) 5. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_{OS} (%14.0) kontrol grubunda, en düşük Zn_{OS} (%6.59) 4. yaş grubunda bulunmuştur. En yüksek Zn_R (%68.0) 2. yaş grubunda, en düşük Zn_R (%58.1) 5. yaş grubunda belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Gelendost elma bahçesi 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Zn fraksiyonlarına ait oransal dağılım grafiği

4.9.3. Eğirdir elma bahçeleri topraklarının Cu ve Zn fraksiyonlarının oransal dağılımının değerlendirilmesi

Eğirdir yüzey toprakları için; bahçe yaşı arttıkça, 1. yaş grubu hariç Cu elementine ait WS, Car, AFeO fraksiyonlarında artış, KFeO, OS (10-15 yaş hariç) ve R fraksiyonlarında azalış görülmüştür. MnO fraksiyonunda düzenli bir artış olmamış ancak 1. yaş grubu ile 5. yaş grubu kıyaslandığında yaşa göre artış olduğu görülmüştür. Kontrol grubu ile 5. yaş grubu karşılaştırıldığında, WS, Car, MnO, AFeO fraksiyonları için en yüksek değerler 5. yaş grubunda, KFeO, OS ve R fraksiyonları için en yüksek değerler kontrol grubunda bulunmuştur. Özellikle WS, Car, MnO gibi yararlılığı yüksek olan fraksiyonlar hem kontrol örneğine kıyasla hem de bahçe yaşına göre artış göstermiştir. Tarımsal faaliyetlerin olmadığı ve fungusit uygulanmayan yerlerden alınan kontrol örneğine göre 5. yaş grubunda Cu elementine ait WS, Car, MnO fraksiyonlarının % olarak oransal dağılımında artış olması yani bahçe topraklarında bu fraksiyonların oransal dağılımının artması gübreleme ve Cu bazlı fungusitlerin hareketli Cu fraksiyonlarında nasıl bir artışa sebep olduğunu açıkça göstermektedir. Cu içeren fungusitlerin uygulanması sonucu üzüm bağı topraklarında da kirlenmemiş topraklara göre aktif Cu oranı (WS) daha yüksek olarak belirlenmiştir (Pietrzak ve McPhail, 2004).

Aynı şekilde Gelendost yüzey toprakları için bahçe yaşı arttıkça, Cu elementine ait WS, Car, AFeO fraksiyonlarında artış, KFeO, OS ve R fraksiyonlarında azalış görülmüştür. MnO fraksiyonunda düzenli bir artış olmamış ancak sadece 0-5 yaş ile > 20 yaş kıyaslandığında yaşa göre artış olduğu görülmüştür. Kontrol grubu ile 5. yaş grubu karşılaştırıldığında, Cu elementine ait Car, AFeO fraksiyonlarının en yüksek değerleri 5. yaş grubunda, WS, MnO, KFeO, OS ve R fraksiyonlarının en yüksek değerleri kontrol grubunda bulunmuştur. WS ve MnO fraksiyonu açısından değer olarak kontrol örneği ile 5. yaş grubu birbirine yakındır. Bahçe topraklarında düşük konsantrasyonlarda WS fraksiyonu belirlendiği için ve bazı örneklerde bu fraksiyon dedeksiyon limitinin altında kaldığı için bu şekilde kontrolle farklılık göstermemesi normaldir. Ancak Car fraksiyonu gibi yarayışlılığı yüksek olan fraksiyonlardan biri hem kontrol örneğine kıyasla hem de bahçe yaşına göre artış göstermiştir.

Ağır metallerin toprağın katı faz fraksiyonları arasındaki dağılımı; iklim, toprak oluşum süreçleri, ana materyalin elementel yapısı, toprak özelliklerinin (pH ve Eh, tekstür, mineralojik bileşim, organik madde ve karbonat içerikleri) yanı sıra elementlerin kimyasal özelliklerinden de etkilenmektedir. Genel olarak, doğal kirlenmemiş kurak ve yarı kurak topraklardaki iz elementlerin çoğu ağırlıklı olarak demir oksit ve kil mineraline bağlı fraksiyonlarda yer alırken, yeni kirlenmiş kurak ve yarı kurak topraklarda iz elementler baskın olarak kontaminasyondan sonra artan karbonat ve organik maddeye bağlı fraksiyonlarda bulunmaktadır (Han, 2007).

Kurak topraklarda Cu çoğunlukla bakiye fraksiyonda ve organik olarak bağlı fraksiyonda bulunmaktadır. Ancak kurak ve yarı kurak İsrail topraklarında, Cu ağırlıklı olarak bakiye fraksiyonunda (60.4 ± 11.2) bulunurken bunu indirgenebilir okside bağlı fraksiyon (24.5 ± 10.2) takip etmiştir. Çin'in kirlenmemiş kurak topraklarında, Cu birincil olarak bakiye fraksiyonda bulunurken, bunu karbonat ve oksitlere bağlı fraksiyonlar takip etmiştir. Güneybatı İspanya'daki Guadalquivir Nehri deltasında ise, Cu birincil olarak bakiye fraksiyonda yer almış ve kristalin Fe-oksit fraksiyonundaki küçük bir miktarı ile beraber organik madde fraksiyonu ile ilişkilendirilmiştir (Ramos vd., 1994).

Atık çamuru uygulanmış Kaliforniya topraklarında; Cu ağırlıklı olarak hem organik olarak bağlı ($35-54$) hem de karbonatlara bağlı fraksiyonda ($25-36$) belirlenmiş,

bakiye fraksiyon ise (%22-30) olarak belirlenmiştir (Emmerich vd., 1982; Han, 2007). Çamurun uygulanması organik olarak bağlı ve biraz da karbonatlara bağlı fraksiyonları arttırmıştır.

Eğirdir yüzey toprakları için bahçe yaşı arttıkça, Zn elementine ait WS (1. yaş grubu hariç), Car (2. yaş grubu hariç), MnO, AFeO, KFeO ve OS fraksiyonlarında artış, R fraksiyonunda azalış görülmüştür. Kontrol grubu ile 5. yaş grubu karşılaştırıldığında, WS, Car, MnO, AFeO, KFeO fraksiyonları için en yüksek değerler 5. yaş grubunda, OS ve R fraksiyonları için en yüksek değerler kontrol grubunda bulunmuştur. Özellikle WS, Car, MnO gibi yarayırlılığı yüksek olan fraksiyonlar hem kontrol örneğine kıyasla hem de bahçe yaşına göre artış göstermiştir. Tarımsal faaliyetlerin olmadığı ve fungusit uygulanmayan yerlerden alınan kontrol örneğine göre 5. yaş grubunda Zn elementine ait WS, Car, MnO fraksiyonlarının % olarak oransal dağılımında artış olması yani bahçe topraklarında bu fraksiyonların oransal dağılımının artması gübreleme ve Zn içeren fungusitlerin hareketli Zn fraksiyonlarında nasıl bir artışa sebep olduğunu açıkça göstermektedir.

Gelendost yüzey toprakları için bahçe yaşı arttıkça, Zn elementine ait WS, Car, MnO, AFeO fraksiyonlarında artış, OS ve R fraksiyonunda azalış görülmüştür. Kontrol grubu ile 5. yaş grubu karşılaştırıldığında, WS, Car, MnO, AFeO fraksiyonları için en yüksek değerler 5. yaş grubunda, KFeO, OS ve R fraksiyonları için en yüksek değerler kontrol grubunda bulunmuştur. Özellikle WS, Car, MnO gibi yarayırlılığı yüksek olan fraksiyonlar hem kontrol örneğine kıyasla hem de bahçe yaşına göre artış göstermiştir. Tarımsal faaliyetlerin olmadığı ve fungusit uygulanmayan yerlerden alınan kontrol örneğine göre 5. yaş grubunda Zn elementine ait WS, Car, MnO fraksiyonlarının % olarak oransal dağılımında artış olması yani bahçe topraklarında bu fraksiyonların oransal dağılımının artması gübreleme ve Zn içeren fungusitlerin hareketli Zn fraksiyonlarında nasıl bir artışa sebep olduğunu açıkça göstermektedir.

Genel olarak doğal kurak topraklardaki Zn'nin çoğu bakiye ve indirgenabilir oksit (Fe oksitler) fraksiyonlarında birikmektedir (Han, 2007). Nitekim Çin'in kireçli topraklarında Zn'nin %60-68'i bakiye fraksiyonda ve %15-30'u kristalin demir oksitlere bağlı olarak bulunmuştur. ancak bu topraklara Zn, sülfat formunda yedi ay boyunca uygulandıktan sonra; Zn iz elementi bakiye fraksiyonda (eklenen çözünebilir

Zn'nin %30-60'ı kadar), çözünebilir organik olarak bağlı fraksiyonda (%10-25), demir oksitlere bağlı fraksiyonda (%20-30) ve karbonatlara bağlı fraksiyonda (%2-13) olmak üzere yeniden fraksiyonlar arasında dağılım göstermiştir (Han, 2007).

Güneybatı İspanya'nın Guadalquivir Nehri deltasında ise, Zn öncelikle Fe-Mn oksitlere bağlı fraksiyonunda yer almış, bunu karbonatlara bağlı fraksiyon takip ederken, Zn'nin küçük bir miktarı organik ve değişebilir fraksiyonlarda bulunmuştur (Ramos vd., 1994).

Çamur uygulanmış Kaliforniya topraklarında; karbonatlara bağlı, organik olarak bağlı ve değişebilir fraksiyonlardaki Zn miktarı artmış ve Zn, ağırlıklı olarak karbonatlara bağlı fraksiyonda (%46) ve bakiye fraksiyonda (%36) ve az miktarda organik olarak bağlı fraksiyonda (%19) belirlenmiştir (Emmerich vd., 1982). İsrail topraklarında ise Zn çoğunlukla organik bağlı, karbonatlara ve kolayca indirgenebilen oksitlere bağlı fraksiyonlarda bulunmuş ve zamanla daha fazla Zn elementi karbonat ve kolaylıkla indirgenebilir oksit fraksiyonlarına geçiş yapmıştır (Han, 2007). Maden atıklarıyla kirlenmiş topraklarda ise, Zn ağırlıklı olarak Fe ve Mn oksit fraksiyonunda oluşum göstermiştir (Han, 2007).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde; toprakların TSP gübresi ile reaksiyonu sonucu iz metal içeriğinde artış meydana geldiği, Cu ve Zn gibi elementlerin potansiyel hareketlilik ya da yarıyışlılık indeksinin (iz elementlerin daha labil olan fraksiyondaki yüzdesi) arttığı, TSP+KCl gübresi uygulamasının da Cu ve Zn'nin çözünebilir+değişebilir fraksiyondaki oranını arttırdığı sonuçlarına ulaşılmıştır (Molina-Roco vd., 2018).

Killi tekstüre, yüksek CaCO_3 içeriğine (%22) sahip ve zeytin yetiştirilen toprağa 8 kg/m^2 fosforlu gübre uygulamasından sonra zamana bağlı olarak (Şubat, Ağustos ve Aralık) referans toprağında Cu'nun %13 ve %63'ü, Zn'nin %43 ve %56'sı, sırasıyla indirgenebilir (Fe ve Mn oksit ve hidroksitlere bağlı) ve bakiye (kile bağlı) fraksiyonda bulunurken, fosfor uygulanan toprakta 15 ay sonra referans toprağa kıyasla mobil fraksiyonda özellikle değişebilir fraksiyonda Cu için %14 (0-20 cm), Zn için %23 (0-20 cm) artış görülmesinin, fosforlu gübrenin Cu ve Zn gibi iz elementleri hareketli

hale getirebildiği, çözünürlükleri üzerinde önemli bir etkisi olabileceği ve yeraltı suları için tehdit oluşturabileceğini göstermiştir (Kassir, 2014).

Eğirdir 10-15 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 0.224), Car (% 6.35), MnO (% 0.819), AFeO (% 48.8), KFeO (% 13.9), OS (% 7.40), R (% 22.5) olarak belirlenmiştir. Gelendost 10-15 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 1.12), Car (% 9.90), MnO (% 0.233), AFeO (% 31.4), KFeO (% 20.3), OS (% 10.8), R (% 26.2) olarak belirlenmiştir. Aynı yaş grubunda farklı lokasyonlardan alınan bu toprak örnekleri karşılaştırıldığında; Gelendost toprak örneklerinde Cu elementine ait WS, Car, OS fraksiyonlarının oransal dağılımının daha yüksek, Eğirdir toprak örneklerinde ise Cu elementine ait MnO, AFeO ve KFeO fraksiyonlarının oransal dağılımının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Gelendost 10-15 yaşındaki elma bahçesi topraklarında Cu_{WS} 'nin oransal olarak daha yüksek olması bu toprakların kum içeriğinin (% 21.0-24.5) Eğirdir'e kıyasla (% 25.4-48.7) düşük olması ve göreceli olarak kil içeriğinin yüksek olmasından dolayı yüzey alanının artarak yüzeyde daha fazla yayarışlı Cu elementinin tutulmasıdır. Genel olarak Eğirdir ve Gelendost yüzey topraklarının kum ve kil içeriklerine ait minimum, maksimum ve ortalama değerler kıyaslandığında Gelendost kum (% 15.5-50.7; 27.4 ± 1.65), kil (% 23.8-49.0; 37.7 ± 1.25), Eğirdir kum (% 17.5-58.4; 36.2 ± 2.21), kil (% 24.6-56.3; 37.4 ± 1.89) olarak belirlenmiş ve Gelendost topraklarının kil içeriğine ait ortalama değer Eğirdir toprakları ile benzerdir, ancak kum içeriği minimum, maksimum ve ortalama değer bakımından düşüktür.

Gelendost topraklarında Cu_{Car} fraksiyonunun oransal olarak yüksek olması, kireç içeriğinin yüksek olmasından dolayıdır. Eğirdir 10-15 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında kireç içeriği (% 0.69-4.70), Gelendost 10-15 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında kireç içeriği (% 18.2-19.2) aralığında değişmiştir. Genel olarak Eğirdir ve Gelendost yüzey topraklarına ait minimum ve maksimum değerler kıyaslandığında Gelendost'a (% 5.72-20.9) kıyasla Eğirdir'de (% 0.385-31.2) maksimum değer daha yüksektir. Ancak ortalama değer bakımından Eğirdir toprakları (% 4.94 ± 1.34), Gelendost topraklarından (% 15.2 ± 0.663) daha düşük kireç içeriğine sahip olmaktadır. Gelendost 10-15 yaşındaki bahçe yüzey topraklarının organik madde içeriği

Eğirdir'den düşük olmasına rağmen Cu_{Os} fraksiyonunun oransal dağılımı daha yüksek bulunmuştur.

Eğirdir yüzey topraklarında Cu elementine ait MnO, AFeO ve KFeO fraksiyonlarının oransal dağılımının daha yüksek olması, bu topraklarda indirgen koşullardan dolayı toplam DTPA-Fe ve DTPA-Mn ve bunların toplam miktarlarının Gelendost topraklarına göre yüksek olmasıdır. Eğirdir yüzey toprakları DTPA-Fe (12.3-87.2 mg/kg), DTPA-Mn (13.9-144 mg/kg), toplam Fe (17 519-41 233 mg/kg), toplam Mn (291-1 236 mg/kg), Gelendost yüzey toprakları DTPA-Fe (2.95-15.9 mg/kg), DTPA-Mn (13.2-32.1 mg/kg), toplam Fe (23 063-32 493 mg/kg) ve toplam Mn (402-649 mg/kg) olarak bulunmuştur. Topraklara sonradan yani antropojenik etki ile ilave edilen Cu, MnO ve AFeo fraksiyonlarına bağlanarak çökelmektedir. Kış aylarında su altında kalma ile topraklarda önce Fe/Al/Mn oksit mineralleri önce çözünmekte yaz aylarında ise tekrar çökelmektedir. Su altında kalma sonucunda toprak çözeltisindeki birçok elementin desorpsiyonu artmakta, redüksiyon sonrasında indirgenen Fe (III) ve Mn (IV) oksitler çözeltideki Fe^{+2} ve Mn^{+2} miktarını artırmaktadır. Bu elementlerin yanında yüksek redoks potansiyeli (Eh) değerine göre düşük pH ve Eh değerinde ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Cu ve Zn miktarının da daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Çünkü indirgen koşullarda redoks potansiyeli normal topraklara göre düşüktür (Gökmen ve Uygur, 2022).

Eğirdir > 20 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 0.584), Car (% 9.78), MnO (% 0.698), AFeO (% 55.3), KFeO (% 14.1), OS (% 5.86), R (% 13.7), Gelendost > 20 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 1.53), Car (% 14.0), MnO (% 0.362), AFeO (% 45.4), KFeO (% 13.7), OS (% 7.75), R (% 17.2) olarak tespit edilmiştir. Aynı yaş grubunda farklı lokasyonlardan alınan bu toprak örnekleri karşılaştırıldığında; 10-15 yaşındaki bahçelere benzer olarak, Gelendost toprak örneklerinde Cu elementine ait WS, Car, OS fraksiyonlarının oransal dağılımının daha yüksek, Eğirdir toprak örneklerinde ise Cu elementine ait MnO, AFeO ve KFeO fraksiyonlarının oransal dağılımının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Gelendost > 20 yaşındaki elma bahçesi topraklarında Cu_{ws} 'nin oransal olarak daha yüksek olması bu toprakların kum içeriğinin (% 16.7-50.7) Eğirdir'e kıyasla (% 17.5-53.7) düşük olması ve göreceli olarak kil içeriğinin yüksek olmasından dolayı yüzey alanının artarak yüzeyde daha fazla yarayışlı Cu elementinin tutulmasıdır. Genel olarak Eğirdir ve Gelendost yüzey topraklarının kum ve kil içeriklerine ait minimum, maksimum ve ortalama değerler kıyaslandığında Gelendost kum (% 15.5-50.7; 27.4 ± 1.65), kil (% 23.8-49.0; 37.7 ± 1.25), Eğirdir kum (% 17.5-58.4; 36.2 ± 2.21), kil (% 24.6-56.3; 37.4 ± 1.89) olarak belirlenmiş ve Gelendost topraklarının kil içeriğine ait ortalama değer Eğirdir toprakları ile benzerdir, ancak kum içeriği minimum, maksimum ve ortalama değer bakımından düşüktür.

Gelendost topraklarında Cu_{car} fraksiyonunun oransal olarak yüksek olması, kireç içeriğinin yüksek olmasından dolayıdır. Eğirdir > 20 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında kireç içeriği (% 0.411-10.9), Gelendost > 20 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında kireç içeriği (% 5.96-20.9) aralığında değişmiştir. Genel olarak Eğirdir ve Gelendost yüzey topraklarına ait minimum ve maksimum değerler kıyaslandığında Gelendost'a (% 5.72-20.9) kıyasla Eğirdir'de (% 0.385-31.2) maksimum değer daha yüksektir. Ancak ortalama değer bakımından Eğirdir toprakları (% 4.94 ± 1.34), Gelendost topraklarından (% 15.2 ± 0.663) daha düşük kireç içeriğine sahip olmaktadır. Gelendost > 20 yaşındaki bahçe yüzey topraklarının organik madde içeriği Eğirdir'den düşük olmasına rağmen Cu_{os} fraksiyonunun oransal dağılımı daha yüksek bulunmuştur.

Eğirdir yüzey topraklarında Cu elementine ait MnO, AFeO ve KFeO fraksiyonlarının oransal dağılımının daha yüksek olması, bu topraklarda indirgen koşullardan dolayı toplam DTPA-Fe ve DTPA-Mn ve bunların toplam miktarlarının Gelendost topraklarına göre yüksek olmasıdır. Eğirdir yüzey toprakları DTPA-Fe (12.3-87.2 mg/kg), DTPA-Mn (13.9-144 mg/kg), toplam Fe (17 519-41 233 mg/kg), toplam Mn (291-1 236 mg/kg), Gelendost yüzey toprakları DTPA-Fe (2.95-15.9 mg/kg), DTPA-Mn (13.2-32.1 mg/kg), toplam Fe (23 063-32 493 mg/kg) ve toplam Mn (402-649 mg/kg) olarak bulunmuştur. Topraklara sonradan yani antropojenik etki ile ilave edilen Cu, MnO ve AFeo fraksiyonlarına bağlanarak çökelmektedir. Kış aylarında su altında kalma ile topraklarda önce Fe/Al/Mn oksit mineralleri önce çözünmekte yaz aylarında ise tekrar çökelmektedir. Su altında kalma sonucunda toprak çözeltisindeki birçok

elementin desorpsiyonu artmakta, redüksiyon sonrasında indirgenen Fe(III) ve Mn (IV) oksitler çözeltideki Fe^{+2} ve Mn^{+2} miktarını artırmaktadır. Bu elementlerin yanında yüksek redoks potansiyeli (Eh) değerine göre düşük pH ve Eh değerinde ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Cu ve Zn miktarının da daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Çünkü indirgen koşullarda redoks potansiyeli normal topraklara göre düşüktür (Gökmen ve Uygur, 2022).

Eğirdir 10-15 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Zn elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 0.204), Car (% 4.42), MnO (% 1.26), AFeO (% 14.3), KFeO (% 10.6), OS (% 10.9), R (% 58.3) olarak belirlenmiştir. Gelendost 10-15 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Zn elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 0.025), Car (% 5.23), MnO (% 0.779), AFeO (% 8.11), KFeO (% 11.8), OS (% 8.39), R (% 65.7) olarak belirlenmiştir. Aynı yaş grubunda farklı lokasyonlardan alınan bu toprak örnekleri karşılaştırıldığında; Gelendost toprak örneklerinde Zn elementine ait, Car ve KFeO fraksiyonlarının oransal dağılımının daha yüksek, Eğirdir toprak örneklerinde ise Zn elementine ait WS, MnO, AFeO ve OS fraksiyonlarının oransal dağılımının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Gelendost topraklarında Cu_{Car} fraksiyonunun oransal olarak yüksek olması, kireç içeriğinin yüksek olmasından dolayıdır. Eğirdir topraklarında da Gelendost'a kıyasla yüksek organik madde içeriğinden dolayı WS ve OS fraksiyonlarının oransal dağılımı daha yüksek bulunmuştur. Eğirdir topraklarında indirgen koşullardan dolayı MnO ve AFeO fraksiyonlarının oransal dağılımı da daha yüksek bulunmuştur.

Eğirdir > 20 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Zn elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 0.427), Car (% 7.38), MnO (% 1.43), AFeO (% 17.8), KFeO (% 12.1), OS (% 12.6), R (% 48.3) olarak belirlenmiştir. Gelendost > 20 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Zn elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 0.145), Car (% 15.1), MnO (% 1.41), AFeO (% 14.8), KFeO (% 9.88), OS (% 8.39), R (% 50.3) olarak belirlenmiştir. Aynı yaş grubunda farklı lokasyonlardan alınan bu toprak örnekleri karşılaştırıldığında; Gelendost toprak örneklerinde Zn elementine ait, Car fraksiyonunun oransal dağılımının daha yüksek, Eğirdir toprak örneklerinde ise Zn elementine ait WS, AFeO, KFeO ve OS fraksiyonlarının oransal dağılımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Gelendost topraklarında Cu_{Car} fraksiyonunun oransal

olarak yüksek olması, kireç içeriğinin Eğirdir topraklarına göre yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Eğirdir topraklarında da Gelendost'a kıyasla yüksek organik madde içeriğinden dolayı WS ve OS fraksiyonlarının oransal dağılımı daha yüksek bulunmuştur. Eğirdir topraklarında indirgen koşullardan dolayı AFeO ve KFeO fraksiyonlarının oransal dağılımı da daha yüksek bulunmuştur.

Eğirdir kontrol grubunda Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 0.281), Car (% 3.21), MnO (% 0.294), AFeO (% 36.1), KFeO (% 19.8), OS (% 9.76), R (% 30.5) olarak bulunmuştur. Gelendost kontrol grubunda Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 1.93), Car (% 9.66), MnO (% 0.412), AFeO (% 25.2), KFeO (% 22.4), OS (% 11.9), R (% 28.5) olarak bulunmuştur. Pietrzak ve McPhail (2004); kirlenmemiş topraklarda Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılımı; WS (%8-12), OS (% 15-17), R (% 60), R+OS+FeO (% 85-95) olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmadaki WS'nin bu kadar yüksek olması toprak örneklerinin 0-1 ve 1-5 cm gibi derinliklerden alınması ve WS fraksiyonunun suda çözünebilir, değişebilir ve sorbe olan fraksiyonların toplamından oluşmasıdır. Çünkü toprakların suda çözünebilir ve değişebilir fraksiyon miktarları dedeksiyon limitinin altında kalmıştır. Eğirdir ve Gelendost topraklarındaki OS miktarı çalışmadaki OS miktarından biraz düşüktür ancak çalışmadaki R+OS+FeO miktarı (% 85-95) ile Eğirdir yüzey topraklarındaki (% 96.16) ve Gelendost yüzey topraklarındaki (% 88) miktarlar uyumaktadır. Buradaki FeO, AFeO ile KFeO fraksiyonlarının toplamıdır. Eğirdir 10-15 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 0.224), Car (% 6.35), MnO (% 0.819), AFeO (% 48.8), KFeO (% 13.9), OS (% 7.40), R (% 22.5) olarak belirlenmiştir. Gelendost 10-15 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 1.12), Car (% 9.90), MnO (% 0.233), AFeO (% 31.4), KFeO (% 20.3), OS (% 10.8), R (% 26.2) olarak belirlenmiştir. Pietrzak ve McPhail (2004); genç yaştaki üzüm bağlarında Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılımı; WS (> % 50), Car+MnO (< % 10), OS (% 20-25) ve R (% 2-5) olarak belirlemişlerdir. Sadece Car+MnO fraksiyonu miktarları uyumaktadır ve Eğirdir topraklarının Cu elementine ait Car+MnO fraksiyonu % 7.17, Gelendost topraklarının Cu elementine ait Car+MnO fraksiyonu % 10.1'dir. Çalışmadaki toprak örnekleri 0-1 ve 1-5 cm gibi derinliklerden alındığı için fraksiyonların oransal dağılımları arasında değer olarak büyük farklılıkların olması normaldir. Ayrıca çalışmadaki toprakların özellikleri ile Eğirdir

topraklarının özellikleri farklıdır. Fraksiyonların üzerinde etkili olan toprak özellikleri CaCO_3 , organik madde ve tekstürdür. Bu sebeple sadece kontrolle üzüm bağları arasında fraksiyonlar açısından farklılık olup olmadığı önemlidir.

Eğirdir > 20 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 0.584), Car (% 9.78), MnO (% 0.698), AFeO (% 55.3), KFeO (% 14.1), OS (% 5.86), R (% 13.7), Gelendost > 20 yaşındaki bahçe yüzey topraklarında Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılım; WS (% 1.53), Car (% 14.0), MnO (% 0.362), AFeO (% 45.4), KFeO (% 13.7), OS (% 7.75), R (% 17.2) olarak tespit edilmiştir. Pietrzak ve McPhail (2004); yaşlı üzüm bağlarında Cu elementi fraksiyonlarına ait oransal dağılımı; WS (> % 50), Car+MnO (< % 10), OS (% 15-20), R (% 5-10) olarak bulmuştur. Car+MnO ve R fraksiyonlarına ait miktarlar Eğirdir ve Gelendost topraklarının Car+MnO ve R fraksiyonlarına ait oransal dağılım miktarından düşüktür. Eğirdir topraklarının Cu elementine ait Car+MnO fraksiyonu % 10.5, Gelendost topraklarının Cu elementine ait Car+MnO fraksiyonu % 14.4'dür.

Eğirdir elma bahçelerinde; 4. yaş grubu ile 5. yaş grubunda bulunan elma bahçelerinin yüzey topraklarında, bazı Cu fraksiyonlarının oransal dağılımında (WS, Car, AFeO, KFeO) küçük farklılıklar görülmüştür. Gelendost elma bahçelerinde ise büyük farklılıklar görülmüştür. Eğirdir 4. ve 5. yaş grubu için sırasıyla WS (% 0.558, 0.584), Car (% 9.46, 9.78), AFeO (% 52.7-55.3), KFeO (% 14.8-14.1) olarak bulunmuştur. Bunun sebebinin Cu'nun bir fraksiyondan diğer fraksiyona dönüşümünün yani aktif formdan inaktif forma geçişinin yavaş olduğu ve yıllar hatta onlarca yıl gibi bir zaman gerektiği ve Cu'nun uzun zaman boyunca aktif ve hareketli kalabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Pietrzak ve McPhail, 2004).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak; elma bahçesi topraklarında özellikle yüzeyinde (0-20 cm) yarayışlı P, Cu ve Zn miktarı çok yüksek sınıfta yer almış ve toplam ve Zn içeriği bakımından kirlenmemiş topraklardan yüksek, ülkelerin belirlediği sınır değerlerinin üzerinde bulunmuştur. Toplam Cu ise kirlilik için eşik değeri olan 100 mg/kg'ın üzerinde bulunmuştur. Toplam ve yarayışlı Cu miktarı kontrol örneğinden daha yüksek bulunmuş ve bahçe yaşı arttıkça artmıştır. Aynı durum fraksiyonlarda da görülmüş ve özellikle Cu ve Zn elementine ait yarayışlı fraksiyonlar (WE, Car, MnO) genel olarak kontrolden daha yüksek olarak belirlenmiş ve bahçe yaşı arttıkça artmıştır. Topraklardaki kirliliğin sadece toplam ve yarayışlı Cu ve Zn içeriği ile değil bu elementlere ait fraksiyonlar ile daha net ortaya koyulabileceği tespit edilmiştir. Yapılan korelasyon, faktör ve kümeleme analizlerine göre yarayışlı P, DTPA-Cu ve DTPA-Zn arasında pozitif ilişkiler bulunmuş ve elma bahçesi topraklarındaki yüksek DTPA-Cu ve DTPA-Zn içeriklerinin fosforlu gübreleme ve Cu içeren fungusit kullanımından kaynaklanabileceği saptanmıştır. Bunun yanında genel olarak yarı-bodur ve bodur anaç yetiştiriciliği tercih edildiği için Cu ve Zn bazlı fungusitler yapraklara uygulandığında, yüzey akışı ile doğrudan toprak yüzeyine bulaşmaktadır. Bunda ağaç boyundan dolayı kısalan mesafenin de etkisi vardır. Ayrıca topraklarda P, Cu ve Zn elementleri için bulunan kirlilik seviyesinin endişe verici olduğu ve gübreleme ve fungusit gibi tarımsal faaliyetlerde uygulama dozu ve sıklığına sınır getirilmesinin toprakların sürdürülebilirliği açısından önemli olduğu saptanmıştır. Cu ve Zn açısından kirliliğin olduğu topraklarda kirliliğin giderilebilmesi için; organik madde, kireç, kil gibi toprak özelliklerinin önemli olduğu ve bu özelliklere göre Cu ve Zn elementlerinin hangi fraksiyonu daha fazla tercih ettiğinin belirlenerek o fraksiyonun topraktaki miktarında artış sağlayarak önlem alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Adhikari, T., & Rattan, R. K. (2007) Distribution of zinc fractions in some major soils of india and the impact on nutrition of rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38, 2779-2798. <https://doi.org/10.1080/00103620701663032>
- Albanese, S., De Vivo, B., Lima, A., & Cicchella, D. (2007). Geochemical background and baseline values of toxic elements in stream sediments of Campania region (Italy). *Journal of Geochemical Exploration*, 93, 21-34. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2006.07.006>
- Ali, Z., Kazi, A. G., Malik, R. N., Naz, M., Khan, T., Hayat, A., & Kazi, A. M. (2015). Heavy metal built-up in agricultural soils of Pakistan: sources, ecological consequences, and possible remediation measures. In *Heavy Metal Contamination of Soils: Monitoring and Remediation*. (pp. 23-42)
- Alloway, B. J. (1990). *Heavy Metals in Soils (1. Basım)*. UK: Blackie & Son Ltd.
- Alloway, B. J. (2013). *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Al-Wabel, M. I., Sallam, A. E. S., Usman, A. R. A., Ahmad, M., El-Naggar, A. H., El-Saeid, M. H., Al-Faraj, A., El-Enazi, K., & Al-Romian, F. A. (2017). Trace metal levels, sources, and ecological risk assessment in a densely agricultural area from Saudi Arabia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(252), 1-21. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5919-1>
- Amacher, M. C. (1996). Nickel, cadmium, and lead. In *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*. (pp. 739-768)
- Anonim (1986). Council Directive on the Protection of the Environment, and in Particular of the Soil, When Sewage Sludge is Used in Agriculture. Official Journal of the European Communities, L181, Annex 1A.
- Anonim (2001). Soil Pollution Control Regulation. Official Gazzette of Republic of Turkey, No:24609, Annex-I.
- Aoyama, M., & Tanaka, R. (2013). Effects of heavy metal pollution of apple orchard surface soils associated with past use of metal-based pesticides on soil microbial biomass and microbial communities. *Journal of Environmental Protection*, 4, 27-36.
- Arshad, M. A., Lowery, B., & Grossman, B. (1997). Physical tests for monitoring soil quality. *Methods for Assessing Soil Quality*, 49, 123-141.
- Aubert, H., & Pinta, M. (1977). *Trace Elements in Soils*. Elsevier, Amsterdam.
- Bai, J., Xiao, R., Cui, B., Zhang, K., Wang, Q., Liu, X., Gao, H., & Huang, L. (2011). Assessment of heavy metal pollution in wetland soils from the young and old

- reclaimed regions in the Pearl River Estuary, South China. *Environmental pollution*, 159(3), 817-824. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.11.004>
- Baker, D. E. (1993). Copper (Section 2—Individual Elements). In *Heavy Metals in Soils*. (pp. 151-176)
- Barden, J. A., & Neilsen, G. H. (2003). Selecting the orchard site, site preparation and orchard planning and establishment. In *Apples: Botany, Production and Uses*. (pp. 237-265)
- Barzi, F., Naidu, R., & McLaughlin, M. J. (1996). Contaminants and Australian soil environment. In *Contaminants and the Soil Environment in the Australasia-Pacific Region: Proceedings of the First Australasia Pacific Conference*. (pp. 451-484)
- Bashour, I. I., & Sayegh, A. H. (2007). Methods of analysis for soils of arid and semi-arid regions. Food and agriculture organization of the United Nations. <https://msibsri4313.files.wordpress.com/2013/11/methods-of-soil-analysis-for-arid-semiarid-regions.pdf> (Son erişim tarihi: 10 Ekim 2022)
- Benson, N. U., Anake, W. U., & Etesin, U. M. (2013). Trace metals levels in inorganic fertilizers commercially available in Nigeria. *Journal of Scientific Research and Reports*, 3(4), 610-620.
- Berkman, E. T., & Reise, S. P. (2012). *A Conceptual Guide to Statistics Using SPSS*. SAGE Publications, Los Angeles, USA.
- Berthet, B., Amiard, J. C., Triquet, C., & Metayer, C. (1984). Experimental study of relationship between the physicochemical form of zinc and its bioavailability. Application to the agricultural utilization of sewage sludges. *Plant and Soil*, 82, 231-246.
- Besnard, E., Chenu, C., & Robert, M. (1999). Distribution of Copper in Vineyard Soils, as Influenced by Organic Amendments. *Environmental Pollution and Natural Backgrounds Symposium*.
- Boawn, L. C., Viets Jr, F. G., & Crawford, C. L. (1954). Effect of phosphate fertilizers on zinc nutrition of field beans. *Soil Science*, 78(1), 1-8.
- Bogdanovic, D., Ubavic, M., & Cuvardic, M. (1999). Effect of phosphorus fertilization on Zn and Cd contents in soil and corn plants. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 54, 49-56. <https://doi.org/10.1023/A:1009779415919>
- Boyraz, N., Kaymak, S., & Yiğit, F. (2005). Eğirdir ilçesi elma üreticilerinin kimyasal savaşım uygulamalarının genel değerlendirilmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 19(36), 37-51.
- Brigden, K., Stringer, R., & Santillo, D. (2002). Heavy Metal and Radionuclide Contamination of Fertilizer Products and Phosphogypsum Waste Produced by The Lebanese Chemical Company, Lebanon. Greenpeace Research

Laboratories, Technical Note 13/2002, Department of Biological Sciences, University of Exeter, Exeter EX4 4PS, UK.

- Brun, L. A., Maillet, J., Hinsinger, P., & Pepin, M. (2001). Evaluation of copper availability to plants in copper-contaminated vineyard soils. *Environmental Pollution*, 111(2), 293-302.
- Brunetto, G., Benedet, L., Ambrosini, V. G., Comin, J. J., Bastos de Melo, G. W., Ademir dos Santos, M., Lourenzi, C. R., Loss, A., Filho, P. B., Schmitt, D. E., & Couto, R. (2018). Copper and zinc fractions in the profile of an Inceptisol cultivated with apple in southern Brazil. *Bragantia*, 77(2), 333-347.
- Brunetto, G., Ferreira, P. A. A., Melo, G. W., Ceretta, C. A., & Toselli, M. (2016). Heavy metals in vineyards and orchard soils. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(2), 1-12. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017263>
- Brunetto, G., Miotto, A., Ceretta, C. A., Schmitt, D. E., Heinzen, J., Moraes, M. P., Canton, L., Tiecher, T. L., Comin, J. J., & Girotto, E. (2014). Mobility of copper and zinc fractions in fungicide-amended vineyard sandy soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(5), 609-624.
- Campillo-Cora, C., Soto-Gómez, D., Arias-Estévez, M., Bååth, E., & Fernández-Calviño, D. (2021). Bacterial community tolerance to Cu in soils with geochemical baseline concentrations (GBCs) of heavy metals: Importance for pollution induced community tolerance (PICT) determinations using the leucine incorporation method. *Soil Biology and Biochemistry*, 155, 108157. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108157>.
- Chen, X. X., Zhang, W., Wang, Q., Liu, Y. M., Liu, D. Y., & Zou, C. Q. (2019). Zinc nutrition of wheat in response to application of phosphorus to a calcareous soil and an acid soil. *Plant and Soil*, 434, 139-150. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3820-5>
- Croué, J. P., Benedetti, M. F., Violleau, D., & Leenheer, J. A. (2003). Characterization and copper binding of humic and nonhumic organic matter isolated from the South Platte River: evidence for the presence of nitrogenous binding site. *Environmental Science & Technology*, 37(2), 328-336. <https://doi.org/10.1021/es020676p>
- Dean, J. R. (2003). *Methods for Environmental Trace Analysis*. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Demircan, V., & Yılmaz, H. (2005). Isparta ili elma üretiminde tarımsal ilaç kullanımının çevresel duyarlılık ve ekonomik açıdan analizi. *Çevre Koruma ve Araştırma Vakfı Ekoloji Dergisi*, 14(57), 15-25.
- Duplay, J., Semhi, K., Errais, E., Imfeld, G., Babcsanyi, I., & Perrone, T. (2014). Copper, zinc, lead and cadmium bioavailability and retention in vineyard soils (Rouffach, France): The impact of cultural practices. *Geoderma*, 230, 318-328. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.04.022>

- Durgun, B., Uygur, V., Durgun, B., & Sukuşu, E. (2017). Isparta-Atabey ovası topraklarında mikro element yayırlılığı ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin temel bileşen analizi ile belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32, 258-268.
- Emmerich, W. E., Lund, L. J., Page, A. L., & Change, A. C. (1982). Solid phase form of heavy metals in sewage sludge-treated soils. *Journal of Environmental Quality*, 11, 178-181.
- Erdal, İ. (2005). Leaf nutrient concentrations of apple orchards in Isparta province. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(4), 411-416.
- Eren, S. T., Sungur, A., & Ekinci, H. (2021). Trace metal fractions, sources, and risk assessment in sediments from Umurbey Stream (Çanakkale-Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 347. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09134-7>
- EU (1986). Council Directive of 12 June 1986 on the Protection of the Environment and in Particular of the Soil When Sewage Sludge is Used in Agriculture, 86/278/EEC.
- FAO (1980). Micronutrients Assessment at the Country Level. An International Study. FAO Soil Bulletin 63. Roma, Italy.
- Fernández-Calviño, D., Nóvoa-Muñoz, J. C., Díaz-Raviña, M., & Arias-Estévez, M. (2009). Copper accumulation and fractionation in vineyard soils from temperate humid zone (NW Iberian Peninsula). *Geoderma*, 153(1-2), 119-129.
- Follet, R. H. (1969). *Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado Soils*. (Ph.D. Dissertation, Fort Collins, Colorado: Colorado State University)
- Forbes, E. A., Posner, A. M., & Quirk, J. P. (1976). The specific adsorption of divalent Cd, Co, Cu, Pb and Zn on goethite. *Journal of Soil Science*, 27, 154-166. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1976.tb01986.x>
- Förstner, U. (1995). Metal speciation and contamination of soil. In *Land Contamination by Metals: Global Scope and Magnitude of Problem*. (pp. 1-34)
- Friesen, D. K, Miller, M. H., & Juo, A. S. R. (1980). Liming and lime-phosphorus-zinc interactions in two nigerian ultisols: II. effects on maize root and shoot growth. *Soil Science Society of America Journal*, 44, 1227-1232.
- Gao, X., & Grant, C. A. (2012). Cadmium and zinc concentration in grain of durum wheat in relation to phosphorus fertilization, crop sequence and tillage management. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2012/817107>
- Gheboianu, A. I., Setnescu, T., Setnescu, R., Culicov, O., & Zinicovscaia, I. (2017). The Influence of Different Types of Pesticides on Elemental Profiles of Some

Fruit Trees: Apple and Plum. *Tim17 Physics Conference*. 25–27 May. Timisoara, Romania, 1-7.

- Giroto, E., Ceretta, C. A., Brunetto, G., Miotto, A., Tiecher, T. L., Conti, L. D., Lourenzi, C. R., Lorensini, F., Gubiani, P. I., Silva, L. S., & Nicoloso, F. D. (2014). Copper availability assessment of Cu-contaminated vineyard soils using black oat cultivation and chemical extractants. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 9051-9063. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4065-2>
- Gómez-Armesto, A., Carballeira-Díaz, J., Pérez-Rodríguez, P., Fernández-Calviño, D., Arias-Estévez, M., Nóvoa-Muñoz, J. C., Álvarez-Rodríguez, E., Fernández-Sanjurjo, M. J., & Núñez-Delgado, A. (2015). Copper content and distribution in vineyard soils from betanzos (A Coruña, Spain). *Spanish Journal of Soil Science*, 5(1), 60-71.
- Gökmen, F., & Uygur, V. (2022). Su altında kalmış toprakların genel özellikleri. In *Fen Bilimleri ve Mühendislik Araştırmaları: Faydacı Yaklaşımlar*. (ss. 87-108)
- Gökmen, F., Uygur, V., & Sukuşu, E. (2023a). Investigation of relationships between available boron and soil properties. *Romanian Agricultural Research*, 40, 1-9. <https://doi.org/10.59665/rar4036>
- Gökmen, F., Uygur, V., & Sukuşu, E. (2023b). Extreme gradient boosting regression model for soil available boron. *Eurasian Soil Science*, 56(6), 738-746. <https://doi.org/10.1134/S1064229322602128>
- Gu, Y. G., Li, Q. S., Fang, J. H., He, B. Y., Fu, H. B., & Tong, Z. J. (2014). Identification of heavy metal sources in the reclaimed farmland soils of the pearl river estuary in China using a multivariate geostatistical approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 105, 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.04.003>
- Han, F. X. (2007). *Biogeochemistry of Trace Elements in Arid Environments*. Springer, Netherlands.
- Hasan, M., Kausar, D., Akhter, G., & Shah, M. H. (2018). Evaluation of the mobility and pollution index of selected essential/toxic metals in paddy soil by sequential extraction method. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 147, 283-291. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.054>.
- Hazelton, P., & Murphy, B. (2016). *Interpreting Soil Test Results : What Do All The Numbers Mean? (3. Basım)*. Avustralya: CSIRO Publishing.
- Hazelton, P., & Murphy, B. (2016). *Interpreting Soil Test Results: What Do All the Numbers Mean?* Chemin de Baillarguet: CSIRO Publishing.
- He, Z., Shentu, J., Yang, X., Baligar, V. C., Zhang, T., & Stoffella, P. J. (2005). Heavy metal contamination of soils: Sources, indicators, and assessment. *Journal of Environmental Indicators*, 9, 17-18.

- Helmke, P. A., & Sparks, D. L. (1996). Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. In *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*. (pp. 551-574)
- Hickey, M. G., & Kittrick, J. A. (1984). Chemical partitioning of cadmium, copper, nickel and zinc in soils and sediments containing high levels of heavy metals. *Journal of Environmental Quality*, 13, 372-376.
- Hodgson, J. F., Lindsay, W. L., & Trierweiler, J. F. (1966). Micronutrient cation complexing in soil solution. II. complexing of zinc and copper in displacing solution from calcareous soils. *Soil Science Society of American Proceedings*, 30, 723-726.
- Hu, Y., & Cheng, H. (2016). A method for apportionment of natural and anthropogenic contributions to heavy metal loadings in the surface soils across large-scale regions. *Environmental Pollution*, 214, 400-409. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.028>
- Iwegbue, C. M. A. (2007). Metal fractionation in soil mechanic waste dumps profiles at automobile. *Waste Management and Research*, 25, 585-593.
- Jalali, M., & Moharami, S. (2010). Effects of the addition of phosphorus on the redistribution of cadmium, copper, lead, nickel, and zinc among soil fractions in contaminated calcareous soil. *Soil and Sediment Contamination*, 19(1), 88-102. <https://doi.org/10.1080/15320380903390521>
- Janssen, E., & Koopmann, R. (2003). *Determination of Total Phosphorus, Total Nitrogen and Nitrogen Fractions*. Landesbetrieb Hessisches Landeslabor, Kassel.
- Jenne, E. A. (1968). Controls on Mn, Fe, Co, Ni, Cu, and Zn concentrations in soils and water-the significant role of hydrous Mn and Fe oxides. In *Trace Inorganics in Water, Advances in Chemistry Series*. (pp. 337-387)
- Jenkins, D. A., & Jones, R. G. W. (1980). Trace elements in rocks, soils, plants and animals: introduction. In *Applied Soil Trace Elements*. (pp. 1-20)
- Jiao, W., Chen, W., Chang, A. C., & Page, A. L. (2012). Environmental risks of trace elements associated with long-term phosphate fertilizers applications: a review. *Environmental Pollution*, 168, 44-53.
- Jones, J. R., Wolf, B., & Mills, H. A. (1991). *Plant Analysis Handbook*. Micro Macro Publishing.
- Jones, J. B. (2001). *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. CRC Press.
- Jordan, M. M., Montero, M. A., Pina, S., & Garcia-Sanchez, E. (2009). Mineralogy and distribution of Cd, Ni, Cr, and Pb in biosolids-amended soils from Castellon province (NE, Spain). *Soil Science*, 174, 14-20.

- Joshi, D., Srivastava, P. C., Dwivedi, R., & Pachauri, S. P. (2014). Chemical speciation of Zn in acidic soils: Suitable soil extractant for assessing Zn availability to maize (*Zea Mays* L.). *Chemical Speciation and Bioavailability*, 26, 148-157.
- Kabata-Pendias, A. (2007). *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press, Boca Raton.
- Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants (4. Basım)*. Boca Raton, USA: CRC Press.
- Kabata-Pendias, A., & Mukherjee, A. B. (2007). *Trace Elements from Soil to Human*. ISBN - 13, Springer-Verlag Berlin.
- Kacar, B. (2014). *Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri: 2, Kolay Uygulanabilir Bitki Analizleri (1. Basım)*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki Analizleri (1. Basım)*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Karczewska, A., (1996). Chemical speciation and fate of selected heavy metals in soils strongly polluted by copper smelters. In *Geochemical Approaches to Environmental Engineering of Metals*. (pp. 55-79)
- Kartal, Ş., Aydın, Z., & Tokaloğlu, Ş. (2006). Fractionation of metals in street sediment samples by using the BCR sequential extraction procedure and multivariate statistical elucidation of the data. *Journal of Hazardous Materials*, 132(1), 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.11.091>
- Kassir, L. N. (2014). Environmental impact of phosphate fertilizers and by-products on agricultural soils. In *Fertilizers: Components, Uses in Agriculture and Environmental Impacts*. (pp. 45-66)
- Kaya, B., & Uygur, V. (2019). Zinc adsorption and relations with soil properties in soils forming on calcareous parent material. *ISUBÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2), 156-165.
- Kelepertzis, E. (2014). Accumulation of heavy metals in agricultural soils of Mediterranean: Insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. *Geoderma*, 221, 82-90.
- Khan, M. J., & Jones, D. L. (2009). Effect of composts, lime and diammonium phosphate on the phytoavailability of heavy metals in a copper mine tailing soil. *Pedosphere*, 19(5), 631-641. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(09\)60158-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(09)60158-2)
- Kizilkaya, R., Dengiz, O., Ozyazici, M. A., Askin, T., Mikayilov, F., & Shein, E. V. (2011). Spatial distribution of heavy metals in soils of the Bafra plain in Turkey. *Eurasian Soil Science*, 44(12), 1343-1351.

- Komarek, M., Čadková, E., Chrastný, V., Bordas, F., & Bollinger, J. C. (2010). Contamination of vineyard soils with fungicides: a review of environmental and toxicological aspects. *Environment International*, 36(1), 138-151.
- Kuo, S. (1996). Phosphorus. In *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. (pp. 869-920)
- Lair, G. J., Gerzabek, M. H., & Haberhauer, G. (2007). Retention of copper, cadmium and zinc in soil and its textural fractions influenced by long-term field management. *European Journal of Soil Science*, 58, 1145-1154.
- Lambert, R., Grant, C., & Sauvé, S. (2007). Cadmium and zinc in soil solution extracts following the application of phosphate fertilizers. *Science of the Total Environment*, 378(3), 293-305.
- Leleyter, L., & Probst, J. L. (1999). A new sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace elements in river sediments. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 73(2), 109-128.
- Li, J., He, M., Han, W., & Gu, Y. (2009). Availability and mobility of heavy metal fractions related to the characteristics of the coastal soils developed from alluvial deposits. *Environmental Monitoring and Assessment*, 158, 459-469. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0596-8>
- Li, W., Zhang, M., & Shu, H. (2005). Distribution and fractionation of copper in soils of apple orchards. *Environmental Science and Pollution Research*, 12, 168-172. <https://doi.org/10.1065/espr2005.04.243>
- Lide, D. R. (2005). *Handbook of Chemistry and Physics*. CRC Press.
- Lindsay, W. L. (1979). *Chemical Equilibrium in Soils*. John Wiley & Sons, New York.
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3), 421-428. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>
- Lindsay, W. L., & Norwell, W.A. (1978). Development of DTPA of soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Journal of American Soil Science*, 42, 421-428.
- Loeppert, R. H., & Suarez, D. L. (1996). Carbonate and gypsum. In *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*. (pp. 437-474)
- Loland, J. Ø., & Singh, B. R. (2004). Copper contamination of soil and vegetation in coffee orchards after long-term use of Cu fungicides. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 69, 203-211.
- Maas, E. V. (1986). Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research*, 1, 12-26.
- Mackie, K. A., Müller, T., & Kandeler, E. (2012). Remediation of copper in vineyards—a mini review. *Environmental Pollution*, 167, 16-26.

- Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (3. Basım)*. USA: Elsevier/Academic Press.
- McKenzie, R. M. (1972). The sorption of some heavy metals by the lower oxides of manganese. *Geoderma*, 42, 177-188. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(72\)90030-4](https://doi.org/10.1016/0016-7061(72)90030-4)
- Medunić, G., Juranović Cindrić, I., Lovrenčić Mikelić, I., Tomašić, N., Balen, D., Oreščanin, V., Kampić, S., & Ivković, I. (2013). Copper and zinc fractionation in apple orchard soil in the village of Bukevje (Croatia) using the revised four-step BCR extraction procedure. *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 64(4), 531-537. <https://doi.org/10.2478/10004-1254-64-2013-2326>
- Merry, R. H., Tiller, K. G., & Alston, A. M. (1983). Accumulation of copper, lead and arsenic in some Australian orchard soils. *Australian Journal of Soil Research*, 21, 549-561.
- Mertens, J., & Smolders, E. (2013). Zinc. In *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. (pp. 465-494)
- Mills, H. A., & Jones, J. B., Jr. (1996). *Plant Analysis Handbook II: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Athens, Ga: MicroMacro Publishing.
- Miotto, A., Ceretta, C. A., Brunetto, G., Nicoloso, F. T., Giroto, E., Farias, J. G., Tiecher, T. L., De Conti, L., & Trentin, G. (2014). Copper uptake, accumulation and physiological changes in adult grapevines in response to excess copper in soil. *Plant and Soil*, 374, 593-610.
- Mirlean, N., Roisenberg, A., & Chies, J. O. (2007). Metal contamination of vineyard soils in wet subtropics (southern Brazil). *Environmental Pollution*, 149(1), 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.12.024>
- Molina, M., Aburto, F., Calderón, R., Cazanga, M., & Escudey, M. (2009). Trace element composition of selected fertilizers used in Chile: phosphorus fertilizers as a source of long-term soil contamination. *Soil and Sediment Contamination*, 18(4), 497-511. <https://doi.org/10.1080/15320380902962320>
- Molina-Roco, M., Escudey, M., Antilén, M., Arancibia-Miranda, N., & Manquían-Cerda, K. (2018). Distribution of contaminant trace metals inadvertently provided by phosphorus fertilisers: movement, chemical fractions and mass balances in contrasting acidic soils. *Environmental Geochemistry and Health*, 40, 2491-2509.
- Mousavi, S. R. (2011). Zinc in crop production and interaction with phosphorus. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(9), 1503-1509.
- Nelson, D. A., & Sommers, L. (1983). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. (pp. 539-579)

- Nichols, B. A., Hopkins, B. G., Jolley, V. D., Webb, B. L., Greenwood, B. G., & Buck, J. R. (2012). Phosphorus and zinc interactions and their relationships with other nutrients in maize grown in chelator-buffered nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, 35(1), 123-141. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.631672>
- Nogueirol, R. C., Alleoni, L. R. F., Nachtigall, G. R., & de Melo, G. W. (2010). Sequential extraction and availability of copper in Cu fungicide-amended vineyard soils from Southern Brazil. *Journal of Hazardous Materials*, 181(1-3), 931-937. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.05.102>
- Obrador, A., Alvarez, J. M., Lopez-Valdivia, L. M., Gonzalez, D., Novillo, J., & Rico, M. I. (2007). Relationships of soil properties with mn and zn distribution in acidic soils and their uptake by a barley crop. *Geoderma*, 137, 432-443.
- Oorts, K. (2013). Copper. In *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. (pp. 367-394)
- Ozkan, A., & Uygur, V. (2019). Determination of Heavy Metal Concentrations in Agricultural Lands of Amik Plain with MP-AES. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(1), 416-425.
- Ören, S. (2018). *Toprakların Redoks Potansiyelindeki Değişimlerin Fe ve Mn Yarayışlılığına Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ören, S., Uygur, V., & Sukuşu, E. (2018). Farklı Özelliklerdeki Topraklarda Redoks Potansiyelindeki Değişimlerin Fe ve Mn Yarayışlılığına Etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 31(3), 301-309.
- Özdamar, K. (2013). *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-2 (9. Baskı)*. Ankara: Nisan Kitabevi.
- Özdamar, K. (2015). *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-1 (10. Baskı)*. Ankara: Nisan Kitabevi.
- Palleiro, L., Patinha, C., Rodríguez-Blanco, M. L., Taboada-Castro, M. M., & Taboada-Castro, M. T. (2016). Metal fractionation in topsoils and bed sediments in the Mero River rural basin: Bioavailability and relationship with soil and sediment properties. *Catena*, 144, 34-44. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.04.019>.
- Parat, C., Chaussod, R., & Andreux, F. (1999). Grain Size Distribution of Copper and Organic Matter in Copper Contaminated Vineyard Soils. *Environmental Pollution and Natural Backgrounds Symposium*.
- Parat, C., Chaussod, R., Lévêque, J., Dousset, S., & Andreux, F. (2002). The relationship between copper accumulated in vineyard calcareous soils and soil organic matter and iron. *European Journal of Soil Science*, 53(4), 663-670.

- Parat, C., Lévêque, J., Dousset, S., Chaussod, R., & Andreux, F. (2003). Comparison of three sequential extraction procedures used to study trace metal distribution in an acidic sandy soil. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 376, 243-247.
- Park, B. J., & Cho, J. Y. (2011). Assessment of copper and zinc in soils and fruit with the age of an apple orchard. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 54, 910-914. <https://doi.org/10.1007/BF03253179>
- Pietrzak, U., & McPhail, D. C. (2004). Copper accumulation, distribution and fractionation in vineyard soils of Victoria, Australia. *Geoderma*, 122(2-4), 151-166. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.005>
- Preston, W., da Silva, Y. J., do Nascimento, C. W., da Cunha, K. P., Silva, D. J., & Ferreira, H. A. (2016). Soil contamination by heavy metals in vineyard of a semiarid region: An approach using multivariate analysis. *Geoderma regional*, 7(4), 357-365. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2016.11.002>
- Ramos, L., Hernandez, L. M., & Gonzalez, M. J. (1994). Sequential fractionation of copper, lead, cadmium and zinc in soils from or near Donana national park. *Journal of Environmental Quality*, 23, 50-57.
- Rhoades, J. D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*. (pp. 417-435)
- Richardson, H. W. (1997). Copper fungicides/bactericides. In *Handbook of Copper Compounds and Applications*. (pp. 93-122)
- Rosa Couto, R., Benedet, L., Comin, J. J., Filho, P. B., Martins, S. R., Gatiboni, L. C., Radetski, M., Valois, C. M., Ambrosini, V. G., & Brunetto, G. (2015). Accumulation of copper and zinc fractions in vineyard soil in the mid-western region of Santa Catarina, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 73, 6379-6386. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3861-x>
- Saeed, M. (1977). Phosphate fertilization reduces zinc adsorption by calcareous soils. *Plant and Soil*, 48, 641-649. <https://doi.org/10.1007/BF00145774>
- Saha, J. K., Selladurai, R., Coumar, M. V., Dotaniya, M. L., Kundu, S., Patra, & A. K. (2017). *Environmental Chemistry for a Sustainable World, Soil Pollution: An Emerging Threat to Agriculture*. Springer.
- Saha, J. K., Selladurai, R., Coumar, M. V., Dotaniya, M. L., Kundu, S., & Patra, A. K. (2017). Status of soil pollution in India. In *Soil Pollution-An Emerging Threat to Agriculture* (pp. 271-315)
- Saltalı, H., Mendil, D. A., & Sarı, H. (2005). Assessment of trace metal contents of fertilizers and accumulation risk in soils, Turkey. *Agrochimica*, 49(3-4), 104-111.
- Samourgiannidis, G., & Matsi, T. (2013). Comparison of two sequential extraction methods and the DTPA method for the extraction of micronutrients from acidic

soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(1-4), 38-49.
<https://doi.org/10.1080/00103624.2012.734030>

Sanchez-Martin, M. J., Garcia-Delgado, M., Lorenzo, L. F., Rodriguez-Cruz, M. S., & Arienzo, M. (2007). Heavy metals in sewage sludge amended soils determined by sequential extractions as a function of incubation time of soils. *Geoderma*, 142, 262-273.

Senesi, N., & Polemio, M. (1981). Trace element addition to soil by application of NPK fertilizers. *Fertilizer research*, 2(4), 289-302.
<https://doi.org/10.1007/BF01050200>

Sepahvand, H., & Forghani, A. (2012a). Comparison of two sequential extraction procedures for the fractionation of zinc in agricultural calcareous soils. *Chemical Speciation and Bioavailability*, 24, 13-22.
<https://doi.org/10.3184/095422912X13263033659726>

Sepahvand, H., & Forghani, A. (2012b). Distribution and phytoavailability prediction of zinc in agricultural calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition*, 35, 1763-1775. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.706674>

Shaheen, S. M., & Rinklebe, J. (2014). Geochemical fractions of chromium, copper, and zinc and their vertical distribution in floodplain soil profiles along the Central Elbe River, Germany. *Geoderma*, 228, 142-159.

Shukla, U. C., & Singh, N. (1979). Phosphorus-copper relationship in wheat. *Plant and Soil*, 53, 399-402.

Shuman, L. M. (1977). Adsorption of Zn by Fe and Al hydrous oxides as influenced by oxides and pH. *Soil Science Society of America Journal*, 40, 703-706.

Soltangheisi, A., Rahman, Z. A., Ishak, C. F., Musa, H. M., & Zakikhani, H. (2014). Interaction effects phosphorus and zinc on their uptake and ³²p absorption and translocation in sweet corn (zea mays var. saccharata) grown in a tropical soil. *Asian Journal of Plant Sciences*, 13(3), 129-135.

Sparks, D. L. (2003). *Environmental Soil Chemistry*. Academic Press, Elsevier Science, Cambridge, MA.

Sposito, G. (2008). *The Chemistry of Soils, 2nd Edition*. Oxford University Press, New York.

Srinivasarao, C. H., Ganeshamurthy, A. N., Ali, M., & Singh, R. N. (2007). Effect of phosphorus levels on zinc, iron, copper and manganese removal by chickpea genotypes in typic ustochrept. *Journal of Food Legumes*, 20(1), 45-48.

Stacey, S. P., McLaughlin, M. J., & Hettiarachchi, G. M. (2010). Fertilizer-borne trace element contaminants in soils. In *Trace Elements in Soils*. (pp. 135-154)

- Steinmetz, Z., Kenngott, K. G., Azeroual, M., Schäfer, R. B., & Schaumann, G. E. (2017). Fractionation of copper and uranium in organic and conventional vineyard soils and adjacent stream sediments studied by sequential extraction. *Journal of Soils and Sediments*, 17, 1092-1100.
- Stietiya, M. H., & Wang, J. J. (2011). Effect of organic matter oxidation on the fractionation of copper, zinc, lead, and arsenic in sewage sludge and amended soils. *Journal of Environmental Quality* 40(4), 1162-1171. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0008>
- Sungur, A. (2016). Heavy metals mobility, sources, and risk assessment in soils and uptake by apple (*Malus domestica* Borkh.) leaves in urban apple orchards. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(8), 1051-1065.
- Şener, Ş. (2012). Eğirdir Gölü su kalitesi. <https://sue.sdu.edu.tr/assets/uploads/sites/74/files/sehnaz-sener-04042013.pdf>. (Son erişim tarihi: 22 Eylül 2023)
- Tack, F. M. (2010). Trace elements: general soil chemistry, principles and processes. In *Trace Elements in Soils*. (pp. 9-37)
- Tessier, A. P. G. C., Campbell, P. G., & Bisson, M. J. A. C. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 51(7), 844-851.
- Thomas, G. W. (1996). Soil pH and soil acidity. In *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*. (pp. 475-490)
- Tian, K., Li, M, Hu, W., Fan, Y., Huang, B., & Zhao, Y. (2022). Environmental capacity of heavy metals in intensive agricultural soils: Insights from geochemical baselines and source apportionment. *Science of the Total Environment*, 819. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153078>
- Tiller, K. G. (1983). Micronutrients. In *Soils: An Australian Viewpoint. Division of Soils*. (pp. 365-385)
- Tiller, K. G., & Merry, R. H. (1981). Copper pollution of agricultural soils. In *Proceedings of the Golden Jubilee International Symposium on Copper in Soils and Plants*. (pp. 119-137)
- Toselli, M., Baldi, G., Marcolini, D., Quartieri M., Sorrenti, G., & Marangoni, B. (2009b). Response of potted grapevines to increasing soil copper concentration. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15, 85-92.
- Toselli, M., Schiatti, P., Ara, D., Bertacchini, A., & Quartieri, M. (2009a). The accumulation of copper in soils of the italian region emilia-romagna. *Plant Soil and Environment*, 55(2), 74-79.
- Touchton, J. T., Johnson, J. W., & Cunfer, B. M. (1980). The relationship between phosphorus and copper concentrations in wheat. *Communications in Soil*

- Uçgun, K., & Gezin, S. (2012). Isparta ilinde yoğun olarak elma yetiştirilen bölgelerin bazı toprak özellikleri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(4), 42-49.
- United States Environmental Protection Agency (1999). Background Report on Fertilizer Use, Contaminants and Regulations. Office of Pollution Prevention and Toxics, Washington DC, EPA 747-R-98-003.
- Uren, N. C. (2013). Cobalt and Manganese. In *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. (pp. 335-366)
- USEPA (1999). Background Report on Fertilizer Use, Contaminants and Regulations. Office of Pollution Prevention and Toxics, Washington DC.
- Usta, S. (1995). *Toprak Kimyası*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Uygur, V. (1998). *The Sorption/Desorption Chemistry of Zn in Calcareous Soils from Turkey*. (Doktora Tezi, The University of Newcastle upon Tyne, UK)
- Uygur, V., & Rimmer, D. L. (2000). Reactions of zinc with iron-oxide coated calcite surfaces at alkaline pH. *European Journal of Soil Science*, 51, 511-516.
- Ülgen, N., & Yurtsever, N. (1974). *Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi*. Teknik Yayınları.
- Vitanović, E., Vidaček, Z., Kačić, S., & Katalinić, M. (2008). Contamination of Kastela Bay Vineyard Soils with Heavy Metals. *2nd Mediterranean Conference on Organic Agriculture – Contribution to Sustainable Ecosystem*. 2-4 April, Dubrovnik, 237-245.
- Voegelin, A., Tokpa, G., Jacquat, O., Barmettler, K., & Kretzschmar, R. (2008). Zinc fractionation in contaminated soils by sequential and single extractions: influence of soil properties and zinc content. *Journal of Environmental Quality*, 37, 1190-1200.
- VROM (2000). Dutch Target and Intervention Values, 2000 (the New Dutch List). ANNEXES Circular on Target Values and Intervention Values for Soil Remediation. Esdat Environmental Database Management Software.
- Wang, Q. Y., Liu, J. S., Wang, Y., & Yu, H. W. (2015b). Accumulations of copper in apple orchard soils: distribution and availability in soil aggregate fractions. *Journal of Soils and Sediments*, 15, 1075-1082.
- Wang, Q. Y., Zhou, D. M., & Cang, L. (2009). Microbial and enzyme properties of apple orchard soil as affected by long-term application of copper fungicide. *Soil Biology & Biochemistry*, 41, 1504-1509.

- Wang, Q., Liu, J., & Cheng, S. (2015c). Heavy metals in Apple Orchard Soils and Fruits and Their Health Risks in Liaodong Peninsula, Northeast China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 4178.
- Wang, Q., Liu, J., & Liu, Q. (2015a). Contamination of apple orchard soils and fruit trees with copper-based fungicides: sampling aspects. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 4121.
- Waterlot, C., Bidar, G., Pelfrene, A., Roussel, H., Fourrier, H., & Douay, F. (2013). Contamination, fractionation and availability of metals in urban soils in the vicinity of former lead and zinc smelters, France. *Pedosphere*, 23(2), 143-159.
- Wiater J., & Łukowski A. (2014). Content of total zinc and its fractions in selected soils in the Province of Podlasie. *Journal Elementology*, 19(3), 811-820. <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.3.703>
- Wightwick, A. M., Mollah, M. R., Partington, D. L., & Allinson, G. (2008). Copper fungicide residues in australian vineyard soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 2457-2464.
- Wightwick, A., Mollah, M., Smith, J., & MacGregor, A. (2006). Sampling considerations for surveying copper concentrations in australian vineyard soils. *Australian Journal of Soil Research*, 44(7), 711-717.
- Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *International Scholarly Research Notices*, 2011, 1-21.
- Yazbeck, D., Darwish, T., & Nsouli, B. (2004). The determination of background level of heavy metals in lebanese soils using practice induced x-ray emission technique. *Annales de Recherche Scientifique*, 5, 369-381.
- Yilmaz, H., Demircan, V., Gul, M., & Ormeci Kart, M. C. (2015). Wirtschaftlichkeitsstudie zu Pflanzenschutzmittel-Anwendungen in Apfelpflanzungen der westlichen Mittelmeerregion der Türkei. *Erwerbs-Obstbau*, 57, 141-148. <https://doi.org/10.1007/s10341-015-0242-x>
- Zhou, D. M., Wang, Q. Y., & Cang, L. (2011). Free Cu²⁺ ions, Cu fractionation and microbial parameters in soils from apple orchards following long-term application of copper fungicides. *Pedosphere*, 21(2), 139-145. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(11\)60111-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(11)60111-2)
- Zhu, N. M., Li, Q., Guo, X. J., Zhang, H., & Deng, Y. (2014). Sequential extraction of anaerobic digestate sludge for the determination of partitioning of heavy metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 102, 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.12.033>

ÖZGEÇMİŞ

