

T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RİZE, TRABZON VE ARTVİN İLLERİNDEKİ HAVA
KİRLİLİĞİNİN *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea*
TÜRLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

KEMAL FERAH

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ NİLAY AKÇAY
TEZ JÜRİLERİ
DR. ÖĞR. ÜYESİ SERDAR DİZMAN
DOÇ. DR. NEVZAT BATAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI
RİZE-2019




Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RİZE, TRABZON VE ARTVİN İLLERİNDEKİ HAVA KİRLİLİĞİNİN *Cladonia*
rangiformis ve *Pseudevernia furfuracea* TÜRLERİ KULLANILARAK
BELİRLENMESİ**

Dr. Öğr. Üyesi Nilay AKÇAY danışmanlığında, Kemal FERAH tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 21/05/2019 tarihinde Fizik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Doç. Dr. Nevzat BATAN
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Nilay AKÇAY
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Serdar DİZMAN

İmzası





Doç. Dr. Kemal KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

Rize, Trabzon ve Artvin İllerindeki hava kirliliğinin *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* türleri kullanılarak belirlenmesi başlıklı bu tez çalışması, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalında “Yüksek Lisans Tezi” olarak hazırlanmıştır.

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tez çalışması 2015.53002.102.01.01’ nolu ‘Rize, Trabzon ve Artvin İllerindeki Hava Kirliliğinin *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* Türleri Kullanılarak Belirlenmesi’ başlıklı proje kapsamında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon (RTEÜ BAP) tarafından desteklenmiştir. Bu destekten dolayı Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon (RTEÜ BAP) birimine teşekkür ederim.

Yüksek Lisans tez çalışmamın her aşamasında benden yardımlarını ve gerek maddi gerekse manevi desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Nilay AKÇAY’a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Yüksek Lisans Tez çalışmalarımda bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Erkan KIRIŞ’a, Dr. Öğr. Üyesi Serdar DİZMAN’a, Doç. Dr. Nevzat BATAN ve Doç. Dr. Selami YANGIN’a teşekkür ederim.

Üniversite Eğitimim boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Üniversitemizin kurucu Rektörü Prof. Dr. Nazmi Turan OKUMUŞOĞLU’na, Prof. Dr. Hasan BALTAŞ’a ve Doç. Dr. Vagif NEVRUZOĞLU’na teşekkürlerimi sunarım.

Bu zamana kadar her türlü desteğini esirgemeyen aileme büyük bir sevgiyle şükranlarımı sunuyorum.

Kemal FERAH

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Rize, Trabzon ve Artvin İllerindeki Hava Kirliliğinin *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* Türleri Kullanılarak Belirlenmesi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 21/05/2019

Kemal FERAH



Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

RİZE, TRABZON VE ARTVIN İLLERİNDEKİ HAVA KİRLİLİĞİNİN *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* TÜRLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Kemal FERAH

Recep Tayyip Erdogan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Nilay AKÇAY

Bu çalışmada Rize, Trabzon ve Artvin illerindeki hava kirliliğinin belirlenmesi için çanta tekniği kullanıldı. Bu tekniğin kullanımında *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* türlerinden yararlanıldı. Likenler Rize ili Çamlıhemşin ilçesinden toplandı ve liken çantalarına yerleştirilerek, 2015-2016 yılları arasında altı ay kurak ve altı ay yağışlı mevsim olmak üzere Rize, Trabzon ve Artvin illerindeki belirlenen istasyonlara yerleştirildi. İstasyonlara yerleştirilmeyen numuneler kontrol numunesi olarak tanımlandı. Belirlenen süreler sonunda, kontrol numunelerinin ve istasyonlardan toplanan numunelerin metal konsantrasyonları ICP-OES cihazı ile analiz edildi. Analizler sonucunda istasyonlardaki örneklerde ortalama Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co ve Mn elementlerinin konsantrasyonları sırasıyla $0,72 \mu\text{g.g}^{-1}$, $34,6 \mu\text{g.g}^{-1}$, $6,7 \mu\text{g.g}^{-1}$, $2423,5 \mu\text{g.g}^{-1}$, $362,63 \mu\text{g.g}^{-1}$, $52,25 \mu\text{g.g}^{-1}$, $2648,7 \mu\text{g.g}^{-1}$, $6,36 \mu\text{g.g}^{-1}$, $0,60 \mu\text{g.g}^{-1}$ ve $235,6 \mu\text{g.g}^{-1}$ olarak belirlendi.

Çalışma sonucunda elde edilen metal konsantrasyonları için istatistiksel analizler yapıldı. Kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numunelerinin metal konsantrasyonlarının kontrol numunesine göre karşılaştırılması yapıldığında anlamlı bir fark elde edilemedi. Artvin, Rize ve Trabzon gruplarına ait *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde metal konsantrasyonlarının kontrol numunesine göre anlamlı bir fark bulunamazken *Cladonia rangiformis* numunelerinde yalnızca alüminyum açısından anlamlı bir fark tespit edildi diğer elementler açısından anlamlı bir farka rastlanmadı.

2019, 88 sayfa

Anahtar Kelimeler: Rize, Trabzon, Artvin, Liken, Metal

ABSTRACT

DETERMINATION OF AIR POLLUTION IN RIZE, TRABZON AND ARTVIN PROVINCES USING *Cladonia rangiformis* and *Pseudevernia furfuracea* SPECIES

Kemal FERAH

**Recep Tayyip Erdogan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics
Master Thesis
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Nilay AKÇAY**

In this study, bag technique was used to determine air pollution in Rize, Trabzon and Artvin Provinces. *Pseudevernia furfuracea* and *Cladonia rangiformis* lichen species were used in this technique. Lichens were collected from Çamlıhemşin district of Rize province and placed in lichen bags and placed to predetermined stations in Rize, Trabzon and Artvin provinces, during six months of dry season and six months of rainy season, between 2015 and 2016. Samples not placed in stations were defined as control samples. At the end of the defined periods, metal concentrations of the control samples and in the samples collected from the stations were analyzed by the ICP-OES. As a result of the analyzes, the mean concentrations of Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co and Mn in the samples in stations were determined as 0,72 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 34,6 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 6,7 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 2423,5 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 362,63 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 52,25 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 2648,7 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 6,36 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 0,60 $\mu\text{g.g}^{-1}$ and 235,6 $\mu\text{g.g}^{-1}$ respectively.

Statistical analyzes were performed for the metal concentrations obtained as a result of the study. When the metal concentrations of *Cladonia rangiformis* and *Pseudevernia furfuracea* samples in dry and rainy season were compared to the control sample a significant difference could not be obtained. While there was no significant difference in terms of metal concentrations in *Pseudevernia furfuracea* samples of Artvin, Rize and Trabzon groups compared to the control sample, in *Cladonia rangiformis* samples, a significant difference was found only for aluminum and no significant difference was found for other elements.

2019, 88 pages

Key Words: Rize, Trabzon, Artvin, Lichen, Metal

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET	III
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Ağır Metaller.....	6
1.2.1. Krom.....	9
1.2.2. Mangan.....	9
1.2.3. Demir.....	9
1.2.4. Nikel.....	10
1.2.5. Bakır.....	11
1.2.6. Çinko.....	12
1.2.7. Kurşun.....	12
1.2.8. Alüminyum.....	13
1.3. Biyomonitör Organizmalar.....	13
1.4. Çanta Tekniği.....	14
1.5. Likenler.....	15
1.6. İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES).....	17
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	19
2.1. Çalışma Alanı ve İstasyonların Belirlenmesi.....	19
2.2. Liken Çantalarının Hazırlanması.....	24
2.3. Çalışmada Kullanılan Liken Türleri ve Genel Özellikleri.....	24
2.3.1. <i>Cladonia rangiformis</i>	24
2.3.2. <i>Pseudevernia furfuracea</i>	25
2.4. Liken Örneklerinin Ağır Metal Analizi İçin Hazırlanması.....	26
2.5. ICP-OES Sistemi.....	27
3. BULGULAR.....	28

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	32
4.1. Krom Birikimi.....	32
4.2. Mangan Birikimi.....	34
4.3. Demir Birikimi.....	36
4.4. Nikel Birikimi	38
4.5. Bakır Birikimi	40
4.6. Çinko Birikimi	42
4.7. Kurşun Birikimi	44
4.8. Alüminyum Birikimi.....	46
4.9. Kadmiyum Birikimi	48
4.10. Kobalt Birikimi	50
KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŞ.....	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Çalışma alanı	20
Şekil 2. Sonbahar mevsimi alansal yağış normalleri (1981-2010)	22
Şekil 3. Kış mevsimi alansal yağış normalleri (1981-2010).....	22
Şekil 4. İlkbahar mevsimi alansal yağış normalleri (1981-2010).....	23
Şekil 5. Yaz mevsimi alansal yağış normalleri 1981 2010.....	23
Şekil 6. <i>Cladonia rangiformis</i> (Çakar, 2009)	24
Şekil 7. <i>Pseudevernia furfuracea</i> (Kahraman, 2012)	25
Şekil 8. ICP –OES cihazı	27
Şekil 9. <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerinde Cr konsantrasyonu	33
Şekil 10. <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerinde Cr konsantrasyonu.....	34
Şekil 11. <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerinde Mn konsantrasyonu	35
Şekil 12. <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerinde Mn konsantrasyonu	36
Şekil 13. <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerinde Fe konsantrasyonu.	37
Şekil 14. <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerinde Fe konsantrasyonu.....	38
Şekil 15. <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerinde Ni konsantrasyonu	39
Şekil 16. <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerinde Ni konsantrasyonu.....	40
Şekil 17. <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerinde Cu konsantrasyonu.....	41
Şekil 18. <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerinde Cu konsantrasyonu	42
Şekil 19. <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerinde Zn konsantrasyonu	43
Şekil 20. <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerinde Zn konsantrasyonu	44
Şekil 21. <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerinde Pb konsantrasyonu	45
Şekil 22. <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerinde Pb konsantrasyonu	46
Şekil 23. <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerinde Al konsantrasyonu	47
Şekil 24. <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerinde Al konsantrasyonu.....	48
Şekil 25. <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerinde Cd konsantrasyonu.....	49
Şekil 26. <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerinde Cd konsantrasyonu	50
Şekil 27. <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerinde Co konsantrasyonu.....	51
Şekil 28. <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerinde Co konsantrasyonu	52

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Endüstriden atılan metal türleri.....	8
Tablo 2. Dünya sağlık organizasyonunun ilgili kuruluşlarına göre bazı toksik metallerin haftalık alınabilecek sınır değerleri.	8
Tablo 3. Çalışma alanlarının istasyon adları, koordinat ve istasyon numaraları	20
Tablo 4. IAEA-336 Lichen standardına ait ağır metal analizi verileri ($\mu\text{g.g}^{-1}$).....	26
Tablo 5. ICP-OES ile analizi yapılan elementler ve dalgaboyları	27
Tablo 6. İstasyonlara göre kurak mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları ($\mu\text{g.g}^{-1}$).....	28
Tablo 7. İstasyonlara göre yağışlı mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları ($\mu\text{g.g}^{-1}$).....	29
Tablo 8. İstasyonlara göre kurak mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları ($\mu\text{g.g}^{-1}$).....	30
Tablo 9. İstasyonlara göre yağışlı mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları ($\mu\text{g.g}^{-1}$).....	31
Tablo 10. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait <i>Cladonia rangiformis</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki krom birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	33
Tablo 11. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait <i>Cladonia rangiformis</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki mangan birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$).....	35
Tablo 12. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait <i>Cladonia rangiformis</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki demir birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	37
Tablo 13. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait <i>Cladonia rangiformis</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki nikel birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$).....	39
Tablo 14. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait <i>Cladonia rangiformis</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki bakır birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	41
Tablo 15. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait <i>Cladonia rangiformis</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki çinko birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$).....	43
Tablo 16. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait <i>Cladonia rangiformis</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki kurşun birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$).....	45
Tablo 17. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait <i>Cladonia rangiformis</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki alüminyum birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	47
Tablo 18. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait <i>Cladonia rangiformis</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki kadmiyum birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	49
Tablo 19. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait <i>Cladonia rangiformis</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> numunelerindeki Kobalt birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$).....	51
Tablo 20. <i>Cladonia rangiformis</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> Likenlerine Yayılan Ağır Metal Miktarları Üzerinde Uygulanan Normallik Testi Sonuçları	52

Tablo 21. Kurak mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan bağımlı t-testi sonuçları.....	54
Tablo 22. Kurak mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan mann-whitney u testi sonuçları.....	55
Tablo 23. Yağışlı mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan bağımlı t-testi sonuçları.....	56
Tablo 24. Yağışlı mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (MC) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan mann-whitney u testi sonuçları.....	57
Tablo 25. Kurak mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan bağımlı t-testi sonuçları.....	58
Tablo 26. Kurak mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn,Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan mann-whitney u testi sonuçları.....	59
Tablo 27. Yağışlı mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan bağımlı t-testi sonuçları.....	60
Tablo 28. Yağışlı mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan mann-whitney u testi sonuçları.....	61
Tablo 29. Kurak mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (MC0) Ni metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları	62
Tablo 30. Kurak mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Al metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları	63
Tablo 31. Kurak mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cr metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları	64
Tablo 32. Kurak mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co, ve Mn metal birikimlerinin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan kruskal wallis h testi sonuçları.....	65
Tablo 33. Yağışlı mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Ni metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları	66

Tablo 34. Yağışlı mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Al metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları	67
Tablo 35. Yağışlı mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cr metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları	68
Tablo 36. Yağışlı mevsim <i>Cladonia rangiformis</i> (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan kruskal wallis h testi sonuçları.....	69
Tablo 37. Kurak mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Ni metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları	70
Tablo 38. Kurak mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Al metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları	71
Tablo 39. Kurak mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cr metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları.....	72
Tablo 40. Kurak mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan kruskal wallis h testi sonuçları.....	73
Tablo 41. Yağışlı mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Ni metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları	74
Tablo 42. Yağışlı mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Al metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları	75
Tablo 43. Yağışlı mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cr metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları	76
Tablo 44. Yağışlı mevsim <i>Pseudevernia furfuracea</i> (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn Metal birikimlerinin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan kruskal wallis h testi sonuçları	77
Tablo 45. Bu çalışma ile bulunan ağır metal konsantrasyonlarının farklı ülkelerdeki konsantrasyonlarla karşılaştırılması.....	78

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Cd	Kadmiyum
Fe	Demir
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Al	Alüminyum
Co	Kobalt
Pb	Kurşun
Zn	Çinko
Cu	Bakır
Cr	Krom
IAEA	Uluslararası Atom Enerji Ajansı
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi
ADI	Kabul Edilebilir Günlük Alım
TDI	Tolere Edilebilir Günlük Alım
RDA	Tavsiye Edilen Günlük Alım
PTWI	Haftalık Geçici Olarak Alınabilen Miktar
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde hava kirliliği hızla sanayileşen dünyamızda insanoğlunun atmosfere bıraktığı kirleticilerin sadece buldukları bölgede değil, küresel olarak tüm dünyayı etkileyebildiği önemli bir problem haline gelmiştir (Çınar, 2013; Nriagu, 1996; Yu, 2005). Son 50 yıldan beri özellikle gelişmiş ülkelerde hava kaynaklı ağır metal kirliliği sorunlarına yoğun bir ilgi gösterilmektedir (Beyaztaş, 2008). Bu kirleticilerinin havadaki miktarını ölçmek için çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Bu ölçümler, analitik cihazlarla yapılabildiği gibi biyomonitör organizmalar kullanılarak da yapılabilmektedir. Hava kirliliğinin biyomonitör organizmalar kullanılarak belirlenmesinin avantajı, o yöreye ait hava kalitesi hakkında anlık değil, aylık ve mevsimlik gibi uzun dönemlere ait bilgi vermesidir (Doğrul, 2007).

Bazı organizmalar örneğin likenler, kirlenmiş yerlerde bulunan diğer organizmalara göre kimi kirleticilere karşı daha duyarlı, daha toleranslı veya daha çok kirletici etkeni biriktirebilme yeteneğine sahip olduklarından dolayı buldukları yerin hava kirliliği düzeyi hakkında kalitatif bilgi elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu anlamda likenler birer “gösterge” (indicator) veya “görüntüleyici” (monitor) olarak kullanılmaktadır (Vardar, 2011).

Likenlerin karasal biyomonitör olarak kullanılmalarının diğer önemli avantajları ağır metalleri uzun süre biriktirebilmeleri ve ölçümlerin ortalama bir depozisyon hakkında bilgi vermesidir. Likenlerdeki ağır metalleri ölçmek hava kirliliğini enstrümental olarak direkt kaydetmekten daha az maliyetlidir. Bu da daha çok örnekleme istasyonuna olanak vermektedir. Böylece veri kalitesi artmakta ve geniş bölgelerin kirlilik düzeyleri hakkında bilgi edinilmesi mümkün olmaktadır (Nimis, 1993).

Dünyanın pek çok ülkesinde liken örnekleri transplant olarak kullanılmakta ve hava kirliliğinin boyutları düzenli aralıklarla izlenmektedir. Bu kirlilik çalışmaları

sadece yoğun nüfuslu kentsel alanlarda değil aynı zamanda endüstriyel bölgelerde de yapılmaktadır (Garty, 1993; Nimis ve diğ., 1993).

Bu tez çalışmasının amacı, çanta tekniği kullanılarak Rize, Trabzon ve Artvin İllerindeki hava kirliliğini *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* türleri kullanılarak belirlemektir. Bu amaçla ülkemizde ve diğer ülkelerde yapılan çalışmaların bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Pilegaard (1979), çelik fabrikalarına yakın ve uzak bölgedeki çinko konsantrasyonları arasında büyük farklılıkların olduğunu iki farklı liken türünü inceleyerek tespit etmiştir. Çalışmada transplant olarak kullanılan *Hypogymnia physodes* türüne ait örnekler fabrikalar civarında 2208 mg.kg^{-1} Zn içerirken, kirlenmemiş alanlardan toplanan kontrol örneklerinin sadece 85 mg.kg^{-1} Zn konsantrasyonuna sahip olduğu görülmüştür. Benzer biçimde aynı çalışmada fabrikaya çok yakın bölgeden toplanmış *Lecanora conizaoides* türüne ait örneklerin Zn konsantrasyonu 2280 mg.kg^{-1} olarak bulunurken, 2.3 km uzaklıktan alınan örneklerde bu elementin konsantrasyonu 111 mg.kg^{-1} olarak bulunmuştur.

Gailey ve Lloyd (1986)'un demir-çelik ve diğer ağır metal endüstri tesislerinin yoğun olduğu bölgelerde yapılan transplant çalışmalarında “maruz kalma süresinin” likenlerin demir biriktirmesinde oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada örneklerin Fe konsantrasyonları belirlenmiş ve 1. haftadan 10. haftaya kadar sırayla 115 mg.kg^{-1} , 112 mg.kg^{-1} , 123 mg.kg^{-1} , 589 mg.kg^{-1} , 780 mg.kg^{-1} , 1034 mg.kg^{-1} , 1593 mg.kg^{-1} , 1615 mg.kg^{-1} ve 2077 mg.kg^{-1} olarak tespit edilmiştir.

Heliotis vd. (1988), kırsal alanda yapılmış bir otele yakın bölgeden ve aynı bölgenin ormanlık alanlarından *Pseudevernia furfuracea* örnekleri toplamışlar ve otele yakın bölgeden topladıkları *Pseudevernia furfuracea*'ya ait örneklerin Cd konsantrasyonunu 0.66 mg.kg^{-1} olarak tespit etmişlerdir. Aynı bölgenin ormanlık alanlarından alınan *Pseudevernia furfuracea* örneklerinin Cd konsantrasyonunu 0.44 mg.kg^{-1} olarak bulmuşlardır. Otele yakın yerlerden alınan örneklerdeki kirliliğin fazla olmasının nedenini otomobil aktivitesi ve büyük şehirden (Atina) gelen kirleticilerin neden olmuş olabileceği değerlendirmesinde bulunmuşlardır.

Herzig vd. (1989) çevreye hassas liken türlerinin yaşadığı ortamlarda havanın kalitesi ile ilgili değerlendirmeler yapılabileceğini ifade etmişlerdir.

Máguas vd. (1990), *Flavoparmelia caperata* ile yaptıkları çalışmada, örneklerdeki kurşun konsantrasyonlarını otoyoldan 15 m uzaklıkta 107 mg.kg⁻¹, 30 m uzaklıkta 50.4 mg.kg⁻¹, 50 m uzaklıkta 13 mg.kg⁻¹ ve 100 m uzaklıkta 11.2 mg.kg⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Otoyoldan uzaklaştıkça kurşun konsantrasyonunun azaldığını belirtmişlerdir.

Scerbo vd. (1999), İtalya'da sanayileşmenin yoğun olduğu Livorno bölgesinde, 65 adet *Xathoria parietina* ile yaptıkları çalışmada As, Cd, Cr, Ni, Pb, V, Zn ve Hg elementlerinin konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Analiz sonuçlarına göre elementlerin en derişikten en seyreltiğe doğru sıralanışını Zn, Pb, Cr, Ni, V, As, Cd ve Hg olarak elde etmişlerdir. Bu sonuçlar, çelik üretimi, kimya sanayi, enerji üretimiyle ilgili yanma prosesleri ve trafik kaynaklı emisyonların kirletici olduğunu işaret etmiştir.

Adamo vd. (2003), bir liken türü olan *Pseudevernia furfuracae* ve bir karayosunu türü olan *Sphagnum capillifolium* ile yaptıkları çalışmalarda nemli ve kurak dönemlerde belirli süre beklettikleri liken ve karayosunlarının iz element biriktirebilme ve depolama kapasitelerini farklı dönemlerde belirlemişlerdir. Kirlilik haritası oluşturulmasında metal birikimlerinden yararlanmışlardır. Fe, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd ve Co gibi ağır metalleri analiz etmişlerdir. Ayrıca iki türün biyobirikim kapasiteleri hakkında karşılaştırma bilgisi de elde etmişlerdir.

Zhang vd. (2002), Çin'in güneybatısında 1960, 1980 ve 1990'da toplanan 23 adet epifitik likenle (bu örneklerden 11 tanesi *Parmotrema reticulatum*) yaptıkları çalışmada 32 elementin konsantrasyonunu ölçmüşlerdir. Ölçüm sonuçlarına göre, *Parmotrema reticulatum*'daki element konsantrasyonlarının, örnekleme alanında zaman içinde azaldığını gözlemişlerdir.

Uğur vd. (2003)'nin çalışmalarında inceledikleri liken (*Rhizoplaca melanophthalma*, *Cladonia convoluta*, *Cladonia pyxidata*) ve karayosunu (*Hypnum cupressiforme*, *Grimmia pulvinata*) örnekleri 2000-2001 yılları arasında, Yatağan

Termik Santrali çevresinden toplanmıştır. Bu örneklerde Pb, Cr, Cd, Co, Ni, Mn, Cu, Zn ve Fe konsantrasyonları, atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak tayin edilmiştir. Aynı bölgede bulunan farklı liken ve karayosunu türleri için ve farklı bölgelerde bulunan aynı türler için iz elementler ve ^{210}Po arasındaki korelasyon incelenmiştir. Çalışma alanında yaygın olarak bulunan *Grimmia pulvinata*'nın etkin bir biyoindikatör olduğunu belirtilmiştir.

Aslan vd (2004), Artvin (Murgul) yöresinin değişik bölgelerinden elde edilmiş 15 liken türünde yedi farklı elementin konsantrasyonlarını X-Ray Floresans spektrometresiyle tespit etmişlerdir. Nitel analizler sonucu elde ettikleri spektral pikler örneklerin önemli seviyede K, Ca, Ti, Fe, Cu, St, Ba elementlerini bulundurduğunu göstermiştir. Böylece Artvin (Murgul) yöresindeki farklı liken türlerinin metal iyonu biriktirebilme kapasitesi ile ilgili bilgiler elde etmişlerdir. Ayrıca, Artvin (Murgul) yöresindeki kırsal ve şehirsal bölgelerdeki metal iyon miktarlarını da karşılaştırmışlardır.

Yenisoy ve Tuncel (2004), tarafından Ege Bölgesi'nde 51,800 km²'lik alandan, 234 adet *Xanthoria parietina* türü liken toplanmış ve 35 elementin konsantrasyonları (Al, As, Au, Ba, Br, Cd, Ca, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Hg, K, La, Lu, Mg, Mn, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Th, Ti, V, Yb, Zn, Pb, Ni, Cu) ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry) ile ölçülmüştür. Sonuçta, pek çok elementin, şehirleşmenin ve sanayileşmenin yoğun olduğu yerlerde yüksek konsantrasyonlar gösterdiği görülmüştür.

Mendil vd. (2005)'nin Trabzon likenlerindeki eser element tayini üzerine yaptıkları çalışmada Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb ve Cd miktarlarını sırasıyla en çok 598.4 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 114.3 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 5.9 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 11.4 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 14.0 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 97.4 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 7.1 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ve 1.4 $\mu\text{g.g}^{-1}$ olarak bulmuşlardır.

Coşkun vd. (2009), Trakya Bölgesi'nde yaptıkları araştırmada biyomonitör olarak *Hypnum cupressiforme* türündeki karayosununu ve *Cladonia rangiformis* türündeki likeni seçmişlerdir. 68 istasyondan topladıkları karayosunu ve 25 istasyondan topladıkları liken örneklerinde As, Cd, Cu, Mn, Pb ve Zn düzeylerini incelemişlerdir.

Tüm elementlerin karayosunlarında daha yüksek seviyede biriktiklerini rapor etmişlerdir.

Cansaran vd. (2009), Karabük Demir Çelik Fabrikası yakınlarında belirli istasyonlarda yürüttükleri çalışmada *Pseudevernia furfuracea* türlerinin Pb konsantrasyonlarını 3-9.75 mgkg⁻¹ aralığında tespit etmiştir. Bu değer aralığı literatürde yer alan çalışmalara göre nispeten düşük değerlerdedir.

Kahraman vd. (2009), Gökçeada'da yaptıkları çalışmada, *Cladonia foliacea* ve *Romalina pollinaria* olmak üzere iki liken türünde Mn, Zn, Sr ve Pb konsantrasyonlarını da araştırmışlardır. Mn, Zn, Sr ve Pb değerlerini sırasıyla 99-125 mgkg⁻¹, 34-64 mgkg⁻¹, 69-140 mgkg⁻¹ ve 12-24 mgkg⁻¹ aralığında bulmuşlardır. Bu çalışma, Gökçeada'daki likenlerde çevresel kirlilik düzeyleri hakkında yapılan ilk çalışma olmuştur ve *Cladonia foliacea* ve *Romalina pollinaria* türündeki likenlerin ağır metaller için bir biyomonitör olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Günümüzde, artık hava kirliliğinin insan sağlığını olumsuz etkilediği bilinmektedir. Bir kaynaktan atmosferde yayılan kirleticilerin insanlar tarafından solunarak alınmasıyla birlikte olumsuz etkisi de başlamaktadır. Trafik, ulaşım, endüstri ve kentsel ısınmada kullanılan yakıtlar hava kirliliğinin başlıca kaynaklarını oluşturmaktadır. Rüzgâr, sıcaklık, basınç ve nem gibi meteorolojik faktörler de bu kirleticilerin taşınmasına, seyrelemesine ve/veya artmasına neden olmaktadır. Hava kirleticilerinin çevreye ve insan sağlığına etkileri kirleticinin tipine, atmosferdeki miktarına, atmosferde kalış süresine bağlı olarak değişir (Tecer, 2011).

Hava kirliliği insanlar, bitkiler, hayvanlar ve maddelere zarar verebilen veya rahat yaşama biçimini ve yapıyı aşırı derecede etkileyen kum, toz, uçan kül, kurum, is, duman, gaz, buhar gibi bileşenlerin miktar, karakteristik ve süre olarak çevre atmosferindeki mevcudiyetidir. Başka bir deyişle hava kirliliği havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek derişim ve sürede bulunmasıdır. Hava kirliliğinin etki şekli ve derecesi; yaş, dayanıklılık gibi kişisel faktörlere göre değişir. Hava kirlenmesinde, kirleticilere maruz kalma süresi çok önemlidir.

Bazı kirleticilere düşük derişimlerde çok uzun süre maruz kalındığı zaman olumsuz etki oluşabildiği gibi bazı kirleticilerin düşük derişimleri uzun sürede insanlarda ölümcül sonuç doğurabilmektedir (Adalı, 1996).

Kirletici maddeler, doğal ve insan kaynaklı kirleticiler olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal kaynaklı kirleticilere örnek olarak, rüzgarın yerden kaldırıp yukarıya taşıdığı toz ve kum parçacıkları, volkanların atmosfere püskürttüğü tonlarca kül ve toz ile orman yangınları sonucu oluşan dumanlar örnek olarak gösterilebilir. İnsan kaynaklı kirleticiler, atmosfere hem sabit kaynaklardan hem de hareketli kaynaklardan salınırlar. Sabit kaynaklara örnek olarak, endüstriyel tesisler, elektrik santralleri, evler, ofis binaları, vb. yapılar gösterilebilir. Hareketli kaynaklar ise, motorlu taşıtlar, gemiler ve uçaklar gibi taşıtları içermektedir (Çapraz, 2013).

Hava kirliliğini, gelişmiş ve sanayileşmiş Dünya kentlerinde meydana gelen ciddi bir problem olarak tanımlayan Fenger (2002), özellikle 1950'li yıllardan günümüze kadar Dünya nüfusunun yaklaşık 2 katına çıktığını ve bu artışın beraberinde önemli sorunları getirdiğini savunmaktadır. Kontrolsüz nüfus artışının, plansız kentleşmenin ve trafik yoğunluğunun artması kirliliğin azaltılması yönünde olumsuz etki yaratmaktadır (Fenger, 2002).

1.2. Ağır Metaller

Her gün yüzlerce kirletici doğaya deşarj edilmektedir, yaşamı tehdit eden kirleticilerin en önemlileri; petrol, yağ, klorlu hidrokarbonlar, radyoaktif atıklar, sentetik deterjanlar, pestisitler, yapay ve doğal tarımsal gübreler, ağır metaller, bakteri ve virüs gibi hastalık yapıcı mikroorganizmalardır. Bu kirleticilerin içinde yer alan ağır metallere alıcı ortamların en ciddi kirleticileri gözüyle bakmak gerekmektedir, çünkü ağır metaller bir çok faaliyet sonucu ortaya çıkıp çevrede yayılıp birikme özelliğine ve en düşük dozda bile toksik etkiye sahiptirler. Demir ve bakır gibi bazı ağır metaller canlıların yaşam döngülerinde önemli role sahiptirler ama bazılarının ise canlılar için hiç bir fizyolojik yararları yoktur hatta kurşun ve cıva gibi en düşük dozda bile toksik etki yaratmaktadırlar, ayrıca canlılar için gerekli olan metallerin yüksek dozda bulunmaları toksik etki yaratabilmektedir (McCally, 2002).

Ağır metaller genellikle toprağın üst katmanlarında birikme eğilimindedirler. Bunun nedeni, üst toprak maddesinin organik madde bakımından daha zengin olması ve organik maddelerin ağır metalleri tutucu özelliğe sahip olması ile açıklanmaktadır (Anonim, 2001).

Atmosferde ve çevremizde var olan ağır metaller zehirli ve birikmiş etkileri sebebiyle en önemli kirleticiler arasında bulunmaktadır (Vural, 1984). Ağır metallerin kullanım alanlarının geniş olması sebebiyle en çok izlenen ve araştırılan kirleticiler arasında bulunmaktadır.

Doğal kaynaklar (hava, toprak, su) metaller ile kirlenebilmektedir. Atmosferde yer alan kirleticiler, çeşitli hava hareketleri ve diğer atmosferik olaylarla çok uzak yerlere taşınmaktadır. Zamanla yeryüzüne çökerek çok geniş kara ve su alanlarının ve bu nedenle bitkisel ve hayvansal kökenli besinlerin ve su ürünlerinin de kirlenmesine sebep olmaktadır. Sulara karışan atık ve artıkların, içerdiiği sanayi kaynaklı siyanür, bakır, civa, kurşun, kadmiyum, arsenik vb. inorganik bileşikler, tarımsal uygulamalardan kaynaklanan kimyasal gübre artıkları, pestisit artıkları, deterjanlar doğal parçalanmaya dayanıklı maddelerdir (Baysal ve Yazıcı, 1995). Kurşun, kadmiyum, civa, arsenik vb. ağır metaller insan vücudunda belirli limitlere geldiğinde birçok problemlere ve hatta zehirlenmelere neden olmaktadır (Şahan vd., 2007). Ağır metallerin vücuda alınmaları çevredeki konsantrasyonları ile paralellik göstermektedir.

Ağır metallerin çevreye yayılmasında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Tablo 1’de temel endüstrilerden atılan bazı metal türleri genel olarak gösterilmektedir. Havaya salınan ağır metaller, sonuçta toprağa ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvan ve insanlara ulaşırlar (Kahvecioğlu vd., 2004).

Tablo 1. Endüstriden atılan metal türleri.

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-Alkali üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi(Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

Daha çok 1950’li yıllardan sonra endüstri faaliyetlerinin gelişmesiyle dünya gündeminde bir sorun olarak yerini alan ve günümüze kadar artarak devam eden ‘hava kirliliği’ tüm canlıların yaşam alanını ve sağlığını tehdit eder durumdadır. Özellikle 2000’li yılların başına kadar ülkemizdeki hava kirliliğinin temel nedenlerinin başında trafik kökenli kirlenme gelmiştir (Bayçu vd., 2006). Araçların egzozlarından çevreye yayılan kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve cıva (Hg) gibi ağır metaller gerek insanlar gerekse bitki ve hayvanlar üzerinde olumsuz etkiler yapabilmektedir (Çavuşoğlu vd., 2005).

Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre bazı toksik metallerin haftalık alınabilecek sınır değerleri Tablo 2’de verilmiştir (Kaya, 2007).

Tablo 2. Dünya sağlık organizasyonunun ilgili kuruluşlarına göre bazı toksik metallerin haftalık alınabilecek sınır değerleri.

Element	70 kg lık bir insan için haftalık alınma sınırı (PTWI)	1988-93 (WHO)
Cd	350 µg	49 µg/gün
Pb	1750 µg	250 µg/gün
Al	490 mg	70 mg/gün
Ni		350 µg/gün -TDI
Cr		50-200 µg/gün-RDA
Cu		2-4 mg/gün –ADI
Zn	1960 mg	17.5 mg/gün

ADI: Kabul edilebilir günlük alım **TDI:** Tolere edilebilir günlük alım **RDA:** Tavsiye edilen günlük alım **PTWI:** Haftalık geçici olarak alınabilen miktar.

1.2.1. Krom

Krom elementinin atom numarası 24 olup, yoğunluğu 7.2 g/cm^3 tür. Krom hayvanlarda, bitkilerde, toprakta, kayalarda ve volkanik gazlarda doğal olarak bulunan bir elementtir. Birçok farklı formda bulunur. En çok bulunan formu Cr^0 (esas krom), Cr^3 ve Cr^6 'dır. Belirgin bir koku ve tadı yoktur. Cr^3 doğada bulunur ve beslenme için gereklidir. Cr^0 ve Cr^6 genellikle endüstriler tarafından üretilir. Cr^0 çelik yapımında kullanılır. Havada krom bileşikleri toz partikülleri halinde bulunur. Kromun bitkilerde zehir etkisinin çok olmadığı düşünülmektedir. Fakat insanlarda ülsere, cilt bozukluklarına ve kansere neden olabilmektedir. Akut krom zehirlenmeleri genellikle ağız yoluyla olur. Yüksek oranda Cr^6 solunmak burunda tahrişlere ve kanamalara, ülsere, böbrek ve karaciğer rahatsızlıklarına yol açmaktadır. Cr^3 ve Cr^6 zehirlenmelerinde ise deride değişimler ve alerjik rahatsızlıklara yol açar (Uğuz, 2007).

1.2.2. Mangan

Mangan elementinin atom numarası 25 olup, yoğunluğu 7.21 g/cm^3 'tür. Manganez tuğlalarda kullanılan birleştirici bir pigmenttir. Demir ve çelik üretimi için gereklidir. Düşük maliyetli paslanmaz çeliğin üretiminde ve metal alaşımlarda korozyon önleyici bir ajan şeklinde kullanılır. Cam malzeme temizleyicisi olarak kullanılır. Motorda sürtünmeyi azaltmak amacıyla benzine ilave edilebilir. Bu alanlara ilaveten boya ve parlaticılarda da sıkça bulunan bir pigmenttir. Bu metali içeren toza, yoğun olarak maruz kalmış insanlarda zehirlenme görülür. Bu duruma tuğla imalatı ya da parçalamasıyla uğraşanlarda ya da madenlerde Mn alaşımlarını parçalayanlarda rastlanır. Yetişkinlerde serum veya plazma Mn düzeyi $0.4-1.1 \text{ ng/ml}$, tam kan düzeyi ise $7.7 -12.1 \text{ ng/ml}$ arasındadır (Aslanhan, 2012).

1.2.3. Demir

Atom numarası 26 olup, yoğunluğu 7.9 g/cm^3 tür. Çelik sanayinin ana hammaddesidir. Demir oksitleri boya endüstrisinde pigment olarak, saf halde demir karbon ve diğer metallerle alaşımları halinde, inşaatlarda beton, kiriş ve yüzeylerin güçlendirilmesinde kullanılır. Araba, gemi ve binaların yapısında kullanılır. Demirin

fazlası insanlar için zehirleyicidir, çünkü aşırı miktarda alınan demir (Fe^{+2}) vücuttaki peroksitlerle reaksiyona girerek serbest radikaller oluşturur. İnsan vücudu demirin emilimini çok sıkı kontrol eden bir mekanizmaya sahipse de vücuttan atılmasına ilişkin fizyolojik bir yetisi yoktur. Dolayısıyla, alınan aşırı miktardaki demir, sindirim sisteminin tüm bölgelerindeki hücelere zarar verebilir. Kan dolaşımına giren demir, kalp, karaciğer ve diğer organların hücelerine de zarar vermeye başlar ve ilerleyen süreçte organ hasarları veya aşırı dozdan ölümlere kadar gidebilir. İnsanlarda demir zehirlenmesinin başlangıç değeri vücut ağırlığının kilogramı başına alınacak 20 miligram demirdir. Kilogram başına 60 mg demir öldürücü dozdur (Kurnaz, 2012).

1.2.4. Nikel

Nikel elementinin atom numarası 28 olup, yoğunluğu 8.908 g/cm^3 tür. Ni yakıtların yanması, madencilik ve rafinasyon işlemleri ve kentsel atıkların küllleştirilmesi ile atmosfere yayılmaktadır. Bunun yanı sıra lağım çamuru karışmış toprakta ve sigarada ($0 - 0.51 \mu\text{g/sigara}$) bulunmaktadır. Derideki etkileşim Ni içeren takı kullanımında ortaya çıkabilmektedir. Ni madenciliği ve ergitme endüstrisinde mesleki maruziyet görülmektedir. Kimyasal endüstride ise Ni elektrolitik olarak kaplamada kullanılmaktadır (Kartal vd., 2004).

Nikel, nikel fabrikalarından ve çöp yığınlarından havaya, buradan da çeşitli yollarla, örneğin yağmur damlalarıyla reaksiyona girerek, toprağa geçebilmektedir. Havanın nikelden temizlenmesi genelde çok zaman almaktadır. Ayrıca atık sularda bulunması halinde yeryüzü sularına da geçebilmektedir. Çevreye bırakılan nikel bileşiklerinin büyük bir kısmı toprak tarafından adsorplanır ve orada birikir. Asidik yerlerde ise nikel daha hareketlidir ve kolayca yeraltı sularına geçer. Kumlu topraklardaki yüksek nikel konsantrasyonları bitkilere hasar vermektedir ve sulardaki yüksek nikel miktarları da bazı bitkilerin ve alglerin büyüme oranını azaltmaktadır. Ayrıca mikroorganizmaların da üreme ve gelişmelerini etkiler fakat onlar zamanla nikel karşı direnç kazanırlar.

Nikelin az miktarlarda hayvanların gıdalarında da bulunması doğaldır. Fakat maksimum tolere edilebilir miktar aşıldığında tehlikeli olmaya başlar. Bu da hayvanlarda değişik kanser türlerinin gelişmesine neden olmaktadır.

Yüksek miktarda nikelin sebep olduğu sağlık problemleri şöyle sıralanabilir:

- Akciğer, burun, gırtlak, prostat kanseri gelişimi
- Nikel buharına maruz kalınca baş dönmesi ve hastalanma
- Akciğer yetmezliği
- Solunum yetmezliği
- Nefes darlığı
- Astım ve kronik bronşit
- Özellikle takıların neden olduğu deride kızarıklık ve alerji
- Kalp düzensizliği

1.2.5. Bakır

Bakır elementinin atom numarası 29 olup, yoğunluğu 8.9 g/cm^3 tür. Doğada 200'den fazla bakır minerali bulunmakla beraber sadece 20 tanesi bakır cevheri olarak endüstriyel öneme sahiptir. Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir; küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir, bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biyosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılmaktadır.

İnsan vücudundaki otuzdan fazla enzimin bir bileşeni olan bakır bütün canlılar için gereklidir. Çeşitli ülkelerin ilgili otoriteleri tarafından günlük tavsiye edilen bakırın miktarı 3 yaşına kadar olan çocuklar için 0.34 mg, 5 ile 8 yaş arasındakiler için 0.44 mg yetişkinler için 0.9 mg emziren anneler için 1.3 mg olarak belirlenmiştir. Sağlıklı yetişkinler için günlük üst sınır 10 mg'dır.

Bakır bileşiklerinin (özellikle CuSO_4) büyük miktarının alınması sinir sistemi, karaciğer ve böbreğe zarar vermesi sonucu ölüme neden olabilir. Bazı çalışmalarda aşırı bakırın kalp damar hastalıklarına neden olduğu ve kan basıncını arttırdığı gözlenmiştir.

Bazı çalışmalarda ise bakır eksikliğinin kalp damar hastalığına neden olduğu rapor edilmiştir. İçme sularında yüksek bakır düzeyleri kusma, karın ağrısı, bulantı, ishale neden olduğu belirtilmiştir. Bakırın kanserde bir rol alıp almadığı ise bilinmemektedir.

1.2.6. Çinko

Çinko metalinin atom numarası 30, yoğunluğu 7.1 g/cm³ tür. Maden yatakları ve toprakta başlıca çinko sülfür ve çinko karbonat şeklinde bulunur. Çinko sanayi (galvanizli sac, kap, bronz, boya, lastik sanayi, emaye kap üretimi), kağıt, ormancılık ve hekimlikte çeşitli amaçlarla geniş şekilde kullanılır. Çinko esaslı boyalar % 50-55 oranında çinko içerir ve zehirlenme yönünden en önemli tehlikeyi de bunlar oluşturur (Ağcasulu, 2007).

1.2.7. Kurşun

Atom numarası 82, yoğunluğu 11.3 gr/cm³ tür. Kurşunun organik ve inorganik bileşikleri boya, akümülatör, şehir su şebekesi, seramik, kauçuk üretimi, matbaacılık, pestisit, çeşitli çocuk oyuncakları ve benzin katkı maddesi olarak kullanılır. Kurşun, kireç taşından, kurşun yatağından ve yağmurla doğal sulara karışarak balıklar ve balıkların besin zincirine katılan canlıların vücudunda birikir. Suda az çözünen kurşun tuzları midede hidroklorik asidin etkisiyle çözünür ve kana geçebilir. Emilen kurşunun atılımı çok yavaş olduğundan devamlı birikimi söz konusudur.

Kurşun çok yönlü etkileri olan bir elementtir. Emilen kurşun, kana geçerek kısa zamanda dengeye ulaşır, kan dolaşımı yolu ile çeşitli organlara (aort, kıkırdak, böbrek, pankreas, akciğer, dalak ve kaslar) dağılır. Bu dağılımdan en fazla zarar görenler ise hematopoetik sistem, merkezi sinir sistemi, çevresel sinirler ve böbreklerdir. Ayrıca yaş ilerledikçe kemikte birikme oranı daha çok artar. Kurşun kılcal damar endotel hücrelerinde hasara yol açar ve bu da beyin ödemi ve kanamasına sebep olur. Beyinde hücrelere girdikten sonra kurşun hücre zarını ve moleküler mekanizmaları bozar. Kalp dokusu hücrelerinde hasar ve elektrolit yoğunluklarında değişikliklere sebep olur. Kalp kası liflerinde proteinlerin fosforilasyonunun engellenmesi sonucu kalpte görev bozukluğu şekillenir. Ayrıca kurşun karaciğer, böbrek ve bağırsaklarda moleküler

düzye de yapısal bozukluklara yol açarken, erkek ve dişi bireylerde üremeyi de etkilemektedir (Ağcasulu, 2007).

1.2.8. Alüminyum

Alüminyum elementnin atom numarası 13, yoğunluğu 2.7 g/cm³ tür. Kolayca şekillendirilebilen ve oldukça hafif olan bir metaldir. Yer kabuğunda bulunma oranı yaklaşık % 8'dir. Toprakta ve kayalarda doğal olarak bulunan alüminyum, asit yağmurlarının etkisiyle çözünüp, alüminyumlu bileşikler şeklinde toprağa ve suya geçebilmektedir. Bu durum alüminyumun biyolojik sistemler tarafından alınmasını kolaylaştırıp, vücutta birikimine neden olur Alüminyumun birçok alanda kullanımı bulunmaktadır. Bakır, çinko, magnezyum ve mangan gibi elementlerle alaşımlar yapmaktadır ki bu alaşımlar, hava taşıtlarında, roketlerde, arabalarda, kamyonlarda ve inşaat malzemesi olarak kapı ve pencerelerin yapısında kullanılırlar (Kurnaz, 2012).

Alüminyumun insan ve çevre sağlığı üzerinde negatif etkileri, artan yoğunluğuyla birlikte her geçen gün artmaktadır; özellikle yiyecekler için kullanılan alüminyum kaplar ve bu metali içeren deodorantların kullanımı alüminyuma maruz kalmanın en yaygın yollarındandır. Beyin disfonksiyonu ve alzheimer alüminyum kirliliğinin sebep olduğu en yaygın sağlık problemleri olarak bilinmektedir (McCally, 2002).

1.3. Biyomonitör Organizmalar

Bitkiler yapılarındaki metalleri genellikle kökleri yardımıyla toprak ve sudan aldıkları gibi bazıları önemli oranda havadan da absorplayabilmektedirler. Bu nedenle; yaprak, dal, kök ve kabuk gibi bitki kısımlarının metal konsantrasyonlarının toprak, su ve havayı içeren çevre kirlenmesinin göstergesi olarak kullanılması biyomonitor (biyogösterge veya biyoizleme) olarak adlandırılmaktadır (Kaya, 2007).

Likenin bol miktarda bulunması, coğrafik dağılımının geniş olması, tanımlama ve örneklemenin kolay yapılabilmesi, mevsimsel değişimlerden etkilenmemesi ve bütün yıl boyunca çalışılabilir olması tüm biyoindikatör grupları için varolması istenen ortak özelliklerden birkaçıdır. Bu anlamda likenlerin kirlilik çalışmalarında kullanılması

birçok avantaj sunar, fakat bu organizmaların kesin nicel değerler verememesi ve uygulama süreçlerinde tam olarak standardizasyon yapılamaması en büyük dezavantajlarıdır. Genellikle belirli bir alanda yaşayan biyoindikatör organizmaların her bir bireyi, bu alanda bulunan kirleticilere tamamen aynı oranlarda maruz kalmazlar. Ayrıca iklim koşullarının farklı olması kirleticilerin hareket ve birikim miktarlarını etkileyeceğinden bölgeler arası karşılaştırmalarda bir takım zorlukları da beraberinde getirir. Ortamda birçok farklı kirletici tipinin bulunması da bir tek kirletici tipi hakkında yorum yapılmasını zorlaştırır.

Son otuz yıldan bu yana, hava kirliliğinin likenler üzerindeki etkisini araştıran birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar temel olarak üç yaklaşım tarzı olarak düşünülebilir. Birinci yaklaşım tarzında liken komüniteleri incelenir ve kirliliğe hassas olan türlerin var olup olmadığı incelenir. Bazı türler iyi hava kalitesinin belirteçidir ve kirliliğin fazla olduğu bölgelerde sayıları azalır. İkinci yaklaşım tarzında kirlenmiş bölgelerden alınan likenlerdeki çeşitli fizyolojik değişimler araştırılır. Bu tür çalışmalar “in situ” olarak da isimlendirilir. Üçüncü yaklaşım tarzında ise likenler temiz bölgelerden alınıp kirli bölgelere yerleştirilir (transplant) veya laboratuarda kontrollü biçimde kirleticilere maruz bırakılır. Atmosferik kirleticilerin likenlerle görüntülenmesinin birçok avantajının yanı sıra bu alanda çok sayıda çalışma yapılmış olması nedeniyle, kirliliğe toleranslı türler, kirleticileri biriktirme kapasiteleri gibi konularda oldukça fazla veri bulunmaktadır (Vardar, 2011).

1.4. Çanta Tekniği

“Çanta Tekniği”, karayosunları ve likenlerin genellikle nadir olduğu veya hiç mevcut olmadığı şehirlerde, hava kirliliğini ölçmek için geliştirilmiştir (Goodman ve Roberts, 1971). Çantalar genellikle naylondan yapılmış ağ şeklindeki filtrelerdir ve distile su içinde yıkanmış karayosunları çantalar içine yerleştirilmektedir. Bu tekniğin şu avantajları vardır.

- Ağır metal birikimine maruz kalma süresinde eşitlik,
- Alan ve istasyon sayısı seçiminde esneklik,
- Kök alımı yoluyla muhtemel olabilecek herhangi bir kontaminasyon ihtimalini önlemek

Liken çantaları kullanılarak kirleticileri yakalama, kirlenmeye maruz kalma zamanı ile direkt orantılıdır. Bu yöntemde birçok liken türü çantaların hazırlanmasında kullanılır (Bargagli, 1998).

1.5. Likenler

Yeryüzünde son derece geniş yayılım alanına sahip olan fakat ülkemizde günümüze kadar pek fazla araştırma yapılmamış bir bitki grubu olan likenlerin 18. yüzyıldan bu yana 17000'den fazla türünün tespit edildiği ve 2000'den fazla türünün de kuzey Amerika'da tanımlandığı bildirilmektedir (Koz, 2007).

Gerçek anlamda ilk kez liken terimi, M.Ö. 371-284 yılları arasında yaşayan Theophrastus tarafından kullanılmıştır. Fakat Theophrastus'un liken olarak adlandırdığı bu bitkiler liken olmayıp ciğer otları (*Hepaticae*) grubuna aittiler. Likenler daha sonra M.S. 68 yılında Dioscorides ve 512 yılında Byzantine'nin yapıtındaki tablolarla açıklanmaktadır (Koz, 2007).

Likenler morfolojik yapılarına göre sınıflandırılırsa 3'e ayrılır.

1. *Fruticose* (Dalsı veya Çatalımsı) Likenler: Tallus ya diktir yada bir ağaçtan sarkar. Örnek; *Usnea*, *Cladonia* cinsleri
2. *Crustose* (Kabuksu) Likenler: Tallusları yassıdır. Büyüdükleri ortama hiflerini sokarlar. Örnek; *Lecanora*, *Rhizocarpon* cinsleri
3. *Foliose* (Yapraksı) Likenler: Tallus, küçük veya büyük loblardan oluşmuştur. Örnek; *Cetraria*, *Lobaria*, *Parmelia* cinsleri

Likenlerin kullanım alanları esas olarak şu başlıklar altında incelenebilir.

- Besin olarak kullanımı
- Tıbbi olarak kullanımı
- Zehir olarak kullanımı
- Deri tabaklama, bira yapımında ve distilasyon alanlarında kullanımı
- Parfümeri ve kozmetik alanında kullanımı (Acar, 2010).

Likenler ve karayosunları neredeyse tüm karasal ekosistemlerde gelişebilen kriptogamik organizmalardır ve uzun süren kuraklıklara dayanabildiklerinden dolayı ekstrem çevre koşullarında bile çoğalabilme özelliğine sahiptirler. Yüksek yüzey: hacim oranları, basit anatomileri ve mumsu bir kutikuladan yoksun olma özelliklerinden dolayı ağır metalleri dokularında toplayarak biriktirirler. Bu özelliklerinden dolayı uzun dönemler boyunca atmosferdeki çözülmüş gazlar, partikül halindeki madde ve metal iyonlarına göre bir element kompozisyonu gösterirler; bu yüzden çevresel kirlenmenin önemli birer biyomonitörleridir (Çakar, 2009).

Çok geniş bir yayılıma (kutuplar, deniz kıyısı, dağların yüksek bölgeleri) sahip olan likenler, birçok organizmanın bulunmadığı yerlerde büyüebilirler. Likenler zor hava şartları (kurak bölgeler, aşırı yağış alan yerler) altında da yaşamlarını sürdürebilirler. Çoğunlukla epifitik likenler, nemli bölgelerde daha çok bulunurlar.

Birçok kirleticiyi (ağır metal ve radyonüklid vb.) bünyelerinde morfolojileri değişmeden barındıran likenlerin en duyarlı olduğu kirleticisi SO_2 olduğundan dolayı sınıflandırmaların çoğu bu kirleticisyeye dayanılarak yapılır. Özdemir (1992) çalışmasında, kirleticilerden etkilenen liken türlerini üç grupta toplamıştır:

1. Kirleticilere karşı çok duyarlı olup ortamdaki kısa sürede kalkan türlerdir. *Usnea*, *Ramalina* cinslerine ait türler ile *Pseudevernia furfuracea* gibi likenler tipik örnekleridir. Bu gruptaki liken tallusun yapısı genellikle dallanma gösterir. Geniş yüzey alanına sahip olduklarından dolayı bünyeleri daha çok kontamine olur.

2. Bazı likenler belli bir kirlilik düzeyine kadar dayanıklı olup, hava kirliliği bu düzey üzerine çıkarsa ortamdaki kalkerler. Bu gruba *Hypogymnia physodes*, *Xanthoria parietina* gibi bazı yapraksı türler ile *Leprana incana* gibi kabuksu türler dahildir.

3. Bu gruptaki likenler ise kirleticilere karşı hassas değildirler. *Lecanora conizeaoides* bu grubun en güzel örneğidir (Kahraman, 2012).

Dünyadaki karasal ototroflar arasında likenler; küçük morfolojik farklılıklar sayesinde, renk olarak turuncu, sarı, kırmızı, yeşil, gri, kahverengi ve siyahın değişen

oranlardaki tonlarına sahip ilginç bir sergi oluştururlar. Likenlerin boyutu 1 mm'den az olabileceği gibi 2 m uzunlukta ağaç dalları üzerinde asılı şekilde de olabilir. *Vezdaea sp.* gibi birkaç tek yıllık (efemeral) liken bilinmesine rağmen çoğunluğu uzun ömre sahiptir (Nash III, 2008).

Likenlerin şehirlerde, endüstriyel alanlarda ya da kırsal bölgelerde hava kirleticileri için karasal biyomonitörler olarak kullanılması ve likenlerde metal tolerans mekanizmasının araştırılmasıyla ilgili önemli sayıda çalışma bulunmaktadır. Havadaki metal konsantrasyonunu enstrümantal olarak direk ölçmek yerine likenleri biyomonitör olarak kullanmanın önemli avantajları vardır. Likenler, ağır metalleri uzun dönemler boyunca biriktirirler ve ölçümler ortalama depozisyon oranlarını ifade eder, likenlerdeki metalleri ölçmek hava kirliliğini enstrümantal olarak direk kaydetmekten daha ucuzdur. Bu da çok sayıda örnekleme istasyonuna olanak verir. Böylece veri kalitesi artar ve geniş alanların kirlilik haritalarının çizilebilmesi mümkün olur (Nimis vd., 1993).

1.6. İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES)

ICP-OES (Inductive Couple Plasma Optik Emission Spektrometresi), 70 civarında kimyasal elementin eser, minör ve majör konsantrasyon düzeylerinin analizine olanak tanıyan hızlı bir cihazdır. Bu cihaz, ppm'den % mertebesine kadar geniş bir ölçüm aralığına sahiptir. Her element kendine özgü enerji düzeylerine bağlı olarak emisyon yapabilecekleri dalga boylarına sahiptir. Dalga boyu ve emisyon şiddeti ölçülerek bir örnekte bulunan elementler ve miktarları saptanabilmektedir.

İndüktif eşleşmiş plazma spektroskopisinin temel prensibi, yüksek derişimde katyon ve buna eşdeğer derişimde elektron içeren, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesidir. Plazma görüntüsü alev gibi olmakla beraber bir yanma olayı yoktur.

ICP kaynağı iyonlaşmış bir argon gazı akışı ile genellikle 27 veya 40 MHz'lik güçlü bir radyofrekans alanının eşleştirilmesi ile elde edilir. Örnek genellikle sıvı fazda, aerosol şeklinde yüksek sıcaklıktaki plazmaya gönderilir. ICP-OES cihazında, aerosol tanecikleri plazmada sırasıyla kurur, parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır ve oluşan atom ve

iyonlar uyarılır. Analit elementin atomik ve iyonik çizgileri bir spektrometre ve uygun bir bilgisayarla değerlendirilerek analizlenir (Bilen, 2010). ICP-OES cihazı ile Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Hg, Zn ve Cu gibi pekçok ağır metalin konsantrasyonu belirlenebilmektedir (Bilen, 2010).



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanı ve İstasyonların Belirlenmesi

Bu çalışmada Çanta tekniği yöntemi kullanılmış ve *Pseudevernia furfuracea* ve *Cladonia rangiformis* liken türlerinden yararlanılmıştır.

Liken türleri Rize ilinin Çamlıhemşin ilçesinden toplanmıştır. Bu likenler çantalara yerleştirilerek 6 ay kurak 6 ay yağışlı mevsim olmak üzere Rize, Trabzon ve Artvin illerindeki istasyonlara yerleştirilmiştir. İstasyonlara yerleştirilmeyen numuneler kontrol numunesi olarak belirlenmiştir.

Rize ilindeki istasyonlarımız: Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi; Trabzon ilindeki istasyonlarımız: Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi; Artvin ilindeki istasyonlarımız: Artvin Sanayi ve Artvin Murgul olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanı ve istasyonlar Şekil 1’de gösterilmiştir. Tablo 3’te çalışma alanı istasyon adları, koordinat ve istasyon numaraları gösterilmiştir.

Rize, doğuda Artvin, batıda Trabzon, güneyde Erzurum ile çevrili bir il olup şehrin nüfusu 2018 yılına göre 348.608'tir. Kıyı kesiminde ılık ve çok yağışlı bir iklim görülen Rize ili, Türkiye'nin en çok yağış alan bölgesidir. Rize ekonomisi çay sektörüne dayalı olup 48 yaş çay işleme ve paketleme fabrikası bulunmaktadır. Bunun yanında çay fabrikası ve atölyelerinin makine yedek parçalarını üreten, bakım ve onarımlarını yapan sanayi iş kolları, çay paketleme ve ambalaj tesisleri, un fabrikaları, kereste ve tomruk biçme atölyeleri, döküm atölyeleri, balık unu ve balık yağı üreten sanayi kuruluşları ile hazır beton santralleri il ekonomisinin temel taşlarını oluşturmaktadır.

Trabzon, Türkiye'nin en kalabalık yirmi dokuzuncu şehri olup 2018 itibariyle 807.903 nüfusa sahiptir. Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde yer alan il Karadeniz ile Zigana Dağları arasında yer alır. Trabzon ilindeki, sanayi son senelerde hızlı bir gelişim göstermektedir. Başlıca büyük sanayi kuruluşları Çaykur’a bağlı çay fabrikaları, boru ve profil sanayi, çimento fabrikası, Karadeniz Su Ürünleri Sanayi, Süt

Endüstrisi Kurumu Fabrikası, fındık işleme fabrikası, balık yağı ve unu fabrikası, Et ve Balık Kurumu'nun fabrika ve soğuk hava depoları, Yomra Galvanizli Saç Sanayii, kalorifer kazanı imal eden kazan sanayi, civata sanayi, giyim sanayi, suni sünger fabrikası, iş makinaları fabrikası, süt fabrikası, un fabrikaları, lastik ayakkabı fabrikaları, alüminyum levha fabrikaları ve mutfak eşyaları fabrikalarıdır. .

Artvin, Türkiye'nin Gürcistan'la olan sınırında yer almakta olup doğusunda Ardahan ili, güneyinde Erzurum ili ve batısında Rize ili bulunmaktadır. Merkez ilçesi dahil 8 ilçeden oluşan ilin 2018 nüfus sayımına göre nüfusu 174.010 tür. Artvin'de tarıma dayalı sanayi gelişmiştir. Bunun dışında Murgul'da bakır madenini işleyen sanayi kuruluşları vardır. İlçelerde ise küçük çaplı atölye ve imalathaneler bulunmaktadır. Buralarda ise metal ürünleri, kereste, dokuma ve mobilya ürünleri işlenir. Bunun dışında ilde büyük bir sanayi kuruluşu yoktur. Artvin, Rize ve Trabzon illerinde ulaşım genellikle Karadeniz Sahil yolu vasıtasıyla olmaktadır.

2018 yılı Karayolları 10.Bölge Müdürlüğü devlet yolları yıllık ortalama günlük trafik değerleri; Rize merkez karayolunda 23.810 araç, Rize'nin İyidere ilçe karayolunda 16.738 araç, Rize-Çayeli arası karayolunda 17.995, Artvin merkez karayolunda 9.480 araç, Trabzon karayolunda 73.579 araç, Trabzon-Erzurum karayolunda 11.902 araç, Trabzon –Araklı karayolu 25.864 olarak verilmektedir (URL-1).

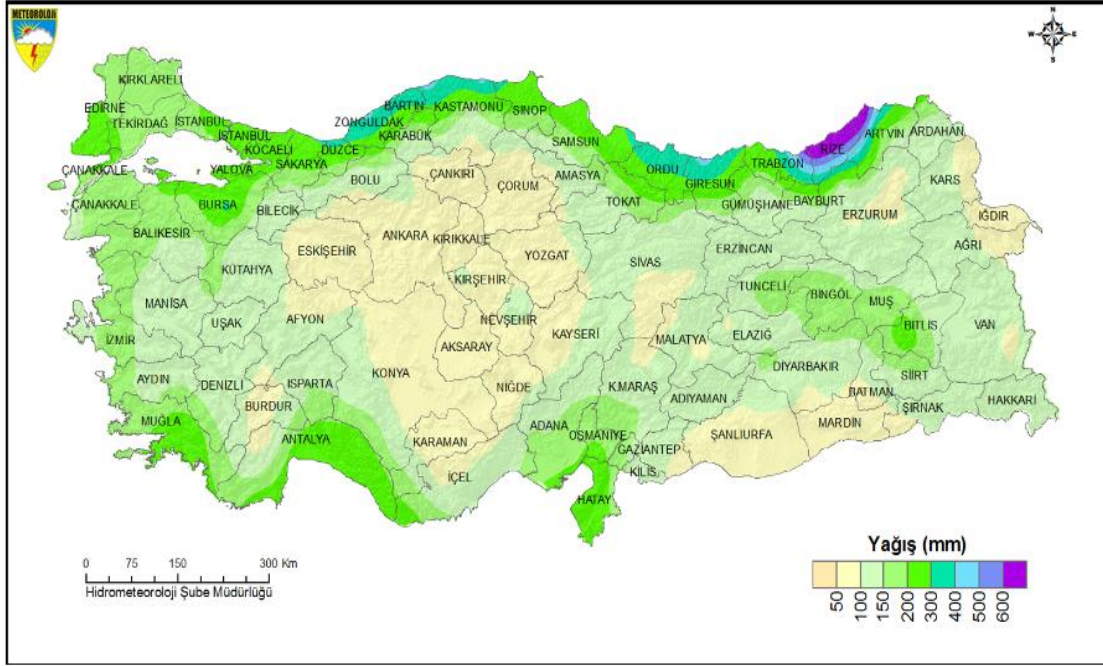


Şekil 1. Çalışma alanı.

Tablo 3. Çalışma alanlarının istasyon adları, koordinat ve istasyon numaraları

	İstasyon adı	Koordinatlar	No	Kurak	Yağışlı	Kurak	Yağışlı
Artvin	Artvin Sanayi	41°10'46.6"N 41°50'40.9"E	S1	C1	MC1	P1	MP1
	Artvin Murgul	41°15'13.4"N 41°35'22.9"E	S2	C2	MC2	P2	MP2
	Çayeli Bakır	41°02'29.1"N 40°46'03.9"E	S3	C3	MC3	P3	MP3
	Çayeli Sanayi	41°04'33.0"N 40°42'51.0"E	S4	C4	MC4	P4	MP4
Rize	Çayeli Çimento	41°04'33.1"N 40°41'11.0"E	S5	C5	MC5	P5	MP5
	Rize Sanayi	41°02'35.3"N 40°34'47.7"E	S6	C6	MC6	P6	MP6
	Rize Terminal	41°02'05.5"N 40°30'36.4"E	S7	C7	MC7	P7	MP7
	İyidere Sanayi	40°59'19.3"N 40°19'55.5"E	S8	C8	MC8	P8	MP8
Trabzon	Arsin Sanayi	40°57'30.5"N 39°58'05.6"E	S9	C9	MC9	P9	MP9
	Trabzon Sanayi	40°59'59.5"N 39°45'13.2"E	S10	C10	MC10	P10	MP10
	Trabzon Çömlekçi	41°00'03.2"N 39°44'20.8"E	S11	C11	MC11	P11	MP11
	Kontrol Numunesi		S12	C _{kont}	C _{kont}	P _{kont}	P _{kont}

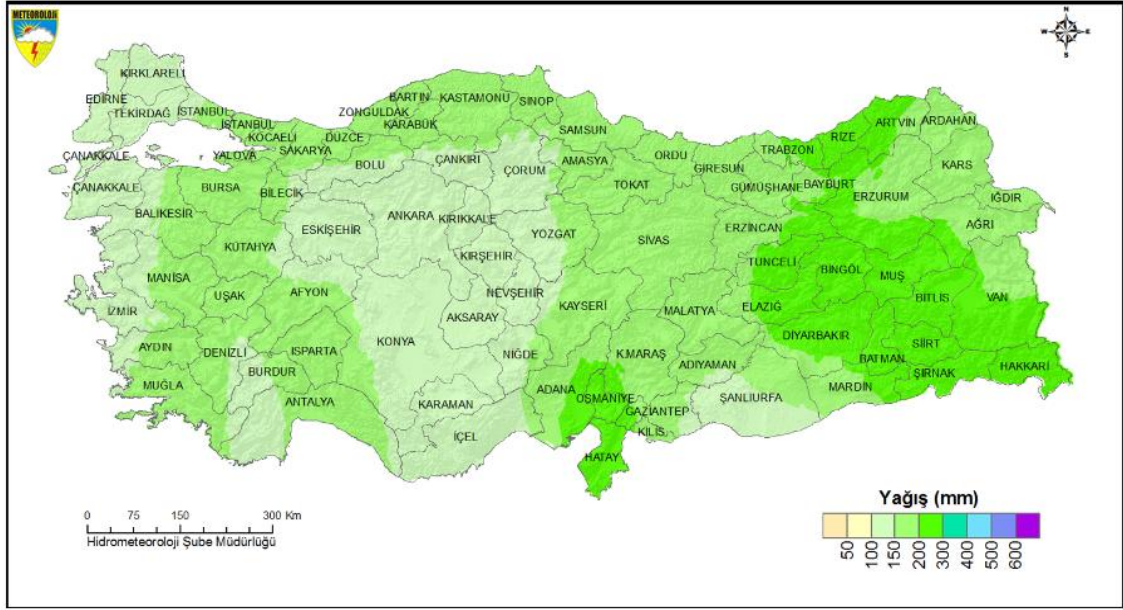
Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine bağlı olarak 1981-2010 yılları arasında Türkiye için sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerine ait toplam alansal yağış normalleri Şekil 2-5'te gösterilmektedir (URL-2) . Bu verilere göre Rize, Trabzon ve Artvin çevresinde sonbahar ve kış mevsimleri, yaz ve ilkbahar mevsimlerine göre daha yağışlı geçmektedir. Bu çalışmada sonbahar ve kış mevsimlerini içeren ilk 6 aylık dönem yağışlı mevsim, ilkbahar ve yaz mevsimlerini içeren son 6 aylık dönem kurak mevsim olarak tanımlanmıştır.



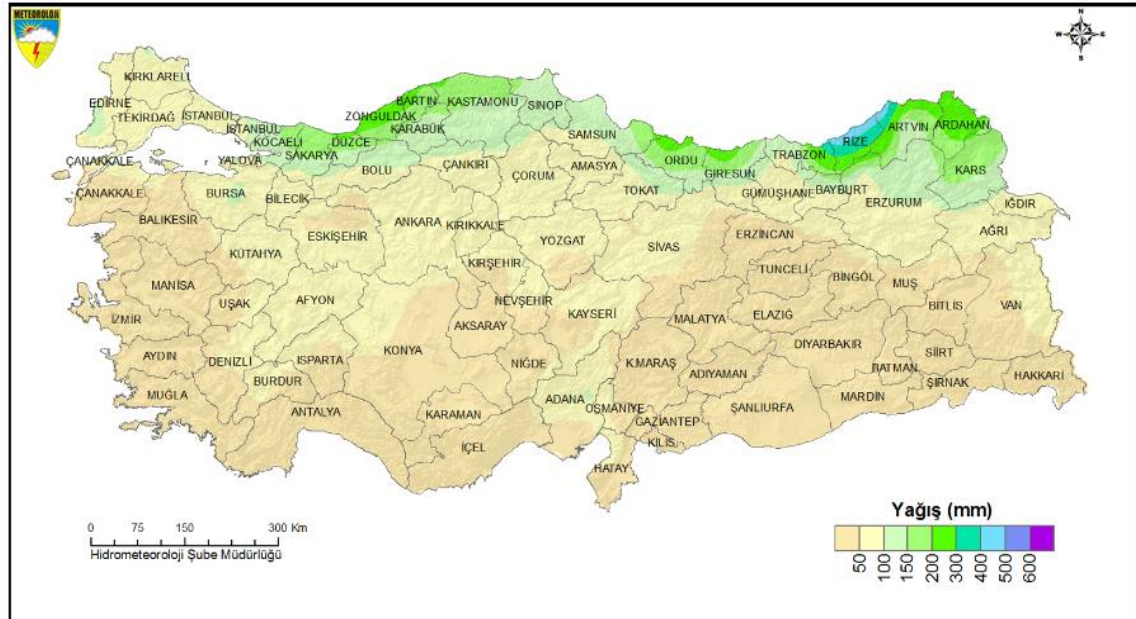
Şekil 2. Sonbahar mevsimi alansal yağış normalleri (1981-2010)



Şekil 3. Kış mevsimi alansal yağış normalleri (1981-2010)



Şekil 4. İlkbahar mevsimi alansal yağış normalleri (1981-2010)



Şekil 5. Yaz mevsimi alansal yağış normalleri 1981-2010

2.2. Liken antalarının Hazırlanması

Rize ilinin amlıhemşin ilçesinden toplananan *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numuneleri laboratuvara getirilerek plastik örtüler üzerine serildi. Örnekler, kum, toz, toprak vb. gibi bütün yabancı maddelerden temizlendi. Örtü üzerindeki örneklerden liken çantası oluşturmak için yaklaşık 10 gr alındı. Bu numunelerin bir kısmı kontrol numunesi olarak ayrıldı. Diğer numuneler 1 cm aralıklı naylon ağlar yardımıyla 10 cm çapında ve 6 cm derinliğinde olan plastik kutulara yerleştirildi. Hazırlanan kutulardan ilk 11 tanesi 2 m yüksekliğindeki uygun istasyon alanlarına asıldı. Geri kalanlar buzdolabında muhafaza edildi ve mevsimi geldiğinde aynı şekilde istasyonlara asıldı. Bu alışma 2015-2016 yılları arasında 6 ay kurak (Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos) ve 6 ay yağışlı (Eylül, Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat) mevsim olmak üzere iki periyot halinde gerçekleştirildi.

2.3. Çalışmada Kullanılan Liken Türleri ve Genel Özellikleri

2.3.1. *Cladonia rangiformis*



Şekil 6. *Cladonia rangiformis* (akar, 2009)

Cladonia rangiformis türü liken morfolojik yapısına göre fruticose (çalı şeklinde), üzerinde yaşadığı substrata göre ise epigeik (döküntüler ve ölü yosun tabakaları üzerinde yaşayan) olarak sınıflandırılmaktadır (Belivermiş, 2009).

Liflerden giysi üretmeye başlayan insanoğlu, likeni çok eski zamanlardan beri bu lifleri ve yünleri boyamakta kullanmaktadır. *Cladonia rangiformis*'den etil alkol elde edilmektedir. Ayrıca likenler öğütülerek, birçok baharata dolgu maddesi olarak da katılmaktadır. Parfümeride kokuların kalıcı hale getirilmesinde de likenler yaygın olarak kullanılmaktadır (Ayrım, 2006). Şekil 6'da *Cladonia rangiformis* likeni gösterilmektedir.

2.3.2. *Pseudevernia furfuracea*



Şekil 7. *Pseudevernia furfuracea* (Kahraman, 2012)

Pseudevernia furfuracea fruticose-foliose tipte epifitik bir likendir. Tallus yapısına göre heteromerik, mantarın sınıfına göre askoliken grubundadır. Çoğunlukla substrat olarak koniferler üzerinde bulunur. Bu liken türü liken çalışmalarında (biyoizleme, genotoksisite, kirlilik) sıklıkla kullanılmıştır. *Pseudevernia furfuracea* ülkemizde ve Avrupa ülkelerinde yaygın olarak bulunan bir türdür. Parfüm endüstrisinde fiksatif olarak kullanılan birsekonder bileşiği sayesinde ekonomik değere

sahiptir. Ayrıca bu likenin bazı sekonder bileşiklerinin antimikrobiyal etkisi üzerine araştırmalar yapılmaktadır (Beyaztaş, 2008)

Kayın, çam, ladin gibi ağaçlar üzerinde gelişirler. Özellikle Fransa’da parfüm sanayisinde bu tür oldukça çok kullanılır. *Pseudevernia furfuracea*, çözeltilerden ağır metalleri absorbe yeteneğinden ve Cr, Zn, Cd, Pb, Ni, Fe, Mn ve Cu gibi ağır metalleri biriktirebilme özelliğinden dolayı birçok çalışmada biyobelirteç olarak tercih edilen bir türdür (Günönü, 2014). Şekil 7’de *Pseudevernia furfuracea* gösterilmektedir.

2.4. Liken Örneklerinin Ağır Metal Analizi İçin Hazırlanması

İstasyonlardan alınıp laboratuara getirilen liken örnekleri yabancı maddelerden temizlenerek 105⁰C’lik etüvde 24 saat süreyle kurutuldu. Kurutulan numunelerin uç sürgünleri ayıklanıp toz haline getirildi. Kurutulup toz haline getirilen liken örneklerinden 0.3 gr alınarak üzerine 5 ml saf HNO₃ ve 3 ml H₂O₂ eklendi. Mikrodalgada işlem görmesi için 20 dakika bekletildi. Mikrodalgada yakılan numuneler filtre kağıdından geçirildi ve toplam hacmi 30 ml olacak şekilde ultra saf su ile seyreltildi , ICP-OES cihazında ölçüm için buzdolabında bekletildi.

ICP-OES cihazının ölçüm sonuçlarının doğruluğunun değerlendirilebilmesi için IAEA-336 Lichen standardı kullanıldı. Standarda ait veriler Tablo 4’te gösterilmektedir.

Tablo 4. IAEA-336 Lichen standardına ait ağır metal analizi verileri (µgg⁻¹)

Element	Ölçülen Değer	Referans Değer
Cd	0.2	0.100-0.134
Pb	4.8	4.3-5.5
Ni	-	-
Fe	415.8	380-480
Zn	27.9	27-33.8
Cu	5.2	3.1-4.1
Cr	1.1	0.89-1.23
Co	-	0.24-0.34
Mn	65.2	56-70
Al	597.3	570-790

2.5. ICP-OES Sistemi

Bu çalışmada liken örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi için Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan ICP-OES cihazı kullanılmıştır. ICP-OES cihazında ölçülen elementler ve bu elementlere ait dalgaboyları Tablo 5'te gösterilmiştir. Şekil 8'de ICP-OES cihazının şematik gösterimi mevcuttur.



Şekil 8. ICP –OES cihazı

Tablo 5. ICP-OES ile analizi yapılan elementler ve dalgaboyları

Element	Dalgaboyu (nm)
Cd	228.802
Pb	220.353
Ni	231.604
Fe	238.204
Zn	206.200
Cu	327.393
Al	396.153
Cr	267.716
Co	228.616
Mn	257.610

3. BULGULAR

İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES) ile yapılan ölçümler sonucunda istasyonlara göre liken örneklerindeki Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co ve Mn konsantrasyonları Tablo 6-9'da verilmiştir.

Tablo 6. İstasyonlara göre kurak mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$).

		Cd	Pb	Ni	Fe	Zn	Cu	Al	Cr	Co	Mn
S1	C1	0.60	65.5	8.4	3778	48.1	25.3	4737	9.8	0.2	138
S2	C2	0.82	22.2	8.7	3970	59.8	49	5306	9.8	0.4	127
S3	C3	0.72	10.2	8.6	1974	59.2	40.2	2278	10.2	TE	184
S4	C4	0.84	11.8	10.6	2346	87.8	31.3	2786	9	TE	311
S5	C5	0.12	3.1	0.6	487	22.5	16.1	744	1.4	0.1	78
S6	C6	0.68	16.7	9.5	1800	42.4	35.8	2160	11.5	TE	49
S7	C7	0.9	12.7	7.7	2578	98	124.3	3191	7.1	TE	279
S8	C8	0.72	11.1	11.1	2809	55.2	24.1	3646	9.6	TE	442
S9	C9	0.36	4.6	0.3	578	37.9	16.9	741	0.6	TE	9.8
S10	C10	0.96	31.2	8.5	2138	85.4	33.4	2563	6.7	TE	218
S11	C11	2.75	106.3	3.2	811	383	22.7	1094	3.1	0.5	64.7
Min.		0.12	3.1	0.3	487	22.5	16.1	741	1.4	TE	49
Maks.		2.75	106.3	11.1	3970	383	124.3	5306	11.5	0.5	442
Ort.		0.86	26.8	7	2115	89	38.1	2658	7.1	0.1	172.7
S12	C _{kont}	0.6	4.7	4.1	1941	26.9	20.3	2606	8.1	TE	194

TE: Tespit edilemedi

Tablo 6 incelendiğinde kurak mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerindeki ICP-OES ile belirlenmiş en yüksek Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co ve Mn konsantrasyonları sırasıyla 2.75 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (C11), 106.3 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (C11), 11.1 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (C8), 3970 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (C2), 383 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (C11), 124.3 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (C7), 5306 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (C2), 11.5 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (C6), 0.5 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (C11) ve 442 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (C8) olarak bulundu. Aynı örneklerde ortalama Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co ve Mn konsantrasyonları ise sırasıyla 0.86 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 26.8 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 7.0 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 2115 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 89.0 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 38.1 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 2658 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 7.1 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 0.1 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ve 172.7 $\mu\text{g.g}^{-1}$ olarak tespit edildi.

Tablo 7. İstasyonlara göre yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları ($\mu\text{g.g}^{-1}$)

		Cd	Pb	Ni	Fe	Zn	Cu	Al	Cr	Co	Mn
S1	MC1	0.3	19.8	5.1	3131	36.3	27.8	2686	4.5	1.3	136
S2	MC2	0.3	10.5	7.1	4173	36.5	27.7	4406	6.5	0.7	147
S3	MC3	0.5	32.1	5.4	1496	1769	67.7	1115	2.8	0.5	86
S4	MC4	0.2	3.8	3.8	912	30	11.8	1071	2.8	0.6	131
S5	MC5	0.3	9.8	5.3	2585	32.5	30.7	2385	4.6	1.3	188
S6	MC6	0.2	6.8	7.3	6585	34.1	51.8	5483	8.1	3.0	285
S7	MC7	0.3	7.6	5.2	1129	43.8	51.5	1240	6.6	0.3	97
S8	MC8	0.3	5.0	5.5	2514	24.5	38.5	2681	5.2	2.6	212
S9	MC9	0.3	10.6	7.1	1988	208.2	186	2125	5.3	0.6	127
S10	MC10	0.4	12.3	4.8	1590	32.4	19.2	1937	4.4	0.7	107
S11	MC11	0.8	148.4	4.4	1432	118	31.1	1417	3.6	0.3	80
Min.		0.2	3.8	3.8	912	24.5	11.8	1071	2.8	0.3	80
Maks.		0.8	148.4	7.3	6585	1769	186	5483	8.1	3.0	285
Ort.		0.35	24.2	5.5	2503	215.	49.4	2413	4.9	1.08	145
S12	C _{kont}	0.6	4.7	4.1	1941	26.9	20.3	2606	8.1	0	194

Tablo 7 incelendiğinde yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerindeki ICP-OES ile belirlenmiş en yüksek Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co ve Mn konsantrasyonları sırasıyla $0.8 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MC11), $148.4 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MC11), $7.3 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MC6), $6585 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MC6), $1769 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MC3), $186 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MC9), $5483 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MC6), $8.1 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MC6), $3 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MC6) ve $285 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MC6) olarak bulundu. Aynı örneklerde ortalama Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co ve Mn konsantrasyonları ise sırasıyla $0.35 \mu\text{g.g}^{-1}$, $24.2 \mu\text{g.g}^{-1}$, $5.5 \mu\text{g.g}^{-1}$, $2503 \mu\text{g.g}^{-1}$, $215 \mu\text{g.g}^{-1}$, $49.4 \mu\text{g.g}^{-1}$, $2413 \mu\text{g.g}^{-1}$, $4.9 \mu\text{g.g}^{-1}$, $1.08 \mu\text{g.g}^{-1}$ ve $145 \mu\text{g.g}^{-1}$ olarak tespit edildi.

Tablo 8. İstasyonlara göre kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları ($\mu\text{g.g}^{-1}$)

		Cd	Pb	Ni	Fe	Zn	Cu	Al	Cr	Co	Mn
S1	P1	1.0	22.7	5.8	1804	144.4	24.2	2674	5.6	0.5	374
S2	P2	0.4	6.2	2.5	945	31.4	20.6	1618	2.9	0.2	163
S3	P3	0.7	13.1	6.8	1721	126.9	35.0	2047	5.1	0.3	342
S4	P4	0.5	9.0	10.6	2295	88.5	24.1	2735	10.9	0.9	817
S5	P5	0.6	8.4	10.2	2199	61.8	23.5	2718	10.9	0.6	492
S6	P6	0.4	5.6	3.1	498	47.9	8.9	510	1.8	0	138
S7	P7	0.5	6.3	2.2	1058	104.8	53.8	1141	2.3	0.1	158
S8	P8	0.4	5.8	4.2	861	44.2	14.2	917	2.8	0	247
S9	P9	0.4	8.1	3.8	264	43.5	11.0	313	2.2	0	150
S10	P10	0.6	10.4	8.3	2232	114.7	57.8	2726	6.3	0.7	669
S11	P11	3.3	153.3	3.3	1494	737.4	49.2	1453	3.7	0.3	208
Min.		0.4	5.6	2.2	264	31.4	8.9	313	1.8	TE	138
Maks.		3.3	153.3	10.6	2295	737.4	57.8	2735	10.9	0.9	817
Ort.		0.8	22.6	5.5	1397	140.5	29.3	1713.8	4.95	0.33	341
S12	P _{kont}	0.8	22.3	10.4	2174	49	21.1	2930	11.7	0.3	563

TE: Tespit edilemedi

Tablo 8 incelendiğinde kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde en yüksek Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co ve Mn konsantrasyonları sırasıyla $3.3 \mu\text{g.g}^{-1}$ (P11), $153.3 \mu\text{g.g}^{-1}$ (P11), $10.6 \mu\text{g.g}^{-1}$ (P4), $2295 \mu\text{g.g}^{-1}$ (P4), $737.4 \mu\text{g.g}^{-1}$ (P11), $57.8 \mu\text{g.g}^{-1}$ (P10), $2735 \mu\text{g.g}^{-1}$ (C2), $10.9 \mu\text{g.g}^{-1}$ (P4, P5), $0.9 \mu\text{g.g}^{-1}$ (P4) ve $817 \mu\text{g.g}^{-1}$ (P4) olarak bulunmuştur. Aynı örneklerde ortalama Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co ve Mn konsantrasyonları ise sırasıyla $0.8 \mu\text{g.g}^{-1}$, $22.6 \mu\text{g.g}^{-1}$, $5.5 \mu\text{g.g}^{-1}$, $1397 \mu\text{g.g}^{-1}$, $140.5 \mu\text{g.g}^{-1}$, $29.3 \mu\text{g.g}^{-1}$, $1713.8 \mu\text{g.g}^{-1}$, $4.95 \mu\text{g.g}^{-1}$, $0.33 \mu\text{g.g}^{-1}$ ve $341 \mu\text{g.g}^{-1}$ olarak tespit edildi.

Tablo 9. İstasyonlara göre yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

		Cd	Pb	Ni	Fe	Zn	Cu	Al	Cr	Co	Mn
S1	MP1	0.3	35.1	5.9	2309	60.4	15	2374	6.0	0.3	222
S2	MP2	0.4	11.6	7.9	3298	92.5	49	3708	7.8	0.7	288
S3	MP3	1.5	76.8	18.5	6963	8571	213.3	4600	10.3	2.9	377
S4	MP4	0.4	17.6	8.1	3800	193	28.9	5016	9.6	0.5	311
S5	MP5	0.4	7.4	6.4	2623	57.9	23	2831	5.1	0.5	189
S6	MP6	0.3	7.8	5.6	1704	65.2	21.7	2122	4.2	0.2	216
S7	MP7	0.7	17.5	7.5	3286	187.5	185.6	3937	8.5	0.7	272
S8	MP8	0.4	8.7	7.8	3210	65.0	21	3249	7.8	0.7	364
S9	MP9	0.6	26.7	9.6	3539	806	317.9	4005	8.8	1.0	283
S10	MP10	1.2	50.6	8.8	3693	325	28.4	3758	8.4	1.1	202
S11	MP11	3.3	456	12.4	6051	645	111	6311	17.4	1.9	405
Min.		0.3	7.4	5.6	1704	60.4	15	2122	4.2	0.2	189
Maks.		3.3	456	18.5	6963	8571	317.9	6311	17.4	2.9	405
Ort.		0.86	65.0	8.9	3679	1006	92.2	3810	8.5	0.9	284
S12	P _{kont}	0.8	22.3	10.4	2174	49	21.1	2930	11.7	0.3	563

Tablo 9 incelendiğinde yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde ICP-OES ile belirlenmiş en yüksek Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co ve Mn konsantrasyonları sırasıyla $3.3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (MP11), $456 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (MP11), $18.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (MP3), $6963 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (MP3), $8571 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (MP3), $317.9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (MP9), $6311 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (MP11), $17.4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (MP11), $2.9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (MP3) ve $405 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (MP11) olarak bulunmuştur. Aynı örneklerde ortalama Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co ve Mn konsantrasyonları ise sırasıyla $0.86 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $65.0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $8.9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $3679 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $1006 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $92.2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $3810 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $8.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $0.9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ve $284 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ olarak tespit edildi.

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında Rize İlinin Çamlıhemşin ilçesinden toplanan *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf ve *Cladonia rangiformis* liken numuneleri Rize, Trabzon ve Artvin illerindeki belirlenen istasyonlara 6 ay kurak ve 6 ay yağışlı mevsim olmak üzere konularak bekletildi. Bu süreler sonunda istasyonlardan toplanan numunelerin ağır metal konsantrasyonları İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi ile belirlendi.

4.1. Krom Birikimi

Tablo 10 ve Şekil 9 incelendiğinde kurak mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde kontrol numunesine göre S1 (Artvin Sanayi), S2 (Artvin Murgul), S3 (Çayeli Bakır), S4 (Çayeli Sanayi), S6 (Rize Sanayi), S8 (İyidere Sanayi) istasyonlarında artış tespit edilirken S5 (Çayeli Çimento), S7 (Rize Terminal), S9 (Arsin Sanayi), S10 (Trabzon Sanayi), S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyonlarında azalış tespit edildi.

Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde ise tüm istasyonlarda bir azalış tespit edildi.

Tablo 10 ve Şekil 10 incelendiğinde yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numunelerde 11. istasyon (Trabzon Çömlekçi) numunesi hariç kurak ve yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri kontrol numunesine göre Cr konsantrasyonu birikiminde azalma gözlemlendi.

Tablo 10. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki krom birikim miktarları ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

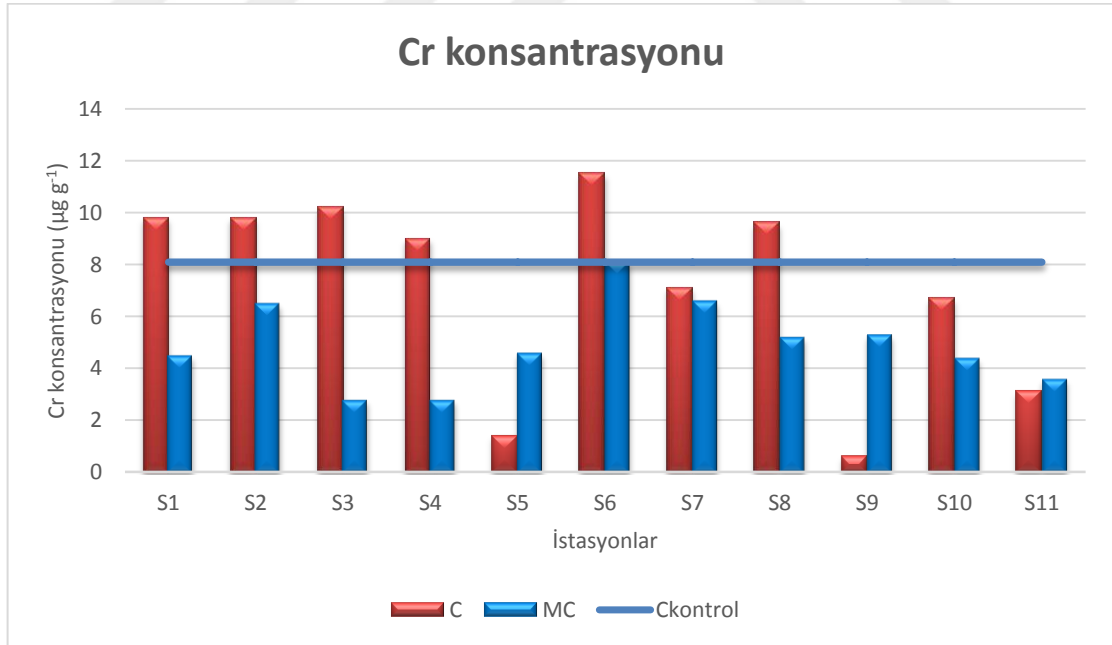
	C	MC	P	MP
	KM	YM	KM	YM
S1	1.7	-3.6	-6.1	-5.7
S2	1.7	-1.6	-8.8	-3.9
S3	2.1	-5.3	-6.6	-1.4
S4	0.9	-5.3	-0.8	-2.1
S5	-6.7	-3.5	-0.8	-6.6
S6	3.4	0	-9.9	-7.5
S7	-1	-1.5	-9.4	-3.2
S8	1.5	-2.9	-8.9	-3.9
S9	-7.5	-2.8	-9.5	-2.9
S10	-1.4	-3.7	-5.4	-3.3
S11	-5	-4.5	-8	5.7
S _{kont}	8.1	8.1	11.7	11.7

KM: Kurak Mevsim, YM: Yağışlı Mevsim, S_{kont}:Ayrı ayrı kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* kontrol numunelerindeki Cr konsantrasyonu

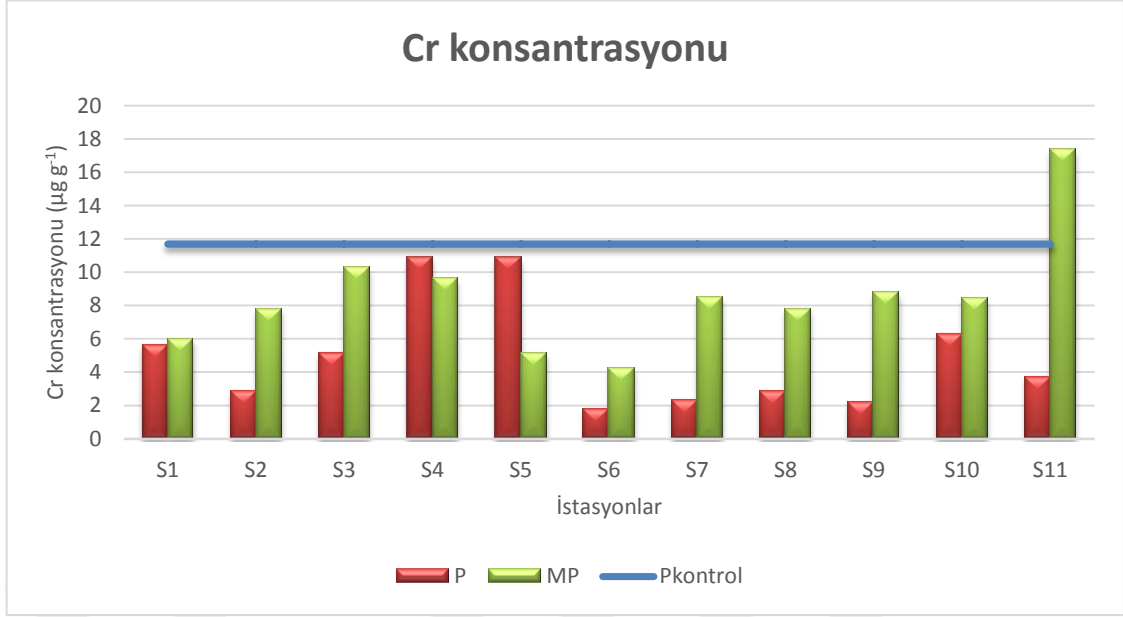
C:Kurak mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri, P:Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri

MC:Yağışlı mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri

MP:Yağışlı mevsimdeki *Pseudevernia furfuracea* numuneleri



Şekil 9. *Cladonia rangiformis* numunelerinde Cr konsantrasyonu



Şekil 10. *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde Cr konsantrasyonu

4.2. Mangan Birikimi

Tablo 11 ve Şekil 11 incelendiğinde kurak mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde kontrol numunesine göre S1 (Artvin sanayi), S2 (Artvin Murgul), S3 (Çayeli Bakır), S5 (Çayeli Çimento), S6 (Rize Sanayi), S9 (Arsin Sanayi), S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyonlarında azalış tespit edilirken, S4 (Çayeli Sanayi), S7 (Rize Terminal), S8 (İyidere Sanayi) ve S10 (Trabzon Sanayi) istasyonlarında artış tespit edildi.

Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde ise S6 (Rize Sanayi) ve S8 (İyidere Sanayi) istasyonları hariç diğer istasyonlarda Mangan konsantrasyonların da kontrol numunesine göre azalma gözlemlendi.

Tablo 11 ve Şekil 12 incelendiğinde kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* 4. istasyon ve 10. istasyon numunesi hariç kurak ve yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri kontrol numunesine göre Mn konsantrasyonu birikiminde azalma gözlemlendi.

Tablo 11. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki mangan birikim miktarları ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

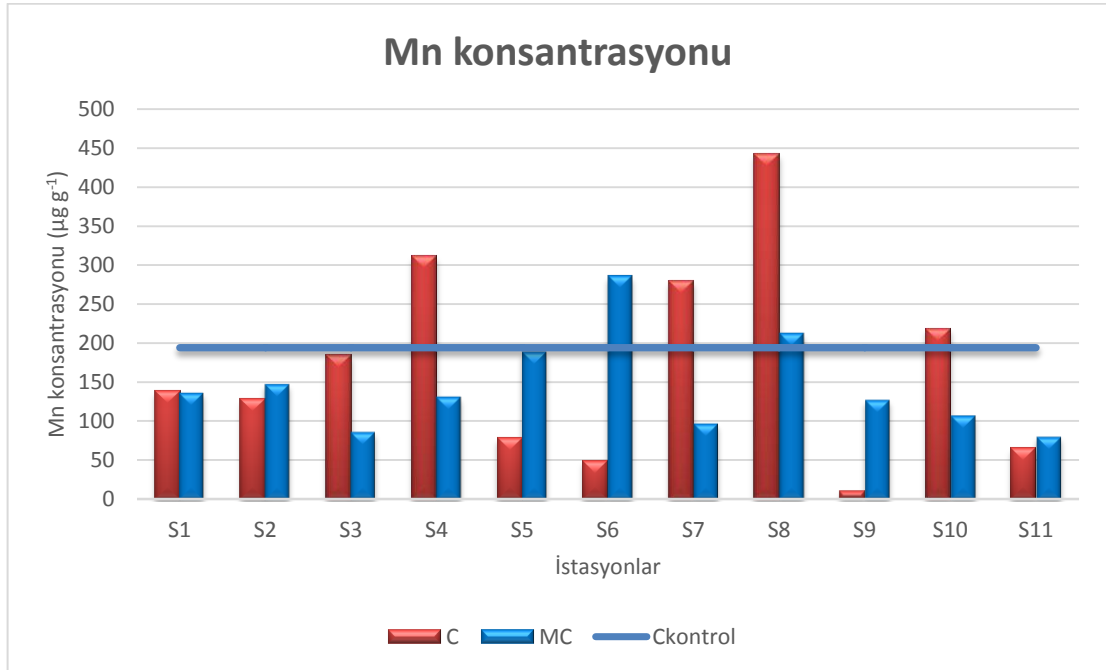
	C	MC	P	MP
	KM	YM	KM	YM
S1	-56	-58	-189	-341
S2	-67	-47	-400	-275
S3	-10	-108	-221	-186
S4	117	-63	254	-252
S5	-116	-6	-71	-374
S6	-145	91	-425	-347
S7	85	-97	-405	-291
S8	248	18	-316	-199
S9	-184,2	-67	-413	-280
S10	24	-87	106	-361
S11	-129,3	-114	-355	-158
S _{kont}	194	194	563	563

KM: Kurak Mevsim, YM: Yağışlı Mevsim, S_{kont}:Ayrı ayrı kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* kontrol numunelerindeki Cr konsantrasyonu

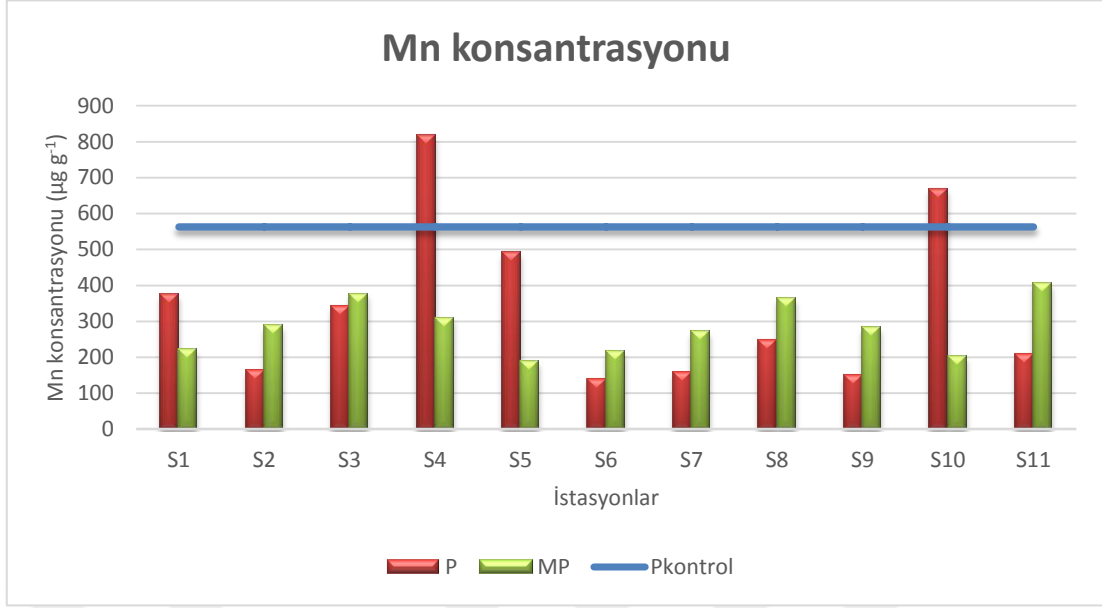
C:Kurak mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri, P:Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri

MC:Yağışlı mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri

MP:Yağışlı mevsimdeki *Pseudevernia furfuracea* numuneleri



Şekil 11. *Cladonia rangiformis* numunelerinde Mn konsantrasyonu



Şekil 12. *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde Mn konsantrasyonu

4.3. Demir Birikimi

Tablo 12 ve Şekil 13 incelendiğinde kurak mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde kontrol numunesine göre S1 (Artvin Sanayi), S2 (Artvin Murgul), S3 (Çayeli Bakır), S4 (Çayeli Sanayi), S7 (Rize Terminal), S8 (İyidere Sanayi) ile S10 (Trabzon Sanayi) istasyonlarında artış tespit edilirken, S5 (Çayeli Çimento), S6 (Rize Sanayi), S9 (Arsin Sanayi) ve S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyonlarında bir azalış tespit edildi.

Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde kontrol numunesine göre S1 (Artvin Sanayi), S2 (Artvin Murgul), S5 (Çayeli Çimento), S6 (Rize Sanayi), S8 (İyidere Sanayi) ve S9 (Arsin Sanayi) istasyonlarında artış tespit edilirken, S3 (Çayeli Bakır), S4 (Çayeli Sanayi), S7 (Rize Terminal), S10 (Trabzon Sanayi) ve S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyonlarında bir azalış tespit edildi.

Tablo 12 ve Şekil 14 incelendiğinde yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* S6 istasyonu ve kurak mevsim S4 (Çayeli Sanayi), S5 (Çayeli Çimento), S10 (Trabzon Sanayi) istasyonu hariç kurak ve yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri kontrol numunesine göre Fe konsantrasyonu birikiminde azalma gözlemlendi.

Tablo 12. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki demir birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$)

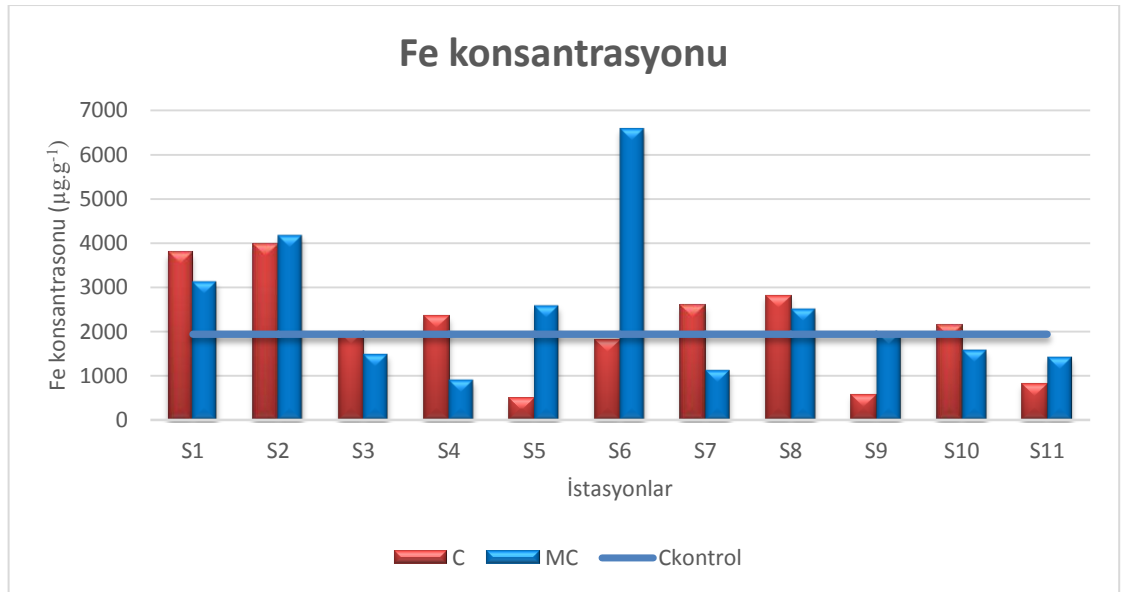
	C	MC	P	MP
	KM	YM	KM	YM
S1	1837	1190	-370	135
S2	2029	2232	-1229	1124
S3	33	-445	-453	4789
S4	405	-1029	121	1626
S5	-1454	644	25	449
S6	-141	4644	-1676	-470
S7	637	-812	-1116	1112
S8	868	573	-1313	1036
S9	-1363	47	-1910	1365
S10	197	-351	58	1519
S11	-1130	-509	-680	3877
S _{kont}	1941	1941	2174	2174

KM: Kurak Mevsim, YM: Yağışlı Mevsim, S_{kont}:Ayrı ayrı kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* kontrol numunelerindeki Fe konsantrasyonu

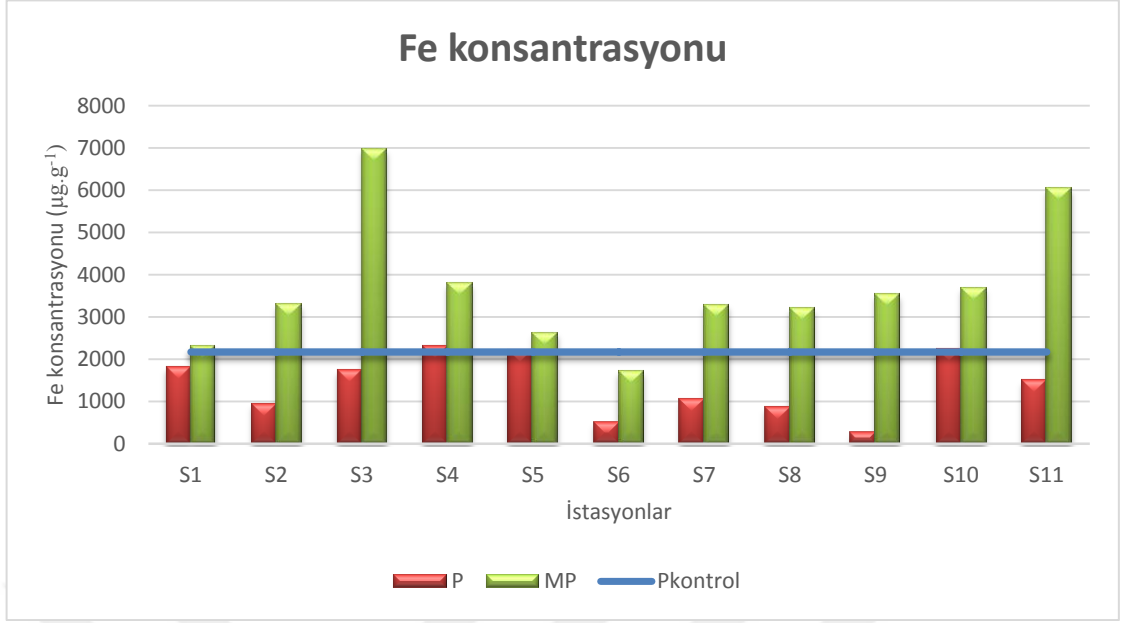
C:Kurak mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri, P:Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri

MC:Yağışlı mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri

MP:Yağışlı mevsimdeki *Pseudevernia furfuracea* numuneleri



Şekil 13. *Cladonia rangiformis* numunelerinde Fe konsantrasyonu.



Şekil 14. *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde Fe konsantrasyonu

4.4. Nikel Birikimi

Tablo 13 ve Şekil 15 incelendiğinde kurak mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde kontrol numunesine göre S5 (Çayeli Çimento), S9 (Arsin Sanayi), S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyonlarında azalış tespit edilirken, S1 (Artvin Snayi), S2 (Artvin Murgul), S3 (Çayeli Bakır), S4 (Çayeli Sanayi), S6 (Rize Sanayi), S7 (Rize Terminal), S8 (İyidere Sanayi) ve S10 (Trabzon Sanayi) istasyonlarında artış tespit edildi.

Yağışlı dönem *Cladonia rangiformis* numunelerinde ise sadece S4 (Çayeli Yurt) istasyonunda bir azalış gözlemlendi.

Tablo 13 ve Şekil 16 incelendiğinde kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* 4. istasyon (Çayeli Sanayi) numunesi ve yağışlı mevsim 3 (Çayeli Bakır) ve 11. istasyonları (Trabzon Çömlekçi) hariç kurak ve yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri kontrol numunesine göre Ni konsantrasyonu birikiminde azalma gözlemlendi.

Tablo 13. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki nikel birikim miktarları ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

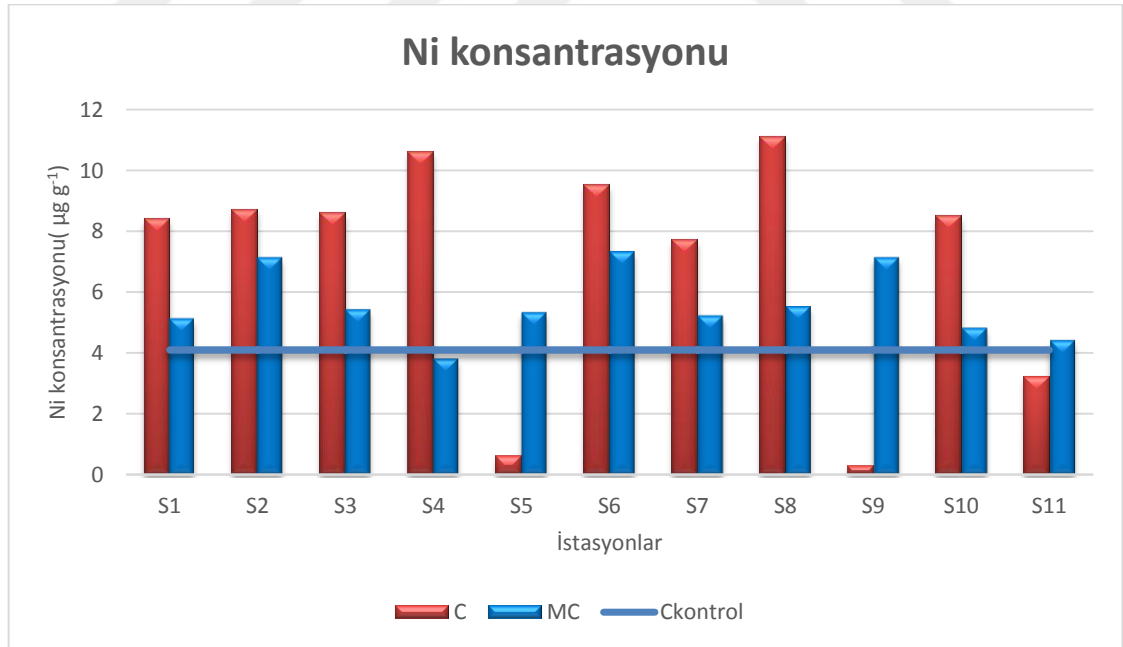
	C	MC	P	MP
	KM	YM	KM	YM
S1	4.3	1	-4.6	-4.5
S2	4.6	3	-7.9	-2.5
S3	4.5	1.3	-3.6	8.1
S4	6.5	-0.3	0.2	-2.3
S5	-3.5	1.2	-0.2	-4
S6	5.4	3.2	-7.3	-4.8
S7	3.6	1.1	-8.2	-2.9
S8	7	1.4	-6.2	-2.6
S9	-3.8	3	-6.6	-0.8
S10	4.4	0.7	-2.1	-1.6
S11	-0.9	0.3	-7.1	2
S _{kont}	4.1	4.1	10.4	10.4

KM: Kurak Mevsim, YM: Yağışlı Mevsim, S_{kont}:Ayrı ayrı kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* kontrol numunelerindeki Ni konsantrasyonu

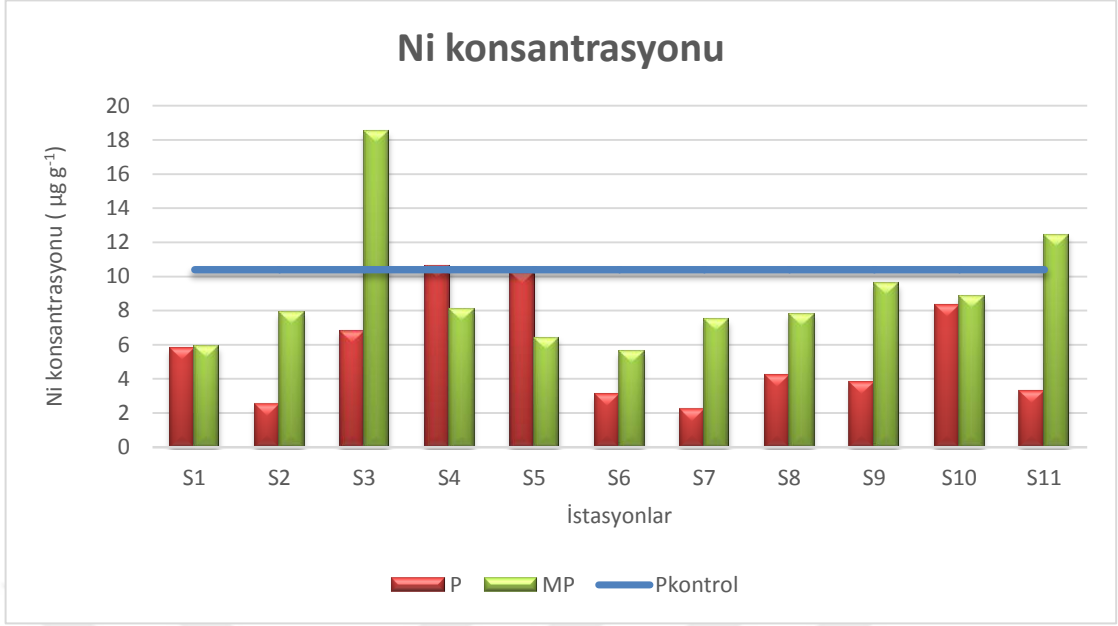
C:Kurak mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri, P:Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri

MC:Yağışlı mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri

MP:Yağışlı mevsimdeki *Pseudevernia furfuracea* numuneleri



Şekil 15. *Cladonia rangiformis* numunelerinde Ni konsantrasyonu



Şekil 16. *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde Ni konsantrasyonu

4.5. Bakır Birikimi

Tablo 14 ve Şekil 17 incelendiğinde kurak mevsim *Cladonia rangiformis* 5. istasyon (Çayeli Çimento) ve 9. istasyon (Arsin sanayi) numunesi ve yağışlı mevsim 4 (Çayeli Sanayi) ve 10 (Trabzon Sanayi) istasyon numuneleri hariç kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* numuneleri kontrol numunesine göre Cu konsantrasyonu birikiminde artış gözlemlendi.

Tablo 14 ve Şekil 18 incelendiğinde kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* S1 (Artvin Sanayi), S3 (Çayeli Bakır), S4 (Çayeli Sanayi), S5 Çayeli Çimento), S7 (Rize Terminal), S10 (Trabzon Sanayi) ve S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyon numunelerinde artış S2, S6, S8 ve S9 istasyon numunelerinde ise azalış gözlemlendi.

Yağışlı mevsim 1. (Artvin Sanayi) ve 8. (Rize İyidere Sanayi) istasyon numuneleri hariç yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde kontrol numunesine göre Cu konsantrasyonu birikiminde artış gözlemlendi.

Tablo 14. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki bakır birikim miktarları ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

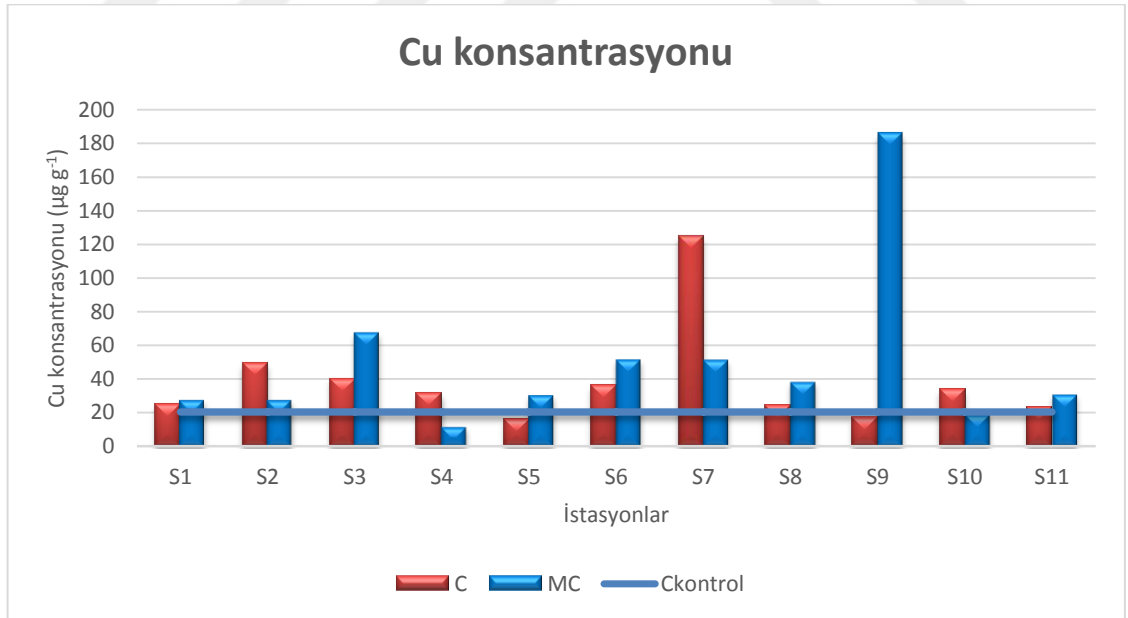
	C	MC	P	MP
	KM	YM	KM	YM
S1	5	7.5	3.1	-6.1
S2	28.7	7.4	-0.5	27.9
S3	19.9	47.4	13.9	192.2
S4	11	-8.5	3	7.8
S5	-4.2	10.4	2.4	1.9
S6	15.5	31.5	-12.2	0.6
S7	104	31.2	32.7	164.5
S8	3.8	18.2	-6.9	-0.1
S9	-3.4	165.7	-10.1	296.8
S10	13.1	-1.1	36.7	7.3
S11	2.4	10.8	28.1	89.9
S _{kont}	20.3	20.3	21.1	21.1

KM: Kurak Mevsim, YM: Yağışlı Mevsim, S_{kont}:Aynı ayı kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* kontrol numunelerindeki Cr konsantrasyonu

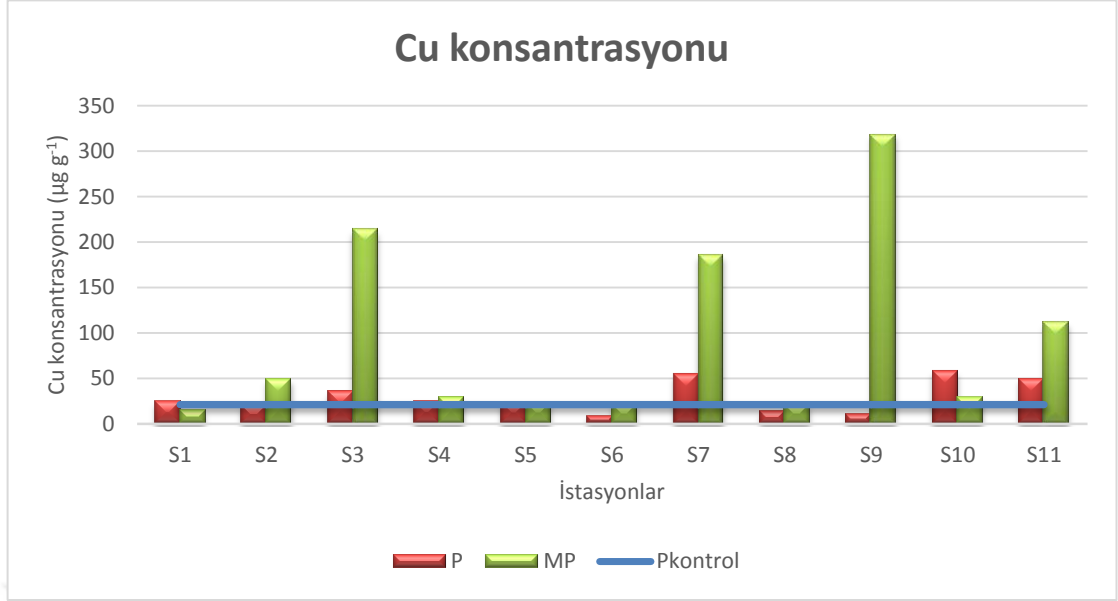
C:Kurak mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri, P:Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri

MC:Yağışlı mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri

MP:Yağışlı mevsimdeki *Pseudevernia furfuracea* numuneleri



Şekil 17. *Cladonia rangiformis* numunelerinde Cu konsantrasyonu



Şekil 18. *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde Cu konsantrasyonu

4.6. Çinko Birikimi

Tablo 15 ve Şekil 19 incelendiğinde kurak mevsim *Cladonia rangiformis* 5. istasyon (Çayeli Çimento) numunesi ve yağışlı mevsim 8. istasyon (Rize İyidere Sanayi) numuneleri hariç kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* numuneleri kontrol numunesine göre Zn konsantrasyonu birikiminde artış gözlemlendi.

Tablo 15 ve Şekil 20 incelendiğinde yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* S2 (Artvin Murgul), S6 (Rize Sanayi), S8 (İyidere Sanayi) ve S9 (Arsin Sanayi) istasyon numuneleri hariç kurak ve yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde kontrol numunesine göre Zn konsantrasyonu birikiminde artış gözlemlendi.

Tablo 15. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki çinko birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$)

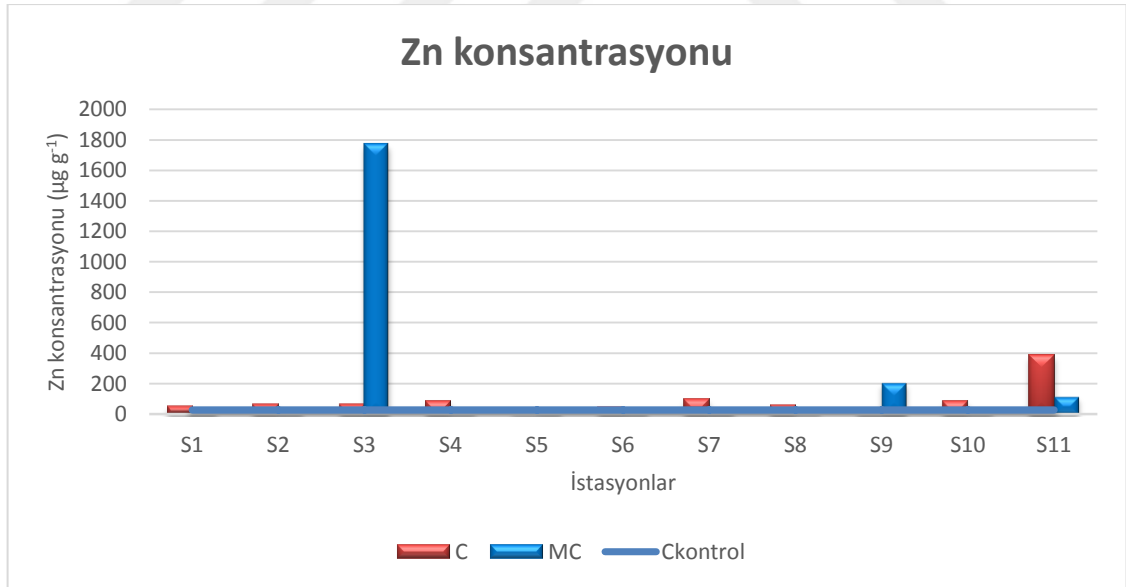
	C	MC	P	MP
	KM	YM	KM	YM
S1	21.2	9.4	95.4	11.4
S2	32.9	9.6	-17.6	43.5
S3	32.3	1742.1	77.9	8522
S4	60.9	3.1	39.5	144
S5	-4.4	5.6	12.8	8.9
S6	15.5	7.2	-1.1	16.2
S7	71.1	16.9	55.8	138.5
S8	28.3	-2.4	-4.8	16
S9	11	181.3	-5.5	757
S10	58.5	5.5	65.7	276
S11	356.1	91.1	688.4	596
S _{kont}	26.9	26.9	49	49

KM: Kurak Mevsim, YM: Yağışlı Mevsim, S_{kont}:Ayrı ayrı kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* kontrol numunelerindeki Zn konsantrasyonu

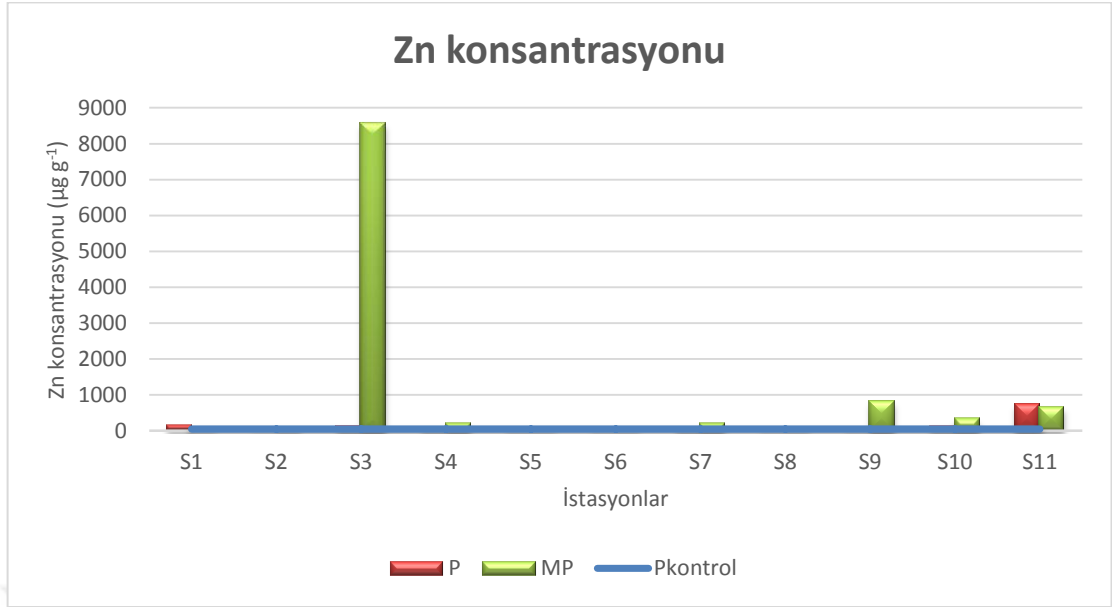
C:Kurak mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri, P:Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri

MC:Yağışlı mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri

MP:Yağışlı mevsimdeki *Pseudevernia furfuracea* numuneleri



Şekil 19. *Cladonia rangiformis* numunelerinde Zn konsantrasyonu



Şekil 20. *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde Zn konsantrasyonu

4.7. Kurşun Birikimi

Tablo 16 ve Şekil 21 incelendiğinde kurak mevsim *Cladonia rangiformis* 5. İstasyon (Çayeli Çimento) numunesi ve 9. istasyon (Arsin Sanayi) numunesi, yağışlı mevsim 4. istasyon (Çayeli Sanayi) numunesi hariç kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* numuneleri kontrol numunesine göre kurşun konsantrasyonu birikiminde artış gözlemlendi.

Tablo 16 ve Şekil 22 incelendiğinde kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* S1 (Artvin Sanayi) ve S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyon numuneleri, yağışlı mevsim S1 (Artvin Sanayi), S3 (Çayeli Bakır), S9 (Arsin Sanayi), S10 (Trabzon Sanayi) ve S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyon numuneleri hariç kurak ve yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde kontrol numunesine göre kurşun konsantrasyonu birikiminde azalış gözlemlendi.

Tablo 16. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki kurşun birikim miktarları ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

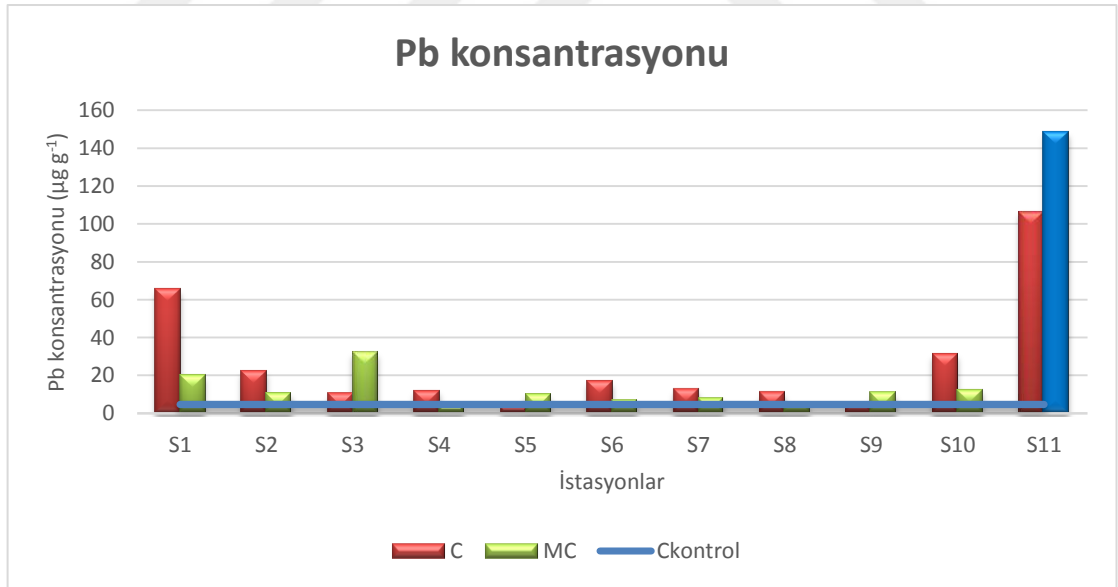
	C	MC	P	MP
	KM	YM	KM	YM
S1	60.8	15.1	0.4	12.8
S2	17.5	5.8	-16.1	-10.7
S3	5.5	27.4	-9.2	54.5
S4	7.1	-0.9	-13.3	-4.7
S5	-1.6	5.1	-13.9	-14.9
S6	12	2.1	-16.7	-14.5
S7	8	2.9	-16	-4.8
S8	6.4	0.3	-16.5	-13.6
S9	-0.1	5.9	-14.2	4.4
S10	26.5	7.6	-11.9	28.3
S11	101.6	143.7	131	433.7
S _{kont}	4.7	4.7	22.3	22.3

KM: Kurak Mevsim, YM: Yağışlı Mevsim, S_{kont}:Ayrı ayrı kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* kontrol numunelerindeki Pb konsantrasyonu

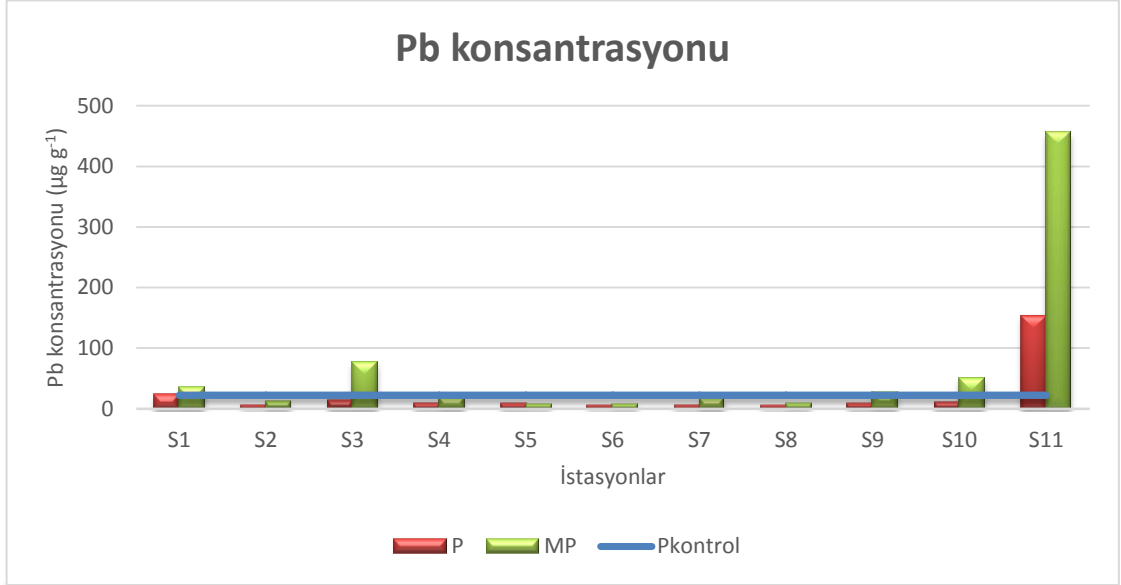
C:Kurak mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri, P:Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri

MC:Yağışlı mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri

MP:Yağışlı mevsimdeki *Pseudevernia furfuracea* numuneleri



Şekil 21. *Cladonia rangiformis* numunelerinde Pb konsantrasyonu



Şekil 22. *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde Pb konsantrasyonu

4.8. Alüminyum Birikimi

Tablo 17 ve Şekil 23 incelendiğinde kurak mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde kontrol numunesine göre S1 (Artvin Sanayi), S2 (Artvin Murgul), S4 Çayeli Sanayi), S7 (Rize Terminal) ve S8 (Rize İyidere Sanayi) istasyonlarında artış tespit edilirken, S3 (Çayeli Bakır), S5 (Çayeli Çimento), S6 (Rize Sanayi), S9 (Arsin Sanayi), S10 (Trabzon Sanayi) ve S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyonlarında ise azalış tespit edildi.

Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde ise tüm istasyonlarda bir azalış tespit edildi.

Tablo 17 ve Şekil 24 incelendiğinde kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* istasyon numunelerinin hepsinde kontrol numunesine göre Alüminyum konsantrasyonlarında azalış tespit edilirken yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri S1 (Artvin Sanayi), S5 (Çayeli Çimento) ve S6 (Rize Sanayi) istasyon numuneleri hariç kontrol numunesine göre Alüminyum konsantrasyonu birikiminde artış gözlemlendi.

Tablo 17. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki alüminyum birikim miktarları ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

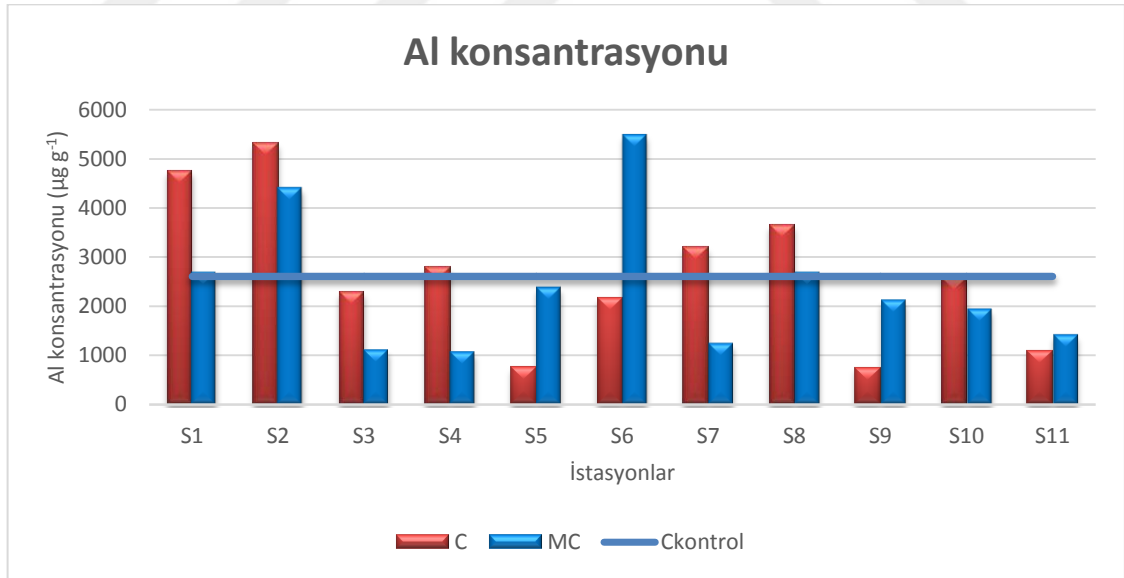
	C	MC	P	MP
	KM	YM	KM	YM
S1	2131	80	-256	-556
S2	2700	1800	-1312	778
S3	-328	-1491	-883	1670
S4	180	-1535	-195	2086
S5	-1862	-221	-212	-99
S6	-446	2877	-2420	-808
S7	585	-1366	-1789	1007
S8	1040	75	-2013	319
S9	-1865	-481	-2617	1075
S10	-43	-669	-204	828
S11	-1512	-1189	-1477	3381
S _{kont}	2606	2606	2930	2930

KM: Kurak Mevsim, YM: Yağışlı Mevsim, S_{kont}:Ayrı ayrı kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* kontrol numunelerindeki Al konsantrasyonu

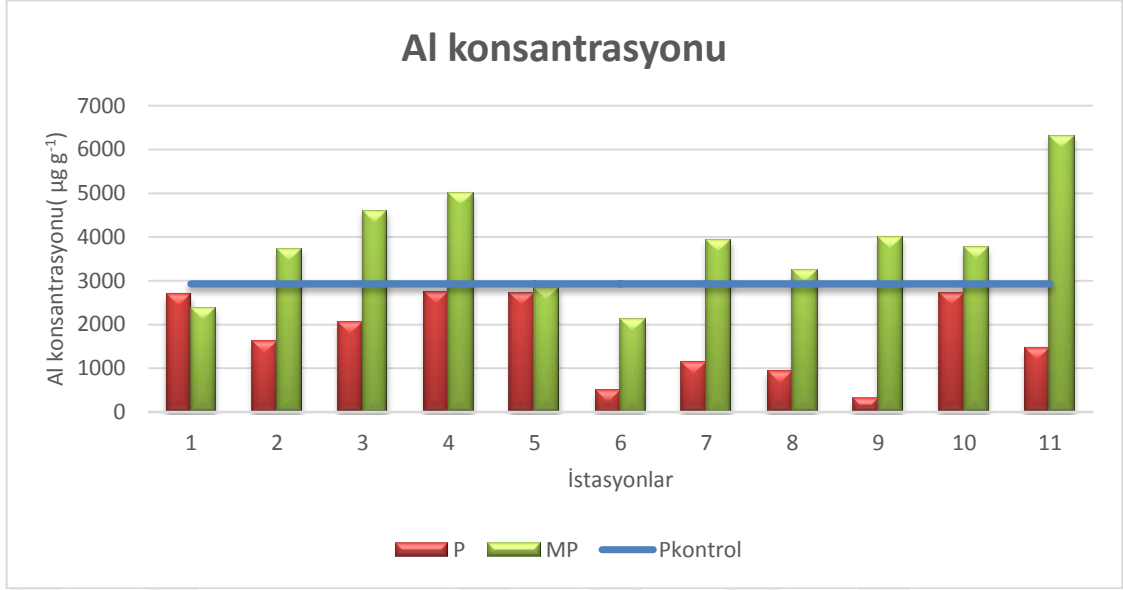
C:Kurak mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri, P:Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri

MC:Yağışlı mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri

MP:Yağışlı mevsimdeki *Pseudevernia furfuracea* numuneleri



Şekil 23. *Cladonia rangiformis* numunelerinde Al konsantrasyonu



Şekil 24. *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde Al konsantrasyonu

4.9. Kadmiyum Birikimi

Tablo 18 ve Şekil 25 incelendiğinde kurak mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde kontrol numunesine göre S5 (Çayeli Çimento) ve S9 (Arsin Sanayi) istasyonlarında azalış tespit edilirken diğer istasyonlarda bir artış tespit edildi.

Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde ise S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyonu hariç diğer istasyonlarda bir azalış tespit edildi.

Tablo 18 ve Şekil 26 incelendiğinde kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* S1 (Artvin Sanayi) ve S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyon numuneleri, yağışlı mevsim S3 (Çayeli Bakır), S10 (Trabzon Sanayi) ve S11 (Trabzon Çömlekçi) istasyon numuneleri hariç, kurak ve yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri kontrol numunesine göre kadmiyum konsantrasyonu birikiminde azalış gözlemlendi.

Tablo 18. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki kadmiyum birikim miktarları ($\mu\text{g.g}^{-1}$)

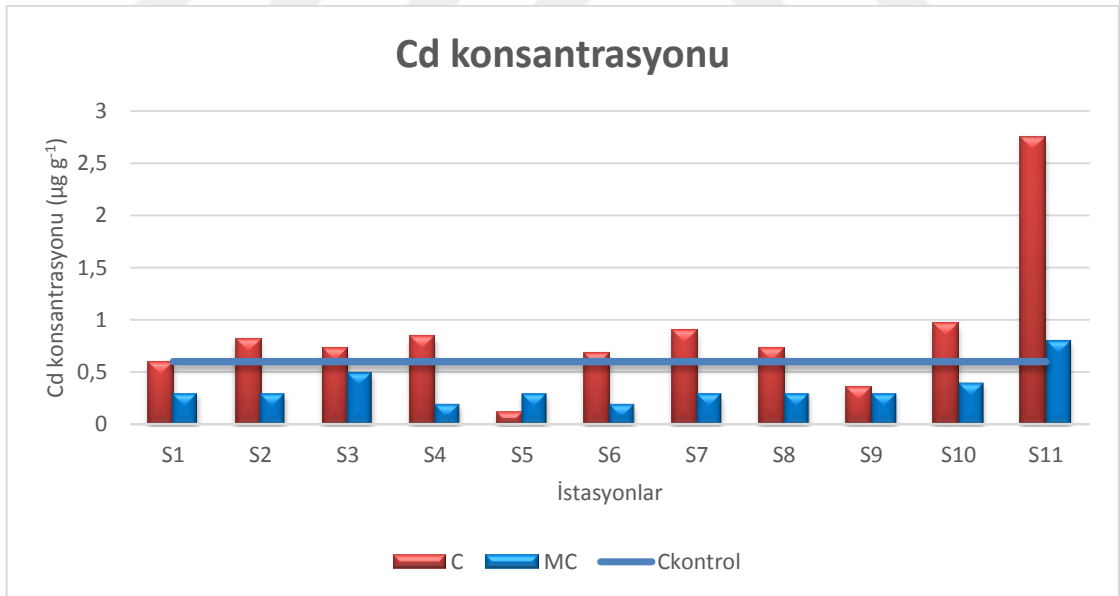
	C	MC	P	MP
	KM	YM	KM	YM
S1	0	-0.3	0.2	-0.5
S2	0.22	-0.3	-0.4	-0.4
S3	0.12	-0.1	-0.1	0.7
S4	0.24	-0.4	-0.3	-0.4
S5	-0.48	-0.3	-0.2	-0.4
S6	0.08	-0.4	-0.4	-0.5
S7	0.3	-0.3	-0.3	-0.1
S8	0.12	-0.3	-0.4	-0.4
S9	-0.24	-0.3	-0.4	-0.2
S10	0.36	-0.2	-0.2	0.4
S11	2.15	0.2	2.5	2.5
S _{kont}	0.6	0.6	0.8	0.8

KM: Kurak Mevsim, YM: Yağışlı Mevsim, S_{kont}:Ayrı ayrı kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* kontrol numunelerindeki Cd konsantrasyonu

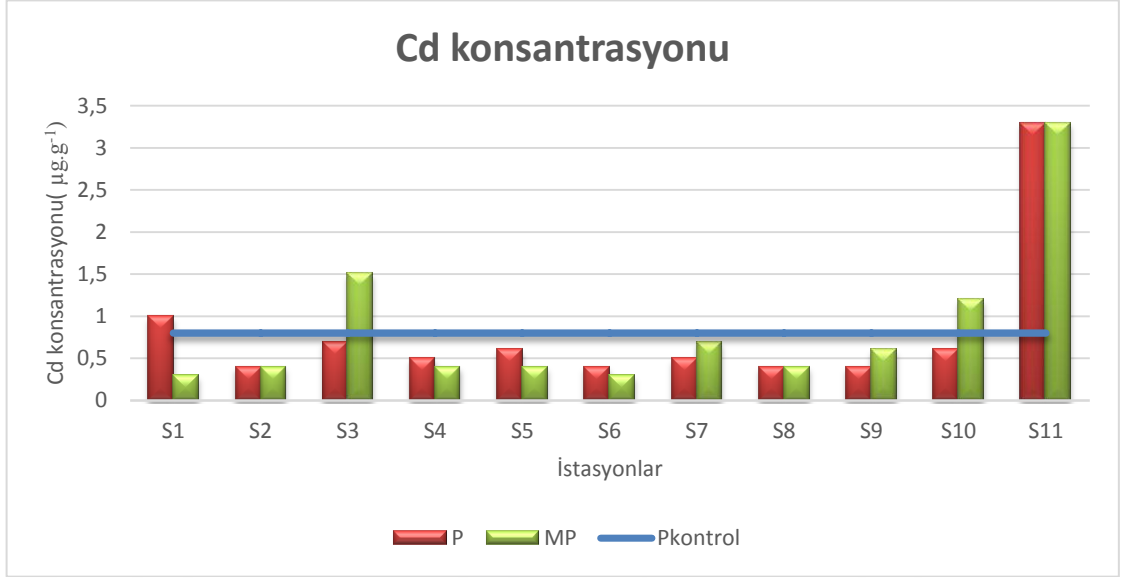
C:Kurak mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri, P:Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri

MC:Yağışlı mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri

MP:Yağışlı mevsimdeki *Pseudevernia furfuracea* numuneleri



Şekil 25. *Cladonia rangiformis* numunelerinde Cd konsantrasyonu



Şekil 26. *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde Cd konsantrasyonu

4.10. Kobalt Birikimi

Tablo 19 ve Şekil 27 incelendiğinde kurak mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinde ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* numunelerinin hepsinde kontrol numunesine göre bir artış tespit edildi.

Tablo 19 ve Şekil 28 incelendiğinde kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* S2 (Artvin Murgul), S6 (Rize Sanayi), S7 (Rize Terminal), S8 (Rize İyidere Sanayi) ve S9 (Arsin Sanayi) istasyon numuneleri ile yağışlı mevsim S6 (Rize Sanayi) istasyon numunesi hariç, kurak ve yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri kontrol numunesine göre kobalt konsantrasyonu birikiminde artış gözlemlendi.

Tablo 19. Kurak ve yağışlı mevsimlere ait *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* numunelerindeki Kobalt birikim miktarları ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

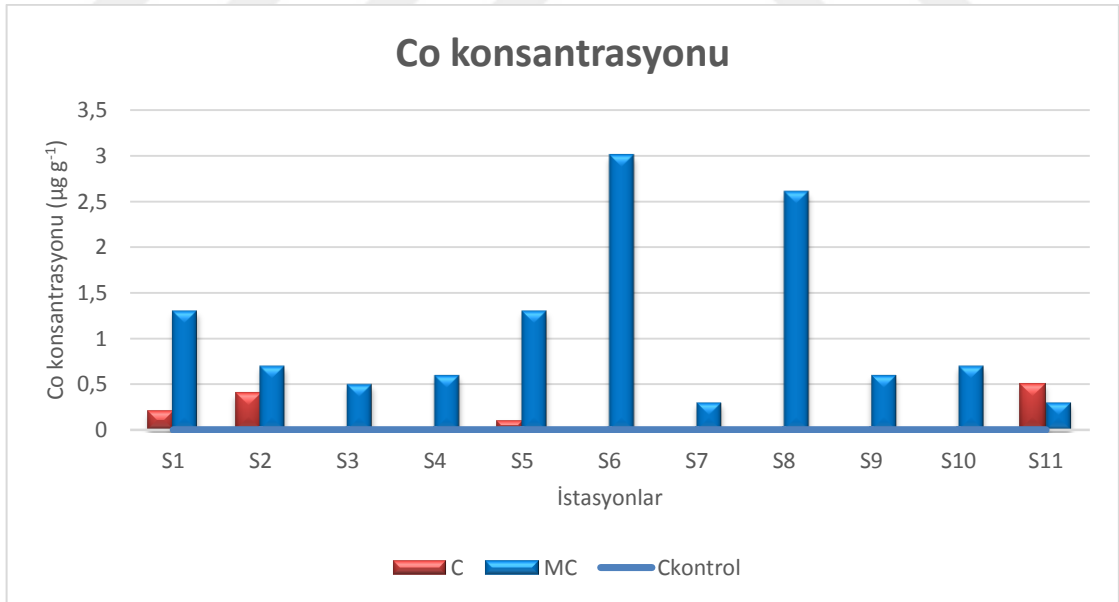
	C	MC	P	MP
	KM	YM	KM	YM
S1	0.2	1.3	0.2	0
S2	0.4	0.7	-0.1	0.4
S3	0	0.5	0	2.6
S4	0	0.6	0.6	0.2
S5	0.1	1.3	0.3	0.2
S6	0	3	-0.3	-0.1
S7	0	0.3	-0.2	0.4
S8	0	2.6	-0.3	0.4
S9	0	0.6	-0.3	0.7
S10	0	0.7	0.4	0.8
S11	0.5	0.3	0	1.6
S _{kont}	0	0	0.3	0.3

KM: Kurak Mevsim, YM: Yağışlı Mevsim, S_{kont}:Ayrı ayrı kurak ve yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* kontrol numunelerindeki Cr konsantrasyonu

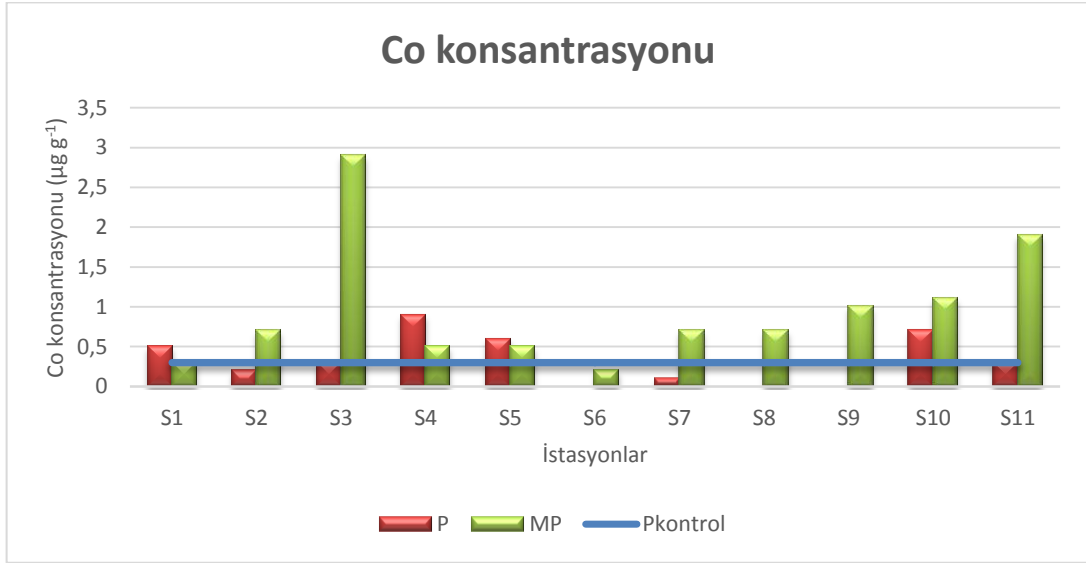
C:Kurak mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri, P:Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* numuneleri

MC:Yağışlı mevsimdeki *Cladonia rangiformis* numuneleri

MP:Yağışlı mevsimdeki *Pseudevernia furfuracea* numuneleri



Şekil 27. *Cladonia rangiformis* numunelerinde Co konsantrasyonu



Şekil 28. *Pseudevernia furfuracea* numunelerinde Co konsantrasyonu

Bu çalışmada *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* likenleri Rize ilinin Çamlıhemşin ilçesinden alınarak Rize, Trabzon ve Artvin illerindeki istasyonlara konulduğunda oluşan ağır metal alma miktarlarını istatistiksel olarak değerlendirmek için Spss 20.0 programı kullanılmıştır. Kurak mevsim ve yağışlı mevsim olmak üzere iki dönemde gerçekleştirilen bu çalışmada ağır metal miktarları üzerinde hangi tür istatistiki karşılaştırmaların yapılacağını belirlemek amacıyla elde edilen değerler üzerinde uygulanan normallik testi sonuçları Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. *Cladonia rangiformis* ve *Pseudevernia furfuracea* likenlerine yayılan ağır metal miktarları üzerinde uygulanan normallik testi sonuçları

	İstatistik	sd	p
Cd	.257	46	.000**
Pb	.341	46	.000**
Ni	.076	46	.200
Fe	.138	46	.027*
Zn	.399	46	.000**
Cu	.307	46	.000**
Al	.124	46	.072
Cr	.077	46	.200
Co	.249	46	.000**
Mn	.158	46	.006**

sd: Serbestlik derecesi; p: Anlamlılık düzeyi; *p<.05 düzeyinde anlamlı; **p<.01 düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir.

Verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığını ortaya koymak amacıyla çeşitli normallik testlerinden yararlanmak mümkündür. Bu testler arasında en bilinenleri Kolmogorov-Smirnov, Ki-Kare, Lilliefors ve Shapiro-Wilk normallik testleridir. Sözkonusu testlerde hipotezi ile verilerin normal dağılımlı bir anakütleden geldiği ifade edilirken, hipotezi ile anakütlenin dağılımının normale uymadığı ileri sürülmektedir. Bu tez çalışmasında Kolmogorov-Smirnov testine başvurulmuştur. Tablo 20’de görüldüğü üzere yapılan normallik testi anlamlılık düzeyi Cd, Pb, Zn, Cu, Co ve Mn için .01’den ve Fe için ise .05’den küçük olduğundan her iki liken türünün de bu ağır metal miktarlarının normal dağılıma sahip olmadığı belirlenmiştir. Bundan dolayı yukarıda verilen metaller için gruplar arası karşılaştırmalarda non-parametrik test (Kruskal Wallis H testi ve Mann Whitney U testi) uygulanmıştır. Buna karşın normallik testine göre her iki liken türü için Ni, Al ve Cr metallerine ait miktarların normal dağılıma sahip olduğu görülmüştür ($p > .05$). Bu bağlamda her iki liken türü için istasyonlardaki bu üç metale ait miktarların farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için parametrik istatistik testler (t-testi ve varyans analizi) uygulanmıştır. Bunun yanında anlamlılık seviyesi (p) olarak .05 kullanılmış olup $p < .05$ olması durumunda karşılaştırılan öğelerin puanları arasında anlamlı farklılığın olduğu; $p > .05$ olması durumunda ise anlamlı farklılığın olmadığı belirtilmiştir.

Bu çerçevede araştırmada ilgili karşılaştırmalar için sekiz alt problem oluşturuldu ve bu problemlere çözüm aranması amaçlanarak uygun istatistik teknikler gerçekleştirildi.

Alt Problem 1. Kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numuneleri kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) anlamlı bir metal birikimi sağladı mı?

Çalışmada kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) Ni, Al ve Cr metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin elde edilen değerler Tablo 21’de verilmektedir.

Tablo 21. Kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan bağımlı t-testi sonuçları

Ağır metal	Numune	N	\bar{x}	Ss	t	sd	p
Ni	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	7.0182	3.82696	.730	10	.482
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	4.1000	-			
Al	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	2658.7273	1509.85318	.033	10	.974
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	2606.0000	-			
Cr	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	7.1636	3.79823	-.236	10	.818
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	8.1000	-			

N: Numune miktarı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; t: Ortalamalar arasındaki farkın standart hataya bölümü; sd: Serbestlik derecesi; p: Anlamlılık düzeyi

Tablo 21’de ilkbahar ve yaz mevsimlerinin içinde bulunduğu kurak süreçte *Cladonia rangiformis* (C) türünde biriken 3 ağır metalin kontrol numunesine göre değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > .05$). Diğer deyişle tüm istasyonlarda kurak mevsimde *Cladonia rangiformis* (C) likeninin Ni, Al ve Cr alma miktarı kontrol numunesi ile yakın değerlerdedir. Bununla birlikte tabloya (tablo 21) bakıldığında Ni ve Al değerleri kontrol numunesinden daha yüksek, Cr değeri ise daha düşüktür. Bulunan bu fark istatistiki olarak .05 düzeyinde anlamlı değildir.

Çalışmada kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin non-parametrik istatistiksel test olan Mann-Whitney-U testi ile elde edilen değerler Tablo 22’de verilmektedir.

Tablo 22. Kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan mann-whitney u testi sonuçları

Ağır metal	Numune	N	\bar{x}	Ss	Sıra Ortalaması	Sıralar Toplamı	U	Z	p
Cd	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	.8609	.67249	6.77	74.50	2.500	-.872	.383
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	.6000	-	3.50	3.50			
Pb	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	26.8545	31.560	6.82	75.00	2.0000	1.014	.311
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	4.7000	-	3.00	3.00			
Fe	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	2115.3636	1174.255	6.64	73.00	4.000	.435	.664
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	1941.0000	-	5.00	5.00			
Zn	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	89.0273	100.146	6.91	76.00	1.000	1.304	.192
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	26.9000	-	2.00	2.00			
Cu	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	38.1000	30.261	6.82	75.00	2.000	1.014	.311
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	20.3000	-	3.00	3.00			
Co	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	.1091	.1814	6.68	73.50	3.500	.689	.491
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	.0000	-	4.50	4.50			
Mn	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	172.7727	130.725	6.36	70.00	4.000	.435	.664
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	194.0000	-	8.00	8.00			

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; Sıra Ortalaması: Sıralama ölçek puanlarının ortalaması; Sıralar Toplamı: Sıralama ölçek puanlarının toplamı; U: Ortalamaları gruplarından bağımsız olarak küçükten büyüğe doğru sıralayarak elde edilen sıra sayısına dönüştüren değer; Z: Ölçümlerin ortalamadan uzaklıklarının standart sapmaya oranı; p: anlamlılık düzeyi

Tablo 22’de kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimleri Mann-Whitney U testi ile incelenmiştir. Tüm ağır metaller açısından düşünüldüğünde numuneler (*Cladonia rangiformis* ve kontrol numunesi) arasındaki farklar istatistiksel olarak $p > .05$ önem düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Bu bulgu, çalışılan istasyonlarda kurak mevsim içinde *Cladonia rangiformis* (C) likeninin ağır metal alma miktarının kontrol numunesine yakın değerlerde olduğu anlamına gelmektedir. Mn haricinde diğer tüm ağır metal miktarlarının ortalama puanları kontrol numunesine oranla daha yüksek değerde olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamsızdır.

Alt Problem 2. Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (MC) numuneleri kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) anlamlı bir metal birikimi sağladı mı?

Çalışmada yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (MC) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) Ni, Al ve Cr metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin elde edilen değerler Tablo 23'te verilmektedir.

Tablo 23. Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan bağımlı t-testi sonuçları

Ağır metal	Numune	N	\bar{x}	Ss	t	sd	p
Ni	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	5.5455	1.15010	1.203	10	.257
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	4.1000	-			
Al	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	2413.2727	1403.82756	-.131	10	.898
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	2606.0000	-			
Cr	<i>Cladonia rangiformis</i> (C)	11	4.9455	1.64095	-1.841	10	.096
	Kontrol numunesi (C_{kontrol})	1	8.1000	-			

N: Numune miktarı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; t: Ortalamalar arasındaki farkın standart hataya bölümü; sd: Serbestlik derecesi; p: Anlamlılık düzeyi

Tablo 23'te sonbahar ve kış mevsimlerinin içinde bulunduğu yağışlı süreçte *Cladonia rangiformis* (MC) türünde biriken 3 ağır metalin kontrol numunesine göre değerleri karşılaştırıldığında istatistiki bakımdan anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > .05$). Diğer deyişle tüm istasyonlarda yağışlı mevsimde *Cladonia rangiformis* (MC) likeninin Ni, Al ve Cr alma miktarı kontrol numunesi ile yakın değerlerdedir. Bununla birlikte tabloya (tablo 23) bakıldığında Ni ve Al değerleri kontrol numunesinden daha yüksek, Cr değeri ise daha düşüktür. Bulunan bu fark anlamlı değildir.

Çalışmada yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (MC) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin non-parametrik istatistiksel tekniklerden olan Mann-Whitney-U testi ile elde edilen değerler Tablo 24'te verilmektedir.

Tablo 24. Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (MC) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan mann-whitney u testi sonuçları

Ağır metal	Numune	N	\bar{x}	Ss	Sıra Ortalaması	Sıralar Toplamı	U	Z	P
Cd	<i>Cladonia rangiformis</i> (MC)	11	.3545	.16949	6.09	67.00	1.000	-1.394	.163
	Kontrol numunesi ($C_{kontrol}$)	1	.6000	-	11.00	11.00			
Pb	<i>Cladonia rangiformis</i> (MC)	11	24.2455	41.94297		76.00	1.000	1.304	.192
	Kontrol numunesi ($C_{kontrol}$)	1	4.7000	-	6.91	2.00			
Fe	<i>Cladonia rangiformis</i> (MC)	11	2503.1818	1659.273	2.00	72.00	5.000	.145	.885
	Kontrol numunesi ($C_{kontrol}$)	1	1941.0000	-		6.00			
Zn	<i>Cladonia rangiformis</i> (MC)	11	215.0273	518.398	6.55	76.00	1.000	1.304	.192
	Kontrol numunesi ($C_{kontrol}$)	1	26.9000	-	6.00	2.00			
Cu	<i>Cladonia rangiformis</i> (MC)	11	49.4364	48.032		75.00	2.000	1.014	.311
	Kontrol numunesi ($C_{kontrol}$)	1	20.3000	-	6.91	3.00			
Co	<i>Cladonia rangiformis</i> (MC)	11	1.0818	.916	2.00	77.00	.000	1.605	.109
	Kontrol numunesi ($C_{kontrol}$)	1	.0000	-		1.00			
Mn	<i>Cladonia rangiformis</i> (MC)	11	145.0909	61.641	6.82	68.00	.000	1.014	.311
	Kontrol numunesi ($C_{kontrol}$)	1	194.0000	-	3.00	10.00			

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; Sıra Ortalaması: Sıralama ölçek puanlarının ortalaması; Sıralar Toplamı: Sıralama ölçek puanlarının toplamı; U: Ortalamaları gruplarından bağımsız olarak küçükten büyüğe doğru sıralayarak elde edilen sıra sayısına dönüştüren değer; Z: Ölçümlerin ortalamadan uzaklıklarının standart sapmaya oranı; p: anlamlılık düzeyi

Tablo 24’te yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (MC) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimleri Mann-Whitney U testi ile incelenmiştir. Tüm ağır metaller açısından düşünüldüğünde numuneler (*Cladonia rangiformis* ve kontrol numunesi) arasındaki farklar istatistiksel olarak $p > .05$ önem düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Bu bulgu, çalışılan istasyonlarda yağışlı mevsim içinde *Cladonia rangiformis* (MC) likeninin ağır metal alma miktarının kontrol numunesine yakın değerlerde olduğu anlamına gelmektedir. Cd ve Mn haricinde diğer tüm ağır metal miktarlarının ortalama puanları kontrol numunesine oranla daha yüksek değerde olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamsızdır.

Alt Problem 3. Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numuneleri kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) anlamlı bir metal birikimi sağladı mı?

Çalışmada kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Ni, Al ve Cr metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin elde edilen değerler Tablo 25’te verilmektedir.

Tablo 25. Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan bağımlı t-testi sonuçları

Ağır metal	Numune	N	\bar{x}	Ss	t	sd	p
Ni	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	5.5273	3.04601	-1.532	10	.157
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	10.4000	-			
Al	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	1713.8182	925.22330	-1.259	10	.237
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	2930.0000	-			
Cr	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	4.9545	3.28584	-1.965	10	.078
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	11.7000	-			

N: Numune miktarı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; t: Ortalamalar arasındaki farkın standart hataya bölümü; sd: Serbestlik derecesi; p: Anlamlılık düzeyi

Pseudevernia furfuracea (P) türünde biriken 3 ağır metalin kontrol numunesine göre değerleri karşılaştırıldığında istatistiki bakımdan anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > .05$). Diğer deyişle tüm istasyonlarda kurak mevsimde *Pseudevernia furfuracea* (P) likenlerinin Ni, Al ve Cr alma miktarı kontrol numunesi ile yakın

değerlerdedir. Bununla birlikte tabloya bakıldığında 3 ağır metalin değeri kontrol numunesinden daha düşüktür. Bulunan bu fark anlamlı değildir.

Çalışmada kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin non-parametrik test olan Mann-Whitney-U testi ile elde edilen değerler Tablo 26’da verilmektedir.

Tablo 26. Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn,Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan mann-whitney u testi sonuçları

Ağır Metal	Numune	N	\bar{x}	Ss	Sıra Ortalaması	Sıralar Toplamı	U	Z	p
Cd	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	.8000	.848	6.18	68.00	2.000	-1.036	.300
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	.8000	-	10.00	10.00			
Pb	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	22.6273	43.616	6.18	68.00	2.000	1.014	311
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	22.3000	-	10.00	10.00			
Fe	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	1397.3636	715.910	6.27	69.00	3.000	.724	469
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	2174.0000	-	9.00	9.00			
Zn	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	140.5000	201.615	6.64	73.00	4.000	.435	664
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	49.0000	-	5.00	5.00			
Cu	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	29.3000	17.269	6.64	73.00	4.000	.435	664
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	21.1000	-	5.00	5.00			
Co	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	.3273	.310	6.45	71.00	5.000	.147	883
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	.3000	-	7.00	7.00			
Mn	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	341.6364	229.659	6.18	68.00	.000	1.014	311
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	563.0000	-	10.00	10.00			

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; Sıra Ortalaması: Sıralama ölçek puanlarının ortalaması; Sıralar Toplamı: Sıralama ölçek puanlarının toplamı; U: Ortalamaları gruplarından bağımsız olarak küçükten büyüğe doğru sıralayarak elde edilen sıra sayısına dönüştürülen değer; Z: Ölçümlerin ortalamadan uzaklıklarının standart sapmaya oranı; p: anlamlılık düzeyi

Tablo 26’da kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimleri Mann-Whitney U testi ile incelenmiştir. Tüm ağır metaller açısından düşünüldüğünde numuneler (*Pseudevernia furfuracea* ve kontrol numunesi) arasındaki farklar istatistiksel olarak $p > .05$ önem düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Bu bulgu, çalışılan istasyonlarda kurak mevsim içinde *Pseudevernia furfuracea* (P) likeninin ağır metal alma miktarının kontrol numunesine yakın değerlerde olduğu anlamına gelmektedir. Cd değeri kontrol numunesi ile eşitken, Fe ve Mn haricinde diğer tüm ağır metal miktarlarının ortalama puanları kontrol numunesine oranla daha yüksek değerde olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamsızdır.

Alt Problem 4. Yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numuneleri kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) anlamlı bir metal birikimi sağladı mı?

Çalışmada yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre (MP0) Ni, Al ve Cr metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin elde edilen değerler Tablo 27’de verilmektedir.

Tablo 27. Yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan bağımlı t-testi sonuçları

Ağır metal	Numune	N	\bar{x}	Ss	t	sd	p
Ni	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (MP)	11	8.954	3.685	-.376	10	.715
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	10.400	-			
Al	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (MP)	11	3810.090	1207.700	.698	10	.501
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	2930.0000	-			
Cr	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (MP)	11	8.536	3.478	-.871	10	.404
	Kontrol numunesi ($P_{kontrol}$)	1	11.700	-			

N: Numune miktarı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; t: Ortalamalar arasındaki farkın standart hataya bölümü; sd: Serbestlik derecesi; p: Anlamlılık düzeyi

Tablo 27’de sonbahar ve kış mevsimlerinin içinde bulunduğu yağışlı süreçte *Pseudevernia furfuracea* (MP) türünde biriken 3 ağır metalin kontrol numunesine göre değerleri karşılaştırıldığında istatistiki bakımdan anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > .05$). Diğer deyişle tüm istasyonlarda yağışlı mevsimde *Pseudevernia furfuracea* (MP) likenlerinin Ni, Al ve Cr alma miktarı kontrol numunesi ile yakın değerlerdedir.

Bununla birlikte tabloya bakıldığında Al değeri kontrol numunesinden daha yüksek; Ni ve Cr değeri ise daha düşüktür. Bulunan bu fark anlamlı değildir.

Çalışmada yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin non-parametrik istatistiksel test olan Mann-Whitney-U testi ile elde edilen değerler Tablo 28’de verilmektedir.

Tablo 28. Yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin karşılaştırılmasına ilişkin yapılan mann-whitney u testi sonuçları

Ağır Metal	Numune	N	\bar{x}	Ss	Sıra Ortalaması	Sıralar Toplamı	U	Z	p
Cd	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	.863	.8969	6.27	69.00	3.000	-.739	.460
	Kontrol numunesi($P_{kontrol}$)	1	.800	-	9.00	9.00			
Pb	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	65.072	131.416	6.45	71.00	5.000	.145	.885
	Kontrol numunesi($P_{kontrol}$)	1	22.300	-	7.00	7.00			
Fe	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	3679.636	1544.593	6.91	76.00	1.000	1.304	.192
	Kontrol numunesi($P_{kontrol}$)	1	2174.000	-	2.00	2.00			
Zn	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	1006.227	2521.752	7.00	77.00	.000	1.593	.111
	Kontrol numunesi($P_{kontrol}$)	1	49.000	-	1.00	1.00			
Cu	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	92.254	102.671	6.82	75.00	2.000	1.014	.311
	Kontrol numunesi($P_{kontrol}$)	1	21.100	-	3.00	3.00			
Co	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	.954	.7941	6.86	75.50	1.500	1.171	.242
	Kontrol numunesi($P_{kontrol}$)	1	.300	-	2.50	2.50			
Mn	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (P)	11	284.454	74.023	6.00	66.00	.000	1.593	.111
	Kontrol numunesi($P_{kontrol}$)	1	563.000	-	12.00	12.00			

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; Sıra Ortalaması: Sıralama ölçek puanlarının ortalaması; Sıralar Toplamı: Sıralama ölçek puanlarının toplamı; U: Ortalamaları gruplarından bağımsız olarak küçükten büyüğe doğru sıralayarak elde edilen sıra sayısına dönüştüren değer; Z: Ölçümlerin ortalamadan uzaklıklarının standart sapmaya oranı; p: anlamlılık düzeyi

Tablo 28’de yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimleri Mann-Whitney U testi ile incelenmiştir. Tüm ağır metaller açısından düşünüldüğünde numuneler (*Pseudevernia furfuracea* ve kontrol numunesi) arasındaki farklar istatistiksel olarak $p > .05$ önem düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Bu bulgu, çalışılan istasyonlarda yağışlı mevsim içinde *Pseudevernia furfuracea* (MP) likeninin ağır metal alma miktarının kontrol numunesine yakın değerlerde olduğu anlamına gelmektedir. Mn haricinde diğer tüm ağır metal miktarlarının ortalama puanları kontrol numunesine oranla daha yüksek değerde olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamsızdır.

Alt Problem 5. Kurak mevsim 1, 2 ve 3. grup *Cladonia rangiformis* (C) numuneleri kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) anlamlı bir metal birikimi sağladı mı?

Bu başlık altında kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerine ait 11 istasyon üç alt gruba ayrılarak, bu gruplardaki ağır metal birikimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Ağır metallere Ni, Al ve Cr ortalama puanlarının istasyonların dahil edildiği gruplara göre farklılaşma durumunun incelenmesinde varyans homojenliği sağlandığından parametrik testlerden tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi uygulanmış ve elde edilen bulgular Tablo 29, Tablo 30 ve Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 29. Kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (MC0) Ni metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı	
Ni	1. grup	2	8.5500	.212	Gruplar Arası	45.80	3	15.2	1.126	.395	-	
	2. grup	6	8.0167	3.84		Gruplar İçi	108.4	8				13.5
	3. grup	3	4.0000	4.15			Toplam	154.2				11
	Kontrol numunesi	1	4.1000	.								

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı, puanlar setinin bir istatistik (ortalama veya yordlanmış değer gibi) etrafındaki sapmalarının kareler toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: anlamlılık düzeyi

1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 29 incelendiğinde Ni metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($F_{(3, 8)}=1.66$, $p>.05$). Buna göre Ni metal birikim puanları tüm istasyon gruplarında yakın değerlerdedir. Bir başka deyişle istasyonlardaki Ni değeri kontrol numunesine göre anlamlı farklılık göstermemiştir. Buna karşın anlamlı fark söz konusu olmasa da 1. grup olan Artvin grubunda Ni miktarı diğer gruplara göre daha yüksek; 3. grup olan Trabzon grubunda ise daha düşüktür. Bu bağlamda kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Ni metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında yakın miktarlarda bulunduğu belirtilebilir.

Tablo 30. Kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Al metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır Metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı
Al	1. grup	2	5021.5	402.343	Gruplar Arası	1.566	3	5218380.2	5.844	.021	1-3
	2. grup	6	2467.5	1011.402	Gruplar İçi	7143974.0	8	892996.75			
	3. grup	3	1466.0	966.286	Toplam	2.280	11				
	Kontrol numunesi	1	2606.0								

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: anlamlılık düzeyi
 $p<.05$ düzeyinde anlamlı fark göstermiştir

1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 30 incelendiğinde Al metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermektedir ($F_{(3, 8)}=5.84$, $p<.05$). Buna göre 1. gruptaki istasyonlarda *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinde biriken Al metali değerleri ile 3. gruptaki istasyonlarda elde edilen değerler arasında fark bulunmuştur. Bir başka deyişle 1. grup olan Artvin grubundaki istasyonlarda Al miktarı diğer istasyonlara göre anlamlı biçimde daha yüksektir. Bununla beraber, 3. istasyon olan Trabzon grubu istasyonlarında ise Al miktarının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Al metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında Trabzon ve Artvin grupları açısından farklı miktarlarda bulunduğu belirtilebilir.

Tablo 31. Kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) Cr metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır Metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı
Cr	1. grup	2	9.8000	.00000	Gruplar Arası	61.349	3	20.450			
	2. grup	6	8.1333	3.60315	Gruplar İçi	83.720	8	10.465	1.954	.200	
	3. grup	3	3.4667	3.06649	Toplam	145.069	11				
	Kontrol numunesi	1	8.1000								

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: anlamlılık düzeyi
 1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 31 incelendiğinde Cr metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($F_{(3, 8)}=1.954, p>.05$). Buna göre Cr metal birikim puanları tüm istasyon gruplarında yakın değerlerdedir. Bir başka deyişle istasyonlardaki Cr değeri kontrol numunesine göre anlamlı farklılık göstermemiştir. Buna karşın anlamlı fark söz konusu olmasa da 1. grup olan Artvin grubunda Cr miktarı diğer gruplara göre daha yüksek; 3. grup olan Trabzon grubunda ise daha düşüktür. Bu bağlamda kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) Cr metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında yakın miktarlarda bulunduğu belirtilebilir.

Bununla birlikte ağır metallerden Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn ortalama puanlarının istasyonların dahil edildiği gruplara göre farklılaşma durumunun incelenmesinde varyans homojenliği sağlanmadığından non-parametrik testlerden Kruskal Wallis H testi uygulanmış ve elde edilen bulgular Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32. Kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co, ve Mn metal birikimlerinin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan kruskal wallis h testi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	Sıra Ortalaması	sd	χ^2	p	Fark
Cd	1. grup	2	5.75	3	1.578	.664	-
	2. grup	6	6.33				
	3. grup	3	8.33				
	4. grup	1	3.50				
Pb	1. grup	2	10.00	3	4.167	.244	-
	2. grup	6	5.17				
	3. grup	3	8.00				
	4. grup	1	3.00				
Fe	1. grup	2	11.50	3	5.474	.140	-
	2. grup	6	6.33				
	3. grup	3	4.00				
	4. grup	1	5.00				
Zn	1. grup	2	6.50	3	2.077	.557	-
	2. grup	6	6.50				
	3. grup	3	8.00				
	4. grup	1	2.00				
Cu	1. grup	2	8.50	3	2.654	.448	-
	2. grup	6	7.33				
	3. grup	3	4.67				
	4. grup	1	3.00				
Co	1. grup	2	10.50	3	5.024	.170	-
	2. grup	6	5.25				
	3. grup	3	7.00				
	4. grup	1	4.50				
Mn	1. grup	2	5.50	3	2.038	.564	-
	2. grup	6	7.67				
	3. grup	3	4.33				
	4. grup	1	8.00				

N: Numune sayısı; Sıra Ortalaması: Sıralama ölçek puanlarının ortalaması; sd: Serbestlik derecesi; χ^2 : Bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran ve birbiriyle anlamlı ilişki gösterip göstermediğini ortaya koyan değer; p: Anlamlılık düzeyi; $p > .05$ anlamlı farklılık yoktur; 1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi); 4. Grup: Kontrol Numunesi

Tablo 32 incelendiğinde, elde edilen Kruskal Wallis H testi sonuçlarına göre istasyonlardaki tüm ağır metallerin birikim miktarı kontrol grubuna (4. grup) oranla anlamlı bir farklılık göstermemektedir ($p>.05$). Cd ve Zn miktarı 3. grupta; Pb, Fe, Cu ve Co miktarı 1. grupta; Mn miktarı da kontrol numunesinde daha yüksek değerde olmasına rağmen bulunan bu değer diğer gruplarla anlamlı farklılık göstermemiştir. Tüm gruplarda kurak mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin yakın değerlerde olduğu söylenebilir.

Alt Problem 6. Yağışlı mevsim 1, 2 ve 3. grup *Cladonia rangiformis* (MC) numuneleri kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) anlamlı bir metal birikimi sağladı mı?

Bu başlık altında yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerine ait 11 istasyon üç alt gruba ayrılarak, bu gruplardaki ağır metal birikimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Ağır metallerden Ni, Al ve Cr ortalama puanlarının istasyonların dahil edildiği gruplara göre farklılaşma durumunun incelenmesinde varyans homojenliği sağlandığından parametrik testlerden tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi uygulanmış ve elde edilen bulgular Tablo 33, Tablo 34 ve Tablo 35'te verilmiştir.

Tablo 33. Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Ni metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı
Ni	1. grup	2	6.1000	1.41	Gruplar Arası	2.668	3	.889	.570	.650	-
	2. grup	6	5.4167	1.11	Gruplar İçi	12.475	8	1.55			
	3. grup	3	5.4333	1.45	Toplam	15.142	11				
	Kontrol numunesi	1	4.1000	.							

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: Anlamlılık düzeyi
1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 33 incelendiğinde Ni metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($F_{(3, 8)}=.57$, $p>.05$). Buna göre Ni metal birikim puanları tüm istasyon gruplarında yakın değerlerdedir. Bir başka deyişle istasyonlardaki Ni değeri kontrol numunesine göre anlamlı farklılık göstermemiştir. Buna karşın anlamlı fark söz konusu olmasa da 1. grup olan Artvin grubunda Ni miktarı diğer gruplara göre daha yüksek; kontrol numunesinde ise daha düşüktür. Bu bağlamda yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Ni metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında yakın miktarlarda bulunduğu belirtilebilir.

Tablo 34. Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Al metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı
Al	1. grup	2	3546.0	1216.223	Gruplar Arası	3676127.1	3	1225375.7	.610	.627	-
	2. grup	6	2329.16	1692.160							
	3. grup	3	1826.33	366.7442	Toplam	1.974	11				
	Kontrol numunesi	1	2606.00	.							

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: anlamlılık düzeyi
1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 34 incelendiğinde Al metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($F_{(3, 8)}=.610$, $p>.05$). Buna göre tüm istasyonlarda *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinde biriken Al metali değerleri birbirlerine yakındır. Bununla beraber, 1. istasyon olan Artvin grubu istasyonlarında Al miktarının yüksek; 3. grup olan Trabzon istasyonlarında ise en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın farklar anlamlı bulunmadığından dolayı yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Al metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında yakın miktarlarda olduğu belirtilebilir.

Tablo 35. Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) Cr metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı
Cr	1. grup	2	5.5000	1.414	Gruplar Arası	10.554	3	3.518			
	2. grup	6	5.0167	2.099	Gruplar İçi	25.495	8	3.187			
	3. grup	3	4.4333	.850	Toplam	36.049	11		1.104	.402	-
	Kontrol numunesi	1	8.1000	.							

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: anlamlılık düzeyi

1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 35 incelendiğinde Cr metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($F_{(3, 8)}=1.104$, $p>.05$). Buna göre Cr metal birikim puanları tüm istasyon gruplarında yakın değerlerdedir. Bir başka deyişle istasyonlardaki Cr değeri kontrol numunesine göre anlamlı farklılık göstermemiştir. Buna karşın anlamlı fark söz konusu olmasa da kontrol numunesinde Cr miktarı diğer gruplara göre daha yüksek; 3. grup olan Trabzon grubunda ise daha düşüktür. Bu bağlamda yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) Cr metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında yakın miktarlarda bulunduğu belirtilebilir.

Bunun yanında ağır metallere Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn ortalama puanlarının istasyonların dâhil edildiği gruplara göre farklılaşma durumunun incelenmesinde varyans homojenliği sağlanmadığından non-parametrik testlerden Kruskal Wallis H testi uygulanmış ve elde edilen bulgular Tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 36. Yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre (C_{kontrol}) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan kruskal wallis h testi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	Sıra Ortalaması	sd	χ^2	p	Fark
Cd	1. grup	2	5.50	3	4.719	.194	-
	2. grup	6	4.92				
	3. grup	3	8.83				
	4. grup	1	11.00				
Pb	1. grup	2	8.50	3	5.526	.137	-
	2. grup	6	5.00				
	3. grup	3	9.67				
	4. grup	1	2.00				
Fe	1. grup	2	10.50	3	3.115	.374	-
	2. grup	6	6.00				
	3. grup	3	5.00				
	4. grup	1	6.00				
Zn	1. grup	2	7.50	3	2.603	.457	-
	2. grup	6	6.00				
	3. grup	3	8.33				
	4. grup	1	2.00				
Cu	1. grup	2	4.50	3	2.077	.557	-
	2. grup	6	7.50				
	3. grup	3	7.00				
	4. grup	1	3.00				
Co	1. grup	2	8.50	3	3.793	.285	-
	2. grup	6	7.42				
	3. grup	3	5.17				
	4. grup	1	1.00				
Mn	1. grup	2	7.50	3	3.615	.306	-
	2. grup	6	7.17				
	3. grup	3	3.33				
	4. grup	1	10.00				

N: Numune sayısı; Sıra Ortalaması: Sıralama ölçek puanlarının ortalaması; sd: Serbestlik derecesi; χ^2 : Bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran ve birbiriyle anlamlı ilişki gösterip göstermediğini ortaya koyan değer; $p > .05$ anlamlı farklılık yoktur; 1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi); 4. Grup: Kontrol Numunesi

Tablo 36 incelendiğinde, elde edilen Kruskal Wallis H testi sonuçlarına göre istasyonlardaki tüm ağır metallerin birikim miktarı kontrol grubuna (4. grup) oranla anlamlı bir farklılık göstermemektedir ($p>.05$). Fe ve Co miktarı 1. grupta; Cu miktarı 2. grupta; Pb ve Zn miktarı 3. grupta; Mn ve Cd miktarı da kontrol numunesinde daha yüksek değerde olmasına rağmen bulunan bu değer diğer gruplarla anlamlı farklılık göstermemiştir. Buna göre tüm gruplarda yağışlı mevsim *Cladonia rangiformis* (C) numunelerinin kontrol numunesine göre ($C_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin yakın değerlerde olduğu söylenebilir.

Alt Problem 7. Kurak mevsim 1, 2 ve 3. grup *Pseudevernia furfuracea* (P) numuneleri kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) anlamlı bir metal birikimi sağladı mı?

Bu başlık altında kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerine ait 11 istasyon üç alt gruba ayrılarak, bu gruplardaki ağır metal birikimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Ağır metallere Ni, Al ve Cr ortalama puanlarının istasyonların dahil edildiği gruplara göre farklılaşma durumunun incelenmesinde varyans homojenliği sağlandığından parametrik testlerden tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi uygulanmış ve elde edilen bulgular Tablo 37, Tablo 38 ve Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 37. Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Ni metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı
Ni	1. grup	2	4.1500	2.33345	Gruplar Arası	28.607	3	9.536			
	2. grup	6	6.1833	3.61465	Gruplar İçi	85.940	8	10.743	.888	.488	-
	3. grup	3	5.1333	2.75379	Toplam	114.547	11				
	Kontrol numunesi	1	10.4000	.							

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: anlamlılık düzeyi

1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 37 incelendiğinde Ni metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($F_{(3, 8)}=.888$, $p>.05$). Buna göre Ni metal birikim puanları tüm istasyon gruplarında yakın değerlerdedir. Bir başka deyişle istasyonlardaki Ni değeri kontrol numunesine göre anlamlı farklılık göstermemiştir. Buna karşın anlamlı fark söz konusu olmasa da kontrol numunesinde Ni miktarı diğer gruplara göre daha yüksek; 1. grup olan Artvin grubunda ise daha düşüktür. Bu bağlamda kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Ni metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında yakın miktarlarda bulunduğu belirtilebilir.

Tablo 38. Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Al metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı
Al	1. grup	2	2146.00	746.70	Gruplar Arası	1877697.0	3	625899.00	.623	.62	-
	2. grup	6	1678.00	955.69							
	3. grup	3	1497.33	1207.1	Toplam	9916221.6	11				
	Kontrol numunesi	1	2930.00	.							

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: anlamlılık düzeyi

1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 38 incelendiğinde Al metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($F_{(3, 8)}=.623$, $p>.05$). Buna göre tüm istasyonlarda *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinde biriken Al metali değerleri birbirlerine yakındır. Bununla beraber, kontrol numunesinde Al miktarının en yüksek; 1. grup olan Artvin istasyonlarında ise en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın farklar anlamlı bulunmadığından dolayı kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Al metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında yakın miktarlarda olduğu belirtilebilir.

Tablo 39. Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cr metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır Metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı
Cr	1. grup	2	4.2500	1.909	Gruplar Arası	47.832	3	15.944	1.252	.354	-
	2. grup	6	5.6333	4.233		Gruplar İçi	101.845	8			
	3. grup	3	4.0667	2.074	Toplam		149.677	11			
	Kontrol numunesi	1	11.7000	-							

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: anlamlılık düzeyi
 1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 39 incelendiğinde Cr metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($F_{(3, 8)}=1.252, p>.05$). Buna göre Cr metal birikim puanları tüm istasyon gruplarında yakın değerlerdedir. Bir başka deyişle istasyonlardaki Cr değeri kontrol numunesine göre anlamlı farklılık göstermemiştir. Buna karşın anlamlı fark söz konusu olmasa da kontrol numunesinde Cr miktarı diğer gruplara göre daha yüksek; 2. grup olan Rize grubunda ise daha düşüktür. Bu bağlamda kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cr metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında yakın miktarlarda bulunduğu belirtilebilir.

Bununla birlikte ağır metallere Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn ortalama puanlarının istasyonların dahil edildiği gruplara göre farklılaşma durumunun incelenmesinde varyans homojenliği sağlanmadığından non-parametrik testlerden Kruskal Wallis H testi uygulanmış ve elde edilen bulgular Tablo 40’te verilmiştir.

Tablo 40. Kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan kruskal wallis h testi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	Sıra Ortalaması	sd	χ^2	p	Fark
Cd	1. grup	2	6.75	3	1.726	.631	-
	2. grup	6	5.42				
	3. grup	3	7.33				
	4. grup	1	10.00				
Pb	1. grup	2	7.00	3	3.038	.386	-
	2. grup	6	4.83				
	3. grup	3	8.33				
	4. grup	1	10.00				
Fe	1. grup	2	6.00	3	.577	.902	-
	2. grup	6	6.50				
	3. grup	3	6.00				
	4. grup	1	9.00				
Zn	1. grup	2	6.00	3	.538	.910	-
	2. grup	6	6.33				
	3. grup	3	7.67				
	4. grup	1	5.00				
Cu	1. grup	2	6.00	3	.782	.854	-
	2. grup	6	6.17				
	3. grup	3	8.00				
	4. grup	1	5.00				
Co	1. grup	2	7.00	3	.119	.990	-
	2. grup	6	6.17				
	3. grup	3	6.67				
	4. grup	1	7.00				
Mn	1. grup	2	6.00	3	1.051	.789	-
	2. grup	6	6.33				
	3. grup	3	6.00				
	4. grup	1	10.00				

N: Numune sayısı; Sıra Ortalaması: Sıralama ölçek puanlarının ortalaması; sd: Serbestlik derecesi; χ^2 : Bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran ve birbiriyle anlamlı ilişki gösterip göstermediğini ortaya koyan değer; $p > .05$ anlamlı farklılık yoktur; 1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi); 4. Grup: Kontrol Numunesi

Tablo 40 incelendiğinde, elde edilen Kruskal Wallis H testi sonuçlarına göre istasyonlardaki tüm ağır metallerin birikim miktarı kontrol grubuna (4. grup) oranla anlamlı bir farklılık göstermemektedir ($p>.05$). Co, 1. grupta ve kontrol numunesinde aynı miktardadır. Zn ve Cu miktarı 3. grupta; Cd, Pb ve Fe miktarı da kontrol numunesinde daha yüksek değerde olmasına rağmen bulunan bu değer diğer gruplarla anlamlı farklılık göstermemiştir. Tüm gruplarda kurak mevsim *Pseudevernia furfuracea* (P) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin yakın değerlerde olduğu söylenebilir.

Alt Problem 8. Yağışlı mevsim 1, 2 ve 3. grup *Pseudevernia furfuracea* (MP) numuneleri kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) anlamlı bir metal birikimi sağladı mı?

Bu başlık altında yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerine ait 11 istasyon üç alt gruba ayrılarak, bu gruplardaki ağır metal birikimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Ağır metallere Ni, Al ve Cr ortalama puanlarının istasyonların dahil edildiği gruplara göre farklılaşma durumunun incelenmesinde varyans homojenliği sağlandığından parametrik testlerden tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi uygulanmış ve elde edilen bulgular Tablo 41, Tablo 42 ve Tablo 43'te verilmiştir.

Tablo 41. Yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Ni metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı
Ni	1. grup	2	6.9000	1.4142	Gruplar Arası	15.527	3	5.176	.339	.798	-
	2. grup	6	8.9833	4.7553	Gruplar İçi	122.215	8	15.277			
	3. grup	3	10.2667	1.8903	Toplam	137.743	11				
	Kontrol numunesi	1	10.4000	.							

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: anlamlılık düzeyi
1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 41 incelendiğinde Ni metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($F_{(3, 8)}=.339$, $p>.05$). Buna göre Ni metal birikim puanları tüm istasyon gruplarında yakın değerlerdedir. Bir başka deyişle istasyonlardaki Ni değeri kontrol numunesine göre anlamlı farklılık göstermemiştir. Buna karşın anlamlı fark söz konusu olmasa da kontrol numunesinde Ni miktarı diğer gruplara göre daha yüksek; 1. grup olan Artvin grubunda ise en düşüktür. Bu bağlamda yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Ni metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında yakın miktarlarda bulunduğu belirtilebilir.

Tablo 42. Yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Al metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı
Al	1. grup	2	3041.000	943.2	Gruplar Arası	4426484.7	3	1475494.91	1.086	.409	-
	2. grup	6	3625.833	1096.6							
	3. grup	3	4691.333	1408.09	Toplam	1.530	11				
	Kontrol numunesi	1	2930.000	.	.						

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: anlamlılık düzeyi
1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 42 incelendiğinde Al metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($F_{(3, 8)}=1.086$, $p<.05$). Buna göre tüm istasyonlarda *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinde biriken Al metali değerleri birbirlerine yakındır. Bununla beraber, 3. grup olan Trabzon istasyonlarında Al miktarının en yüksek; kontrol numunesinde ise en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın farklar anlamlı bulunmadığından dolayı yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Al metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında yakın miktarlarda olduğu belirtilebilir.

Tablo 43. Yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cr metal birikiminin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları

Ağır Metal	Grup	N	\bar{x}	Ss	V.K.	K.T.	sd	K.O.	F	p	Farkın kaynağı
Cr	1. grup	2	6.9000	1.27279	Gruplar Arası	46.925	3	15.642	1.503	.286	-
	2. grup	6	7.5833	2.44738		Gruplar İçi	83.275	8			
	3. grup	3	11.5333	5.08462	Toplam		130.200	11			
	Kontrol numunesi	1	11.7000	.							

N: Numune sayısı; \bar{x} : Aritmetik ortalama puan; Ss: Standart sapma; V.K.: Varyasyon Kaynağı; K.T.: Kareler Toplamı; sd: Serbestlik derecesi; K.O.: Kareler Ortalaması; F: İki veya daha fazla örneklem ortalamasının farklı evren ortalamalarını gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran değer; p: anlamlılık düzeyi

1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi);

Tablo 43 incelendiğinde Cr metal birikim puanları istasyon gruplarına göre istatistiki açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($F_{(3, 8)}=1.503$, $p>.05$). Buna göre Cr metal birikim puanları tüm istasyon gruplarında yakın değerlerdedir. Bir başka deyişle istasyonlardaki Cr değeri kontrol numunesine göre anlamlı farklılık göstermemiştir. Buna karşın anlamlı fark söz konusu olmasa da 3. grup olan Trabzon istasyonlarında Cr miktarı diğer gruplara göre daha yüksek; 1. grup olan Artvin grubunda ise en düşüktür. Bu bağlamda yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cr metal birikimi gruplar arası karşılaştırıldığında yakın miktarlarda bulunduğu belirtilebilir.

Bununla birlikte ağır metallerden Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn ortalama puanlarının istasyonların dâhil edildiği gruplara göre farklılaşma durumunun incelenmesinde varyans homojenliği sağlanmadığından non-parametrik testlerden Kruskal Wallis H testi uygulanmış ve elde edilen bulgular Tablo 44'te verilmiştir.

Tablo 44. Yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn Metal birikimlerinin gruplar açısından karşılaştırılmasına ilişkin yapılan kruskal wallis h testi sonuçları

Ağır metal	Grup	N	Sıra Ortalaması	sd	χ^2	p	Fark
Cd	1. grup	2	3.00	3	5.200	.158	-
	2. grup	6	5.67				
	3. grup	3	9.67				
	4. grup	1	9.00				
Pb	1. grup	2	6.50	3	4.397	.222	-
	2. grup	6	4.67				
	3. grup	3	10.00				
	4. grup	1	7.00				
Fe	1. grup	2	5.00	3	3.769	.287	-
	2. grup	6	6.33				
	3. grup	3	9.33				
	4. grup	1	2.00				
Zn	1. grup	2	4.50	3	5.782	.123	-
	2. grup	6	6.33				
	3. grup	3	10.00				
	4. grup	1	1.00				
Cu	1. grup	2	4.50	3	3.000	.392	-
	2. grup	6	6.50				
	3. grup	3	9.00				
	4. grup	1	3.00				
Co	1. grup	2	4.75	3	4.744	.192	-
	2. grup	6	6.00				
	3. grup	3	10.00				
	4. grup	1	2.50				
Mn	1. grup	2	5.50	3	2.603	.457	-
	2. grup	6	6.00				
	3. grup	3	6.33				
	4. grup	1	12.00				

N: Numune sayısı; Sıra Ortalaması: Sıralama ölçek puanlarının ortalaması; sd: Serbestlik derecesi; χ^2 : Bir faktör açısından tüm örneklem ortalamalarını karşılaştıran ve birbiriyle anlamlı ilişki gösterip göstermediğini ortaya koyan değer; $p > .05$ anlamlı farklılık yoktur; 1. Grup: Artvin grubu (Artvin Sanayi, Artvin Murgul); 2. Grup: Rize grubu (Çayeli Bakır, Çayeli Sanayi, Çayeli Çimento, Rize Sanayi, Rize Terminal, İyidere Sanayi); 3. Grup: Trabzon grubu (Arsin Sanayi, Trabzon Sanayi, Trabzon Çömlekçi); 4. Grup: Kontrol Numunesi

Tablo 44 incelendiğinde, elde edilen Kruskal Wallis H testi sonuçlarına göre istasyonlardaki tüm ağır metallerin birikim miktarı kontrol grubuna (4. grup) oranla anlamlı bir farklılık göstermemektedir ($p>.05$). Cd, Pb, Fe, Zn, Cu ve Co miktarı 3. grupta; Mn miktarı da kontrol numunesinde daha yüksek değerde olmasına rağmen bulunan bu değer diğer gruplarla anlamlı farklılık göstermemiştir. Tüm gruplarda yağışlı mevsim *Pseudevernia furfuracea* (MP) numunelerinin kontrol numunesine göre ($P_{kontrol}$) Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn metal birikimlerinin yakın değerlerde olduğu söylenebilir.

ICP-OES ile yapılan ölçümler sonucunda bu çalışmada liken örnekleri için tespit edilen Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Cr, Co ve Mn konsantrasyonlarının ortalama değerleri ile çeşitli ülkelerde liken örneklerindeki metal düzeylerinin belirlendiği bazı çalışmalar Tablo 45'te verilmiştir.

Tablo 45. Bu çalışma ile bulunan ağır metal konsantrasyonlarının farklı ülkelerdeki konsantrasyonlarla karşılaştırılması

($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cd	Pb	Ni	Fe	Zn	Cu	Al	Cr	Co	Mn
Doğrul vd. 2012 Kocaeli	5.39	394	20	13550	1678	694	5300	-	3.21	1022
Kurnaz, 2012 Avrupa Yakası, İstanbul	12.96	126.4	106.5	3721.2	150.36	-	4049.5	13.37	-	95.06
Koz, 2007 Samsun-Sarp	-	83.5	31.5	-	225	1122	-	79.6	10.0	927
Koz vd. 2010, Karadeniz	-	54	28.3	12.9	195	865	-	44.8	7.0	295
Agnan vd. 2017, Fransa	0.10	2.3	1.7	1347.1	22.1	4.7	2364.1	3.7	0.4	29.3
Gerdol vd. 2014, İtalya	0.36	60.1	11.0	4708	182	35.49	3070	13.31	3.65	281
Bieber vd.1999, Avusturya	0.19	4.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Garty ve Ammann, 1987, İsviçre	-	32	7	175.5	48	8.5	-	-	-	122.5
Salemaa vd. 2004, Finlandiya	0.17	4.9	1.7	112.8	28.5	2.97	-	-	-	104.7
Bu çalışmanın ort.	0.72	34.6	6.7	2423.5	362.63	52.25	2648.7	6.36	0.60	235.6

Bu çalışmada bulunan ortalama Cd konsantrasyonu Agnan, Gerdol, Bieber, Salemaa'nın çalışmalarında elde ettikleri Cd konsantrasyonundan yüksek, Doğrul ve Kurnaz'ın çalışmalarında elde ettikleri Cd konsantrasyonundan düşüktür.

FAO /WHO'nun bitkilerde kabul ettiği Cd sınır değeri $0.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 'dir (Özkan, 2017). Bu çalışmada ortalama Cd konsantrasyonu $0.72 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 'dir. Bu değer bitkiler için nerilen Cd konsantrasyonunun üzerindedir.

Bu çalışmada bulunan ortalama Pb konsantrasyonu Agnan, Bieber, Garty, Salemaa'nın çalışmalarında elde ettikleri Pb konsantrasyonundan yüksek Doğrul, Kurnaz, Koz, Koz ve diğ, Gerdol'un çalışmalarında elde ettikleri Pb konsantrasyonundan düşüktür.

WHO'nun Bitkilerde nerilen Pb miktarı limiti $2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ olarak verilmektedir (Özkan, 2017). Bu çalışmada ortalama Pb konsantrasyonu $34.6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ olarak elde edildi. Bu değer bitkiler için nerilen Pb konsantrasyonunun üzerindedir.

Bu çalışmada bulunan ortalama Ni konsantrasyonu Agnan ve Salemaa'nın çalışmalarında elde ettikleri Ni konsantrasyonundan yüksek Doğrul, Kurnaz, Koz, Koz ve diğ, Gerdol, Garty'nin çalışmalarında elde ettikleri Ni konsantrasyonundan düşüktür.

FAO /WHO'nun bitkilerde kabul ettiği Nikel sınır değeri $5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 'dir (Özkan, 2017). Bu çalışmada ortalama nikel konsantrasyonu $6.7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 'dir. Bu değer bitkiler için nerilen Nikel konsantrasyonunun üzerindedir.

Bu çalışmada bulunan ortalama Fe konsantrasyonu, Koz ve diğ, Agnan, Garty, Salemaa'nın çalışmalarında elde ettikleri Fe konsantrasyonundan yüksek Doğrul, Kurnaz ve Gerdol'un çalışmalarında elde ettikleri Fe konsantrasyonundan ise düşüktür.

FAO /WHO'nun bitkilerde kabul ettiği demir sınır değeri $30 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 'dir (Özkan, 2017). Bu çalışmada ortalama Fe konsantrasyonu $2423.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 'dir. Bu değer bitkiler için nerilen Fe konsantrasyonunun üzerindedir.

Bu çalışmada bulunan ortalama Zn konsantrasyonu Kurnaz, Koz, Koz ve diğ, Agnan, Gerdol, Garty, Salemaa'nın çalışmalarında elde ettikleri Zn konsantrasyonundan yüksek Doğrul'un çalışmasında elde ettiği Zn konsantrasyonundan ise düşüktür.

FAO / WHO'nun bitkilerde kabul ettiği Zn sınır değeri $50 \mu\text{gg}^{-1}$ 'dir (Özkan, 2017). Bu çalışmada ortalama Zn konsantrasyonu $362.63 \mu\text{gg}^{-1}$ 'dir. Bu değer bitkiler için nerilen Zn konsantrasyonunun üzerindedir.

Bu çalışmada bulunan ortalama Cu konsantrasyonu Agnan, Gerdol, Garty, Salemaa'nın çalışmalarında elde ettikleri Cu konsantrasyonundan yüksek Doğrul, Koz, Koz ve diğ'nin çalışmalarında elde ettikleri Cu konsantrasyonundan ise düşüktür.

FAO/WHO'nun bitkilerde kabul ettiği Cu sınır değeri $5 \mu\text{gg}^{-1}$ 'dir (Özkan, 2017). Bu çalışmada ortalama Cu konsantrasyonu $52.25 \mu\text{gg}^{-1}$ 'dir. Bu değer bitkiler için nerilen Cu konsantrasyonunun üzerindedir.

Bu çalışmada bulunan ortalama Al konsantrasyonu Agnan'ın çalışmasında elde ettiği Al konsantrasyonundan yüksek Doğrul, Kurnaz ve Gerdol'un çalışmalarında elde ettikleri Al konsantrasyonundan ise düşüktür.

Bu çalışmada bulunan ortalama Cr konsantrasyonu Agnan'ın çalışmasında elde ettiği Cr konsantrasyonundan yüksek Kurnaz, Koz, Koz ve diğ ve Gerdol'un çalışmalarında elde ettikleri Cr konsantrasyonundan ise düşüktür.

FAO /WHO'nun bitkilerde kabul ettiği Cr sınır değeri $0.5 \mu\text{gg}^{-1}$ 'dir (Özkan, 2017). Bu çalışmada ortalama Cr konsantrasyonu $6.36 \mu\text{gg}^{-1}$ 'dir. Bu değer bitkiler için nerilen Cr konsantrasyonunun üzerindedir.

Bu çalışmada bulunan ortalama Co konsantrasyonu Agnan'ın çalışmasında elde ettiği Co konsantrasyonundan yüksek Doğrul, Koz, Koz ve diğ, Gerdol'un çalışmalarında elde ettikleri Co konsantrasyonundan ise düşüktür.

Bitkilerin yapılarındaki Kobalt normal değeri $0.02 - 1 \mu\text{gg}^{-1}$ aralığındadır (Deveci, 2012). Toksik olarak kabul edilen aralık ise $15-20 \mu\text{gg}^{-1}$ 'dir (Deveci, 2012). Bu çalışmada ortalama Co konsantrasyonu $0.60 \mu\text{gg}^{-1}$ 'dir . Bu değer bitkiler için önerilen normal Co konsantrasyon aralığındadır ve toksik kabul edilen sınırın altındadır.

Bu çalışmada bulunan ortalama Mn konsantrasyonu Kurnaz, Agnan, Garty, Salemaa'nın çalışmalarında elde ettiği Mn konsantrasyonundan yüksek Doğrul, Koz, Koz ve diğ, Gerdol'un elde ettikleri Mn konsantrasyonundan ise düşüktür.

Bitkilerin yapılarındaki Mangan normal değeri 30 – 300 μgg^{-1} aralığındadır (Deveci, 2012). Toksik olarak kabul edilen aralık ise 400-1000 μgg^{-1} dır (Deveci, 2012). Bu çalışmada ortalama Mn konsantrasyonu 235.6 μgg^{-1} 'dir. Bu değer bitkiler için önerilen normal Mn konsantrasyon aralığındadır. Toksik olarak kabul edilen aralığın ise altında bir değerdir.



KAYNAKLAR

- Acar, S., 2010.** Bazı Liken Türlerinin Antimikrobiyal Aktiviteleri Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye, 47 s., 5,7.
- Adalı, K.M., 1996.** Trabzon'daki Hava Kirliliği İle Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 54 s., 3.
- Adamo, P., Giordano, S., Vingiani, S., Castaldo-Cobianchi, R. and Violante, P., 2003.** Trace element accumulation by moss and Lichen Exposed in Bags in the city of Naples (Italy). Environmental Pollution, 122, 91-103.
- Agnan, Y., Probst, A., Sejalon-Delmas, N., 2017.** Evaluation of lichen species resistance to atmospheric metal pollution by coupling diversity and bioaccumulation approaches : anew bioindication scale for french forested areas. Open Article in Ecological Indicators, 72, 99-110.
- Ağcasulu, Ö., 2007.** Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan Capoeta tinca (Heckel,1843)'nın Dokularında Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 43 s., 10,11.
- Akdemir, F., 2014.** XRF ve ICP-OES Teknikleri ile Van Gölü'nün Su ve Sedimentinin Eser Element Analizi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 126 s., 49.
- Anonim, 2001.** Türkiye Çevre Vakfı Yayını Ansiklopedik Çevre Sözlüğü, Ankara.
- Aslan, A., Budak, G., Tıraşoğlu, E., Karabulut, A., Karagoz, Y., Apaydın, G., Ertuğral B. and Çevik, U., 2004.** Analysis of Elements in some Lichens by Radioisotope X-ray Fluorescence Spectrometry. Fresenius Environmental Bulletin, 13, 740-747.
- Aslanhan, E., 2012.** Çevresel Kirliliklerin Takibinde Kullanılacak Yeni Biyomonitör Bitkiler. Yüksek Lisans Tezi. Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir, Türkiye, 81 s., 10,15.
- Ayırım, A., 2006.** Türkiye'de Bulunan Bazı Ramalina(ACH.) Türlerinin rDNA ITS Bölgesi Dizi Analizi İle Filogenetik Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 60 s., 18.
- Bajpai, R., Upreti D.K., 2012.** Accumulation and toxic effect of arsenic and other heavy metals in a contaminated area of west bengal, india, in the lichen pyxine cocoos (Sw.) Nly. Ecotoxicology and Environmental Sfety, 83, 63-70.

- Bargagli, R., 1998.** Trace Elements in Terrestrial Plants. An Ecophysiological Approach to Biomonitoring and Biorecovery. Berlin: Springer.
- Bayçu, G., Tolunay, D., Özden, H. and Günebakan, S., 2006.** Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. *Environmental Pollution*, 143, 545-554.
- Baysal, A. and Yazıcı, K., 1995.** Radioactive contamination in lichens collected from Akçaabat and Çamlıhemşin in the Eastern Black Sea Region of Turkey. *Toxicological Environmental Chemistry*, 48, 145-148.
- Belivermiş, M., 2009.** Karayosunları Ve Likenlerin Radyoaktivite Konsantrasyonlarına Dayalı Olarak, Dönüşüm Katsayılarının Belirlenmesi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 74 s., 17.
- Beyaztaş, T., 2008.** Karabük Civarında Bulunan *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf. var. *Furfuracea* Liken Türünde Ağır Metal Kirliliğinin Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ve Rapd Analizi İle Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 64 s., 9,11.
- Bieber, W., Benetka, E., Turk, R., 1999.** Contrastive analysis of heavy metals in lichens in alpine national parks in alaska, Canada and Austria. *Phyton-Ann.Rei Bot. A*, 39, 71-78
- Bilen, M., 2010.** Çelikhane Curuflarından Liç-Karbonatlaştırma Prosesi ile Kalsiyum Karbonat Kazanılması. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye, 124 s., 55,56.
- Cansaran-Duman, D., Atakol, O., Atasoy, İ., Kahya D., Aras, S. and Beyaztaş, T., 2009.** Heavy Metal Accumulation in *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf from the Karabük Iron-Steel Factory in Karabük, Turkey. *Naturforsch*, 64, 717-723.
- Coşkun, M., Steinnes, E., Coşkun, M. and Çayır, A., 2009.** Comparison of epigeic moss (*hypnum cupressiforme*) and lichen (*cladonia rangiformis*) as biomonitor species of atmospheric metal deposition. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 82, 1-5.
- Çakar, T., 2009.** Likenlerin Karatepe Aslantaş Açık Hava Müzesi Bazaltik Kayaç Eserler Üzerindeki Ayrışmaya/Bozunmaya Etkisi. Yüksek Lisans. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye, 69 s., 4,8.
- Çapraz, Ö., 2013.** İstanbul'da 2007-2012 Yılları Arasında Hava Kirliliğinin Ölümler Üzerindeki Etkilerinin Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 85 s., 7.
- Çavuşoğlu, K. and Çavuşoğlu, K., 2005.** *Cupressus serpervirens* 1. ve *cedrus libani* a. rich. yapraklarında taşıtların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliğinin araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 37-56.

- Çınar, Ö., 2013.** Çevre Kirliliği ve Kontrolü, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- Demirbas, A., 2004.** Trace element concentrations in ashes from various types of lichen biomass species. *Energy Sources*, 26, 499–506.
- Deveci, T., 2012.** Gaziantep'te Atık Sulardan Etkilenen Toprak ve Bitkilerde Eser Element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe Konsantrasyonlarının ICP-MS İle Tayini. Yüksek Lisans Tezi. Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis, Türkiye, 60 s., 35.
- Doğrul, A., 2007.** Kocaeli Çevresinde Atmosferik Ağır Metal Çökeliminin Liken ve Karayosunu Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye, 84 s., 3.
- Doğrul, A., Yolcubay, I., Akyol, N.H., Cobanoğlu, G., 2012.** Biomonitoring of airborne metals using the lichen *Xanthoria parietina* in Kocaeli province, Turkey. *Ecological indicators*, 18, 632-643.
- Fenger, J., 2002.** Air pollution science for 21. century: urban air quality. Danimarka: National Environmental Research Institute, Department of Atmospheric Environment.
- Gailey, F.A.Y., Lloyd, O.L., 1986.** Methodological investigations into low technology monitoring of atmospheric metal pollution: part 2- the effect of length of exposure on metal concentrations. *Environmental Pollution*, 12, 61–74.
- Garty, J. 1993.** Lichens as Bioindicators of Heavy Metal Pollution , In: *Plants as Biomonitors: Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment*. Markört, B. (ed), VCH, pp. 193-263, Weinheim.
- Garty, J., Ammann, K., 1987.** The amounts of Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Fe and Mn in some lichens growing in Switzerland. Article in *Environmental and Experimental Botany*, 27, 127-138.
- Gerdol, R., Marchesini, R., Iacumin P., Brancaleoni L., 2014.** Monitoring temporal trends of air pollution in an urban area using mosses and lichens as biomonitors. *Chemosphere*, 108, 388-395.
- Goodman, G.T. and Roberts, T.M., 1971.** Plants and soils as indicators of metals in the air. *Nature*, 231, 287-292.
- Günözü, T., 2014.** Çorum İlinde Ağır Metal Kirliliğine Maruz Bırakılmış *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf Liken Türünün Genotoksitesinin Moleküler Markörlerle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 59 s., 9.

- Heliotis, F.D., Karandinos, M.G. and Whiton, J.C., 1988.** Air pollution and the decline of the fir Forest in parnis national park, near athens, Greece. *Environmental Pollution*, 54, 29-40.
- Herzig, R., Liebendörfer, L., Urech, M., Amman, K., Cuecheva, M. and Landolt, W., 1989.** Passive biomonitoring with lichens as a part of an integrated biological measuring system for monitoring air pollution in switzerland. *International Journal Environmental Analytical Chemistry*, 35, 43-57.
- Kahraman, A., Kaynak, G., Gürler, O., Yalçın, S., Öztürk, S. and Gündoğdu, O., 2009.** Investigation of Environmental Contamination in Lichens of Gökçeada (Imbroz) Island in Turkey. *Radiation Measurements*, 44, 199-202.
- Kahraman, A., 2012.** Uludağ'ın bazı Epifitik likenlerindeki Radyonüklid dağılımının incelenmesi. Doktora Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye, 151 s., 42,58.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004.** Metallerin çevresel etkileri-I, İTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü.
- Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Timur, S., 2004.** Metallerin çevresel etkileri, *Metalürji Dergisi*, 137, 46 – 51.
- Kaya, G., 2007.** AAS'de Bazı Metallerin Duyarlılığının Arttırılmasında Stat'ın Kullanılması ve Biyomonitör Bitkilerin Belirlenmesinde Uygulanması. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, 76 s., 7,8.
- Koz, B., 2007.** Sarp-Samsun Sahil Karayolu Çevresindeki Karayosunu ve Likenlerde Element Analizi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 117 s., 6.
- Koz, B., Çelik, N., Çevik, U., 2010.** Biomonitoring of heavy metals by epiphytic lichen species in black sea region of Turkey. *Ecological Indicators*, 10, 762-765.
- Kurnaz, K., 2012.** Biyomonitör Likenlerle İstanbul İli Avrupa Yakası Hava Kalitesinin İncelenmesi. Yüksek Lisans. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 124 s., 15,19.
- Máguas, C., Kratz, W., Sérgio, C., Sim-Sim, M., Catarino, F. 1990.** The use of epiphytes for the monitoring of environmental heavy metal pollution in portugal, In: *Environmental Contamination. Barceló Journal* (ed), Proceedings of the 4th International Conference, Barcelona, 1–4 October 1990, CEP Consultants, Edinburgh, UK.
- Mendil, D., Tüzen, M., Yazıcı, K. and Soylak, M., 2005.** Heavy metals in lichens from roadsides and an industrial zone in trabzon. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 74, 190-194.
- McCally, M., 2002,** Human health and heavy metals exposure. Chapter 4 In: *Life Support: The Environment and Human Health*.

- Nash III, T.H., 2008.** Lichen biology, cambridge university pres. 2.Baskı, ISBN: 9780521692168, 502 s.
- Nimis, P.L., Castello, M. and Perotti, M., 1993.** Lichens as bioindicators of heavy metal pollution: A case study at la spezia (Italy). In: Plants as Biomonitors: Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment. Markört, B. (ed), VCH, pp. 265-284, Weinheim.
- Nriagu, J.O., 1996.** History of Global Heavy Metal Pollution. Science, 272, 222-223.
- Özkan, A., 2017.** Antakya-Cilvegözü Karayolu Etrafındaki Tarım Arazilerinde ve Bitkilerdeki Ağır Metal Kirliliği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32, 9-18.
- Pilegaard, K., 1979.** Heavy Metals in Bulk Precipitation and Transplanted *Hypogymnia physodes* and *Dicranoweisia cirrata* in the Vicinity of a Danish Steelworks. Water Air Soil Pollution, 11, 77-91.
- Salemaa, M., Derome, J.,Helmisaari, H.S., Nieminen, T., Vanha-Majamaa, I., 2004.** Element accumulation in boreal bryophytes, lichens and vascular plants exposed to heavy metal and sulfur deposition in Finland. Sci.Total Environ, 324, 141-160.
- Scerbo, R., Possenti, L., Lampugnani, L., Ristoria, T., Barale, R., Barghigiani, C., 1999.** Lichen xanthoria parietina/biomonitoring of trace element contamination and air quality assessment in livorno province (Tuscany, Italy). The Science of the Total Environment, 241, 91-106. DOI: 10.1016/S0048-9697(99)00333-2
- Şahan , Y., Başoğlu, F. and Gücer, Ş., 2007.** ICP-MS analysis of a series of metals (Namely: Mg, Cr, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Sn, Cd and Pb) in black and green olive samples from Bursa, Turkey. Food Chemistry, 105, 395-399.
- Tecer, L.H., 2011.** Hava kirliliği ve sağlığımız. Balıkesir Üniversitesi Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim Dergisi, 135, 15-29.
- URL-1, 2019.** <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/trafikhacimharitasi/2018HacimHaritalari/Bolge10.pdf> (30.05.2019).
- URL-2, 2019.** <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/aylik-normal-yagis-dagilimi.aspx> (30.05.2019).
- Uğuz, U., 2007.** Karabük Demir Çelik İşletmeleri(Kardemir)'in Çevrede Oluşturduğu Ağır Metal Birikiminin Biyomonitör Olan Karayosunları(Mosses) Üzerinden Araştırılması. Bilim Uzmanlığı Tezi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, Türkiye, 71 s., 12,13.

Uğur, A., Özden, B., Saç, M. M. and Yener, G., 2003. Biomonitoring of ^{210}Po and ^{210}Pb using lichens and mosses around a uraniferous coal-fired power plant in western turkey. *Atmospheric Environment*, 37, 2237-2245.

Vardar, Ç., 2011. Kayseri İli Yöresinde Kirliliğe Maruz Bırakılmış *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf Liken Türünde Hava Kirliliğinin Genotoksitesinin Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi ve Moleküler Markörlerle Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 125 s., 18,20.

Vural, N.T., 1984. Nevin Vural, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, p. 23, Ankara.

Yenisoy, S. and Tuncel, S.G., 2004. Geographic patterns of elemental deposition in the aegean region of turkey indicated by the lichen, *xanthoria parietina* (L.). *Science of the Total Environment*, 329, 43–60.

Yu, M.H., 2005. *Environmental Toxicology: Biological and Health Effects of Pollutants*. CRC press, 339 s., 25-33.

Zhang, Z.H., Chai, Z.F., Mao, X.Y. and Chen, J.B., 2002. Biomonitoring Trace Element Atmospheric Deposition Using Lichens in China. *Environmental Pollution*, 120, 157-161.

ÖZGEÇMİŞ

Kemal FERAH, 13/10/1983 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlköğretimini 1994 yılında Rize'nin Merkez ilçesinde 50.Yıl İlkokulu'nda Ortaöğretimini 2000 yılında Rize'nin Merkez ilçesinde Rize Lise'sinde tamamladı. 12/09/2002 tarihinde başladığı lisans eğitimini 11/07/2008 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Rize Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nde tamamladı. 2013 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans öğrenimi halen devam etmektedir. Orta seviyede İngilizce bilmektedir.

